日本地学の形成（明治 25 年～大正 12 年）〈その 4〉

—「日本地学史」稿抄—

日本地学史編纂委員会*

東京地学協会

Formation of Geosciences in Japan, 1892 to 1923

Part-4

Editorial Committee of History of Geosciences in Japan*

Tokyo Geographical Society

本文は「日本地学の形成」（明治 25 年～大正 12 年）〈その 3〉に続くもので、〈その 4〉として、Ⅷ. 研究の成果のうち「応用地質」「地震」「地球物理」「海洋」「気象」について述べる。

5. 応用地質

明治 11 年（1878）、創立したばかりの地質調査所（当時は地質課）は、まだ設備も整わない時点で、スコットランドの地質学者ページ（David Page）の“*Economic Geology*”（1874）の翻訳を行っていた。本稿「西洋地学の導入」〈その 1〉（1992）で述べたように、この訳文はナウマンの「地質測量意見書」（1879）や勸農局地質課の「内国地質調査施行之主意」（1880）の種本となっている（中村，1986）。ページの“*Economic Geology*”の緒言は「ページ氏応用地質学鈔訳」として地理局雑報 10 号（1879）に載っている。おそらくこれが日本で *Economic geology* を応用地質

学と訳した最初であろう。

ページの応用地質学では、地質に関連する分野として農業、建築、土木、採鉱冶金をあげ、調査の対象となる原料資源として化石燃料と発光物質、陶磁器原料、研磨材料、火熱に耐える物料、顔料・染料・洗料、塩及び塩土、鉱泉及び温泉、宝石・貴石、金属及び鉱石などをあげている。ナウマンの「地質測量意見書」にもこれと殆ど同じ内容がもりこまれている。地質調査所の地質要報明治 19 年 1 号には「地質調査ノ目的」が記載されているが、その中に、単に富源を探索するだけでなく、損失を予防する一助となることもあげている。なお、橋爪源太郎・和田維四郎の「静岡県管下伊豆国地質取調報告」（1879）の内容は地理・地質・温泉・地味・有用金石・道路・建築石・砥石となっており、ページの「応用地質学」の一端がうかがえる。またそれは後の地質図幅説明書の地理（地形）・地質・応用地質の項目の原型をなしていた

* 委員長：今井 功

委員：石山 洋

垣見俊弘

黒田和男

谷本 勉（法政大学）

八耳俊文（青山学院女子短期大学）

* Isao IMAI

Hiroshi ISHIYAMA

Toshihiro KAKIMI

Kazuo KURODA

Tsutomu TANIMOTO (Hosei University)

Toshifumi YATSUMIMI (Aoyamagakuin Women's Junior College)

ように思われる。

ちなみに、現在の5万分の1地質図幅の説明書（地域地質研究報告）の内容も大別すれば地形・地質・応用地質からなっており、この応用地質の英文はEconomic Geologyである。その後鈴木敏（1891）は、応用地質は実務的で「地質の学理を応用し、もって生活に必需となるものの原料を探究する」ものとし、具体的には「地体に包含される金銀銅鉄石炭等、すべて生活に必需となる原料を探り、その性質を調べ採取の便否を計ることにある」と述べている。すなわち地下埋蔵資源が重視されている。殖産興業政策の影響であろう。

地質調査所では明治16年（1883）、予察調査、図幅調査以外に特別調査というものが施行され、鉱床・地下水・道路・築港・建築・有用土石類・天災地などの精密調査が随時行なわれていた。明治16年から39年までの特別調査58件の内容を項目別にみると、最も多いのが土木（24件）、地質（8件）、地下水（8件）、地災（7件）、噴火（5件）、温泉（4件）、震災（2件）となっている。これに対し明治40年（1907）から大正10年（1921）までの特別調査69件の内訳は、温泉（23件）、地下水（18件）、鉱床（12件）、地災（8件）、地質（4件）、土木（4件）となっており、時代とともにその推移が明瞭である。これらはいわゆる応用地質の範疇に入るが、economic geologyというよりはapplied geologyと呼ぶにふさわしい。また大正11年からは別に受託調査制度が設けられ、温泉・地下水・土木・地災・鉱床・燃料などの調査が行なわれていた。

小藤文次郎（1918）は第一次世界大戦中に、地質学士は社会において重用され、結果として教育方面に困った状況をもたらすとし、ドイツでは軍事地質学の用語があることを紹介している。翌年小藤（1919）は戦後の地質学を論じ、岩石学、古生物学、層位学、構造地質学、地文学のそれぞれはすべて応用方面に密接な関係をもつことから、純地質学の対像として応用地質学があるとしている。また渡瀬正三郎（1920）はカイルハック（K. Keilhack）の“*Praktische Geologie*”（1912）の定義を引用して、応用地質学は地質学を経済的に

実地に適用するように攻究する学科であるとし、よって一般地質学は経であり、応用地質学は緯であるという意味のことを述べている。また神保小虎（1921）は、「世に何々地質学という表題の書物があるが、それぞれ専門学科とみることはない。兵要地質学は、地質学科の要点を、常識をもって兵家に授ける仕組みにすぎない」とした。

地質調査所では、特別調査や受託調査は地質学の専門家が担当していた。当時、応用地質には鉱床（金属・非金属）や燃料（石炭・石油）が含まれていたが、本稿ではこれらを別の項目で扱うので、以下、温泉・鉱泉、水道・地下水、斜面変動、土木地質について述べることにする。

〔温泉（鉱泉）〕

明治6年（1873）7月、文部省は各府県に通達を發し、管内の鉱泉湧出の時代・年月などを調査するように命じた。これが明治になってからの温泉（鉱泉）調査の初めである。この報告に基づき鉱泉水を取り寄せて分析するとともに、必要に応じて係官を派遣し、現地調査を行なって性能などを公告した。明治6年11月に内務省ができると、温泉に関する事項は内務省衛生局の所管となった。温泉は医療の一環として取り扱われていたのである。明治9年には鉱泉試験書の様式が定められ、泉名、地名、温度、重量、成分などの記録の統一がはかられた。同13年には成分量をグラム量で表示し、塩類表もあわせて表示するようにした。

衛生局は、明治19年（1886）、『日本鉱泉誌』上中下3巻を發行した。これにより日本の温泉の化学的な実態が初めて統一的に把握された。この時に記載された温泉の分類は、単純温泉、酸性泉または酸性硫黄泉、炭酸泉（5種に細分類された）、塩類泉（6種に細分類された）、硫黄泉であった。地質調査所では「地質調査ノ目的」（1886）の中で鉱泉（温泉）を硫泉、鹹泉、炭酸泉、硫酸泉、鉄泉に5分類している。しかしまだ地質との関係は述べられていない。20万分の1地質図幅でようやく温泉の位置や種類が記載されるようになった。矢津昌永（1889）は『日本地文学』の中で、温泉を炭酸泉、硫黄泉、鉄泉、塩類泉に大別してそれらの分布を示し、温泉湧出の原因として火山作用

との関係を重視している。また熱海の間欠泉にも触れている。

温泉に関する地学的な調査報告の登場は岩崎重三の「吹上間欠泉」(1895)及び「伊香保及草津温泉」(1896)、伊木常誠の「肥後内の牧温泉」(1899)あたりが最初で、以後川崎繁太郎の「北越瀬波の噴泉」(1904)、小川琢治の「加賀国山中温泉」(1904)、金原信泰の「山形県赤湯温泉」(1904)、本多光太郎・寺田寅彦の「熱海間欠泉」(1905)、井上禱之助の「佐賀県嬉野温泉」(1906)及び「鹿塩付近及び会津地方温泉」(1908)がこれに次ぐ。

この頃には温泉の新説についても2、3の紹介がある。小川琢治(1903)は、従来の地表循環水説に対して、地下深部より上昇し鉱床生成の最終時相と言うべき水の存在を重視したジュース(E. Suess)の新説を紹介、論評した。また岩崎重三(1907)は、温泉は深部の火成岩体の蒸留により生成したとするゴーチャーの新説を論評し、温泉を地上の気候の影響を受ける地上温泉と、影響の少ない地下温泉に区分した。そして後者は火山に近く分布するとし、褶曲、断層運動により温泉が生成される可能性についても述べている。また石油開発によって新津の高坪温泉(1877)、長岡市の油田地帯の温泉(1900年代)、瀬波温泉(1904)、松之山兎口温泉(1906)が生まれたことは興味深い(大木, 1993)。この油田地帯の温泉については、後に千谷好之助(1928, 1929)が地質構造との関係からその産出状態を整理している。

明治時代末期には佐藤伝蔵の「能登国和倉温泉」(1909)、中村新太郎の「岩城郡湯本温泉」(1909)、野田勢次郎の「箱根温泉」(1911)、佐藤伝蔵の「肥前小浜の噴泉塔」(1911)、小林儀一郎の「茨城県袋田温泉」(1911)、神津俣祐の「静岡県熱海温泉」(1912)、小林儀一郎の「羽前温泉」(1912)と調査の数が増えてくる。これらの調査は県や市町村からの依頼によるものが多い。大正3年(1914)には地質調査所の20万分の1地質図幅調査(北海道を除く)がほぼ完了し、この時点で全国の温泉の分布と地質との関係の概要が把握された。一方、明治44年(1911)に内務省衛生試験

所(明治20年設立)の石津利作は「日本鉱泉分析表」をもとにした『日本鉱泉誌』(独文)を作成した。大正4年(1915)にはその英文版“*The Mineral Springs of Japan*”が刊行されている。当時の温泉研究の大きな成果であった。

大正年間には、小林儀一郎の「山形県温泉」(1913)及び「青森県大鰐、蔵館温泉」(1914)、「南津軽郡碓ヶ関温泉」(1914)、大橋良一の「草津温泉」(1915)、小林儀一郎の「湯河原温泉」(1915)、河野 密の「道後温泉」(1915)、岡村要蔵の「渡島国根崎村温泉」(1916)、渡辺久吉の「福島県安達郡熱海温泉」(1916)、門倉三能の「福島県耶麻郡日中温泉」(1916)、佐藤伝蔵の「箱根温泉」(1916)、大橋良一の「鳴子の間欠泉」(1919)、大森房吉の「有馬温泉」(1920)、小林儀一郎の「上の山温泉」(1923)などの調査がある。このうち岡村要蔵は「渡島国根崎村温泉」で、温泉は安山岩中の南北方向の割れ目から湧出し、沖積層中の礫層に滞留したもので、塩分が強いとし、新たな温泉井の掘削をいましめている。また佐藤伝蔵は「箱根温泉」調査で、宮の下・底倉温泉は要害山溶岩の下集塊岩の割れ目から湧出するものとし、付近を掘削予定のトンネル工事の影響について述べている。いずれも温泉の湧出量の保護をうたったものである。

大正10年(1921)に内務省衛生局は地方長官に照会して全国の温泉、鉱泉に関する調査を行ない、その結果を大正12年に公表している。さらに大正14年には内務省から「本邦鉱泉のラジウムエマナチオン含量の調査結果」が報告された。これは第3回汎太平洋学術会議(1926)で中村左衛門太郎によって紹介されている。一方、諏訪中学の理科教諭三沢勝衛(1924)は、上諏訪温泉の等温深度線を作成し、温泉の湧出の規則性を地質学的に解明した。こうして温泉についての知識がしだいに蓄積されていく。

この頃、佐藤伝蔵は「本邦温泉の地質学上の研究一斑」(1923, 1924)を著わし、問題点を整理している。それは1. 温泉配列の位置と地質構造との関係、2. 温泉の泉源は処女水か天水かその混合物か、の2点で、さらに温泉で現に鉱床が生

成されている例として、秋田県渋黒温泉、富山県小川温泉・黒蘆温泉、鳥根県志学温泉、栃木県栗山噴泉塔、長野県白骨温泉をあげて解説している。また小川琢治は「温泉に就いて」(1924)を著わし、この時点での温泉に関する知識を総括した。項目は温泉の化学的分類、地質学的分類、分布、湧出の状態、掘削などである。その中で、日本では水蒸気の大部分は雨水であるとし、環太平洋地帯の火山作用に関連させ、第三紀以後に火山作用が起こった地方に温泉の分布が密で、局地的には小構造、断層裂隙線や炭酸泉の分布に影響を受けていると記述した。温泉の開発・利用に関しても問題点を指摘している。

〔水道・地下水〕

日本における上水道の多くは江戸時代から全国各地に創設された。井ノ頭池を水源とする神田上水(江戸時代初期、竣工)、多摩川から羽村で分水した玉川上水(承応3年、1654、竣工)などはその代表的なものである。慶応年間(1865-1867)に造られた神奈川水道は本邦最初の鉄管水道であった。

明治時代になると、明治8年(1875)には横須賀造船所の海軍用水道が竣工する。より近代的な上水道の建設は、横浜・神戸・長崎など主要港湾都市から始まった。その目的には市民への給水ばかりではなく、船舶に対する給水も含まれていた。英人土木技師パーマー(H.S. Palmer)の指導により、明治18年(1885)、相模川上流部の山梨県道志村を水源として横浜市上水道の建設が開始され、明治20年(1887)に竣工した。これが日本最初の本格的な水道とされている。長崎では明治24年(1891)に本河内高部水源地が竣工、明治37年(1904)には本河内低部水源地及び西山高部水源地が竣工した。明治33年(1900)には神戸市上水道用に布引ダムが建設され、給水が開始された。

一方、明治23年に水道条例が公布され、水道は市町村とも公費で建設しなければならなくなった。以後、地方公共団体が上下水道の建設に着手することになるが、その背景にはしばしば流行したコレラ対策が引き金となっている。これらの上

水道は表流水を水源としていた。明治45年(1912)、日本鑿泉合資会社が設立され、アメリカからロータリー式鑿井機が購入された。これにより、新しい水井戸掘削事業の基礎ができるとともに、深井戸を水源とする上水道の建設が進むようになった。

地下水についてみると、古くはナウマンの「堺市街井水改良考按」(1883)、鈴木 敏の「東京近隣の地質と水脈」(1889)などで地下水に関する事項が扱われている(「西洋地学の導入」〈その3〉参照)。石川貞治は「北海道札幌市街の開発に就て地学上の考察」(1893)の中で、悪疫防止のため「函館又は横浜の如き水道を設くるか然ざれば掘抜井戸を穿たざるべからず水道工事を起こさんか其成否を卜するものは水源の地勢と地質なり掘抜井戸を穿たんか其運命又全く地下地質構造の如何に關す…」と世人に訴えている。ちなみに函館水道とは文久2年(1862)に武田斐三郎によって設置された五稜郭水道のことである。

また震災予防調査会は明治27年(1894)と31年に帝国大学構内に掘削した深井戸の地質を調査させ、地下水の層位を解明した(山崎直方、1895)。その後は巨智部忠承の神奈川、栃木、千葉、香川県下の水脈調査(1896)、小川琢治の東京深川区内の水脈調査(1901)、井上禧之助の甲府停車場付近の水理調査(1902)などが知られているが、報文がないため詳細は不明である。比企 忠の「京都市地質調査」(1901)では、市内9地点に新たに掘削された調査井戸の地下地質柱状、湧水量、地下水位変動と降水量との関係、水質試験等の結果をもとに、市内で利用可能な良質の地下水は地表下十数尺以浅で流動しているので、その汚染を避けるために、経費のかかる上水道より下水道の設置を先行すべきだと報告している。これらの調査は地方自治体の首長の依頼によるものが多い。

