日本地学の展開（大正13年～昭和20年）その6

「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 6

Editorial Committee of History of Geosciences in Japan
Tokyo Geographical Society

本稿 その6 では、1925年頃から1945年頃までの地球化学及び陸水学の動向について述べる。

IX. 地球化学

地球化学の誕生

地殻を構成する物質の化学的研究は19世紀頃から行われており、「地球化学」(Geochemistry)という用語は、1838年にスイスの化学者でオゾンの発見者であるシェーンバイン(C.F. Schönbein)が使用したのが最初とされている。その後アメリカのクラーク(F.W. Clarke)ノルウェーのゴールドシュミット(V.M. Goldschmidt)ロシアのヴェルナツキー(V.I. Vernadskii)^{注1)}らにより、一つの学問体系としての地球化学(Geochemistry)が形成された。それは地球の化学元

素の分布(気圏、水圏、地殻)と存在量を明らかにし、それらの移動を研究するものであった。

1883年から1924年までアメリカの地質調査所の化学主任を勤めたクラークは、地球表層部の岩石を分析してその平均組成を求め、1908年に『地球化学のデータ』(Data of Geochemistry)を出版した。1924年には第5版が刊行されている。この中で彼はワシントン(H.S. Washington)の協力を得て、地球表層部の平均組成として固体地殻では火成岩95%、泥板岩4%、砂岩0.75%、石灰岩0.25%と仮定し、火成岩については5159の分析値を用いている。この第1章「化学元素」の中で彼は「星雲からより熱い星になり、そして冷たい惑星へと変化していく過程で、化学的に複雑な方向に進むことが明らかである。これと同様に、元素は元来もずっと単純な物質から進歩

* 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 (Aoyama Gakuin Women's Junior College)

の過程で発展してできたものであったと思われる」と述べている(日本化学会, 1987)。

一方、ノルウェーのクリスチャニア大学を卒業したゴールドシュミットは、クリスチャニア(後のオスロ)地域の接触變成作用の研究からホルンフェルスの鉱物組成を相律的に解析し、1922～25年には「地球は当初金属鉄に富む液相、硫化物に富む液相、珪酸塩に富む液相、原始大気の気相よりなり、諸元素はすでに地殻の完成する以前にほぼ4相に分配されており、それぞれに対応する親鉄元素、親銅元素、親石元素、親気元素に分類される」とした。その後、結晶構造の研究に従事したが、1929年にドイツに移り、1937年にはオスロ大学教授となり、隕石、太陽系その他の天体物質の組成の測定値をもとに「元素の地球化学的分配法則」を発表した。これは結晶物質の元素の分布の規則性を解明する上での大きな貢献であった。

ロシアの鉱物学者・地球化学者であったヴェルナツキーは1890年以降モスクワ大学で鉱物学や結晶学の研究をしていたが、1922年から1926年までパリのソルボンヌ大学で地球化学の講義を行った。この講義内容は1924に『地球化学』(フランス語版)(Vernadskii, 1924)として出版された。これは「地球化学に対する一般的考察」「地殻における珪素と珪酸塩」「地殻における炭素と生物体」「地殻における放射性元素」の4章で構成されていた。ここで特徴的なことは、彼は生物体の動きも地球の現象の一部として捉えていたことである。ヴェルナツキーはその後故郷のレニングラードに帰り、1927年にフランス語版を増補したロシア語版『地球化学』を出版した。

地球化学の導入

1925年頃には欧米の地球化学に関する主な著書・論文が日本でも紹介されるようになり、これらの文献を通して地球内部の状態を学ぶことができるようになった。タンマン(G. Tamman)が1923年に発表した「地球内部の成分について」の地球三相組成に関する推論はタンマン著、藤井毅太郎訳(1924)として、また同じく、タンマンが1925年に発表した「地球の化学成分に就いて」

の論述はタンマン著、藤井毅太郎訳(1926)として雑誌[地球]に掲載された。また、ウィリアムソンが1923年に「地球内部における密度の分布」として発表し1925年にアダムス・ウィリアムソン(L.H. Adams and E.D. Williamson)により「地球内部の組成」として増補された論文は、翌年、熊谷直一によって翻訳され、アダムス及びウィリアムソン著、熊谷直一訳(1926)として雑誌「地球」に掲載された。続けて、ニグリの「岩漿内の均一平衡と火成岩生成作用に対する関係」は、ニグリ著、山内正雄訳(1927)として翻訳され、同じく「地球」に掲載された。さらに、ゴールドシュミットの「元素の地球化学的分配則及宇宙分布」(1930)は翌年、ゴールドシュミット著、吉村豊文訳(1931)として地質学雑誌に掲載され、一般に普及した。

東大の柴田雄次は無機分析化学の研究の間、1912～13年にフランスでスペクトル分析法を学んで帰国している。その後、柴田は東大化学教室で輪講とは別に助教授、助手、大学院生らによる地球化学会を発足させ、週に2度、地球化学関係の外国文献の講義を始めた。柴田はこれまでで不完全な分析しかなかった希土類元素鉱物の化学的研究に興味をもち、その研究結果を1921年から1922年にかけて「東洋産含希元素鉱物の化学的研究(其1～4)」として木村健二郎と連名で発表した。試料は苗木石、フェルグソン石、モナズ石、コロンブ石、緑柱石などで、報告は結晶試料の性状、面角測定値、比重などの鉱物学的記載と湿式分析系統図、分析値、化学組成式の提示、考察からなっていた。研究の概要は鉱物の分析値や鉱物学的記載を中心に柴田・木村(1921)、柴田(1929)、木村ほか(1931)として岩石鉱物鉱床学会誌にも掲載された。この研究シリーズは1944年まで及んだが戦争により中断した。これらの報告から、分析技術の進歩に伴う希有元素に関する知見の発展過程が理解される。

また柴田は昭和2年(1927)に『無機化学攬要』(柴田, 1927)を刊行したが、その終章には「地球化学概要」を設け、1節で地殻の構造と其成分、2節で地殻中に於ける各元素の多寡、3節で地殻

内及び地球表面に於ける化学変化、4節で地殻中に於ける放射性元素を論じた。この中で柴田は「地球に関する万般の化学的現象を攻究する科学を地球化学といふ」と説明している。

一方、パリに留学していた東北帝大助教授の高橋純一は、1924年に当地でヴェルナツキーの『地球化学』(Vernadskii, 1924)に出会っている。高橋は1927年に帰国すると、東北帝大理学部岩石鉱物鉱床学教室に創設された石油鉱床学講座の教授となり、石油鉱床論を講義した。1927年には創刊間もない岩石鉱物鉱床学会誌に「地化学の概念」(高橋, 1929)を発表し、地化学は「地殻及び可能なる範囲の地球全部に於ける化学元素と、其経歴、及び其の時間的空間的分布の研究を目的とする」と、ヴェルナツキーの名をあげてこの学問を紹介した。そして岩石鉱物鉱床学会誌にフランス語版の『地球化学』の抄訳(高橋, 1933)を掲載するかたわら、ヴェルナツキーと手紙の交換をして、ドイツ語版刊行を機に、この本を原本とし、フランス語版、ロシア語版も参照して邦訳『地球化学』(ヴェルナドスキー著、高橋訂訳, 1933)を完成させ、内田老鶴圃から出版した。高橋はこの本で石油に関する著者と訳者の見解の相違は脚注で指摘している。この日本語版は当時の日本の学問の水準を反映して充実したものであり、フランス語版より数えて第4版にあたるべき内容となっていた。

地球化学の進展

東大化学科で柴田雄次の指導を受けた岡田家武は、1926年に大学院に進学後は上海自然科学研究所の開所前の予備調査研究の一つ「天産無機化合物の相律的研究」に加わった。この調査対象にソーダ湖として知られる東部内モンゴルのダブスノール(ダブス:塩, ノール:湖)を選び、湖における化学種の代謝の相律的研究を目的に、1928年1月に湖底下30cmの泥中から結晶を採取、現地と大連で結晶形の観察、屈折率の鏡下観測、化学分析を行い、これをゲーリュサイトと確認した。ゲーリュサイトとはフランスの化学者ゲイ・リュサックにちなんで命名された鉱物で、北南米での報告例はあったが、ユーラシア大陸では初の発見