以後、明治末期までの地下水(水脈)調査の報文としては、伊木常誠の「鎌倉の水脈調査」(1903)、神保小虎の「甲府市水脈調査」(1905)、大築洋之助の「神奈川県大磯町水脈調査」(1912)、河野密の「神奈川県津久井郡下の井水調査」(1912)などで、あまり多くない。このうち「鎌倉の水脈調査」は長谷付近の56カ所の井戸により第三紀

層と第四紀層の累積状態と滞水との関係を述べたもので、結論的には良水は得られないとしている。「大磯町水脈調査」では、観光客の飲料水としての地下水利用の可能性について述べている。「津久井郡下の井水調査」は、水道用隧道開削と井戸水枯渇との因果関係について述べたものである。

大正初期の地下水調査としては、佐藤伝蔵の「堺市水道水源地地下水調査」(1913)及び「津市地下水調査」(1915)、岡村要蔵の「羽後平鹿郡角間川町付近の地下水調査」(1914)、河野 密の「津久井郡又野、三ケ木、串川村飲用水調査」(1914)、神保小虎の「東京市内の噴井戸」(1915)などが散発的に行なわれている。「角間川町付近の地下水調査」は雄物川中流の沖積地域の31井の調査から地下の堆積層を区別し、滞水層の存否を検討したものである。

しかし大正5~6年(1916-1917)には全国の市町村の地下水調査が急増する。市街地の発展に伴うものであろう。この2年間の総件数は21件、調査地は青森、岩手、福島、群馬、新潟、福井、静岡、滋賀の各県と大阪府に及び、件数としては東北地方が多い。調査者は横山又次郎、小林儀一郎、門倉三能、渡辺久吉、井上禧之助、鈴木昌吉、小倉 勉らである。その多くは飲料水や灌漑用水確保のための調査であった。その後は納富重雄の「群馬県岩鼻村付近地下水調査」(1918)、小倉 勉の「岩手県下の地下水調査」(1918)、鈴木昌吉の「大分県管内地下水調査」(1919)、岡村要蔵の「山形市減水調査」(1920)としだいに減少する。農林省の鈴木昌吉は「地下水に就いて」(1921)の中で、給水源としての地下水の性状を紹介し、世界各地の滞水層、さく井盆地に触れている。そして日本の地下水についてはまだまとまった材料はないとし、地質との関係では日本における各地質時代の岩石の分布面積を表示している。

このように、滞水層に着目した地下水に関する情報はしだいに蓄積されていくが、日本では依然として水源は表流水または天然の湧水に頼ることが多かった。地下水学の形態が整うのは昭和に入ってからである。

〔斜面変動〕

明治25年(1892)に設置された震災予防調査会の事業の一部には、土地変動状況の調査があり、その報告は震災予防調査会報告に散見される。それらのあるものは地質学雑誌や地学雑誌に再録されている。明治30年(1892)3月に砂防法(内務省所管)が制定される。この中で砂防は治水のためとして扱われたため、流出土砂を防ぐ技術のみが発展してきた。同じ明治30年4月、森林法(農商務省所管)が制定され、山腹を安定させるための治山事業が進められることになった。当時、自然現象として注目された斜面変動は、大和国十津川山崩れ(巨智部忠承, 1889)、福島県の半田山山崩れ(井上禧之助, 1901; 小川琢治, 1902; 佐藤伝蔵・井上禧之助, 1902; 神保小虎, 1905)などであろう。

十津川山崩れは明治22年(1889)8月、豪雨による奈良県十津川地域の大規模な崩壊で、上流部における地すべりで各地に天然のダムができ、これが次々と決壊したため生じたものである。被害は流失家屋364戸、倒壊家屋200戸、半壊家屋260戸、死者255名、負傷者30名に及んだ。地質との関連については「吉野郡水災誌」(1889)に巨智部忠承の報告がある。現在で言えば四万十帯における山地災害である。明治25年7月には豪雨により徳島県で水害が起こっているが、山下伝吉(1892)の調査によれば発生形態が十津川水災に類似しているという。明治30年(1897)には静岡県伊東村内に地盤陥落があり、中島謙造が調査にあたっている。伊木常誠の「福井県大飯郡内変動地調査」(1898)は、福井県西端青葉山山麓地の地すべりに関するものであり、同じ頃兵庫県北但馬にしばしば発生した地すべりについては、岡田英夫(1902)、大日向順三(1903)の報告がある。これらの地域は現在も地すべり等防止区域に指定されている。大日向順三による「石川県能登国鹿島久江村陥落地調査」(1906)は、氷見・羽咋丘陵、富山・石川県境に発生した地すべりで、その徴候は明治6年頃から認められていたが、明治37年4月末の大雨でついに大きく変動し、これによって生産された泥流が土地を埋没したという。宮部直己(1932)によれば、変動の規模は半

田山に比較されるものとされている。

半田山山崩れは福島盆地の北縁にある半田山の地すべりで、明治32年(1899)頃発生し36年頃まで続いた。明治34年には近くの半田銀山の発電所や鉱業所にも被害があった。その原因説には、半田銀山の旧坑の崩落か、三陸大地震の影響か、火山爆発の影響か、開墾や伐木によるものか、などいろいろあったが、坑道に異常がないため半田銀山説は否定された。井上(1901a)は山脈の主軸に平行する岩層の食い違いや亀裂を発見し、小川(1902)はこれらの亀裂と崩壊との関係を説明し、佐藤・井上(1902)は地盤の緩慢な変動をその原因とした。さらに神保(1905a)はこの変動地を過去の大きな陥落地の跡とみなし、地殻の動きにより再動したものとしている。

明治35年(1902)、神保小虎は「本邦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」を著わした。彼はその中で山崩れ、地割れ、地の押し出しを区別したが、それらの定義はまだ明確でない。これらの地変の原因としては、地震、浸水、地下の岩石の溶解、採鉱と土木工事、地殻の動きなどをあげている。そして地変には地面の段違い、急崖、崩土と崩れ岩の崖、谷川の水路の奇形、小さな池、洞穴、地中の割れ目、地面の凹みや穴、道路の変位、草木の幹の曲り、車道勾配の変化、泉の変動、噴砂、外来の岩石などに注意しなければならぬとしている。神保小虎(1906)による「信濃国岩倉山(一名虚空蔵山)地変の観察」は、弘化大地震で大きな被害をもたらした岩倉山崩壊地の末端部が、明治39年(1906)8月の大雨で崩壊し、一時的に犀川をせき止め、大崩壊発生の可能性が危惧されたことによる調査である。地質等の踏査から「対策として崩壊源の湧水を1条に整理するほか、特別の工事は必要ない。人工の切取は僅かでも、地盤の平均を失って斜面に押し出しや地割れを生じる可能性があるから、上部の過去の陥落地の平均を害しないようにして、放置すればよい」とした。過去の大規模地すべり地の観察結果からの安定性の評価例である。

明治40年(1907)7月～8月にかけて関東地方や伊豆諸島で豪雨災害が発生した。伊豆諸島の神

津島では野田勢次郎(1907)が、東京府西多摩郡檜原村では大築洋之助(1907)が、群馬県多野郡では神津俣祐(1908)がそれぞれ調査にあたっている。これらの報文をみると、調査に際して災害に関するあらゆる情報の収集に努力している様子がうかがわれる。

明治26年(1893)から東大農学部で地質学を講義していた脇水鉄五郎は、明治45年(1912)に「山地の崩壊について」の論文を発表し、明治40～44年に多発した山地崩壊を、現地調査と多数の文献・資料から総括した。その中で山地崩壊の種類を第1種土崩、第2種土崩、土石崩、岩石崩、水蝕崩、懸崖上部の崩壊、乾性土崩及び岩石崩、崖崩、地氾の9種類に区分し、原因には近因と遠因とがあつて、降雨、地震等はたまたま単に発作の動機を与えたものとした。地質との関係も詳細に記述しており、岩石の成分、硬度でなく岩石風化の特徴が関係し、これが遠因になっていることを示している。明治45年には長野県小谷村稗田山で大崩壊が起こった。この地域は白馬岳東麓(姫川下流)にあたり、地形・地質的な難所で、山梨県のビジョのガレ、安倍川上流の大谷くずれとともに日本の三大くずれの一つに数えられている(小出 博, 1973)。現地調査には横山又次郎(1912)があたっている。

脇水鉄五郎(1917a)は、大正5年(1916)9月に北陸本線筒石停車場付近で発生し、鉄道線路等を破壊した山崩と翌年2月に小泊付近で鉄道線路を埋めた山崩について「地質は第三紀の泥岩で、その風化粘土が大量の水を含むと泥土化して潰れ、はらみ出しを起こすのが原因である」と述べた。さらに脇水(1917b)は「筒石、能生間の泥岩地帯には、歴史前の古い地すべりの跡が地形にも認められる所が多く、線路側面に切取を作ったため、地変がひんばんに現れるようになった。名立(筒石の東隣駅)付近の線路の滑動は、地盤がまだ固定していない崩壊跡地に築堤を造成したため、圧力の均衡が破れたために発生した」と考えた。この報文では、第三紀層地帯における地すべり発生機構の理解と、地形観察の必要性が述べられ、現在の地すべり対策調査においても重要部分となっ

ている。

大正6年(1917)11月に和歌山県龍門村新田地区で大雨の後に亀裂が発生し、地すべりが起こった。地質調査所の清野信雄が大正8年に現地調査をしている。この地域は三波川結晶片岩からなる山地で、付近に層状含銅硫化鉄鉱床を採掘している鉱山があったため、坑道の影響か否かが問われていたが、結果は坑道に支障がない表層地すべりとされた。大正7年には新潟県東頸城郡松之山村湯本で、同じく同県刈羽郡南鯖石村で地すべりが発生した。前者はいわゆる松之山地すべりである。これらの調査にも清野信雄が当たっている。

大正9年(1920)4月から9月にかけて、福島県石城郡箕輪(現在の福島県平市好間町大利地区)で地すべりが発生した。これには早大の徳永重康と地質調査所の木村六郎がそれぞれ現地調査を行っている。この地すべりの特徴は、大小の亀裂の発生とそれに関連する大規模な土地の陥没・移動で、徳永(1921)は「被害地の付近は地殻が不安定な場所に現在再び小変動が生じて、緩慢な移動が続けられ、これが動機となって幾多の地表の変化を起こしつつあるに違いない」と結論し、陥没に伴う地すべり面は古期岩層と第三紀層を境する大断層(関伽井断層)の一分岐の断層面に相当するとして、地質との関連を重視している。また木村(1922)は「本地域は地質構造薄弱であり、これに加えて開墾されて森林、雑木の地被物に乏しく、異状の降雪雨がこれに関係して今回の地災が生じたのであって、地殻徐々の変動に起因する山崩れに外ならない」としている。ここで注目されるのは、被災地が常磐炭田の平炭鉱区にあつてゐるため、徳永重康の地質研究の蓄積と地質調査所の常磐炭田調査の完了により、すでに精密な地形図・地質図が揃っており、加えて詳細な亀裂のスケッチを含む地形図の作成と、聞きとり調査が行なわれていたことである。

しかし一般的には、斜面変動の地域性が科学的に検討されていくのは、地質調査所の20万分の1地質図幅調査事業が完了(大正8年, 1919)し、陸地測量部の5万分の1地形図作成が完了(大正13年)してからのことである。

〔土木地質〕

日本で初の鉄道が営業開始したのは明治5年(1872)の新橋-横浜間である。以後明治22年(1889)に東海道本線が、明治24年に東北本線が全通して主要幹線が急速に建設された。山陽線の全通は明治34年(1901)である。一方、鉄道は主要幹線からしだいに分岐し、鉄道工事は地形・地質の複雑な山岳地帯に及んだ。地質調査所では鉄道庁の委嘱により明治31年に小仏・笹子両トンネルの掘削に際し、地質調査を施行している(井上, 1930)が、調査の詳細は不明である。笹子トンネルは明治36年に開通している。これらの路線建設のすべてに地質の専門家が加わったわけではなく、おそらく多くの鉄道土木技術者が地質調査も行なっていたのであろう。

鉄道の敷設に関しては、工事前、工事中、工事後の地変について、地質家による調査と助言が行なわれた。神保小虎(1905b)は「官有鉄道中央東線下諏訪地方地変」で、相沢地区に発生した切取斜面の変動を調査し、「普通は切取斜面の片側で起る崩壊が、両側だけでなく湖岸まで変動した珍しい例であるとし、その地区全体が不安定で、押し出しの部分を取り除けば新しいすべりが起るが、その動きはゆっくりとしている。しかし新しい動きを生じさせる圧力を測定する方法は無い」とした。明治41年(1908)12月、建設中の肥薩線真幸駅付近で地層陥落、山腹崩壊が発生した。第七高等学校の篠本二郎(1909)はこの地変について、「線路はすべて切り取りで、山腹に大きな塹壕を作った形の中で変災が発生した。地質は、高温の温泉によって変質し白色粗鬆になった所に空洞が生じ、上盤の石が陥落した」と述べ、地層が平衡した後は、今後急に再発することはないとした。温泉地の場合には、事前調査の一例として伊木常誠(1912)の「宮城県玉造郡鳴子付近の鉄道線路調査報文」がある。

一方、港湾の築造に関する報告例としては、井上禧之助(1901b, 1902)の「横浜税関付近海底地質」が公表されている。港の造成工事では、第三紀層が基盤となるため、工事予定地内に海面から254カ所の試錘を行ない、加えて必要な場所の海

底を浚渫して海底下の地質を調べ、干潮面下 10 尺及び 30 尺で第三紀層が分布する区域、浚渫によって干潮面下 30 尺で第三紀層が露出する区域を図示した。結果として、地下に溪谷が存在すること、この部分を避けて工事する必要があることを述べている。この地質調査法は、後の関東大震災後における東京、横浜地盤調査に用いられた。

また土地開発計画に関しては、明治 30 年代に河口湖、西湖に疎水を掘削し、河口湖は乾固して水田地とし、西湖の水は河口湖南部の各村に用水として供給し、西湖は減水することで新たに田畑を確保するという計画があった。出願に応じて地質調査を行なった鈴木 敏 (1896) は、「甲斐国河口西両湖疎水工事に就き地質上の意見」として報告した。その中で両湖の成因に触れ「河口湖の水は俗説にあるように西湖の水が湖底の中央又は北部から不規則に湧出するものではない。河口湖と西湖の間には堅い岩盤があって、相互に遮断されている。しかし本栖湖、精進湖には影響を及ぼす。両湖間に疎水トンネルを掘るのはさしつかえないが、西湖から引く水が溶岩流の中に入ると、浸透してしまい皆無となるおそれがある。工費や経済上のことを別にすると、疎水開削と湖底地の開墾は難しいことではない」と記述している。

土木技術者に対して地質に関する講義が行なわれた例として、神保小虎 (1911) の「土木技師用地質学項目」が注目される。これを記述した目的は、「土木の学生は地盤の性質、岩石の続き (地質構造)、後に起るべき地変が知りたいのであって、専門家に実地問題の相談を試みる方法を習得することにある」としている。その項目は、日本の地質調査、その基本となる地形図、岩石及びその応用、地質構造の実地応用、地面等に生ずる変遷、地下の変動力、日本の地質構造及び有用鉱物からなり、日本産岩石の野外鑑定と岩石顕微鏡の使用法が付記されている。

大正 7 年 (1918) に丹那トンネル工事が開始されると、東大の横山又次郎がこれに参画し、東大を卒業したばかりの福富忠男が嘱託として地質調査にあたった。トンネル予定地は火山岩類からなる地域で、断層破碎帯が多く、掘削工事は難行し

た。大正 12 年 (1923) には崩壊事故があり、死者 16 名、埋没者 33 名を出した。土木工事の真価が問われる課題であった。大正 12 年に地質の専門家として渡辺 貫、広田孝一、佐伯謙吉が鉄道省に入り、渡辺と広田は丹那トンネル工事に従事した。昭和 5 年 (1930) には北伊豆地震 (M7.3) が起こり、掘削坑道が 2 m もずれる被害を受けたが、昭和 9 年、ついに長さ 7,840 m のトンネルの開通をみるに至った。

一方、佐伯は新規に予定された関門海底トンネル調査に従事した。この海底トンネルは昭和 12 年に試験トンネルが貫通し、昭和 17 年に海底部が竣工している。また、大正 11 年 (1922) に内務省土木試験所 (所長: 物部長穂) が開設されると、その年東大地質を卒業した高田 昭が入所し、道路の材料試験にあたったが、後にダム of 岩盤調査に従事した。しかし、ダムサイトの調査に本格的に地質の専門家がかかわるのは、大型ダムの建設が進む昭和の時代になってからである。

6. 地震

20 世紀初頭の欧米の地震学の動向についてみると、初めはイタリアを中心に性能のよい地震計が作られていたが、1904 年にドイツのウィーヘルト (J.E. Wiechert) が煤紙式倒立振子地震計を、1907 年にロシアのガリツィン (P.B. Galitzin) が電磁式水平振子地震計を発明し、これらが遠隔地の地震観測に威力を発揮するようになった。一方、イギリスのオルダム (R.D. Oldham) は 1900 年に地震波を P 波、S 波、表面波に区別し、地震波から地球の核の存在を推論した (1906)。さらにウィーヘルト一門のヘルグロッツ (G. Herglotz, 1907) は各地の地震の観測結果をもとに走時曲線から地震波速度の分布を知る積分方程式の解法をみいだしていた。

このような世界的な動きに対して、日本では濃尾地震 (1891) を契機として設立された震災予防調査会が調査・研究の中核となり、組織的な地震観測は中央气象台で行なわれた。地質学的なアプローチとしては、野外で地震の被害状況を詳しく調べ、これと地質状況や地質現象との関連を追及

することであった。そこで注目されたのは地震に伴う断層の存在である。明治27年(1894)10月に起こった庄内地震(M7.0、このMの推定値は1997年版の理科年表による。以下同じ)は庄内平野を中心とする地震で、酒田地震とも呼ばれた。被害は死者726名、全壊家屋3,858戸に及んだ。この地震を調査した小藤文次郎(1896)は、平野の東縁に北東-南西方向に走る矢流沢断層を発見し、これを地震に起因する断層とみなした。濃尾地震で確信をもった断層地震説である。

明治29年(1896)6月、三陸地震津波が起こった。これは三陸沖に発生したM8.5の大地震に伴う大津波で、地震による被害は殆どなかったが、波高は最大38mに達した。北海道から牡鹿半島に至る海岸では、死者21,953名、流出・全半壊家屋1万以上、船舶の流出・破損約7,000など甚大な被害をもたらした。津波被害調査には伊木常誠と巨智部忠承が赴いた。この津波の原因を、伊木(1896)は1883年のクラカタア火山の噴火津波の例から海底火山の爆発に求め、巨智部(1896)は沖合海底の大規模地すべりとしている。やや遅れて、今村明恒(1899)は伊木の噴火津波説を否定し、断層により広範囲にわたる海域が沈降したため周期・振幅の大きな波、すなわち津波が生じると考え、これを数理的に説明した。この今村説に対して大森房吉は、入江や湾内の海水の固有振動(液体振子の振動)が地震動により共鳴現象を起こし、これが津波の原因になるとした(1900a)。さらに長岡半太郎(1903)は波の高さと水の速度との関係から、津波の進行方向、海岸線の地形、水深、波高の地域的差異などについて具体的に説明した。この研究は後に潮汐の副振動の研究へと発展する。

三陸地震津波と同じ年(1896)の8月には陸羽地震(M7.2)が起こった。これは秋田・岩手県境部付近の地震で、約半月前から当日まで有感の前震が数10回もあった。被害は死者209名、全壊家屋5,792戸に及んでいる。また余震は本震後30時間内に146回に達した。震災予防調査会の委嘱で現地調査にあたった山崎直方(1896)は、県境部に沿って南北に伸びる真昼岳の山稜の両側に

それぞれ顕著な断層が生じているのを発見、これを追跡して西側のものを千屋断層、東側のものを川舟断層と命名した。さらに千屋断層の南西延長は庄内地震の際の矢流沢断層に連なるとし、陸羽地震と庄内地震とは密接な関係があるとした。

この頃、東大の大森房吉は明治24年(1891)の濃尾地震と明治27年3月の根室沖地震の余震から、余震の頻度に関する式を作った(1894)。この式は、余震は経過時間の逆数に比例して双曲線的に減少するというものである。大森はその直後の明治27年12月からイタリア・ドイツに留学、ドイツではポツダム周辺で爆破地震動の観測を行っている。明治30年(1897)に帰国した大森は、翌年東京帝国大学で地震学講座を担当することになる。

明治31年に彼は大森式水平振子地震計を考案している。これは周期の長い水平振子の運動が拡大されて回転円筒の煤紙の上に記録線を描くもので、長周期微動計とも呼ばれ、これにより遠地地震の連続観測が可能になった。その性能はきわめてよく、1899年のアラスカ地震の記録では3種の地震波の位相が見事にとらえられている(Kikuchi, 1904)。その後も1905年のインド地震、1906年のサンフランシスコ地震など明瞭な記録が残されており(大森, 1907d)、世界の地震学者を驚嘆させた。中央気象台は早速この地震計を採用している。当初、大森はこれらの位相から地震波を第一初期微動、第二初期微動と主要動に区別していたが、それらの境は判然としなかった。

地震波速度の測定について、大森は本郷(東大地震学教室)、一ツ橋(地震観測所)、飯倉(天文台)、小松川(郡役所)の4観測所を設け、明治27年11月30日の東京付近地震の際の各観測点における地震波の到達時刻差と震央(震動区域から推定)までの距離の差から地震波伝播速度を計算して、平均5.3 km/sec.の値を得た(1898a)。この場合、震央の位置はあまり正確でない。

同じ頃、今村明恒(1898)は自ら改良した機械式感震器を本郷・飯倉・小松川に取りつけて、3点からの観測により同一波動の到達時刻の差から地震波の到来方向と伝播速度を産出した。その結

果、地震の主要動の平均伝播速度として次の値を得た。すなわち $v=3.16 \text{ km/sec.} \pm 0.04$ である。今村はさらに明治 29 年の茨城県沖の地震と明治 31 年 7 月の埼玉県北西部地震の地震波の速度値を加えて、主要動の標準速度値として $v=3.28 \pm 0.05 = 3.3 \text{ km/sec.}$ を得た (1900)。この報告の中で今村は、地殻内は層状の地下構造をなしていると仮定し、地殻内を伝わる一定の地震波でも上部層ほど伝播速度が小さくなると考えていた。

一方、大森は「遠地地震ノ観測」(1899b) の中で、地震動には初期微動、第 2 期微動及び主要動の 3 種があるとし、明治 27 年から 30 年までの 9 回の地震の観測結果から計算して、それぞれの伝播速度 $V_1=12.9 \text{ km/sec.}$, $V_2=7.1 \text{ km/sec.}$, $V_3=3.3 \text{ km/sec.}$ を得ている。そして V_1 は縦波の速度、 V_2 は横波の速度で、ともに地殻内を伝播したものと推定し、 V_3 は地表面速度であるとしている。当時はまだ地殻の意味は概念的なものであったが、これをオルダム (1900) の P 波、S 波、表面波に比較すれば、 V_1 は P 波に、 V_2 は S 波に、 V_3 は表面波にはほぼ相応しているように思われる。

大森はまた過去 9 回の遠地地震の記録をもとに初期微動継続時間 (y) と震央距離 (x) との関係を $7.51y=x-24.9$ なる式であらわした。3 地点における初期微動継続時間がわかれば震央 (の位置) がわかることになる (1899a)。しかし地震波の解釈にはまだ問題があり、信頼できる観測資料も乏しいので、この式は何回も修正を余儀なくされ、大正 7 年 (1918) にやっと $x=y \times 7.42$ の式 (大森公式) が定まった。この大森公式は震源地決定に大いに利用された。また大森 (1898b) は濃尾地震の経験から、地震動の強さを知る方法として物体 (例えば墓石) の転倒を例にとり、転倒状況から地震動の最大加速度を求める式を考えだした。そしてこれまで感覚的に定められた関谷の 4 階級の震度階を、人体感覚、構造物の被害や倒壊状況、自然現象 (温泉の異常、渇水、地割れ、山崩れなど) などと加速度との対応により、無感を含めて 7 階級に区分した。この震度階は中央气象台で採用された。

明治 38 年 (1905) に芸予地震 (M 7.2) が起こっ

た。広島、瀬戸内海、松山に及ぶこの地震には八谷彪一、小藤文次郎、今村明恒らが調査にあたっている。八谷 (1906) は強震の地域が南北方向に伸びた長楕円形をなすことから、広島湾の南部海底が南北方向を軸に地すべりを起こし地震動が生じたものと推定した。これを受けて小藤 (1906) は、宇品、呉、松山を結ぶ線 (地裂線) と厳島、屋代島 (大島) の両島の東端を結ぶ線 (地裂線) に挟まれた地域を壘台 (ホルスト) とみなし、これら両地裂線の動きによって地震が起こったとした。しかしこれは崑崙山系 (中国山地) の前面の放射的地体分裂という壮大な発想からの推論であった。

明治 42 年 (1909) に近江長浜付近で地震が発生した。これは江濃地震と呼ばれた地震 (M 6.8) で、死者 41 名、全壊家屋 978 戸に達した。地下水位、水量の変化、山崩れ、地盤の変動も知られている。この地震で大森房吉 (1909a, b) は余震の研究と伝播速度の研究をしており、また小藤文次郎、中村新太郎、今村明恒もそれぞれの見地から調査にあたった。中村 (1910) はこの地震の原因を「長浜平原の東方の山地即ち美濃飛騨高原の南西端を走れる一線上の上下の地すべりに由りて起こりしものにして該方向は地体構造上の弱線に当り地層の走向を横断す」と述べている。地質学的には地裂線ないし弱線を探すことが当時の主眼であった。今村 (1910) はこの地震は江濃 (近江と美濃) と言えるほど大規模なものではないので、姉川地震と訂正した。

大森や今村は過去の地震史料をまとめる「歴史地震学」や、地震の発生を時期や場所により統計的にまとめる「統計地震学」にも関心が深かった。前者については震災予防調査会の仕事で田山 実が大冊「大日本地震史料」(1903) としてまとめた。その増補改訂版は、はるか後に武者金吉 (1941~1943) によりまとめられている。大森も今村も自分の研究にしばしばこの史料を利用している。今日でも話題になる地震の周期説の根底には歴史地震の史料の蓄積がある。大森 (1907c) の「大地震ノ平均年数二就キテ」などはそのはしりであろう。統計地震学については大森 (1900b)

の「日本ニ於ケル地震ノ一年中及ヒ一日中ノ分布」、今村（1904）の「太陰暦一ケ月中ニ於ケル地震ノ分布ニ就テ」などがある。

これらの研究の延長上に地震帯の概念がある。明治20年頃には地震の多発地域として関東甲信越地方が知られていた（矢津，1889）。濃尾地震以後は関東平野，濃尾平野，仙台付近，富士帯（富士火山帯）付近が頻発地域とされた（佐藤伝蔵，1902）。しかしまだ地震帯の概念は生まれていない。日本における地震帯の最初の提唱者はおそらく大森であろう。彼は明治40年（1907a, b）に太平洋側を走る外側地震帯と日本海側を走る内側地震帯を設定した。小藤文次郎はこの地震帯を地体構造との関係から検証し（1915），新たに信濃川地方，中部日本，瀬戸内区を含む内陸地震帯を設定している。また今村（1924）は外側，内側両地震帯内に信濃川流域地震帯，利根川東京湾地震帯，淀川筋地震帯，伊賀伊勢美濃地震帯，瀬戸内海地震帯，霧島火山地震帯などいくつかの小規模の地震帯を設定した。

この地震帯の概念は後に松沢武雄（1933）や和達清夫（1935）らによって疑問視される。松沢は「関東大地震は…相模湾，房総沖は勿論関東大半に互る区域に於ける応力蓄積状況の結果として現はれたるもの，即ちそれ等の区域が有機的に相関連して起っているもので…それを或極一局部の細かい地震帯の活動に帰せしむる如きは全く無意味である」と述べ，和達は「日本付近だけの様な小区域内に於ては地震帯と云ふ様な考へ方は，あまり妥当でなく寧ろ地震の頻発地域と云ふ様な考への方がよからうと思つて居る」としている。この地震帯中でまだ大地震が起こっていない地域（空白域）に将来大地震が起こるという考えは，すでに大森房吉によって指摘されていた。大森はこの方法で1899年～1900年の3回のアラスカ南西沖地震，1900年～1902年の3回のメキシコ・グアテマラ地震，1906年2月のパナマ・コロンビア・エクアドル地震，1906年4月のサンフランシスコ大地震，1906年8月の南米チリ地震などを空白域に起こった地震としている（池上良平，1981）。