であった。この成果は1928年9月、岡田により東京地質学会で報告され(岡田, 1928) その後の詳細な研究成果は1930年に「東部内モンゴ産ゲーリュサイトに就きて」として上海自然科学研究所彙報に報告された(岡田, 1930a)。

岡田は26歳の時、岩波講座「物理学及び化学」の一冊として『地球化学』(岡田, 1930b)を執筆した。その構成は第1章「地球化学発達の経過」、第2章「地殻中の元素の絶対分布」、第3章「全地球の元素分布」、第4章「地球の発達と元素の輪廻」からなり、地球化学とは単に地球を化学的に研究するのではなく、地球中における化学種の分布とサイクルを明らかにする学問であることを強調している。1931年4月、上海自然科学研究所が開所すると、岡田は理学部化学科の一員としてここに赴任したが、1932年の上海事変、1937年からの日中戦争などのため野外調査が困難になり、研究成果の発表はなかった。戦後は四川省成都に移り、華西大学教授に就任するが、文化大革命が勃発した1966年にスパイ容疑で逮捕され、1970年に獄死した。

岩波講座[地質・古生物、鉱物・岩石]でも1931年に松原厚著の『地球化学』(松原, 1931)が刊行された。松原は1917年に京都帝大化学科を卒業後、化学教室の講師、助教授を経て、1919年から1922年までアメリカ、イギリス、ドイツに留学して鉱物学を学び、帰国後は京大に新設の鉱物学担当教授に赴任した。松原の『地球化学』は、第1章「地球の化学組成」、第2章「岩漿の物理化学」、第3章「岩漿の変化に於ける時期対区劃」、第4章「液体岩漿の分化」、第5章「岩脈の成生並に熾熱発散物の作用」、第6章「熱水溶液起源の鉱床」、第7章「火山現象」、第8章「風化作用」、第9章「炭酸石灰の沈殿」からなり、地学現象別に地球の表層および内部の化学現象の説明をするもので、地学の教科書とはなっても、地球化学という新しい学問全体を見通せる構成とはなっていない。その参考文献にはデーリー、ゴールドシュミット、ニグリらの著書、論文はみられるが、ヴェルナツキーの著述はみられない。

柴田雄次を中心とする東大化学教室が展開した地球化学は、終戦時までの日本の地球化学の主流となった。木村健二郎は岩波講座「地質・古生物、鉱物・岩石」で「含稀有元素鉱物」(木村, 1932)を記述し、この序言で稀有元素とは「クラーク数の下位にある元素を指すのではなく、豊富に集積された鉱床に乏しくて科学的研究におくれ、知識が稀有であった元素」と説明している。

昭和14年(1939)4月発行の「科学知識」19巻4号には、特集として「地球化学」があげられている。この特集は柴田雄次のもとで編集され、柴田雄次「本邦に於ける地球化学の現況」(柴田, 1939)、木村健二郎「地球に於ける化学元素の分布」(木村, 1939)、朝比奈貞一「大気化学」(朝比奈, 1939)、三宅康雄「海水・河川・雨水の化学」(三宅, 1939b)、白井俊明「鉱物の分布」(白井, 1939)、菅原健「湖沼の化学」(菅原, 1939)、南英一「隕石の化学」(南, 1939)、岩崎岩次「火山の化学」(岩崎, 1939)、野口喜三雄「温泉の化学」(野口, 1939)、小穴進也「海底の土の化学」(小穴, 1939)、山崎一雄「鉱物の年齢決定」(山崎, 1939)が掲載されている。

このうち柴田雄次の「本邦に於ける地球化学の現況」によれば、世界の地球化学に貢献した人物として、とくにゴールドシュミットを高く評価しており、「実に近世地球化学なる一体系は其の基礎を氏により固められたと云って過言ではない」と述べている。そして日本の地球化学の現況としては、この方面の最初の研究機関として京大の火山温泉研究所(別府)をあげ、ただし地球物理的研究が多いと概括し、以下東大化学教室(一部、理化学研究所を含む)の活動として、(1)日本及び朝鮮における含希元素鉱物の研究、(2)火山化学の研究、(3)湧水及び噴気孔水蒸気中に於ける重水濃度の測定研究、(4)温泉の研究、(5)岩石鉱物の高温高压の下における加水分解作用の研究、を紹介している。

柴田はさらに中央気象台の活動として気象化学および地球化学的研究を「新しい分野を開拓せられたもので、我学界の誇りとするに足りると思ふ」と評している。この中央気象台の研究と

は、朝比奈貞一や三宅康雄の研究を指し、そこでは河水、雨水の化学、大気化学、火山化学、観測船凌風丸を用いた海洋化学の研究が行われていた。1935年には中央気象台調査課化学掛が設置され、6月から降水の化学分析が開始された。三宅(1939a)は東京、神戸、浜松の3都市を例に、降水中の塩化物、硫酸、アンモニア、水素イオン、亜硝酸の濃度測定から、これらの化学種の移動や雨の役割を考察した。

また1941年に河出書房から刊行された『化学実験学』第12巻『地球化学』(大幸ほか, 1941)の構成は、岩崎岩次「地球化学」、中井敏夫「放射性元素の地球化学」、岩瀬栄一「発光性鉱物」、三宅泰雄「海洋化学」、三宅泰雄「大気化学」、菅原健「陸水化学」、黒田和夫「温泉化学」、小穴進也「天然の重水濃度測定法」からなっていた。菅原健(1943)も従来の地球化学が岩石圏中心であったことから、水圏や気圏の地球化学を「新しい地球化学の進路」として、これを積極的に提唱した。

菅原は大正12年(1923)東大化学科卒業、1926年に東京高等学校教授、1941年に名古屋大学理工学部(42年から理学部)教授を務めた。彼は大学では有機化学を専攻し、生物との関わりから地球化学に関心をもった。そして大正の末期から埼玉県高須賀沼を研究フィールドとし、約10年にわたり各地の湖沼における物質代謝の研究を行った。これらの一連の研究は1937年に「湖沼溶存ガスの分析並びにその結果より得たる湖沼代謝に関する知見(其一)」として真谷整二、小山忠四郎と共著でまとめられた。この研究(菅原ほか, 1937)は国際的にも高い評価を得た。

昭和16年(1941)には日本化学会第63年会で第1回地球化学討論会が開かれ、21の報告があった。三宅泰雄(1944)は、1937年より5年間の地球化学の研究は温泉、海水、陸水、鉱石の化学的研究が主であったと概観している。

X. 陸水学

本文では陸水学(Limnology)として湖沼、地下水、温泉について述べる。

陸水学の始まり

陸水学は18世紀のミュラー(O.F. Muller)や19世紀のエーレンベルグ(C.G. Ehrenberg)らによる淡水生物学の研究あたりから始まっている。生物学ばかりでなく、地理学、地質学、気象学などを併せた湖沼学の創始者はスイスのレマン湖北岸に生まれたフォーレル(P.A. Forel, 1841-1912)である。彼は1889年に、水温により湖水を熱帯湖、温帯湖、寒帯湖に区分することを提案している。また1892年には『湖沼学便覧』を著した。その内容は湖沼の地形、地質、気象、水利、水質化学、熱学、光学、生物学など13項目に及び、人文事象にまで言及して湖沼学の枠組みを明らかにした。

陸水学的思考はアメリカの昆虫生態学者フォース(S.A. Forbes, 1844-1930)が1887年に「微小宇宙としての湖」と題する講演をして、水中生物とその環境の相互関係のバランスを指摘したのが始まりで、北ドイツのツァハリアス(Otto Zacharias, 1846-1916)は1891年、『淡水の動植物界』を、彼を含む当時の専門家15人でまとめた。1892年にはプリヨンに私設の臨湖実験所を設け、この学問の効率的な研究システムをはかり、研究紀要を継続的に刊行した。

1922年、ドイツのティエネマン(A. Thiennemann)とスエーデンのナウマン(Einar Naumann)の提唱により、キールで最初の理論応用国際陸水学会(IVA: Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie)が開かれた。翌年、オーストリアのインスブルグで開かれた第2回会議には田中阿歌麿が、1925年、モスクワで開かれた第3回会議には江崎悌三が出席している。

1930年にブダペストで開かれた第5回会議を受けて、昭和6年(1931)6月、学士会館で日本陸水学会の創立総会が行われた。初代会長は田中阿歌麿で、同年12月には機関誌「陸水学雑誌」を創刊した。この会の創設者の一人吉村信吉は会の創設後16年間も学会の庶務に携わっていた。

日本における初期の陸水学

日本では古来陸水に関する自然科学的な観察や

思考が少ない。東大の初代地質学教授だったナウマン(Edmund Naumann)は明治12年(1879)に「江戸平野について 地理学的・地質学的研究」(Naumann, 1879)を著した。その中でナウマンは江戸平野(ほぼ関東平野)の河川、潟、湖沼の変遷について多面的に述べている。付図として関東地方の水系図が挿入されているが、その表題は「Hydrographische Skizze der Ebene von Yedo」(江戸平野の水文概観)である(ナウマン著、山下訳、1996)。またナウマンは地質調査所明治16年年報第1号に「堺市街井水改良考按」を書いている。これは井戸水に海水が混入するのを防ぐための市民の要請に応じたもので、彼は海底沖積砂層、洪積層、第三紀層中の各水脈の適否を説明し、砂層と粘土層の役割を述べている(ナウマン, 1882)。同じ16年年報1号に地質調査所分析掛長コルシエルト(D. Korschelt)が「東京府下水分析」(コルシエルト, 1884)を書いている。これによれば、かつて東大理学部の化学科教授だったアトキンソン(R.W. Atkinson)が東京市内外29箇所の井戸水の分析をし、そのうち3箇所しか飲料として適さないとしたが、コルシエルトは78箇所の水を分析してその大部分が優良であると結論した。その理由として、東京では地下からの湧水が豊富なことをあげている。

1) 湖沼

コルシエルトの後任掛長だったフェスカ(M. Fesca)は「山梨県甲州川口及山中両湖水ノ分析」を地質調査所明治17年年報(1884)第1号に載せている。これは明治13年にフェスカ・恒藤規隆・大内 健が1/10万土性図「甲斐国」の調査中に行ったもので、湖水の分析者は土性掛の今井秀之助である。その目的は河口湖の水を冬季に水田に注ぐと生育が衰えるので、作物に良好な山中湖の水を使用したいという農民の訴えに応じたもので、結果としては両湖の湖は共に中性なので、水の成分の違いではなく水温の差によるものとしている。その理由は、河口湖面は海拔775m、山中湖面は海拔880mだが、山中湖の湖底には温泉が湧出し、中央部は水温が高いから凍結しないということである(フェスカ, 1884)。

明治 28 年 (1895) にヨーロッパから帰国した田中阿歌麿は、明治 22 年 (1899) に山中湖ではじめての鉛錘測深を行っている。彼は等深線図を作成し、水温観測の結果、山中湖がスイスの生態学者フォーレル (F.A. Forel) の分類による温帯湖であることを明らかにした (田中, 1900)。田中は同年さらに箱根芦ノ湖の水温観測を行い、これを熱帯湖としている (田中, 1903b)。熱帯湖とは冬季の表面水温が 4 より下がらぬ湖沼のことである。

明治 35 年 (1902)、田中阿歌麿は「富士山麓山中湖冬季に於ける結氷状態並に水温成層の異常を述べ、彼の湖底湧泉存在の確実に及ぶ」を地学雑誌に載せた (田中, 1902)。これは前述のフェスカの調査結果を実証したもので、これを田中は日本湖沼研究略報の 1 としている。その 2 (田中, 1901) は阿賀野川上流部の湖沼、その 3 (田中, 1902) は山中湖、その 4 (田中, 1903a) は日光湯ノ湖、その 5 (田中, 1904a) は磐梯山四近の湖水、その 6 (田中, 1903b) は箱根芦ノ湖、その 7 (田中, 1904b) は沼沢沼として計画的に湖沼調査を進め、その結果を逐次地学雑誌に載せた。田中は明治 39 年 (1906) の「山中湖に就いて」 (田中, 1906) で一連の研究を終わっている。

田中阿歌麿の足跡はその他猪苗代湖、北アルプスの湖沼、松原湖、諏訪湖、野尻湖、田沢湖、屈斜路湖、千島列島など各地に及んだ。さらに大正 7 年に大著『湖沼学上より見たる諏訪湖の研究』 (田中, 1918)、同 11 年に『趣味の湖沼学』 (田中, 1922) を著し、九州を除く日本の主要湖沼を比較検討している。また大正 15 年に信濃教育会から『野尻湖の研究』上・下 (田中, 1926) を、昭和 2 年には日本学術普及会から『湖沼巡礼』 (田中, 1927) を著した。昭和 5 年には古今書院から大著『日本北アルプス湖沼の研究』 (田中, 1930) を著している。

湖沼の水生植物の研究

水産講習所の中野治房は明治 44 年 (1911) に千葉県の手賀沼で水生植物の生態分布の研究を行った (Nakano, 1911)。以後、同様の研究は諏訪湖、野尻湖でも行われた。野尻湖では湖棚斜

(湖棚崖) にシャジクモ (車軸藻) 帯が深度 10 m にまで及んでいることを明らかにし、深さ 25 ~ 35 m の深湖底の褐色軟泥には多量の珪藻が含まれることを発見した (中野, 1916)。その優先種は *Melosira italica* で、夏季は深底泥中にあるが、秋、冬にはプランクトンとなって沖部に生活することを確かめた。そこで沿岸部と低質部の境をシャジクモ帯の下限とするフォーレルの見解に合うことを認めた。しかし諏訪湖では顕花植物や、より深部にはシャジクモ帯がないため、フォーレルの見解に合わず、顕花植物帯の下限を分帯の基準とした。

この中野説に対し、東大理科大学で動物学を学んだ大津臨湖実験所の川村多実二は、動物属種の分布も併せ考えればフォーレル説が正しいと反論した (川村, 1917)。川村は大正 7 年に『日本淡水生物学』 (上・下 2 巻) を著した。上巻は魚類及び大型植物を除く淡水生物の分類学的記述で、下巻では淡水生物の生態・分布・生理及び適応を述べ、最後に上水道の生物学的考察をしている (川村, 1918)。

大津臨湖実験所

大正 3 年 (1914) 9 月 25 日、京都帝大医科大学が琵琶湖岸の大津に付属の大津臨湖実験所を解説した。琵琶湖に淡水研究所の設立を主張したのは東大農科大学助教授の三宅驥一で、これを実現させたのは京大医科大学生理学教授の石川日出鶴丸である。彼がドイツに留学し、ボン滞在中にブリヨン研究所を見学して生理学の研究に淡水生物の研究が重要であることを知ったといわれる。大津臨湖実験所の開所後、実際に研究したのは川村多実二であった。

大正 10 年 (1921) 大津臨湖実験所は京都帝大医学部付属から理学部付属となった。この実験所には大正 14 年 (1925) から昭和 11 年 (1936) 年まで宮地伝三郎が赴任しており、彼はここを根拠に日本各地の湖沼の生態学的比較研究をした (Miyadi, 1931-33)。その後彼は瀬戸臨海実験所に移って内湾の底棲動物の研究を始めた。また大正 15 年 (1922) には東大動物出身の菊池健三が臨湖実験所の所員となり、プランクトンの生態的

研究をしている (Kikuchi, 1930, 1937)。

神戸海洋気象台の琵琶湖調査

神戸の海洋気象台は大正 14 年 (1925) 8 月に一ヶ月かけて琵琶湖調査を実施した。その頃、ヨーロッパでは大湖の研究が続々と行われていたので、ドイツのボーデン湖に比較される琵琶湖が調査の対象となった。この発想に積極的に取り組んだのは海洋気象台長の岡田武松であった。調査の主任は須田皖次で、観測には気象官養成所の学生を動員した。調査は測深、水温、透明度、水色、沈殿物と沈殿作用、湖流、風浪とうねり、水位の変化、湖水の定常振動などの諸項目に及び (海洋気象台, 1926)、物理的な調査が重視されている。

この調査で、日高孝次は主湖盆に三つの水平還流を発見し、その原因を「主として季節風の卓越と水温の分布にあるものの如く、湖北部はこれの策源地とみられる」と説明した (日高, 1927)。その過程で、日高は風の働きを確かめるために粘土で琵琶湖の模型を作り、水を満たした水面にアルミニウム粉を浮かべて風を送り、湖流の発生を確認した (日高, 1927) とある。