地殻は弾性を帯びているため，地震動は弾性波

となって地殻内を伝播する。このことから東大の長岡半太郎（1900）は地殻を構成する岩石の弾性定数の測定を行なった。彼は各地質時代の堆積岩・深成岩・火山岩など計80個の岩石を断面1cm²，長さ15cmの角柱状に整形し，これらの試料に荷重をかけてそれぞれの弾性率を測定し，これから地震波の伝播速度を求めている。その値は平均3km/sec. となった。この値は今村の3.3km/sec. に近かったので，当時信頼される値であった。しかし大森が算出した初期微動の速度12.9km/sec. とは著しく相違していた。そこで長岡（1905）は，地球の平均ヤング率と密度との比から地球（弾性体）を伝わる地震波の速度を計算して，縦波は平均7.0km/sec.，横波は平均4.0km/sec. の値を得た。そして主要動の平均速度3.3km/sec. は表面波であるとした。Omori（1906）はこれらの地震波速度に反対している。この時期にはまだ地震波の伝わり方に定見がなかったことがわかる。また長岡の弟子で後（1911）に東北大学に移った日下部四郎太も弾性率の測定を行ない，弾性定数に及ぼす岩石の古さ，歪み，温度などの影響について論じた（1902-1906）。これらの測定結果は現在でも注目されるものである。

一方，京都大学の志田 順は地殻の剛性と地震動との関係を論じている（1912）。志田（1917）はさらに，大正6年（1917）に起った天竜川下流地震（M 6.3）でP波の初動の分布を調べ，押しの領域と引きの領域が北東-南西方向と北西-南東方向の直交する2本の直線（節線）で四象限に分かれることを明らかにした。そしてこのように直交する節線を二等分する南北方向の断層を境に，その両側の地塊が相互に離れる運動をする地震を「裂罅地震」と呼んだ。その後，大正5年の淡路地震（M 6.1）では引きの分布が震央に近い円内に限られることから，これを「陥落地震」と呼んだ（1918）。これらはいずれも学会で発表された内容に過ぎなかったが，志田の地震波の初動の解析は地震の発生機構の研究の先駆をなした。なお志田はこの研究から，後に深発地震の存在を提唱している。

明治38年（1905），今村明恒は雑誌「太陽」9

月号に「市街地に於る地震の生命財産に対する損害を軽減する簡法」を発表し、外側地震帯の相模沖にまだ地震が起きていないことを根拠に、関東地方に将来大地震が発生する可能性があることを述べ、安政2年の江戸大地震の規模から東京で地震が起こった場合、圧死者3千、全壊家屋3万、損失財産2千万円、これに火災が加われば死者8~9千に達すると推測した。さらに、もし風のある夜間であれば、安政の頃には無かった石油燈の転倒による火災のため、10万以上の焼死者すら予想されたとした。その後段では震災を軽減する種々の具体策をあげたうえ、最も効果的な策として石油燈を全廃し電燈に代えることを提案した。

翌年1月16日付東京二六新聞は、上記のうち今村の本意であった後段を省略し、前段部分のみを大地震襲来説として東京の死者10万~20万と書きた。折から1月21日と2月23日に東京周辺に小被害の出た地震が起き、加えて時刻まで指定した大地震襲来のデマが流れたので、東京市内は大騒ぎとなった。

今村の上司であった大森房吉も、震災対策についてはしばしば発言していたが、この騒ぎをみて明治39年の雑誌「太陽」3月号に「東京と大地震の浮説」(1906)を載せ、石油燈の危険性など震災対策に注意を喚起しつつも、近く東京を襲うとする大地震説は根拠のない浮説ときめつけ、人心の安定に努めた。

その後、大正4年(1915)11月12日から17日にかけて千葉県中部以南の地域に群発地震が発生した。今村明恒は16日朝の地震について「地震が次第に弱まるようであれば余震と同じで驚くことはないが、次第に強まるようであれば過去に強震となった例もあるので注意したほうがよい」という見解を発表した。一方、大森は群発地震の性格から大地震になる心配はないという見解を発表した。これに対し、前回はさして抵抗しなかった今村も、今回は激しく反論した。

世に言う大森・今村論争は、関東大地震(大震災)の発生によって、形のうえでは大森の敗北に終わったが、学術上の論争であったとは言えない。当時のレベルでは、場所(例えば相模湾)と時期

(例えば50年以内)を指定した大地震は、必ず起こるとも、全く起こらないとも言えない筈であった。それなのに論争が感情的対立に至るまでエスカレートしたのは、当時の社会情勢と、両者の立場の違いによるものであろう。

学者の社会的役割りとしては、大地震の警告や防災対策の提言も、社会の過剰反応・デマ・迷信・パニックへの対応も、ともに必要なことである。大森の“悲劇”は、自己の役割りを意識するあまり、自らが過剰に反応してしまったことにあるのではなかろうか。現在でもこころすべきことである。

大正7年(1918)には信濃大町地震(M6.1, 6.5)が起こった。被害はそれほど大きくなかったが、大町付近で水準路線上約4kmにわたり20cmほど土地が隆起した。現地調査には東大の坪井誠太郎、大森房吉、中央气象台の中村左衛門太郎と国富信一が当たった。この地震では地震波の初動の節線の一つに平行な断層の存在が注目された。坪井(1919)は大町の北から南西に走る起震線(断層)の南東側の地盤が低落したことを地震の原因とした。また大森(1919)は信濃川沿いの地震帯の空白域に大町地震が起こったとしている。

大正12年(1923)9月1日、関東大地震(M7.9)が起こった。この地震では相模湾沿岸地域で家屋の倒壊率が最も高く、横浜、東京など都市部がこれに次いだ。東京では山の手に対し下町に被害が多く、地震による火災が被害を増幅し、死者・不明者は10万名以上にのぼった。また各地に山津波が発生し、とくに東海道線根府川駅付近では土砂が瞬間的に村落を埋め、停車中の列車を海に押し流した。津波も発生し、熱海、伊東、房総半島南部、大島などで10m前後の波高が観測されている。

この大地震に対し、震災予防調査会をはじめ、中央气象台、陸地測量部、水路部、地質調査所その他各研究機関や大学は、それぞれの立場から調査を開始した。9月27日には帝都復興院(後の復興局)が設置され、ここでは清野信雄を首班とする東京・横浜の精密な地質調査が行なわれた。とくにこの調査では上総掘も含めて500本以上の試

錘が実施されている。一地震に対してこれほど大規模な調査・研究が行なわれたのは、これが最初であろう。各機関の調査・研究の報告は膨大な量に達した。震災予防調査会報告第100号(1925)は「地震篇(甲)」,「地震及津波篇(乙)」,「建築物篇(丙)」,「建築物以外の工作物篇(丁)」,「火災篇(戊)」の各部門で関東大地震の詳細な報告を載せている。これらの調査・研究の結果については次回に述べることにするが、何よりも大きかったのは、従来の地震学では予知に対応できないという反省であり、研究方針そのものが再検討されるに至った。かくて大正14年(1925)に、これまで非常勤の委員・調査員の活動に頼っていた震災予防調査会は廃止され、専任の研究者を主体とした地震研究所が東京帝国大学に設置された。また中央気象台では、地震情報を収録して「地震年報」(1924年から)や「駿震時報」(1925年から)を発行した。

この頃までにヨーロッパではモホロビッチ不連続面(1909),グーテンベルグ不連続面(1912)が発見されており、地殻・マントル・核の構造が判明していた。このことについて今村明恒(1924)は次のように述懐している。「遠距離地震の観測の結果は、震源の位置の推定に用いられるが、特に興味ある問題として地球の内部状態の推測に用いられることにある。此の点に於て欧米の学者は特に研究を進めて居るが、活動的地震の盛んな今日、我々は当分斯の如き遠距離地震にまで手を延すには余りに多忙である」と。また当時話題となっていたウェゲナー(A.L. Wegener)の大陸漂移説については、今村も中村左衛門太郎(1924)も地震発生の要因として注目していた。

7. 地球物理

〔地磁気〕

日本における地磁気調査は、明治13年(1880)に内務省地質課のシュット(O. Schutt)らが行なったフォッサマグナ地域の偏角測定が最初で、その後明治15年から16年にかけて地質調査所は3成分の定時観測と全国偏角測量を、海軍水路局観象課は3成分の定時観測を、また明治16年か

ら17年にかけて内務省臨時磁力観測所も定時観測を行なっている。明治20年には東大のノット(C.G. Knott)と田中館愛橘が全国地磁気調査を行なった。明治24年(1891)の濃尾地震では田中館愛橘や長岡半太郎らが地磁気観測を行なっている(「西洋地学の導入」〈その3〉参照)。田中館と長岡はこの観測結果を「濃尾地震に随伴せる等磁線の変動」(英文:1892)として発表し、その中で濃尾地震に関して明治20年と明治24~25年の調査結果から「磁力変化には著しいものがあるが、この変化は年差によるものか、地震によるものかわかりにくい」と述べている。

明治25年(1892)6月に震災予防調査会が官制公布される。翌年、震災予防調査会は事業計画の一環として全国磁力観測と地磁気観測所による地磁気変化の定常観測を定めた。初年度はフォッサマグナ地域、濃尾地方、富士山-浅間山の磁気測量をすることとし、これに基づいて7月から田中館愛橘は学生の鶴田賢次・氏家謙曹・岩岡保作をつれて中部・北陸地方へ、大森房吉は水島久太郎・中村清二・木村栄をつれて関東・甲信越地方に赴いた。長岡半太郎はドイツに留学したためこの調査には参加していない。以後明治29年までに地磁気調査は本州ばかりでなく北海道・四国・九州にも及び、観測者は延べ18名で、その中には今村明恒・加藤(本間)義次郎・新城新蔵・田丸卓郎らもいた。測定箇所は全国327点に達した。この全国地磁気観測の結果は磁気図にまとめられ、田中館により「1895年に調整した全国地磁気測量」(英文:1904)として報告されている。これは世界的に評価された。

また田中館は地磁気の長期的変化を記録するために、明治27年(1894)に根室・名古屋・京都・熊本に観測室を新設し、マスカー式自記磁力計で明治42年まで観測を続けた。しかしマスカー式自記磁力計は地磁気の短期的変化に適さなかったため、田中館は新たに自記磁力計を考案している。そしてこれまでの4観測所を廃止し、三浦半島油壺の東大臨海実験所にこの自記磁力計を設置して明治43年から大正3年まで観測を続けさせた。この観測結果を整理した寺田寅彦は、これを

「地磁気の急速な周期的変化」(欧文：1917)としてまとめている。

一方、中央气象台では、統計課の本間義次郎が明治29年10月から地磁気観測に着手した。測定機器としてはマスカル式自記磁力計、田中館式磁気儀、カセラ式伏角計があった。3成分毎時観測の結果は明治30年(1897)の中央气象台地磁気年報に載せられている。しかし本間は明治31年に气象台を辞して、一高教授となった。大正元年(1912)に新設された中央气象台の柿岡地磁気観測所にはウィルド式磁気儀やエッセンハーゲン式変化計が設置された。地磁気の定常観測は翌年1月1日から開始された。観測にあたったのは大石和三郎である。しかしこの観測所も関東大地震で被害を受け、復旧したのは昭和2年のことである。なお大正13年には国際地球電磁気学協会が柿岡地磁気観測所を日本の標準観測所に指定している。

海図に記される磁針の時や所による偏差に悩んでいた海軍は、田中館愛橘らの全国地磁気測量の結果を重視していた。そこで水路部は田中館の指導による全国地磁気測量の実施を計画した。海軍技師の渡辺 襄が責任者となり、1年間に16名の観測員を養成して明治45年(1912)4月から大正2年にかけて観測が行なわれた。この第1回地磁気測量は北海道・本州・四国・九州・千島・樺太・朝鮮・台湾・小笠原島に及び、観測地点の数は331カ所に達した。この結果は水路部報告第二冊(1918)に載せられた。また大正3年には「近海磁針偏差図」を発行している。第1回地磁気測量の10年後、第2回地磁気測量が大正11年(1922)6月から12年8月にわたって行なわれた。この時は渡辺 襄が設計した(水路部式)磁気儀が用いられた。観測の区域は前回の他に関東州と南洋群島が加わった。観測地点は147カ所と前回より少ない。水路部にあったこの観測の記録は、観測機器とともに、関東大地震で焼失してしまった。しかし測量員が所有していた記録をもとに整理され、測量報告書は水路部報告第五卷(1926)に載せられた。第3回地磁気測量は昭和7年から8年にかけて実施されている。

〔重力〕

重力測定は地球の運動・形・内部構造ばかりでなく、大気や海洋の諸現象にとっても重要であり、測定には精密さと測定点の拡がりが要求される。

明治13年(1880)にメンデンホール(T.C. Mendenhall)が富士山頂の重力測定を行なったことはすでに述べた。その後、明治14年から17年にかけて、東大の物理学教室により札幌、鹿児島、那覇、小笠原島の重力測定が行なわれている。震災予防調査会は事業計画の中で、地磁気とともに「重力ノ分布及其変遷ヲ測定シテ地殻抑圧ノ変化ヲ研究スルコト」を規定している。しかし現実には田中館愛橘は地磁気観測で忙しく、長岡半太郎が新城新蔵とともに重力測定に従事していたが、ドイツ留学のため中断され、結局組織的な重力測定は実施されなかった。

万国測地学協会(IG)の国内対応機関として明治31年(1898)に文部省に測地学委員会が設置されると、委員会は震災予防調査会の重力調査事業を引き継ぐことになり、長岡が重力の比較測定に着手することになった。長岡は明治32年から33年にかけて、新城新蔵・大谷亮吉とともにレブソルド可逆振子で京都・金沢・東京・水沢で重力の絶対測定を行なった。この結果は「可逆振子を用いた京都・金沢・東京・水沢における重力の絶対測定」(独文：1902)として発表された。一方、ポツダムの測地学研究所で研究していた木村 栄はシュトックラース型振子(ステルネック振子の改良型)で同研究所のボラス(E. Borrass)とともにポツダムの重力を測定した。この改良型振子はその後東京に送られ、長岡は明治33年(1900)8月、早速この振子を用いて東京での重力測定を行なった。そしてその月にポツダムに行き、同じ振子による重力測定を行なった。こうして従来より精度の高いポツダム-東京間の比較測定が完了した(長岡半太郎ほか、1901)。これによりポツダムを基準とする世界各地の重力点の一つに東京が位置づけられることになった。東京の重力値は日本国内の基準重力値にもなった。

長岡らの重力測定はさらに続く。測地学委員会の事業として、明治34年には新城・大谷・清水

清蔵・志田 順・本間義次郎が沼津・静岡・浜松・岡崎・岐阜・彦根・京都・名古屋・上野・鎌倉の測定を行なった。また 35 年には長岡・大谷・志田・清水・山川弘毅らが筑波山頂で重力測定を、36 年には新城・大谷・山川がシンガポール・香港・上海・漢口・沙市の東アジア 5 カ所の測定を行なっている。このアジア地域の測定は世界の重力網完成の一翼を担っていた。さらに 37 年には長岡・新城・大谷・志田・清水が四国・山陽・九州の各地、38 年には長岡・清水・田中館寅士郎・志田らが九州・近畿・関東の各地の測定を行なった。また 39 年～41 年には長岡・志田・清水・田中館(寅)・天野三祐が東北・関東・山陰・北陸の 31 カ所の重力測定を行なっている。これらの重力測定地点は 122 点にのぼる。こうして日本における重力測定は一段落するが、その成果は世界で高く評価された。以後、重力測定は朝鮮・満洲・南洋群島・台湾へと拡がっていった。