湖水中の物質の循環過程の研究

海洋気象台の琵琶湖調査結果に刺激された菅原 健は、昭和 2 年 (1927) から 3 年にかけて行った琵琶湖、野尻湖、芦ノ湖の水中溶存化学成分に注目し、湖沼の物質代謝 (彼の湖沼代謝) の観点から湖水中の物質の循環過程を研究した (菅原, 1938a)。また琵琶湖の植物プランクトン (とくに珪藻) の季節的变化による珪素の循環を考えた (菅原, 1938b)。その一方で、湖水の生成過程の具体例として埼玉県高須賀沼を研究対象とし、ここに小実験室を設置して昭和 12 年 (1937) から周年継続観測を開始した。調査は湖底泥、湖水の密度、湖水中の溶存ガスを中心に行われ、それらの時間的、空間的变化とその要因が追究された (菅原, 1934)。高須賀沼は天明 6 年 (1786) の利根川の洪水で形成された沼沢で、昭和 22 年 (1947) のカスリン台風で埋没している。

火山湖の研究

湖沼の中には火山活動により生じた火山湖があ

る。田中館愛橘の娘婿の田中館秀三は明治 41 年 (1908) 年に東大地質を卒業、明治 43 年より地理学、海洋学研究のため 3 カ年ドイツ、イギリスに留学、大正 2 年 (1913) から 4 年まではナポリ大学で火山湖の研究をし、帰国後は東北大学で主に地理学を講じた。

大正 7 年 (1918) から大正 13 年 (1925) にかけて、田中館は個人または小久保清治とともに北海道各地の火山湖を調査し、その結果を「北海道本島の火山湖」(田中館, 1918, 1919b, 1922)、「北海道の火山湖」(田中館・小久保, 1918, 1919a; 田中館, 1924) として地学雑誌に連載し、これらを総括して「北海道火山湖研究概報」(田中館, 1925) を著した。昭和 14 年 (1929) には「日本の湖沼学の現状」(英文) (Tanakadate, 1939) を著し、これは湖沼学の歩みを知る上に貴重な論文となった。田中館は火山学者であるとともに、火山湖を中心とした湖沼学者でもあり、1933 年から 1935 年にかけては国際火山学会 (IAV) の副会長をつとめており、国際的にも活躍した。

湖沼のプランクトンの研究

大正 13 年 (1924) に開設された東北帝大浅虫臨海実験所の小久保清治は昭和 5 年 (1930) から昭和 7 年にかけて日本沿海の 10 地点のプランクトンの生態的研究を行った。彼の足跡は恐山湖、津軽十二湖、桧原湖、木崎湖、青木湖、三方湖など各地に及び、1932 年には『浮遊生物分類学』(小久保, 1932) を著し、1942 年に浅虫臨海実験所の所長になっている。1944 年には『本邦湖沼のプランクトン』(小久保, 1944) を著した。これは彼の研究の集大成である。

1926 年から 1927 年にかけて大津臨湖実験所にいた菊池健三は琵琶湖、水月湖、日向湖、木崎湖、中綱湖、青木湖、松原猪名湖でそれらの水温と水中光度を測定し、プランクトンの鉛直分布と昼夜移動を考察して、その生態を明らかにした (Kikuchi, 1930, 1937)。菊池はその後東大の助教授、教授となり、昭和 24 年 (1949) に 48 才で病没した。

吉村信吉の湖沼学

日本の湖沼学の構築に貢献した人の一人に吉村

信吉(1907-1947)がいる。彼は中学校の頃から湖沼に興味をもち、1930年に東大地理を卒業した。この間、私的に田中阿歌麿に師事し、旧制東京高等学校の菅原 健に化学分析を学んでいる。

昭和5年(1930)に東大地理を卒業した吉村信吉の研究の出発点は、水温分布調査による「湖水の停頓及び循環」で、まだ学生の彼が既存知識を整理してまとめている。吉村は昭和6年から昭和10年にかけて「日本の湖水の化学成分 ~」を逐次陸水学雑誌に連載した。その内容は総論(吉村, 1931)、溶解性酸素(1)(吉村, 1933a)、塩化物(吉村, 1934a)、硫化水素(吉村, 1934b)、溶解性酸素(2)(吉村, 1935)からなるもので、季節による湖水成分の成層状態を解明する上に貴重な資料となった。

昭和7年(1932)吉村信吉は岩波講座「地理学」で『湖沼学』(吉村, 1932)を執筆した。その章建ては序論、各個湖沼学(水力、光学、熱学、化学、沿岸及び深底生物、沖圍帯の群集、湖底堆積物)、総合湖沼学であった。さらに昭和8年(1933)には、ドイツのティーネマン(A. Thiennemann)が1931年に発表した栄養型による湖沼類型を参考にして湖沼の栄養状態により調和湖沼型と非調和湖沼型に区分し、それぞれの栄養の型を示した(吉村, 1933b, c)。昭和11年(1936)には「日本湖沼の深層水温」(英文)(Yoshimura, 1936)を公表し、深さ90m以上の15の深湖で夏と冬に深層水温を測り、それによる物質の循環を検討している。翌年には『湖沼学』(吉村, 1937)を出版した。これは湖沼学の総括的な大著で、湖水の物理的・化学的性状、生物群集、湖底堆積物、湖沼標式などを詳述している。昭和13年(1938)には「日本の湖沼の溶解性酸素」(英文)(Yoshimura, 1938)をまとめ、各湖沼の溶存酸素を飽和度ごとに分類してそれらの成層型を分析している。昭和16年に出版した『湖沼の科学』(吉村, 1941b)は『湖沼学』の普及版であった。

吉村は、昭和19年(1944)に陸水学雑誌の別巻として「日本湖沼学文献目録(昭和17年まで)」(吉村, 1944)を編纂した。また吉村(1941a)は、各年別論文数の統計をとって、湖

沼学の発達を年間1編程度の第1期(1844-1899)、徐々に発表論文数が増加する第2期(1900-1923)、その後の第3期(1924)に分け、1920年頃にこの学問がやや行き詰まりをみせていたのが、第3期に研究者が増え研究題目も多くなると述べ、その理由として、北欧の総合湖沼学的研究の結果が1930年頃から輸入されたことを挙げている。ちなみに1931年は日本陸水学会創立の年である。

吉村は戦時中から諏訪湖の南岸に疎開していた。昭和22年(1947)、諏訪湖の氷上で湖水の観測をしていた吉村は、突然氷が裂けて水中に落ち凍死した。享年41才であった。この殉職は湖沼学にとって大きな損失となった。

2) 地下水

地質調査所による地下水源開発調査

地質調査所創設から関東大震災までの地下水調査の経過は、すでに「日本地学の形成」<その4>(1998)の中で述べた。地震による被災から立ち直った地質調査所は、再び依頼による地質、地下水調査を開始した。調査の目的は「今後大都市に編入されることから給水人口の増加が予想されるので、それに対応する新しい水源を地下水に求めたい」との要請によるもので、報告書の大筋は、周辺の地質と井戸(大部分は深さ数mの浅井戸)から地下水賦存の可能性を記し、僅かな深井戸の情報から地下の成層状態と帯水層の深さを予想し、その確認と揚水量を調査するための試錐地点を提案するものであった。なお、提言にもとづいて掘削された井戸の多くが、昭和40年代にはまだ現役として機能していたと記述されている(蔵田, 1967; 石井, 1983)。

福富忠男の地下水図と地下水調査

福富忠男は、昭和3年(1928)に「札幌市地下水について(予報)」を1/5000札幌市地図に全市にわたって調査した掘抜井戸3104箇所のデータを整理作成した地下水面等深度線、地下水面高低図および断面図を添えて発表した(福富, 1928)。その後、昭和7年(1932)の岩波講座[地質・古生物、礫物・岩石]の中で「専ら飲料用地下水に就いて」の副題を添えて『地下水』(福富, 1932)

を著した。内容は、最初に世界の地下水の根源に関する考えの変遷を歴史的に古代から解説し、近世の処女水についての考えに触れ、また井戸とは何かを解説している。次に日本では地下水の研究が在来の地質方面と水工方面の2派に分立して進行しており、両者合体した研究に乏しいこと、日本は大陸と気象・地形・地質に似ているところが少なく、大陸の事例を直ちに参考としては受け入れがたいと評している。後半では地下水と地表水との特性とくに化学性の比較、地下水の産状を地下水面の形を図示しての説明、大陸における水平隧道式地下水誘導設備の紹介などの注目される記述がみられる。

東大構内深井戸の水位変動

東京大学構内には、震災予防調査会当時の明治27年(1894)に掘削された深さ約380mの井戸がある。鉄管の口径は14cmでスクリーンは無い。地質は地下145mから井戸底まで主として厚い砂質粘土層である。この井戸の水位観測が昭和7年から松沢武雄によって再開され、観測記録が前田 競(1934)、森田 稔(1935)、表 俊一郎(1936)によって順次報告された。潮汐、気圧、降雨の影響を除去して残った長期の下降変動と年末年始の上昇は人為現象で、地下水に相当の人工汲出がある可能性が証拠を添えて示唆されている(表, 1936)。再開当初はミリメートル単位の異常な水位変動でも地震の前兆や地震時の応答を検知する可能性をもって始めた解析であったが、後に東京地区の地盤沈下を説明する貴重な資料となった。

東京周辺台地の地下水調査

東京文理科大学地理学教室では、昭和5年(1930)頃から吉村信吉の指導のもと、東京周辺の台地を対象に地下水調査を実施し、その結果を順次陸水学雑誌等に発表した。内容は地域地下水誌と称してよいもので、地形・地質概要に続いて採水地点(調査井戸・湧水)分布、地下水面等深度、地下水面標高、水温、水温偏差値、水素イオン濃度分布等の等値線図、地下水面 地形断面線等、地下水要素を示した地図に考察が記されている。

台地地下水の研究題目の詳細は文献欄に譲るが、矢島仁吉による武蔵野台地(矢島, 1935)及び秋留台地(矢島, 1936)、吉村信吉・山本荘毅による千葉西北部下総台地(吉村・山本, 1936)、山本荘毅による市川市(山本, 1937)、大磯町(山本, 1938)、辻本芳郎による相模野(辻本, 1937)、川村輝良・山本による浦和・大宮台地(川村・山本, 1938)、吉村信吉による相模野の窪地の成因(吉村, 1943c)、井関弘太郎による松戸市東部下総台地(井関, 1944)などがあり、とくに武蔵野台地では、吉村信吉らが豪雨直後や湧水時の地下水面昇降調査を反復して行って(吉村, 1938, 1939a, 1940c, d, 1943d) その結果から地下水堆、宙水、地下水瀑布線等の線引きを行った(吉村, 1939a, b, 1940a, b, 1941a, b, 1942, 1943a, b, c; 濱, 1943)。重ねて吉村(1944)は、武蔵野台地上の野火止付近と柳瀬川及び黒目川筋一帯の地下水系統が、宙水を含む最上位の地下水、主地下水、下位地下水の3系統に分割されるのを記号や彩色の区別で表現し、その解説を行った。この図式表現法は戦後に地下水図の標準図法の参考になった。

3) 温泉

日本列島において、地質調査の一環として温泉所在地と泉質が全国的に把握されたのは、20万分の1地質図幅調査が終了した大正7年(1918)であり、その結果は佐藤伝蔵により「本邦温泉の地質学上の研究一斑(佐藤, 1922 23)」として総括された。他方、医学的見地からの調査では、大正14年(1925)に内務省から『日本鉱泉分析表』(内務省, 1925)が出版され、翌年の第三回環太平洋学術会議では、内務省による上記の「本邦鉱泉のラジウムエマナチオン含量の調査結果」が中村左衛門太郎によって発表され、その内容はNakamura(1928)として記載された。また『理科年表』には、第1冊(東京天文台, 1925)から「本邦の主なラジウム鉱泉表」が温泉地名別に100地点、所在地、種類(泉質)、温度、ラジウム含量、地質の項目を設けた一覧表として掲載された。

佐藤伝蔵は「本邦温泉の地質学上の研究一斑」の論文(佐藤, 1922 23)で、「温泉・間欠温泉が

火山作用の余韻である」とその時点での岩漿水説を解説した上で、地質学の見地から研究する課題は多いとし、「温泉配列の位置と地質構造との関係」、「温泉の原水は処女水か天水か、混合物ならば混合比は」の2つに大別している。加えて、温泉では現に鉱床が生成している所を観察できるとして、具体例を記載している。

京都大学理学部附属地球物理学研究所における観測研究

志田 順は温泉の原水に関する課題に興味をもっていたが、日本でも温泉の厳密な物理的、化学的長期連続観測によって解決できると考えた。研究の適地として大分県別府の温泉地帯に着目し、大正9年(1920)から地元と折衝が重ねられ、大正15年(1926)10月、ここに京都帝国大学理学部附属地球物理学研究所が設置され、観測研究が開始された。

研究はまず別府旧市街地に所在するすべての温泉(源泉)について、位置、海岸からの距離、地盤高、深さ、水位、水温、湧出量、化学分析値(主要井戸のみ)等、温泉・湧泉・井戸水調査に一般の項目を記述した温泉台帳を作成し、これと平行して気象観測、潮位観測、地震観測設備を整えることから開始された。観測の結果とその考察は、継続観測表と共に雑誌「地球物理」等に掲載された。

成果の発表は鈴木政達による地質構造と温泉脈の概観(鈴木, 1937a, b)、地震活動の概観(谷, 1937)に始まるが、1940年頃までの主な成果を略述すると、「温泉湧出量は第1近似的に潮位と正の相関関係があり、位相差はほとんどない、気圧とは略近似で負の1次相関となる(野満ほか, 1938b)」、「温泉の感潮度は海岸からの距離のほか、平均湧出量に係る(瀬野, 1938c)」、「温泉総湧出量と全受水域総雨量とを比較すると、雨の16%が温泉水として湧出している(瀬野, 1938a; 野満ほか, 1938a)」となる。また観測値に種々の補正を行って(例えば瀬野, 1938b; 瀬野・西山, 1938; 野満ほか, 1938c)温泉水頭分布図を作成し(瀬野, 1938d, 1939)井戸掘削現場で孔底温度を連日測定した結果をもとに、5 ことの等温線断

面図を11断面作成し、併せて-20 m, -55 m, -90 m 地中温度等値線図を作成した(野満・山下, 1938)。加えて地中温度分布(野満・山下, 1938)や化学分析の結果(例えば山下ほか, 1937; 山下, 1938など)を総合し、旧市内の温泉脈は層状被圧泉で、田の湯、濱脇の開放泉脈のほか、海門寺泉脈(隠蔽泉脈)があると記述している(野満・山下, 1939)。

間欠泉の研究

野口喜三雄・福島慶太(1941)、野口喜三雄(1941a, b, c)は、宮城県鳴子温泉に所在する間欠泉の噴出機構を考察する目的で、噴出の1周期の間で時間別に温度、pHの経時変化を測定すると共に、採取した温泉水中の Cl^- と SO_4^{2-} 濃度を分析し、相互に比較した。また鳴子湯泉楼では、自然噴出の休止期間を利用して人為的に噴出させ、測定、分析を行った。その結果、 Cl^- は熱水や水蒸気起源であり、 SO_4^{2-} は浅所の地下水起源ということで間欠泉の湧出機構を説明出来るとした。土湯間欠泉、鬼首宮沢間欠泉は温度、水温の変動が大きく、浅い低温低濃度の地下水が関与しているとしている。

岩崎岩次・家吉 実(1944 45)は阿蘇咆哮地獄間欠泉の研究を行ったが、その中で岩崎(1944)は、間欠泉の噴出機構に垂直管説と空洞説がある中で、単なる空洞型とサイフォンをもつ空洞型の2種類の模型を製作して熱と水を供給し、噴出の周期を変化させて空洞のもつ機能を考察した。

温泉の分布に関する地学的研究

佐藤伝蔵(1922 23)によって指摘された温泉排列と地質構造との関係については、大井上義近(1931)、佐藤源郎(1932)の記述があるが、小林儀一郎(1939 40)は温泉の成因を火山作用、地下増温率(石油井戸に伴うもの)、地表に現れない火成岩体の3つに分かれるとした。また温泉の泉源をなす火成岩と温泉の化学成分との関係を例示しているものの、なお未解決であるとした。さらに地質構造線の分布図上に温泉分布図を重ねて、温泉は圧縮地帯に多く展張の地帯に少ないとした。小林(1943)は、温泉の原水となる岩漿水