明治 34 年(1901)、東大の物理学教室は理論物理学と実験物理学に分かれた。前者の主任教授は長岡半太郎、後者の主任教授は田中館愛橘である。これまで述べたように物理学教室は震災予防調査会や測地学委員会の事業として地磁気や重力の測定に多くの精力を割いてきた。分科は当然の成り行きだったのかもしれない。しかし大正 8 年(1919)にはもとの物理学教室にもどっている。一方、京都大学の物理学教室には明治 33 年から新城新蔵(地磁気・重力の測定)が、明治 42 年から志田 順(重力測定)が、大正 2 年から松山基範(明治 44 年、京大物理卒)がそれぞれ赴任している。京都大学の物理学科では大正 7 年(1918)に地球物理学講座を新設するが、大正 9 年には単独の地球物理学科となる。その下地は東大で行なっていた地磁気や重力測定にあった。

測地学委員会は、大正 2 年(1913)から重力偏差測定を開始した。これは日本における重力偏差測定の最初で、まず大正 2 年から 3 年にかけて京都大学の新城新蔵と松山基範により滋賀県八幡町付近、京都市付近、奈良県下の重力偏差観測が行なわれた。測定はエトヴェス(R.von Eotvos)が考案した最新の重力偏差計が使用された。また松

山は大正 4 年の 2 月から 3 月にかけて南洋ヤルト島の重力偏差測定を行なっている。これは第 1 次世界大戦で日本がドイツから領有した南洋群島の一環礁である。測定機器はエトヴェス重力偏差計で、観測の結果、重力増加の傾向が環礁の外側から中心に向かっていくことが明らかにされた(松山, 1916; Matsuyama, 1918)。

続いて大正 5 年から 7 年にかけて測地学委員会の事業として山本一清が利根川流域の重力偏差測定を行なった。山本は関東地方 115 点の測定結果をまとめて重力勾配図を作成し、筑波山及び利根川下流に異常を認めている。その後利根川流域を除く関東地方の重力偏差測定が関東大地震の翌年から熊谷直一(1927)らによって実施された。また大正 3 年の桜島火山噴火による地殻の変動を調べるため、測地学委員会の委嘱により大正 5 年～6 年に松山基範が鹿児島湾周囲の重力偏差測定を行なった。松山(1927, 1928)はこの測定結果から桜島周辺の地下構造を推定している。なお、大正年間を通じて新潟県下、浅間山周辺、水沢付近でも観測が行なわれている。

〔緯度変化〕

震災予防調査会の事業計画(明治 26 年)の第十一条に、「緯度ノ変位ヲ観測シ及水準ノ変遷ヲ調査シ地歪ノ漸進ヲ視察スルコト」とある。この緯度の変位と地震とがどう結びつくのか不明だが、緯度変化の問題は、田中館愛橘が留学中のイギリスでは大いに学者の注目をひいていたらしく、帰国した田中館は緯度変化についても関心をもっていた。そこで震災予防調査会の委員だった田中館が、万国測地学協会からの依頼もあったので、調査会の事業計画に緯度変化の研究を加えたのではないと思われる。観測に使用する機器はドイツから取り寄せられ、麻布の東京天文台で木村 栄が観測にあたった。この観測結果は震災予防調査会欧文報告の 1～2 巻(1897a, b)に載せられている。

明治 31 年(1898)にドイツのシュツットガルトで開かれた万国測地学協会総会に、日本からは田中館と木村 栄が出席した。総会では北緯 39 度 8 分の 6 カ所、すなわち日本(水沢)、トルキスタ

ン (Tchardjui), イタリア (Carloforte), アメリカ (Gaithersburg, Cincinnati 及び Ukiah) に観測所が設立されることが決まった。このことを事前に知っていた田中館と木村は、明治30年に水沢の緯度を測定し、陸地測量部に水沢付近の詳しい地図を作らせ、鉄道などによる地盤の動揺を調べていた。

明治32年に臨時緯度観測所が水沢に設立されると、木村 栄が所長となり、早速観測が開始された。観測結果は逐一万国測地学協会の中央局へ送られた。翌年、中央局から「水沢とトルキスタンの観測は他所の観測と一致しない。どこか間違っていると認定する」旨の中間報告があり、日本の測地学委員会は大騒ぎとなった。長岡半太郎が測地学委員会の命を受けて緯度観測所の機器を詳しく調べたが、故障箇所はなかった。考えあぐんでいた木村 栄は明治35年(1902)、これまでの緯度変化の計算式を、経度によらない新しい項を入れた計算式に改めれば、すべての観測所の結果が矛盾なく一つの式で表わされるとして、この問題を解明した。z項の発見である。これは *Astronomische Nachrichten* 誌に論文として発表され、世界の学者の賞賛を得た。

8. 海 洋

1872年(明治5年)1月から1876年(明治9年)5月まで行なわれたイギリスのチャレンジャー号(H.M.S. Challenger VI)の深海探検航海は、海洋学の歴史に一時期を画するものであり、1880年~1895年に刊行された全50巻の膨大な報告書は、近代海洋学の第一歩として燦然と輝く偉業であった。チャレンジャー号は明治8年4月11日から6月16日まで日本に滞在し、沿岸海域の調査を行なっている。また1874年~1876年にはアメリカの測量船タスカロラ(Tuscarora)号が北太平洋の調査をしており、明治6年5月に日本に来航、6月には千島得撫島南東120海里(220km)の深海測深で8,514mを記録した。タスカロラ海淵(千島海溝の一部)の発見である。また明治12年(1879)にはスウェーデンの北氷洋探検船ヴェガ(Vega)号が横浜に寄港している。このよう

に海洋学は大きく近代化への歩みを始めていたが、日本では海洋学についての認識はまだ乏しかった。

広く海洋を研究対象とする諸科学、すなわち海洋物理学、海洋化学、海洋生物学、海洋地質学、海洋気象学などを総合したものが海洋学であり、海洋科学である。かの『チャレンジャー・レポート』は「航海記篇」3巻、「物理・化学篇」2巻、「深海堆積物篇」1巻、「植物学篇」2巻、「動物学篇」40巻、「総括篇」2巻からなっている。中でも海洋地質学に関係がある「深海堆積物篇」では、すでに堆積物が成因的に分類され、グロビゲリナ軟泥、赤色泥、マンガン団塊、燐灰土などの詳細な記載が行なわれている。記載にはきわめて精緻な肉眼・顕微鏡観察図及び化学分析値が添えられている。日本で深海堆積物の研究が本格的に始まるのは1970年代以降のことである。

ちなみに、ナウマン(E. Naumann)は明治18年(1885)に発表した『日本群島の構造と起源』の巻頭で、当時の深海探究の「偉大な成果」、とくに海底地形のデータに大いに注目している。また古生代の放射虫板岩(Radiolarienschiefer)を論じる際に、チャレンジャー号のもたらした深海堆積物に言及し、化学分析の詳細なデータが早く出ることを期待している。結局、マレー(J. Murray)とレナード(A.F. Renard)によって編集された『チャレンジャー・レポート』の「深海堆積物篇」が刊行されたのは1891年(明治24年)であった。

横山又次郎は明治44年(1911)の『海洋学講話』の中で、チャレンジャー号の探検に随所で言及して、「海底沈殿物の研究によって、地学者の得た教訓は、陸地を構造する成層岩と称する諸岩石は、多くは沿岸と近海との沈殿物と、其の質を同じふするもので、遠洋沈殿物と全然同質のものは、陸上には、未だ之を発見しない」と言っている。さらに「地学者、一步を進めて、現今の近海底は古来屢桑滄の変を受けたものに相違ないが、遠洋底底は、海洋成立以来、未だ曾て水面上に昇ったことのない、謂はば、不変、不朽、永久的のものであると言はざるを得ないようになって来たのである」と結論している。当時はオーストリアの

ジュース (E. Suess) が提唱した大洋恒久説が定説となっていた。ウェゲナー (A.L. Wegener) が大陸移動説を提唱したのは1912年のことである。

日本では明治3年(1870)に海軍によって水路事業が始められ、明治5年には海図第1号「陸中国釜石港図」が刊行された。沿岸部を中心にした海岸測量が一応の完成をみるのは、大東島の測量が完了する大正6年(1917)のことである。関東大震災後、水路部は本格的な沖合の海洋測量に乗り出した。大正13年(1924)には日本海中央の大和堆が発見された。翌14年には北海道西方に武蔵堆が発見され、グアム島南西190海里(350 km)では9,814 mの測深記録が得られた。このあたりの海洋調査事情については、本稿「日本地学の形成」〈その2〉を参照されたい。

日本海流(黒潮)の存在は17世紀の半ばにはすでに知られていたようだが、「黒瀬川」の名前が初めて登場するのは京都生まれの地理学者森幸安が発表した『日本志東部伊豆国属島地図』(宝暦2年, 1752)であり、また「黒瀬川」を「クロシホ」と呼んだのは常陸の農民地理学者長久保赤水の『改正日本輿地路程全図』(安永8年, 1779)が最初と言われている。文化元年(1804)に日本に來航したロシアの探検家クルゼンシュテルン (I.F. Kruzenshtern) は、1810~12年に「黒潮」の名を記載した地図を発表した。ドイツの博物学者ベルグハウス (Berghaus) はその著「自然地図帖」8巻(1838)の中で初めて「黒潮」を「日本海流」と称している。一方、千島海流(親潮)の方は明治6年(1873)にロシアの探検家シュレンク (L.I.v. Schrenck) によって命名されたと言われている。

気象台技師和田雄治は、明治26年(1893)に設立された農商務省水産調査所の諮問機関である水産調査会の委員として、浮き瓶による日本近海の流れ調査を提案した。その趣旨を彼は次のように述べている。「本邦水族ノ群集セルハ黒潮親潮ノ二流ニ若クハナシ夫レ親潮ハ遠ク白令海峡ヨリ千島列島ヲ経テ我カ東岸ニ達スルコト既ニ世人ノ知ル所ナリト雖モ其区域速度等ニ至リテハ未タ漠

トシテ正確ノ調査ヲ遂ケタル事アルヲ聞カス之ヲ調査スルハ即チ本邦水産物ノ根原ヲ知ルモノニシテ今日ノ急務ナリトス」(1894)と。この調査は明治26年から28年まで続けられ、千島列島から台湾に至るまでの各航路で多数の瓶を投入して、海流の経路や速度を明らかにした。調査結果は「本邦海岸調査」第一報(1894)、第二報(1895)として、また「瓶の行方」として発表された。

当時学習院教授だった山上万次郎は明治31年(1898)の『新撰大地文学 巻2, 3 水圏学・海洋学』の中で、和田の上記調査報告を引用しながら、「日本海流ノ本流ハ大隅海峡ヲ經過シタル後方向ヲ東北東ニ転シテ四国ノ沖百漕ノ辺ヲ進行シテ殆ンド紀州ノ南端ニ達ス其間最大速度ハ一日凡ソ六十漕ナリ而シテ紀州ノ南端ニ近ク屈折シテ正東ニ転ズト雖トモ須臾ニシテ原方向ニ復シ房総半島ノ東方北緯三十五度ニ達ス此間黒潮又黒瀬川ノ名アリ」「千島海流ハ本邦北東沿海地漁夫ノ親潮ト称スルモノナリ」と言っている。山上は明治25年に東大地質を卒業しており、32年に海軍技師として水路部図誌科僚となった。

水産調査会は明治28年(1895)に廃止され、水産調査所も明治30年に水産局水産調査課へと縮小された。和田雄治も気象観測業務に専念し、37年には朝鮮の仁川気象観測所長となり、朝鮮沿岸の海流調査をしている。39年には仁川気象講話会を発足させた。これは後の朝鮮気象講話会である。大阪毎日新聞社主催の大規模な瓶流し海流調査も、彼が立案したものである。この調査は大正2年(1913)から大正6年にかけて実施され、日本近海に1万3,357本の瓶が投入された。その結果をまとめていた和田は大正5年に亡くなるが、その報告書とも言うべき『日本環海海流調査業績』は熊田頭四郎の編集によって大正11年(1922)に出版された。その趣意には、海流が「気候の変動」に少なからざる関係を有しているとある。この点に関心をもっていた和田の弟子の岡田武松らの努力により、大正9年に神戸海洋気象台ができ、昭和2年(1927)からは気象観測船の運行が開始された。岡田は昭和16年(1941)に発足した日本海洋学会の初代会長に就任している。

一方、明治40年(1907)には、東京帝国大学農科大学に水産海洋学講座が設置され、明治44年に動物学科出身の原十太が教授に就任した。また明治42年に水産局水産調査課では漁業基本調査が開始された。農商務省はすでに明治30年に水産講習所を設置して、学生の教育と研究調査にあたらせていた。ここで田中阿歌真麿が明治37年におそらく日本で最初の海洋学の講義をしている。大正2年に水産局の漁業基本調査部門は水産講習所に移管された(本稿「日本地学の形成」〈その1〉、〈その2〉参照)。こうして海図作成から始まった日本の海洋学は、水産資源の調査を大きな目的とする海洋生物学的側面をまず整備していった。漁業基本調査を計画し指導した北原多作は、動物学科の出身であり、海水温度や塩分と海流の関係に注目していた。北原と共著で『水理生物学要綱』(明治43年、1910)をまとめた岡村金太郎は海藻類やプランクトンの専門家であった。

明治44年(1911)に欧州留学から帰国した寺田寅彦は、その年水産講習所の嘱託に、翌年には水路部の嘱託にもなった。彼は大学で地球物理学の一科目として海洋学を講じており、明治45年に岡田武松の依頼を受けて、中央气象台で海洋学について講演した。その時の内容をローマ字でまとめた『海の物理学』のはしがきで、彼は次のように言っている。「わが国で海の研究のあまりすすんでいないのを残念に思っていたので…これを読んだ方々のうちで、海の物理学に興味を感じる人が一人でもあれば、私の望みはとどくのである」。

寺田が物理学科の先輩の本多光太郎らと共同研究した潮汐の副震動の研究は、湖水の定常振動(セイシ seiche)にヒントを得ており、震災予防調査会の要請により明治36年(1903)から39年にかけて、全国各地の港湾で測定が実施され、さらに模型実験により副振動の性格が明らかにされている。その結果は明治41年(1908)に東京帝国大学理科大学紀要に発表されて、海外でも高く評価された。もともとこの研究は、明治29年(1896)の三陸大津波の原因について今村明恒、大森房吉、長岡半太郎らが論争したことが始まりで、長岡が「津波も湖水の定常振動と同様の力学