が後火山作用によるものであり、金属鉱脈鉱床の研究が温泉研究の参考になるとしている。これは鉱脈型金属鉱床の地質構造規制論に通じるみかたであったが、構造地質学が未熟な段階であり、これ以上の展開にならなかった。寺田寅彦・宮部直巳は、温泉・鉱泉の分布密度を水準測量結果から計算した隆起沈降量と比較し、地域ごとに正ないし負の相関があることを示唆している (Terada and Miyabe, 1935) が、その後の展開はなかった。

注

1) 高橋純一の紹介以来、「ヴェルナドスキー」の和訳名が主として使用されてきたが、ヴォイトケヴィツチほか著、岸本文雄訳 (1983) の頃から、原語の発音に近い「ヴェルナツキー」の和名が一般に用いられていることから、本稿もこの和訳名を使用する。

文 献

IX. 地球化学

アダムス及びウィリアムソン著、熊谷直一訳 (1926) 地球内部の組成 (1), (2). 地球, 6, 21 35, 95 104 .
朝比奈貞一 (1939) 大気化学. 科学知識, 19(4), 54 56 .
ゴールドシュミット著、吉村豊文訳 (1931) 元素の地球化学的分配則及宇宙分布 (1) (5). 地質学雑誌, 38, 33 37, 122 126, 193 198, 247 253, 392 396 .
岩崎岩次 (1939) 火山の化学. 科学知識, 19(4), 74 77 .
木村健二郎・岡田家武・篠田 栄 (1931) 本邦各地産チタン鉄鉱, モナズ石, イネス石, プロシャン銅鉱, 銅玉石, 錫石, フェルグソン石, コルンブ石. 蒼鉛等の研究予報 (1) (2). 岩石鉱物鉱床学, 5, 211 216, 269 272 .
木村健二郎 (1932) 含稀有元素鉱物. 岩波講座「地質・古生物, 鉱物・岩石」, 岩波書店 .
木村健二郎 (1939) 地球に於ける化学元素の分布. 科学知識, 19, 50 52 .
松原 厚 (1931) 地球化学. 岩波講座「地質・古生物, 鉱物・岩石」, 岩波書店 .
南 英一 (1939) 隕石の化学. 科学知識, 19(4), 70 73 .
三宅泰雄 (1939a) 雨水の化学. 気象集誌第二輯, 17 (1), 20 37 .
三宅泰雄 (1939b) 海水・河川・雨水の化学. 科学知識, 19(4), 58 61 .
三宅泰雄 (1944) 研究時報 地球化学. 科学, 12(7), 269 271 .
ニグリ著、山内正雄訳 (1927) 岩漿内の均一平衡と火成岩生成作用に対する関係 (1)~(2). 地球, 7,

454 469, 8, 52 55, 136 139, 207 209 .
日本化学会編 (1987) 地球化学. 化学の原典 (第 5 期). 5. 学会出版センター .
野口喜三雄 (1939) 温泉の化学. 科学知識, 19(4), 79 81 .
小穴進也 (1939) 海底の土の化学. 科学知識, 19(4), 82 85 .
大幸勇吉・真島利行・柴田雄次監修 (1941) 地球化学. 化学実験学 第一部 物理・無機・分析化学, 第 12 巻, 河出書房 .
岡田家武 (1928) 東部内モンゴリアダプスノールのゲーリュサイトについて. 地質学雑誌, 35, 559 560 .
岡田家武 (1930a) 天産ナトリウム化合物の研究 (其一). 東部内モンゴリアダプスサイトに就きて. 上海自然科学研究所彙報, 1(4), 1 148 .
岡田家武 (1930b) 地球化学. 岩波講座「物理学・化学」. 岩波書店 .
柴田雄次 (1927) 無機化学攷要. 南江堂書店 .
柴田雄次・木村健二郎 (1921) 東洋産含稀有元素鉱石の化学的研究 (其一) 美濃苗木産苗木石, フェルグソン石及びモナズ石の分析 (予報). 日本化学会誌, 42, 1 16 .
柴田雄次 (1929) 本邦産含希元素鉱物の化学的研究概要 (1), (2). 岩石鉱物鉱床学, 2, 225 232, 261 268 .
柴田雄次 (1939) 本邦に於ける地球化学の現況. 科学知識, 19(4), 46 49 .
白井俊明 (1939) 鉱物の分布. 科学知識, 19(4), 62 65 .
菅原 健・真谷整二・小山忠二郎 (1937) 湖沼溶存瓦斯の分析並びに其の結果より得たる湖沼代謝に関する知見 (其一). 日本化学会誌, 56, 133 139 .
菅原 健 (1939) 湖沼の化学. 科学知識, 19(4), 62 65 .
菅原 健 (1943) 地球化学と陸水学の進路に就いて. 文部省教学局編, 日本諸学研究報告, 特集第九篇, 自然科学, 28 42 .
高橋純一 (1929) 地化学の概念. 岩石鉱物鉱床学, 2 (1), 21 34 .
高橋純一 (1933) 地球化学発達史. 岩石鉱物鉱床学, 8, 236 242, 287 296 .
タンマン著、藤井毅太郎訳 (1924) 地球内部の成分に就いて. 地球, 2, 588 592 .
タンマン著、藤井毅太郎訳 (1926) 地球の化学成分に就いて. 地球, 5, 456 463 .
Vernadskii, W. (1924) La Geochimie. Librairie Ferix Alkan Paris.
ヴェルナドスキー著・高橋純一訂訳 (1933) 地球化学. 内田老鶴園 .
ヴォイトケヴィツチ, G.V.・ザクルートキン, V.V. 著、岸本文雄訳 (1983) 地球化学原論. 現代工学社 .
山崎一雄 (1939) 鉱物の年齢決定. 科学知識, 19(4), 86 89 .
X. 陸水学
コルシエルト (1884) 東京府下用水分析. 地質調査所明治 16 年報, 1, 137 203 .
ナウマン著、山下 昇訳 (1996) 江戸平野について

地理学的・地質学的研究 . ナウマン論文集「日本地質の探求」, 東海大出版, 91 111 .
ナウマン (1882) 堺市街井水改良考按 . 地質調査所明治 16 年報, 1, 5 22 .
Naumann, E. (1879) Uber die Ebene von Yedo- Eine geographisch geologisch Studie. (ナウマン: 江戸平野について, 地理学的 地質学的研究 . 山下 昇訳: ナウマン論文集「日本地質の探求」, 東海大出版, 91 111 .

1) 湖沼

フェスカ (1884) 山梨県甲州川口及山中両湖水ノ分析 . 地質調査所明治 17 年報, 1. 155 158 .
日高孝次 (1927) 琵琶湖の表面流に関する実験 . 海と空, 7. 69 72 .
川村多実二 (1917) 深湖底の生物 . 理学界, 15, 414 417 .
川村多実二 (1918) 日本淡水生物学 (上 & 下). 裳華房 .
海洋気象台編 (1927) 琵琶湖調査報告, 海洋気象台彙報, 8 .
Kikuchi, K. (1930) A comparison of the diurnal migration of plankton in eight Japanese lakes. *Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B*, 5, 27 74 .
Kikuchi, K. (1937) Studies on the vertical distribution of the plankton Crustacea. *Rec. Oceanog. Works Japan*, 9, 61 85 .
小久保清治 (1932) 浮遊生物分類学 . 水産学全集, 第 3 巻, 厚生閣 .
小久保清治 (1944) 本邦湖沼のプランクトン . 生物学の進歩, 2 輯, 共立出版, 375 454 .
Miyadi, D. (1931 33) Studies on the bottom fauna of Japanese lakes. *Jap. Jour. Zool.*, 3, 201 227, 4, 417 437 .
Nakano, H. (1911) The vegetation of lakes and swamps in Japan. 1. Teganuma (Tega swamp) *Bot. Mag. Tokyo*, 25, 35 61 .
中野治房 (1916) 野尻湖植物生態 . 植物学雑誌, 30, 31 50 .
日本化学会編 (1987) 地球化学, 化学の原典 (第 5 期). 5. 学会出版センター .
菅原 健 (1934) 高須賀沼堆泥に於ける理化学的並びに生物学的要素の周年観測 . 陸水学雑誌, 4, 115 123 .
菅原 健 (1938a) 湖沼溶存瓦斯の分析並びに其の結果より得たる湖水代謝に関する知見 (其一). 日本化学会誌, 58, 890 .
菅原 健 (1938b) 琵琶湖に於ける植物性プランクトン (特に珪藻) の季節的变化と珪藻の循環 . 陸水学雑誌, 8, 434 445 .
田中阿歌麿 (1900) 富士山麓山中湖の湖底湧泉に就いて . 地学雑誌, 12, 608 613 .
田中阿歌麿 (1901) 岩代国阿賀野川上流部流域の湖沼に就きて (日本湖沼研究略報の 2). 地学雑誌, 13, 623 628 .
田中阿歌麿 (1902) 富士山麓山中湖冬季に於ける結氷状態並に水温成層の異常を述べ彼の湖底湧泉存在の