的根拠がある」(1903)としたことが出発点となっている。

水路部では明治36年に「葛城」艦が室蘭～浦河間で本格的潮流測量を開始し、「磐城」艦は日向～大隅沿岸で海流測定をしている。明治41年(1908)に東大の星学科を卒業した小倉伸吉は大学助手となるが、同43年に水路部に入り、潮流や磁気調査を行ない、大正3年(1914)に『日本近海の潮汐』を発表した。その後大正9年から10年にかけて欧米に留学して航海暦や潮汐を研究し、大正12年(1923)にはメルボルンとシドニーで開かれた第2回汎太平洋学術会議に出席して「北太平洋西部の潮流」及び「潮流の予知」について講演している。それには水路部の蓄積された潮汐表や図表類が大きく寄与したことは言うまでもない。なお彼は日本近海の海底地形を水深図で示し、海溝や海谷について論じた最初の人でもある。彼は昭和5年(1930)に、「瀬戸内海の潮汐及び潮流に対する研究」で学士院賞を受賞しており、昭和7年には海洋学談話会を組織し、後の日本海洋学会の基礎を作っている。

大正10年(1921)、京都帝国大学理学部地球物理学教室に、日本最初の海洋物理学の講座が設けられた。海軍で海流理論を講じていた野満隆治が講義を担当した。東大の地球物理学教室に海洋学の講座が設けられたのは、昭和17年のことである。この間にも世界の海洋学は多方面にわたって急速な進歩をとげていた。中でも近代的装備をもつドイツのメテオール(Meteor)号は、1925年～1927年にかけて大西洋の精密な調査観測を行なっている。その最大の成果は、ベルリン大学のメルツ(A. Merz)が抱いていた世界の海洋循環説を立証したことであろう。1925年(大正14年)4月16日にブレーメン近郊ウイルヘルムハーフェン港を出港したメテオール号は2台の音響測深器を積んでおり、2年余りの航海で南大西洋を中心にして33,000カ所の測深データを得ている。半世紀前のチャレンジャー号が3年半の航海で300カ所の測深データを麻のロープで得ていたことに比べると、驚くべき観測精度の差である。メテオール号の探検報告書は全16巻で、海底調査、海洋

物理学、海洋化学、生物学、気象学などからなり、このうち第3巻(1933)の13枚の横断面図には、現在注目されている大西洋中央海嶺がはっきりと姿を現わしていた。日本で音響測深の研究が開始されたのは大正13年のことであるが、1930年代なってもまだ実験の域を出ていなかった。

9. 気 象

「日本地学の形成」〈その2〉で述べたように、大正14年(1925)頃までに中央気象台をベースにした気象観測体制が整い、日本全土の気象データが収録されるようになった。それに伴い気象学的な論争や理論的研究が行なわれた。

〔初期の気象観測データの集成〕

明治26年(1893)にシカゴ・コロンブス世界博覧会(シカゴ万博)が開かれた。この博覧会に日本政府は会場に宇治平等院を模した鳳凰殿を建て、日本紹介に努めた。地質調査所も100万分の1「日本帝国地質図」のほか、417点の岩石・鉱物・化石を出品している。中央気象台は博覧会のために“*The Climate of Japan*”(1893)を作成した。この本は気候を通して日本紹介をはかったもので、序論以下、気温、気圧、風、湿度、雲量、降水、結論の7章からなり、各測候所での観測値を観測項目ごとにまとめたものである。内容の大半は表と図で占められるが、本書によって日本の気候が大陸の影響を受けるとともに、太平洋に面した群島として多様な性格をもつことが具体的に示された。気候の多様性を強調して「植物界のあらゆる植物がこの帝国に繁茂している。気候に関する限り、日本帝国は本当に地球上のパラダイスである」と結論づけている。データの集約を担当したのは、当時中央気象台統計課長の中村精男であった。

東大卒後ドイツで気象学を学んだ中村は、明治28年に中央気象台長となり、明治30年(1897)には“*The Climate of Japan*”の日本語版『大日本風土編』を中央気象台より発行している。国内にあっては、これにより、日本の気候が旧来の文学的表現でなく実際の観測値によって示されるようになった。シカゴ万博の後、日清戦争の講和条約(1895)により日本は台湾・澎湖諸島に版図

を拡大した。このため、その2年後に出版された『大日本風土編』では、国土の領域こそ改められたが、台湾の気象データはまだなく、十勝などの新地点やその後の新データを追補する以外、内容は英文本と変わりがなかった。

〔梅雨論争〕

梅雨は明治の始めから来日外国人の興味をひき、ドイツの地理学者ライン(J.J. Rein, 1876)やロシアの気象学者ワイコフ(A. Woeikoff, 1878)が夏夏季節風に伴う現象として報告したことがあったが、この説明では全く不十分であった。初期の気象データの集積も一段落ついた明治27年(1894)から翌年にかけて、東アジアに特徴的な雨季である梅雨の機構をテーマに、「気象集誌」誌上で活発な議論が展開された。これは初の本格的な気象学上の論争で、後に梅雨論争と呼ばれた。明治27年に中央気象台の馬場信倫が「梅雨論附天気ノ年期循環」を発表した。この中で馬場は「6、7月の日本付近の気圧配置は太平洋の北部に高気圧が、大陸北部に低気圧があるいわば東高西低で、このため西方に発生した低気圧は高気圧部に向かって東行することになり、速度は遅延し、そのあと次々と低気圧が続き、霖雨の現象が多くなる」との見解を示した。梅雨は低気圧が原因との考えで、低気圧説(low area theory)と言われる。

これに対し、山口高等学校教授の頼野広太郎は「6、7月の時期、北太平洋に広がる高気圧部から日本列島に向かい絶えず暖湿な大気が流れ、陸地に衝突のあと山側に沿い騰揚し、霖雨が続く」との説をたてた。冬に大陸が高気圧部になり日本海側に多雪をもたらすとの考えを、梅雨の季節における太平洋側の高気圧部に適用したものである。頼野は速写版を作り自説の流布に努めたが、中村精男の要望もあり「梅雨二就キ頼野新説」として「気象集誌」に印刷された(頼野広太郎, 1895a)。高気圧が原因とする説で、高気圧説(high area theory)とも言われる。

この頼野説に中村精男(1895)は、梅雨は「天気(注:高低気圧の移動)トシテ之ヲ論スルヨリハ寧ろ風土(注:アジア大陸の被熱)トシテ論ス

ル方至当ナラン」との感想を述べた。中川源三郎(1895a)は梅雨期の気圧傾度は緩やかで風勢は弱く「奚(な)ンソ騰揚気流ヲ盛ナラシムルヲ得ンヤ」と高気圧に原因を求める考えに疑問を投げ、梅雨に伴う多量の雨は低気圧が原因であり、陰鬱なる天気は気圧傾度の緩やかさが原因との説(偽低気圧説, pseud-low area theory)を主張した。論争は「気象集誌」のみならず、「地質学雑誌」でも石井八万次郎(1895)の批評があり、それに対する頓野の反論(1895c)が載ったりした。「地学雑誌」も頓野広太郎(1895b)と中川源三郎(1895b)の説を転載し、論争の紹介に頁を割いている。

この論争の当事者ではなかったが、その後、岡田武松も梅雨の機構に関心をもち、主に低気圧を作用とする馬場説を支持しつつも、頓野説と中川説を従と認める見解に至った(1908)。その成果は明治43年(1910)、中村精男のすすめで中央気象台の欧文報告に“On the Bai-u or Rainy Season in Japan”として発表された。この中で岡田は、梅雨の頃、揚子江流域では低気圧が活発に発生し、日本に向かって進むが、この時期、日本列島周辺では太平洋高気圧が発達しており、低気圧の動きは押さえられ、進路は北東から東へ変じ、速さも著しく低下する。こうして緩慢に進む低気圧に加え、副次的に発生する低気圧もあり、日本は梅雨になるとした。前線の考えもない時代の梅雨論であったが、当時としては最も包括的な研究であり、日本における代表的な梅雨論となった。

〔東北地方の凶作論争〕

明治時代になっても、東北地方は凶作にしばしば苦しめられた。とくに明治35年に続いて起きた明治38年(1905)の凶作は東北太平洋側を襲い、岩手、宮城、福島の新作収量を平年の3分の2から8分の7に減じる苛酷なものであった。多度津測候所長の前田直吉(1905)は「気象集誌」に「本年ノ気候ト東北地方ノ凶作」を寄せ、この年の夏は東北地方の太平洋側では著しく気温が低かったことを指摘した。前田は既発表のデータをまとめたに過ぎなかったが、盛岡高等農林学校教

授関豊太郎(1906)は現地調査を行ない、被害の大きかった地域の沿海の水温が低かったことを明らかにし、寒流が優勢でこのため三陸沖からの風が冷氣となり凶作につながったと論じ、海水温の高低と豊凶作の関係を示唆した。古来より言われてきた「飢饉は海より来る」を確認する内容であった。これに対し、東大農科大学教授稲垣乙丙(1907)は、気温と日照時間の関係から寒流の優勢と凶作との関係を否定し、議論はそのままとした。

大正2年(1913)に再び東北地方は大凶作に見舞われ、青森県の平年比0.2の収量をはじめ、秋田0.3、岩手0.35、福島と宮城は0.4と軒並み大減収となるや、凶作の原因と予知が広く論議されるようになった。大正3年に早くも上田蚕糸専門学校教授築地宣雄(1914)が養蚕の対応を述べる中で、東北凶作の原因として夏期における寒流優勢と北海道及び千島方面の高気圧に言及していたが、本格的に議論されるのは大正4年になってからである。まず東北大農科大学教授遠藤吉三郎(1915)は、凶作の原因として寒流優勢説を復活させ、水温観測により年初めには夏期の冷暖は予報できると主張した。ついで農事試験場技師の安藤広太郎(1915a)は、凶作を寒流優勢によるものと中国で発生する低気圧の増大によるものとに分け、水温気温の予報式を提示するとともに、凶作と太陽の黒点数の関係を論じた。

遠藤・安藤の両説が発表されると、再び稲垣乙丙(1915)が論陣を張り、「農学会報」で3回にわたり徹底した批判を加え、豊凶の主要原因は日照時間にあると主張した。稲垣に対する安藤広太郎の反論(1915b)などがあったが、いずれも凶作という社会や生物が複雑にからんだ現象を、気温や水温などの気象要因から解析するもので、したがって相関以上のことは議論できず、一般の関心をひいたものの、気象学に関する原因と予知の論争には進展はみられなかった。農学者の中には大脇正諄(1919)のように「気候ノ良否ニ拘ハラズ、栽培法をヲ改ムルコト」により凶作を回避できるとの主張が現われ、研究は稲の栽培法の改良へと進むことになった。こうして、論争そのもの

は気象学から農学の問題へと移動したが、論争の背景に凶作の深刻さがあったことは言うまでもなく、中央気象台のデータの蓄積や、和田雄治の海流調査を契機に、気温と海流との関係への関心の高まりがあったことは指摘されよう。

〔凍雨論争〕

凶作論争は問題の性質上、気象学者だけの論争に終わらなかったが、明治41年(1908)の「気象集誌」では、ある特殊な気象現象の扱いをめぐり、論争が起きている。問題は「凍雨」を霰とは別の気象現象とすることの是非で、用語の適否の論争も加わり、1年足らずの間に17編が同誌上に登場した。

論争の発端は、当時神奈川県測候所長の朝倉慶吉(1908)が「気象集誌」3月号に「明治四十一年一月十五日ノ凍雨」を発表したことにある。この中で朝倉は凍雨現象を報告するとともに、凍雨を独立した気象現象として扱うべく天気記号の制定の必要性を訴えた。これに対し筑波山観測所長の佐藤順一(1908a)は5月号で「凍雨ノ新語ヲ要スルヤ」を書き、朝倉の報告にある凍雨は霰の一種と裁定し、凍雨の概念そのものに疑念を呈した。以後、岡田武松(1908)が朝倉支持の論考を寄せ、神田選吉(1908a, 1908b)が専ら語の用法の観点から朝倉・岡田説を論駁し、論争は激烈なものとなった。論争は互いに中国の古典から欧米の気象学書まで引き、自説を主張しあったが、感情的な発言が飛び交い、譲歩もなく、年末にはそれぞれ擱筆の辞を書くに至って幕を閉じた。

凍雨は日本の平地ではまれにしかみられない現象で、論争そのものの日本の気象学に対する貢献は殆どなかった。しかし論争の中で佐藤順一(1908b)が漏らした、机上の論を優先しがちな中央気象台の研究者に対する反発は、地方と東京、観測経験重視派と欧米気象学派の対立が顕在化したものとして、日本の気象史上、注目される論争であったと言えよう。

〔理論的研究〕

以上の論争で使用された気象データは『大日本風土編』採録の項目を超えるものではなかったが、1910年代から20年代にかけて中央気象台では、

こうした議論とは別に理論的研究が進められていた。その代表的なものとして、藤原咲平による爆発音響の異常伝播の研究と、同じく藤原の渦動論の研究があげられる。このほか「気象集誌」には、寺田寅彦の天気変化の理論的研究に関する試論が掲載されたりした。

藤原咲平は明治44年(1911)、東京帝大理論物理学科の大学院を経て中央気象台に入ったが、この年に「気象集誌」に発表したのが「音響の異常伝播に就て」であった。自然界では火山やダイナマイト等の爆音が必ずしも音源から等心円状に伝播するわけではない。音源の近傍では普通の爆声を聞くが、その周辺では無声域があったり、音響が2段または3段となって聞こえる異常聴域が発生したりする。この異常伝播に対し、1910年、ボルネ(G.v.d. Borne)により、音波が圏界面上方の(当時、推定されていた)水素圏に到達するや、原子量の激変のため全反射が起こり、地上に戻ってくるためとの説が提唱された。

藤原(1911)は浅間山爆発の爆音の観測データ等をまとめ、これに微分方程式による理論的検討を行ない、風の影響が大きいとの結論を導き、ボルネの説を否定した。藤原はさらに研究を進め、その成果を中央気象台の欧文報告に長文の2編の論考として発表した(1912, 1916)。これは音響の異常伝播の機構のみならず、可聴域の形から上層大気の構造を推定する途をつけた貴重な研究であり、大正9年(1920)、帝国学士院賞が授与されている。

藤原は大正9年の暮れにヨーロッパ留学の途につき、翌年2月、イギリス気象台長ショー(N. Shaw)卿と接触してロンドンで過ごし、さらにノルウェーのベルゲンで5カ月ほどビエルクネス(V.F.K. Bjerknes)のもとで気象学を学んだ。8月にロンドンにもどり5カ月ほど滞在して、大正11年1月、アメリカ経由で3月に帰国した。このヨーロッパ留学の主たるテーマが渦動論であった。藤原と渦動論との関係は、渦動の成長と衰退を論じた彼の論文(1923a)の中で、「基本的な考えは長岡半太郎と寺田寅彦の指導で、1910年、東大の学生のときに得た」と述懐しているところからみ

ると、早い時期からあったものと思われる。

藤原はこのノルウェー時代に、回転体はその自由な範囲内で対象を求めて変化するとの「向対象の原理」から、渦動現象を考察する論文をまとめている(1921, 1922a)。論考の中で熱力学第二法則とも結びつけ、渦動そのものはエネルギー消費であり、これに対し渦動の発生・拡大はエネルギー集積過程の「生の現象」であるとの見方を提出した。この渦動の成長と衰退について、次のロンドン滞在中さらに関心を深め、得意とする理論物理よりアプローチする論文へと発展させた(1923a)。続報にあたる「温帯低気圧の機構」(1923b)とともに、これらの藤原の研究は英国気象学会の機関誌に発表された。1923a, b の論文は合計 40 ページを超え、それも難解な数式が続く論考であったが、独創性が評価されて掲載が決定されたものである。藤原は帰国後、これらの英文による渦動論考に、天文学、音響学、生物学への応用とショーの序を加え、学術研究会議の「日本天文学及地球物理学輯報」(英文)に発表(1923c)、また同様の日本語による論考を「気象集誌」に発表し、そのユニークな考えを知らしめた(1922b, c)。

「気象集誌」の創刊 40 年記念号に掲載された寺田寅彦(1922)の論文も先駆性に満ちていた。これは天気図の気圧配置の変化を統計的に扱うための方法を述べたもので、日変化を数学の演算とみなし、頻度の高い演算(変化の型)をつかみ、理論的研究の端緒を開こうとするものであった。寺田は統計的处理に数学の群概念を使ったが、「此れで各種の天気型を決定し其変化の方則を追跡する事が出来るだらうと信ずる」と、あくまで天気変化の理論的考察の可能性の模索がねらいにあった。寺田は日常現象にひそむ規則性から背後にある物理的關係を考察することを得意としたが、この試論もその一つに位置づけられる。

文 献

応用地質

青木 滋・柴崎達雄(1968):日本の応用地質学の現状と課題。日本地質学会編:日本の地質学。393-408。
千谷好之助(1928):本邦油田に於ける温泉。地学雑誌, 40, 626-635, 698-707。

千谷好之助(1929):本邦油田に於ける温泉。地学雑誌, 41, 45-53, 141-147。
遠藤秀典(1982):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, 32-40。
藤田 崇(1993):斜面災害。日本地質学会編:日本の地質学 100 年。329-337。
羽田 忍(1993):自然開発。日本地質学会編:日本の地質学 100 年。338-352。
橋爪源太郎・和田維四郎(1879):静岡県管下伊豆国地質取調報告。内務省地理局。52p。
比企 忠(1901):京都市地質調査。地質学雑誌, 8, 453-464, 506-541。
伊木常誠(1898):福井県大飯郡内変動地調査報告。震災予防調査会報告, 21, 57-65。
伊木常誠(1903):鎌倉ノ水脈調査報告。地質要報, 16-3, 109-116。
伊木常誠(1912):宮城県玉造郡鳴子付近の鉄道線路調査報文。地質調査所報告, 38, 57-63。
井上禧之助(1901a):半田山の地変に就て。地質学雑誌, 8, 75-79。
井上禧之助(1901b):横浜税関付近海底地質概況。地学雑誌, 13, 492-499。
井上禧之助(1902):横浜税関付近海底地質。地質要報, 1, 1-82。
井上禧之助(1930):明治工業史 地学篇。日本工学会, 16-20。
石井武政(1982):地質調査所における応用地質調査業務の歴史—地下水・表流水の調査研究—。地質ニュース, 339, 41-50。
石川貞治(1893):北海道札幌市街の開発に就て地学上の考察。地学雑誌, 5, 423-429。
Ishizu, R. (1915): *The mineral springs of Japan*. Sankyo, Tokyo, 10p.+375p., 77pls.
岩崎重三(1907):ゴーチャー氏の温泉新説を評して温泉に二種あることを述ぶ。地学雑誌, 19, 31-38。
神保小虎(1902a):本邦の山崩れ地割れ及び押し出しの調査項目及び实例の目録。地質学雑誌, 9, 84-88。
神保小虎(1902b):土木学用の地質学。地質学雑誌, 9, 458-461。
神保小虎(1905a):岩代半田銀山変動の沿革及山崩れ総説。震災予防調査会報告, 49, 29-40。
神保小虎(1905b):官有鉄道中央東線下諏訪地方地変。地質学雑誌, 12, 265-270。
神保小虎(1906):信濃国岩倉山(一名虚空蔵山)地変の観察。地質学雑誌, 13, 399-404。
神保小虎(1911):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。
勸農局地質課(1880):内地地質調査施行之主意。41p。
木村六郎(1922):福島県石城郡箕輪村地災調査報文。地質調査所報告, 88, 1-18。
巨智部忠承(1889):大和国十津川山崩地実査報告の補遺。地学雑誌, 1, 486-493。
小出 博(1973):日本の国土。下。東京大学出版会, 556p。
河野 密(1912):神奈川県津久井郡中野村及太井村井

- 水調査報文。地質調査所報告, 36, 49-75.
- 小藤文次郎 (1918): 東大地質学科出身の動員。地質学雑誌, 25, 157-164.
- 小藤文次郎 (1919): 復員と戦後の地質学科学友。地質学雑誌, 26, 197-208.
- 神津俣祐 (1908): 群馬県多野郡地災調査報文。地質調査所報告, 4, 17-49.
- 三沢勝衛 (1924): 上諏訪温泉の泉脈について。地球, 2, 温泉特集号, 190-199.
- 黒田和男 (1977): 地すべり地質学 (I) —昭和10年以前の文章にみる地すべりと地質学—。地すべり技術, 4-2, 33-38.
- 黒田和男 (1978): 地すべり地質学 (III) —福島県伊達郡半田山の地すべり調査—実測図一。地すべり技術, 5-1, 47-51.
- 黒田和男 (1982a): 地質調査所における温泉調査の歴史。地質ニュース, 339, 26-31.
- 黒田和男 (1982b): 地質調査所における傾斜地災害の調査・研究の変遷。地質ニュース, 340, 20-24.
- 宮部直巳 (1932): 山崩に関する文献抄録。岩波講座 (別項), 18p.
- 粉倉克幹・大野勝次 (1993): 地下水。日本地質学会編: 日本の地質学100年, 419-430.
- 内務省衛生局編 (1886): 日本鉱泉誌。上・中・下巻。報行社, 481p., 466p., 396p.
- 中島謙造 (1897): 静岡県伊東村内地盤陥落。地質学雑誌, 4, 440.
- 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.
- 日本学士院編 (1981): 明治前日本土木史 新訂版。臨川書店, 579p.
- 野田勢次郎 (1907): 伊豆国神津島地災調査報文。地学雑誌, 19, 864-873.
- 小川琢治 (1902): 半田山山崩調査報告。地学雑誌, 14, 165-175.
- 小川琢治 (1903): 温泉成因新説。地学雑誌, 15, 708-717.
- 小川琢治 (1924): 温泉に就いて。地球, 2, 温泉特集号, 1-32.
- 大日向順三 (1903): 兵庫県但馬国城崎郡奥佐津村変動地調査報告。震災予防調査会報告, 47, 15-27.
- 大日向順三 (1906): 石川県能登国鹿島久江村陥落地調査報告。震災予防調査会報告, 49, 41-49.
- 岡田英夫 (1902): 兵庫県但馬国美方郡照来村滑落地調査報告。震災予防調査会報告, 38, 5-11.
- 岡村要蔵 (1914): 羽後平鹿郡角間川町付近ノ地下水調査。日本鑛業委託調査。
- 岡村要蔵 (1916): 渡島国亀田郡根崎村温泉地調査報文。地質調査所報告, 55, 11-21.
- 大木靖衛 (1993): 地熱・温泉。日本地質学会編: 日本の地質学100年, 401-419.
- 大築洋之助 (1907): 東京府檜原村人里地災調査報文。地質調査所報告, 2, 45-55.
- 大築洋之助 (1912): 神奈川県中郡大磯町水脈調査報文。地質調査所報告, 36, 29-47.
- 佐藤伝蔵 (1916): 箱根温泉調査報文。地質調査所報告, 59, 53-80.
- 佐藤伝蔵 (1923): 本邦温泉の地質学上の研究一斑 (其1)。地学雑誌, 35, 569-580.
- 佐藤伝蔵 (1924): 本邦温泉の地質学上の研究一斑 (承前)。地学雑誌, 36, 67-78, 157-172.
- 佐藤伝蔵・井上禎之助 (1902): 半田山地変実況取調第二回報告。地学雑誌, 14, 175-183, 217-223.
- 清野信雄 (1918): 新潟県東頸城郡松之山村湯本地災調査報文。地質調査所報告, 74, 31-48.
- 清野信雄 (1921): 和歌山県龍門村新田地災調査報文。地質調査所報告, 81, 21-31.
- 篠本二郎 (1909): 日向国西諸県郡真幸村鉄道線路の陥落。地学雑誌, 21, 356-360.
- 鈴木昌吉 (1921): 地下水に就いて。地学雑誌, 33, 204-211.
- 鈴木 敏 (1891): 応用地質学講義第1回 (総論)。地学雑誌, 3, 643-648.
- 鈴木 敏 (1896): 甲斐国河口西両湖疎水工事に就き地質上の意見。地学雑誌, 8, 397-412.
- 徳永重康 (1921): 平炭鉱区内の大地沈について。地質学雑誌, 28, 59-64.
- 脇鉄五郎 (1912): 山地の崩壊について。地質学雑誌, 24, 379-390, 460-472, 540-555.
- 脇鉄五郎 (1917a): 北陸本線筒石駅地沈の原因。地学雑誌, 29, 37-42.
- 脇鉄五郎 (1917b): 北陸本線能生筒石両駅間小泊の山崩。地学雑誌, 29, 312-314.
- 渡瀬正三郎 (1920): 応用地質に就いて。地質学雑誌, 27, 276-280.
- 山下伝吉 (1892): 徳島県水害地地質調査。地学雑誌, 4, 448-451.
- 山崎直方 (1895): 深井地質第一回報告。地質学雑誌, 2, 1-8, 45-50.
- 矢津昌永 (1889): 日本地文学。丸善商社, 475p.
- 横山又次郎 (1912): 長野県南小谷村山崩視察報告。地学雑誌, 24, 608-620.

地震

- 藤井陽一郎 (1967): 日本の地震学。紀伊国屋新書, 239p.
- 八谷彪一 (1906): 広島地震に就いて。震災予防調査会報告, 53, 29-32.
- 萩原尊禮 (1982): 地震学百年。東京大学出版会, 233p.
- 伊木常誠 (1896): 三陸津波地方踏査談。東京地学協会報告, 18, 629-644.
- 池上良平 (1981): 大森地震学の残したものの—地震の活動性に関する研究—。地震, 34-2, 37-71.
- 池上良平 (1987): 震源を求めて—近代地震学への歩み—。平凡社, 258p.
- 今村明恒 (1898): 地震動伝播ノ速度。震災予防調査会報告, 21, 31-43.
- 今村明恒 (1899): 三陸津波取調報告。震災予防調査会報告, 29, 17-32.
- 今村明恒 (1900): 地震波伝播ノ速度測定第三回報告。震災予防調査会報告, 32, 121-126.
- 今村明恒 (1904): 太陰暦一ヶ月中ニ於ケル地震ノ分布ニ就て。東京数学物理学会記事, 2, 2.

- 今村明恒 (1905): 市街地に於ける地震の生命及財産に対する損害を軽減する簡法. 太陽, 11, 162-171.
- 今村明恒 (1910): 明治四十二年姉川地震調査報告. 震災予防調査会報告, 70, 1-63.
- 今村明恒 (1924): 地震講話. 岩波書店, 291p.
- 石本巳四雄 (1931): 地震現象より見たる地殻変動. 岩波講座 (地質・古生物), 44p.
- 石本巳四雄 (1935): 地震とその研究. 古今書院, 336p.
- Kikuchi, D. (1904): Recent seismological investigation in Japan. *Publ. Earthq. Invest. Comm.*, 19, 1-120.
- 巨智部忠承 (1896): 三陸地方地震津波に付き地質学上の考説. 地学雑誌, 8, 91 巻, 付録, 17p.
- 小藤文次郎 (1896): 庄内地震に関する地質学上調査報告. 震災予防調査会報告, 8, 1-22.
- 小藤文次郎 (1906): 芸予地震の震源地. 地質学雑誌, 13, 117-126.
- Koto, B. (1915): Morphological summary of Japan and Korea (I ~ III). 地質学雑誌, 22, 115-126, 147-158, 165-176.
- Kusakabe, S. (1902): Modulus of rigidity of rocks and hysteresis function. *Proc. Tokyo Phys.-Math. Soc.*, 1, 103-111.
- Kusakabe, S. (1904): Modulus of elasticity of rocks and velocity of seismic waves with a hint to the frequency of after-shocks. *Publ. Earthq. Invest. Comm.*, 18, 1-48.
- Kusakabe, S. (1905): Modulus of elasticity of rocks and some inference relating to seismology. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, 20, 1-18.
- Kusakabe, S. (1906): Effect of heat on the kinetic modulus of elasticity of rocks. *Proc. Tokyo Phys.-Math. Soc.*, 3, 110-116.
- 松沢武雄 (1933): 地震. 岩波全書, 307p.
- 松沢武雄 (1953): 日本の地震学のあゆみ. 地学雑誌, 63, 127-132.
- 松沢武雄 (1976): 地震の理論とその応用. 東京大学出版会, 223p.
- 松沢武雄 (1993): 横目でみた地震学. 上・中・下巻. 深田地質研究所, 216p., 206p., 212p.
- Nagaoka, H. (1900): Elastic constants of rocks and the velocity of seismic waves. *Publ. Earthq. Invest. Comm.*, 4, 47-67.
- 長岡半太郎 (1903): 津波ニ就キ. 東洋学芸雑誌, 20, 43-46.
- 長岡半太郎 (1905): 地球ノ剛性ト地震波ノ速度ニ就テ. 数学物理学会誌, 2-2, 353-356.
- 中村左衛門太郎 (1924): 地震. 文化生活研究会, 232p.
- 中村新太郎 (1910): 江濃地震調査概報. 地学雑誌, 22, 18-31.
- Omori, F. (1894): On the after-shocks of earthquake. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, 7, 111-200.
- 大森房吉 (1898a): 地震波伝達速度測定第一回報告. 震災予防調査会報告, 21, 21-30.
- 大森房吉 (1898b): 地震動ノ“強度”ト被害トノ関係. 震災予防調査会報告, 21, 45-50.
- 大森房吉 (1899a): 地震ノ初期微動ニ関スル調査. 震災予防調査会報告, 29, 37-45.
- 大森房吉 (1899b): 遠地地震ノ観測. 震災予防調査会報告, 29, 47-55.
- 大森房吉 (1900a): 日本ニ於ケル津波ニ就キテ. 震災予防調査会報告, 34, 5-77.
- 大森房吉 (1900b): 日本ニ於ケル地震ノ一年中及ヒ一日中ノ分布. 震災予防調査会報告, 30, 30-116.
- 大森房吉 (1906): 東京と大地震の浮説. 太陽, 12, 173-176.
- Omori, F. (1906): Note on the relation between the imperfect elasticity of rocks and the earthquake motion. *Proc. Tokyo Phys.-Math. Soc.*, 2-29, 460-462.
- Omori, F. (1907a): On the distribution of recent Japan earthquakes. *Bull. Earthq. Invest. Comm.*, 1-1, 114-123.
- Omori, F. (1907b): Earthquake zone in Japan. *Bull. Imp. Earthq. Invest. Comm.*, 1-3, 133-137.
- 大森房吉 (1907c): 大地震ノ平均年数ニ就キテ. 震災予防調査会報告, 57, 27-32.
- 大森房吉 (1907d): 地震学講話. 東京開成館, 392p.+12p.
- 大森房吉 (1909a): 明治42年8月14日江濃地震の余震. 地学雑誌, 21, 699-702.
- 大森房吉 (1909b): 明治42年8月14日江濃地震の伝播速度. 地学雑誌, 21, 761-762.
- 大森房吉 (1919): 信州大町地方の地震に就きて. 地学雑誌, 31, 1-15, 89-96.
- 佐藤伝蔵 (1902): 地文学. 六盟館, 185p.
- 鈴木尉元 (1985): 新版日本の地震. 築地書館, 204p.
- 田山 実 (1903): 大日本地震史料. 震災予防調査会報告, 46, 1-606, 1-595.
- 坪井誠太郎 (1919): 信州大町地震調査概報. 震災予防調査会報告, 98, 13-21.
- 宇佐美龍夫・浜松音蔵 (1967): 日本の地震および地震学の歴史. 地震, 20, 1-34.
- 宇佐美龍夫 (1981): わが国の地震学のあゆみ. 地震, 34-2, 1-36.
- 和達清夫 (1935): 地震 (第一部). 防災科学第二巻 震災. 岩波書店, p. 38.
- 山崎直方 (1896): 陸羽大地震略報. 地質学雑誌, 4, 11-22.
- 山下文男 (1989): 今村明恒の生涯. 青磁社, 316p.
- 矢津昌永 (1889): 日本地文学. 丸善商社, 475p.
- 地球物理**
- 木村 栄 (1897a): 東京ニ於ケル緯度変化ノ観測第1回報告. 震災予防調査会欧文報告, No. 1.
- 木村 栄 (1897b): 東京ニ於ケル緯度変化ノ観測第2回報告. 震災予防調査会欧文報告, No. 2.
- 松山基範 (1916): 南洋ヤルト島ニ於ケル重力偏差測定報告. 文部省専門学務局「南洋新占領地視察報告」, 1-16.
- Matsuyama, M. (1918): Determination of the second derivatives of the gravitational poten-