確実に及ぶ . 地学雑誌, 14, 154 164 .
田中阿歌麿 (1903a) 日光湯ノ湖 (日本湖沼調査略報の 4). 地学雑誌, 15, 52 56, 546 548 .
田中阿歌麿 (1903b) 箱根芦湖に於て観測せし水温同温線の傾斜に就きて . 地学雑誌, 15, 906 908 .
田中阿歌麿 (1904a) 磐梯火山四近の諸湖 (日本湖沼調査略報の 5). 地学雑誌, 16, 28 31 .
田中阿歌麿 (1904b) 沼沢沼に就きて (日本湖沼調査略報の 7). 地学雑誌, 16, 764 773 .
田中阿歌麿 (1906) 山中湖に就て . 地学雑誌, 18, 165 175 .
田中阿歌麿 (1918) 湖沼学上より見たる諏訪湖の研究 . 上下 . 岩波書店 .
田中阿歌麿 (1922) 趣味の湖沼学 . 実業の日本社 .
田中阿歌麿 (1926) 野尻湖の研究, 付犀曲地方の湖沼 . 信濃教育会上水内部会 .
田中阿歌麿 (1927) 湖沼巡礼 . 日本学術普及会 .
田中阿歌麿 (1930) 日本アルプス湖沼の研究 . 古今書院 .
田中館秀三 (1918) 北海道本島の火山湖 (1 4). 地学雑誌, 30, 359 369, 428 437, 482 490, 560 566 .
田中館秀三・小久保清治 (1918) 北海道本島の火山湖 . 地学雑誌, 30, 688 698, 748 760 .
田中館秀三・小久保清治 (1919a) 北海道の火山湖 . 地学雑誌, 31, 58 71, 119 127. 608 616 .
田中館秀三 (1919b) 北海道の火山湖 . 地学雑誌, 31, 360 364, 408 416, 457 459, 498 503 .
田中館秀三 (1922) 北海道本島の火山湖 . 地学雑誌, 34, 53 57 .
田中館秀三 (1924) 北海道の火山湖 . 地学雑誌, 36, 22 36, 79 88 .
田中館秀三 (1925) 北海道火山湖研究概報 . 北海道庁 .
Tanakadate, H. (1939) Recent condition of limnology in Japan. *Jap. Jour. Limnology*, 9, 55 73 .
吉村信吉 (1931) 日本の湖水の化学成分 総論 . 陸水学雑誌, 1, 25 31 .
吉村信吉 (1932) 湖沼学 . 岩波講座「地理学」, 岩波書店 .
吉村信吉 (1933a) 日本の湖水の化学成分 溶解性酸素 (1). 陸水学雑誌, 2, 63 75 .
吉村信吉 (1933b) 湖沼標識の分類 . 大塚地理学会論文集, 上, 159 185 .
吉村信吉 (1933c) 日本の湖沼の地方湖沼学的展望 . 岩波講座「地理学」, 岩波書店 .
吉村信吉 (1934a) 日本の湖水の化学成分 塩化物 . 陸水学雑誌, 3, 71 82 .
吉村信吉 (1934b) 日本の湖水の化学成分 硫化水素 . 陸水学雑誌, 4, 11 27 .
吉村信吉 (1935) 日本の湖水の化学成分 溶解性酸素 (2). 冬季停滞期に於ける成層状態 . 陸水学雑誌, 5, 87 98 .
Yoshimura, S. (1936) A contribution to the knowledge of deep water temperature of Japanese Lakes, *Jap. Jour. Astr. Geophysics*, 13, 61 120, 14, 57 83 .
吉村信吉 (1937) 湖沼学 . 三省堂 .
Yoshimura, S. (1938) Dissolved oxygen of the lake

waters of Japan. *Sci. Rep. Tokyo Bunrika Daigaku, Sec. C*, **8**, 63 277.

吉村信吉 (1941a) 最近における世界湖沼学の進歩. 陸水学雑誌, **11**, 69 75.

吉村信吉 (1941b) 湖沼の科学. 地人書館.

吉村信吉 (1944) 日本湖沼文献目録 (昭和 17 年まで). 陸水学雑誌, 別巻, **1**, 1 131.

2) 地下水

福富忠男 (1928) 札幌市地下水に就いて (予報) (演旨). 地質学雑誌, **35**, 382 387.

福富忠男 (1932) 地下水 (専ら飲料用地下水に就て). 岩波講座「地質・古生物, 礫物・岩石」, 岩波書店.

濱庄三 (1943) 大泉地下水瀑布線の精密調査. 陸水学雑誌, **13**, 145 153.

井関弘太郎 (1944) 松戸市東北部下総台地の地下水. 陸水学雑誌, **13**, 153 166.

石井武政 (1983) 地質調査所における応用地質調査の歴史. 地質ニュース, **339**, 41 49.

川村輝良・山本荘毅 (1938) 浦和大宮台地地下水の地理学的研究. 陸水学雑誌, **11**, 194 201.

蔵田延男 (1967) 昭和初期の地下水調査. 地学雑誌, **76**, 299 312.

前田 競 (1934) 一深井に於ける水位の変化. 地震, **6**, 275 293.

森田 稔 (1935) 東京帝国大学に在る深さ 380 米の深井の水位変化. 地震, **7**, 395 419.

表 俊一郎 (1936) 東京帝国大学構内に在る深井の水位変化. 地震, **8**, 531 545.

辻本芳郎 (1937) 相模野の地下水. 陸水学雑誌, **7**, 98 112.

矢島仁吉 (1935) 武蔵野台地の地下水. 陸水学雑誌, **5**, 127 136.

矢島仁吉 (1936) 秋留台地の地下水. 陸水学雑誌, **6**, 169 177.

山本荘毅 (1937) 市川市の地下水. 陸水学雑誌, **7**, 89 97.

山本荘毅 (1938) 大磯町の地下水. 陸水学雑誌, **8**, 14 21.

吉村信吉・山本荘毅 (1936) 千葉県西北部下総台地の地下水. 陸水学雑誌, **6**, 74 84.

吉村信吉 (1938) 武蔵野台地地下水の豪雨による異常上昇. 科学, **8**, 399 400.

吉村信吉 (1939a) 昭和 13 年に起った武蔵野台地地下水の湧水及び大増水. 日本学術振興会研究抄録, **1**, 39 52.

吉村信吉 (1939b) 武蔵野台地東部の地下水瀑布線. 科学, **9**, 242 243.

吉村信吉 (1940a) 東京山手付近の地下水 (演旨). 地理学評論, **16**, 65 66.

吉村信吉 (1940b) 東京市西部井荻天沼地下水堆. 地理学評論, **16**, 249 264.

吉村信吉 (1940c) 湧水による武蔵野台地地下水の変化 (演旨). 地理学評論, **16**, 778 779.

吉村信吉 (1940d) 所沢東北部上富に於ける地下水の変化. 科学, **10**, 358 360.

吉村信吉 (1941a) 東部武蔵野台地に於ける地下水堆.

科学, **11**, 9 10.

吉村信吉 (1941b) 所沢町付近の地下水と集落の発達. 地理学評論, **17**, 124 138.

吉村信吉 (1942) 東京市西部大泉学園町の長久保地下水堆 (短報). 地理学評論, **18**, 348 350.

吉村信吉 (1943a) 武蔵野台地東部大泉保谷付近台地の浅い窪地地形. 地理学評論, **19**, 235 256.

吉村信吉 (1943b) 原町田付近相模野台地の地下水特に宙水の性状. 地理学評論, **19**, 365 381.

吉村信吉 (1943c) 武蔵野台地東部大泉地下水瀑布線及び付近諸地下水堆の精査 (Ⅰ). 地理学評論, **19**, 634 649, 713 722.

吉村信吉 (1943d) 所沢北東上富に於ける地下水の変化. 陸水学雑誌, **13**, 55 62.

吉村信吉 (1944) 平野の地下水系統の研究と表現法. 科学, **14**, 388 389.

3) 温泉

岩崎岩次・家吉 実 (1944 45) 間欠泉の地球化学的研究 (第一~二報) 阿蘇咆哮地獄間欠泉の研究 (其一~十). 日本化学会誌, **63**, 1345 1350, **64**, 1453 1458.

岩崎岩次 (1944 45) 間欠泉の地球化学的研究 (第三~六報) 間欠泉の模型実験 (其一~四). 日本化学会誌, **65**, 641 644, 731 740, **66**, 41 42, 42 49.

小林儀一郎 (1939 40) 本邦温泉の地質学的分類並に温泉湧出と地質構造線との関係に就て. 地学雑誌, **51**, 460 464, **52**, 126 129, 269 278, 430 438.

小林儀一郎 (1943) 岩漿水に対する地学的一考察. 地学雑誌, **55**, 228 230.

内務省 (1925) 本邦鉱泉のラジウムエマナチオン含量の調査結果. 内務省衛生試験所彙報, **26**.

Nakamura, S. (1928) On the distribution of radioactive mineral springs in Japan. *Proc. 3rd Pan-Pacific Sci. Congress Tokyo (1926)*, 814 817.

野口喜三雄 (1941a) 本邦間欠泉の研究 (其二) 鳴子間欠泉の研究 (第二報). 日本化学会誌, **61**, 718 722.

野口喜三雄 (1941b) 本邦間欠泉の研究 (其三) 鳴子間欠泉の研究 (第三報). 日本化学会誌, **61**, 723 729.

野口喜三雄 (1941c) 本邦間欠泉の化学的研究. 温泉科学, **1**, 17 40.

野口喜三雄・福島慶太 (1941) 本邦間欠泉の化学的研究 (其一) 鳴子間欠泉の研究 (第一報). 日本化学会誌, **61**, 677 682.

野満隆治・池田亮二郎・瀬野錦蔵 (1938a) 別府温泉涵養源としての雨量. 地球物理, **2**, 97 126.

野満隆治・瀬野錦蔵・中目広泰 (1938b) 別府温泉と潮汐. 付 気圧効果. 地球物理, **2**, 1 23.

野満隆治・瀬野錦蔵・山下 馨 (1938c) 別府温泉の湧出量と水頭との関係. 地球物理, **2**, 260 279.

野満隆治・山下 馨 (1938) 別府旧市内の地中温度分布と温泉脈. 地球物理, **2**, 239 259.

野満隆治・山下 馨 (1939) 別府旧市街地の隠蔽温泉脈. 学術協会報告, **14**, 234 237.

大井上義近 (1931) 本邦の主要なる鉱泉の分布に就いて (鉱泉分布図説明). 地学雑誌, **43**, 559 562.

佐藤伝蔵 (1922 23) 本邦温泉の地質学上の研究一斑.

- 地学雑誌, **35**, 569 580, **36**, 67 78, 167 172 .
- 佐藤源郎 (1932) 鉱泉 . 日本地質鉱産誌, 434 453 .
- 瀬野錦蔵 (1938a) 別府温泉の感潮度分布 . 地球物理, **2**, 24 31 .
- 瀬野錦蔵 (1938b) 別府市街地の水準測量 . 地球物理, **2**, 127 131 .
- 瀬野錦蔵 (1938c) 別府市街温泉の湧出量に及ぼす降雨影響度分布 . 地球物理, **2**, 152 157 .
- 瀬野錦蔵 (1938d) 別府市街地の温泉水頭分布 . 地球物理, **2**, 280 290 .
- 瀬野錦蔵 (1939) 別府温泉の温泉水頭分布 . 学術協会報告, **14**, 231 234 .
- 瀬野錦蔵・西山久雄 (1938) 別府温泉二三の湧出口導管中に於ける泉温分布と途中冷却率 . 地球物理, **2**, 22 40 .
- 鈴木政達 (1937a) 別府付近の地史と温泉脈 . 地球物理, **1**, 6 17 .
- 鈴木政達 (1937b) 別府旧市内温泉概観 . 地球物理, **1**, 20 27 .
- 谷 貞夫 (1737) 九州地方及び別府温泉地帯の地震概論 . 地球物理, **1**, 165 196 .
- Terada, T. and Miyabe, N. (1935) Geographical distribution of hot and mineral springs and Deformation of earth's crust. *Bull. Earthquake Res. Inst.*, **13**, 576 586.
- 東京天文台編纂 (1925) 理科年表 (第一冊). 大正 14 年 . 丸善 .
- 山下 馨 (1938) 化学成分その他諸因子より見たる別府地下温水の流界 . 地球物理, **2**, 343 358 .
- 山下逸二郎・木戸 隆・丸田頼三 (1937) 別府市内温泉のクローラ量分布 . 地球物理, **1**, 89 93 .
- [本文中で引用されていないが参考となる文献]
- 道家建将 (1964) 柴田雄次と日本の化学 . 自然, **19** (12), 109 115 .
- 北林雅洋 (1988) F.W. Clarkeの地球化学的研究の課題について . 科学史研究, **27**, 215 217 .
- 北野 康 (1978) 地球化学 . 日本化学会編, 日本の化学百年史 化学と化学工業の歩み . 東京化学同人, 412 424 .
- 小玉数信 (1981) 岡田家武先生 . 私家版 .
- Mason, B. 著, 半谷高久訳 (1954) 地球化学概論 . みすず書房 .
- Mason, B. 著, 松井義人・一国雅巳訳 (1970) 一般地球化学 . 岩波書店 .
- Mason, B. 著, 河内洋佑訳 (2002) 現代地球化学の父 : ゴールドシュミット (その 1 ~ 8) . 地質ニュース, **545**, 33 44, **546**, 52 58, **548**, 27 35, **550**, 53 65, **552**, 42 58, **554**, 44 63, **555**, 29 39, **556**, 59 65 .
- Mason B. and Simon Mason, 河内洋佑訳 (2001 2002) 野外調査から隕石研究まで, プライアン・メースン伝 (その 1 ~ 8) . 地質ニュース, **566**, 42 47, **567**, 45 51, **569**, 43 49, **572**, 49 60, **573**, 42 47, **576**, 60 65, **579**, 55 64, **582**, 51 56 .
- 松尾禎士・山崎一雄 (1975) 日本の地球化学の一断面 . 地球化学, **9**, 1 4 .
- 松尾禎士 (1988) 日本地球化学会の 25 年 回顧と展望 (その 1) . 地球化学, **22**, 123 137 .
- 岡田家武 (1942) 化学科 . 上海自然科学研究所十周年記念誌, 64 82 .
- 大西 寛 (1999) 岡田家武の人と仕事に関する文献 . 科学史研究, **26**, 99 101 .
- 佐伯 修 (1995) 上海自然科学研究所 科学者たちの日中戦争 . 宝島社 .
- 柴田雄次・長倉三郎・松井義人 (1965) 対談 分光科学と地球化学の夜明け . 科学, **35**, 133 139 .
- 菅原 健 (1965) たまゆら . 菅原 健先生記念事業の会 .
- 菅原 健 (1979) 続たまゆら . 菅原 健先生記念事業の会 .
- 田中 実 (1975) 日本の化学と柴田雄次 . 大日本図書 .
- 田中元治 (1982) 菅原 健先生をしのぶ . ぶんせき, **91**, 503 504 .
- 山崎一雄 (1982) 柴田雄次先生の業績とその解説 (第一部) . 科学史研究, **19**, 81 87, (第二部) . **20**, 97 103 .
- 山崎一雄 (2001) 地球化学者岡田家武の研究と生涯 . 科学史研究, **28**(3), 163 170 .

(2005年8月9日受付, 2006年2月22日受理)