- tial on the Jaluit Atoll. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ.*, 3, 17-68.
- 松山基範 (1927): 重力偏差の分布から見た鹿児島湾周囲の地下構造. *地球*, 7, 15-27, 111-122.
- Matsuyama, M. (1928): Probable subterranean intrusion of magma to the North of Sakurajima volcano. *Proc. 3rd Pan-Pac. Scie. Cong. Tokyo, 1926, vol. 1*, 782-783.
- 長岡半太郎・新城新蔵・大谷亮吉 (1901): 東京ボツダムノ g ノ比較測定. *東京数学物理学会記事*, 2-1, 6-8.
- Nagaoka, H., Shinjo, S. and Otani, R. (1902): Absolute Messung Schwerkraft in Kyoto, Kanazawa, Tokyo and Mizusawa, mit Reversionspendeln ausgeführt. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, 16, 1-87.
- 水路部 (1918): A magnetic survey of Japan for the epoch 1913.0. 水路部報告, 第二冊.
- 水路部 (1926): 大正 11・12 年磁気測量報告. 水路部報告, 第五卷.
- Tanakadate, A. (1904): A magnetic survey of Japan reduced to the epoch 1895.0 and sea level. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, 14, 1-180. appendix, complete list of magnetic observation 1893-1896.
- Tanakadate, A. and Nagaoka, H. (1892): The disturbance of isomagnetism attending the Mino-Owari earthquake of 1891. *J. Coll. Sci. Imp. Univ.*, 5, 149-192.
- Terada, T. (1917): On rapid periodic variations of terrestrial magnetism. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, 37-9, 1-85, 5pls.
- ## 海 洋
- ハードマン, W. 著, 日高孝次訳 (1971): 海洋学の創始者達とその業績. 東海大学出版会, 315p.
- Honda, K., Terada, T., Yoshida, Y. and Ishitani, D. (1908): An investigation on the secondary undation of oceanic tides, carried out by the order of Earthquake Investigation Committee during, 1903-06. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, 24, 113p.
- 影山 昇 (1996): 人物による水産教育の歩み. 成山堂書店, 267p.
- 河合英夫 (1997): 黒潮遭遇と認知の歴史. 京都大学学術出版会, 355p.
- 北原多作・岡村金太郎 (1910): 水理生物学要綱. 岡村金太郎, 59p.
- 熊田頭四郎編 (1922): 日本環海海流調査業績. 大阪毎日新聞社, 200p.
- Menard, H.W. (1986): *The ocean of truth*. Princeton Univ. Press, 353p.
- Murray, J. and Renard, A. (1891): *Deep-sea deposits. Report on the scientific results of the voyage of H.M.S. Challenger during the Years 1873-1876. vol. 3*. Her Majesty's Stationery Office, 583p.
- 長岡半太郎 (1903): 津波ニ就キ. *東洋学芸雑誌*, 20, 43-46.
- Naumann, E. (1885): *Ueber den Bau und die Entstehung der japanischen Inseln*. Friedländer & Sohn. 91p.
- 日本海洋学会創立 20 周年記念事業委員会出版物小委員会編 (1962): 日本海洋学 20 年の歩み. 日本海洋学会, 213p.
- 西村三郎 (1992): チャレンジャー号探検. 中公新書, 264p.
- 織田武雄 (1973): 地図の歴史. 講談社, 330p.
- 小倉伸吉 (1914): 日本近海ノ潮汐. 水路部, 210p.
- 小倉伸吉 (1932): 海洋学—物理海洋学. 岩波講座 (地理学), 88p.
- Stocks, T. and Wust, G. (1933): *Die Tiefenverhältnisse des offenen Atlantischen Ozeans. Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem forschungsschiff "Meteor" 1925-1927. III (I-1)*, Walter de Gruyter, 32p.+map.
- 寺田寅彦 (1913): *Umi no Bturigaku*. Nippon-no-Romazi-Sya, 117p.
- 東京大学農学部水産学科五十周年記念会編 (1960): 東京大学農学部水産学科の五十年. 245p.
- 宇田道隆 (1943): 新訂海の探究史. 河出書房, 250p.
- 宇田道隆 (1955): 世界海洋探検史. 河出書房, 436p.
- 宇田道隆 (1978): 海洋研究発達史. 海洋科学基礎講座, 補巻, 東海大学出版会, 331p.
- 和田雄治 (1894): 本邦海岸調査第一報. 水産調査報告, 2-2, 1-28.
- 和田雄治 (1895): 本邦海岸調査第二報. 水産調査報告, 3-3, 1-34.
- Wegener, A. (1912a): Die Entstehung der Kontinente. *Petermanns Geographischer Mitteilungen*, 58, 185-195, 253-256, 305-309.
- Wegener, A. (1912b): Die Entstehung der Kontinente. *Geologische Rundschau*, 3-4, 276-292.
- 山上万次郎 (1898): 新撰大地文学 卷 2, 3, 水圏学・海洋学. 富山房, 152p.+128p.
- 横山又次郎 (1894): 海洋学講話. 早稲田大学出版部, 246p.
- ## 気 象
- 安藤広太郎 (1915a): 東北地方二稲ノ凶作ヲ誘致スヘキ夏季低温ノ原因及之レカ予報ニ就キテ. 農事試験場特別報告, 30, 1-61, 15pls.
- 安藤広太郎 (1915b): 東北地方の凶作問題に関し稲垣, 遠藤, 大脇三氏に答ふ. 農学会報, 160, 842-851.
- 朝倉慶吉 (1908): 明治四十一年一月十五日ノ凍雨. 気象集誌, 27, 91-92.
- 馬場信倫 (1894): 梅雨論附天気ノ年周期循環. 気象集誌, 13, 239-250.
- Central Meteorological Observatory of Japan (1893): *The climate of Japan*. Tokyo, Meteor. Observ. Japan, 109p., 37pls.
- 中央気象台 (1897): 大日本風土編. 中央気象台, 186p.,

- 40pls.
- 遠藤吉三郎 (1915): 東北地方凶作予報論. 現代之科学, 3-7, 1-37.
- 藤原咲平 (1911): 音響の異常伝播に就て. 気象集誌, 30, 152-205, 1pl.
- Fujiwhara, S. (1912): On the abnormal propagation of sound waves in the atmosphere. *Bull. Meteor. Observ. Japan*, 2-1, 143.
- Fujiwhara, S. (1916): On the abnormal propagation of sound waves in the atmosphere. *Bull. Meteor. Observ. Japan*, 2-4, 1-82.
- Fujiwhara, S. (1921): Natural tendency towards symmetry of motion and its application as a principle in meteorology. *Q. J. R. Meteor. Soc. London*, 47 (200), 287-293.
- 藤原咲平 (1922a): 渦動の一性質向対称の原理と其気象学上の応用. 気象集誌, 41, 77-92.
- 藤原咲平 (1922b): 渦動に関する研究第二報岡田の法則及其拡張. 気象集誌, 41, 133-139.
- 藤原咲平 (1922c): 渦動に関する第三報. 気象集誌, 41, 403-410.
- Fujiwhara, S. (1923a): On the growth and decay of vortical systems. *Q. J. R. Meteor. Soc. London*, 47 (206), 75-104.
- Fujiwhara, S. (1923b): On the mechanism of extratropical cyclone. *Q. J. R. Meteor. Soc. London*, 47 (206), 105-118.
- Fujiwhara, S. (1923c): On the growth and decay of vortical system and the mechanism of extratropical cyclones. *J. J. Astro. Geophys.*, 1-5, 125-182.
- 稲垣乙丙 (1907): 稲作豊凶予知新論. 博文館, 126p.
- 稲垣乙丙 (1915): 稲作の豊凶問題に就て. 農学会報, 157, 602-622; 158, 675-718; 159, 756-778.
- 石井八万次郎 (1895): 頓野氏の新説. 地質学雑誌, 2, 378-384.
- 神田選吉 (1908a): 朝倉君ノ凍雨ニ就テ. 気象集誌, 27, 252-253.
- 神田選吉 (1908b): 凍雨ニ就テ朝倉岡田両君ニ答フ. 気象集誌, 27, 326-327.
- 気象庁編 (1975): 気象百年史. 同資料編. 気象庁, 740 p., 442p.
- 気象学史研究会 (1956): 日本の気象. 三一書房, 212p.
- 前田直吉 (1905): 本年ノ気候ト東北地方ノ凶作. 気象集誌, 24, 284-289.
- 中川源三郎 (1895a): 頓野氏ノ梅雨新説ヲ評ス. 気象集誌, 14, 404-408.
- 中川源三郎 (1895b): 頓野氏梅雨新説を読みテ. 地学雑誌, 7, 455-458.
- 中村精男 (1895): 頓野氏ノ梅雨新説ヲ読ム. 気象集誌, 14, 295-298.
- 根本順吉 (1985): 渦・雲・人—藤原咲平伝. 筑摩書房, 296p.
- 岡田武松 (1908): 凍雨ニ就キ神田工学士ニ答フ. 気象集誌, 27, 256-260.
- Okada, T. (1910): On the Bai-u or rainy season in Japan. *Bull. Central Meteor. Observ. Japan*, 5, 82p., 9pls.
- 岡田武松 (1937): 測候瑣談. 続測候瑣談. 岩波書店, 333p., 293p.
- 大脇正諄 (1919): 稲作ノ豊凶ニ関スル研究. 成美堂, 200p. 10pls.
- Rein, J. J. (1876): Das Klima von Japan. English translation by Satow, E. (1878): The climate of Japan. *Trans. Asiatic Soc. Japan*, 6, 491-529.
- 佐藤順一 (1908a): 凍雨ノ新語ヲ要スルヤ. 気象集誌, 27, 193.
- 佐藤順一 (1908b): 凍雨ニ筆ヲ擲クノ辞. 気象集誌, 27, 483-484.
- 関 豊太郎 (1906): 凶作原因調査報告. 官報, 7134, 414-417; 7135, 448-451.
- 須田瀧雄 (1968): 岡田武松伝. 岩波書店, 612p.
- 高橋浩一郎・内田栄治・新田 尚 (1987): 気象学百年史. 東京堂出版, 230p.
- 玉利喜造 (1908): 凶年の研究. 農学会会報, 80, 2-61.
- 寺田寅彦 (1922): 気象学上の問題に群 (Group) の概念を応用する事の可能性に就て. 気象集誌, 41, 452-457.
- 頓野広太郎 (1895a): 梅雨ニ就キ頓野新説. 気象集誌, 14, 278-295.
- 頓野広太郎 (1895b): 梅雨に就き. 地学雑誌, 7, 347-357.
- 頓野広太郎 (1895c): 梅雨論に就き石井理学士の批評を拝読す. 地質学雑誌, 2, 421-424.
- 築地宣雄 (1914): 養蚕季節ニ於ケル東北地方ノ気候一斑. 上田蚕糸専門学校学術報告, 2, 1-30.
- 和達清夫・高橋浩一郎・根本順吉編著 (1982): お天気博士藤原咲平. 日本放送出版協会, 234p.
- Wojeikoff, A. (1878): Klima von Japan. *Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie*, 13, 1-9, 25-29.

複数項目にまたがる文献

- 荒川秀俊 (1941): 日本気象学史. 河出書房, 192p.
- 板倉聖宣・木村東作・八木江里 (1973): 長岡半太郎伝. 朝日新聞社, 719p. +78p.
- 海上保安庁水路部業務百年史編集室編 (1970): 日本水路史 1871-1971. 日本水路協会, 680p.
- 永田 武・福島 直編 (1983): 地球観測百年. 東京大学出版会, 329p.
- 中村清二 (1943): 田中館愛橋先生. 鳳文書林, 282p. +19p.
- 日本地学史編纂委員会 (1992): 西洋地学の導入 (明治元年~明治24年) <その1>. 地学雑誌, 101, 133-150.
- 日本地学史編纂委員会 (1994): 西洋地学の導入 (明治元年~明治24年) <その3>. 地学雑誌, 103, 166-185.
- 日本地学史編纂委員会 (1995): 日本地学の形成 (明治25年~大正12年) <その1>. 地学雑誌, 104, 572-588.
- 日本地学史編纂委員会 (1996): 日本地学の形成 (明治25年~大正12年) <その2>. 地学雑誌, 105, 215-

237.

日本科学史学会 (1965): 地球宇宙科学. 日本科学技術史大系. 14 卷, 第一法規, 661p.

震災予防調査会 (1893): 震災予防調査会調査事業概略. 震災予防調査会報告, 1, 10-11.

測量・地図百年史編集委員会編 (1970): 測量・地図百年史. 日本測量協会, 673p.

(1998 年 3 月 9 日受付, 1998 年 4 月 20 日受理)