超電導のルーツ “ライデン” をとりまく景色

島 本 進

日本原子力研究所 那珂研究所 研究嘱託 茨城県那珂郡那珂町向山

(2002 年 8 月 22 日受理)

A View of the City “LEIDEN”, the Roots of Superconductivity

Susumu SHIMAMOTO

Research Consultant, Naka Fusion Research Establishment,

Japan Atomic Energy Research Institute

Mukouyama, Naka-machi, Naka-gun, Ibaraki 311-0193

(Received August 22, 2002)

1. はじめに

人の世はできごとの連続であり，その中には関連があつて生ずることもあり，また無関係に生じたものもある．既に過去になったそれらの断片を時に見方を変えてつないで記すのが歴史であろう．断片をつなぐ事実も流れ去って想像に頼る手法しかないことも多い．この想像自体がロマンとなり歴史の中で永遠の夢として存在する．

科学技術の物語は発見や発明をなした個人への共感に満ちたストーリーとして描かれることが多かった．総てが右上がり で進展する時代にあつて，科学技術がその有力な手段としてこのような一次元的記述がなされて，それはそれとして次の世代に夢と希望を与えた．科学技術が巨大な組織をもって運営されるようになったのは第 2 次世界大戦以降であり，その歴史の捉え方もここ 20 年ほど前から変わってきてその社会背景と共に記述する手法も多くなってきた．

超電導現象の発見がなされたライデン大学を中心に思いをはせながら，猛暑の夏の木陰でこのような見方で浅学と思いつつ筆をとってみた．

2. ライデン：日本とゆかりの深い町

ライデン (Leiden) というオランダの地名を聞くと，多くの人はずぐに “ライデン瓶” を思い出す．ガラス

瓶の内側と外側に錫箔を張り，そのゴム蓋に金属棒が貫通してそこから鎖が垂れ下がり内側に接している．これはライデン大学で高電圧に耐えるコンデンサーとして 1750 年頃発明された．その耐電圧が数 10 kV であり当時としてかなり高い値であった．この頃は高電圧の研究が盛んで，ヨーロッパ各地および米国において落雷が放電現象であることを論証しようとしていた時代である．

ライデン大学は上の話を遥かにさかのぼること 200 年ほど，1575 年オランダで初めての大学として神学，医学，理学を中心に創立された (Fig. 1)．ジュネーブ・アカデミーの流れをくみ創立以来プロテスタント系である．

このライデン大学に 1700 年頃，日本の鍼術に関して論文を提出し博士号を授与されたドイツ人がいる．このケンペル (Kemper) 先生はオランダ商館付き医師として元禄時代に 2 年余り長崎に住み着き，江戸に 2 回も参府した．帰欧後に論文を提出した．在日中に彼が行った日本のコレクションは後に大英博物館の骨格の一つとなったようである．

時は 100 年以上経過して，1823 年同じくドイツ人で後に有名になるシーボルト (Siebold) 先生が商館付きの軍医として着任する．それから 6 年半長崎に滞在した．彼はオランダ人と言い切っていたこと，日本の女性と結婚して女兒をもうけたこと，日本地図等の禁制

Fig. 1 1670 年頃に描かれた運河の脇にあるライデン大学；この姿は今も変わらない
The University of Leiden beside channel, drawn around 1670; the figure is unchanged.

品を持ち出そうとした事件、国外追放令によって単身帰欧、日本における末裔、幕末に再来等々と多くの話題がある。関係書物や小説の数は手足の指では数えられないくらいである^{1,2)}。勿論、江戸参府を行い將軍にも謁見している。

彼は極東の国に個人として興味をもっていたことは勿論のこと、それとは別にオランダからある委任を受けて来日していた。オランダはナポレオン戦争で一時国自体がなくなった。彼が来日したのは、そのような時代を経てようやくもとの状況に戻った時である。他方、江戸初期から見ると列強の台頭でオランダ東インド会社の収益は大幅に落ち込んでいた。これを挽回することを目的として、彼の役目は日本の文物・社会組織について調査することであった。彼の滞在する日本は將軍家裔による放漫政治に代表される文化文政時代の後半であった。その後に天保の改革が行われることを思うと、庶民文化が華やいてる巷とは裏腹にある幕府の治政を察することができよう。

彼は日本を離れて 1830 年ヨーロッパに戻ると居を

Fig. 2 ライデン市ラーペンブルグ 19 番地のシーボルトの住んだ建物
The building in which Siebold lived; 19 Rapenburg, Leiden

ライデンのラーペンブルグ (Rapenburg) 通り 19 番地に居を構え (Fig. 2)、以来ライデンには 15 年ほど住んだ。日本では追放令を受けてもオランダに戻った翌年には軍医として昇格され少佐になり将校の称号を与えられた。これとほぼ時を同じくして植民省の日本に関する顧問にも任命される。以来、生まれ故郷のヴェルツブルグに落ち着く 65 歳過ぎまで生涯にわたってオランダの職位にある。

彼によるコレクションの品目数は生き物の剥製を含め優に数千を越え、その他に鉢植えの日本植物も数百種持ち帰ったと言われている。これらはライデン市内の別の場所に植えたようである。多くの書画骨董は 1832 年から上記の自宅で個人的に展示し始めた。その後 1838 年、シーボルト先生からの要請に応じてこのコレクションをオランダ政府が全部買い取った。幾つかの段階を経て 1862 年、シーボルト・コレクションの体系的展示を目的としてライデン国立民族博物館が創立された。これは欧州で民族博物館の先達になりパリやロンドンから博物館の専門家が訪れたようである。その後 1883 年、長崎オランダ商館に勤務した別の 2 人のコレクションをこの博物館に加えて現在の展示となった。

この間ライデン大学では、ドイツ人ホフマン (Hoffman) 先生が欧州最初の日本学 (Japanology) の講座を開講した。このホフマン先生はシーボルト先生より 10 歳ほど若い、生まれ故郷を同じくし、たまたまシーボルト先生が日本から帰路寄ったアントワープで偶然知り合い、以来彼の助手として活動した後に教授となった。

シーボルト先生はこのライデンの地で著述を開始し、1832 年よりドイツ語で“NIPPON”^{3,4)}を続き物として著し、ライデンの出版社から出した (Fig. 3)。これを十数年掛けて 22 巻で完結した。この書物“NIPPON”はフランス語やロシア語にも訳され、当時の米国やロシアが日本に開国を迫る時の重要な参考書になった。他方、1835 年頃には共著で“FAUNA JAPONICA” (日本動物誌)、“FLORA JAPONICA” (日本植物誌)⁵⁾を部分的に著し始め、数年掛けてライデンで出版した。日本植物については、これより先にスウェーデン人ツンベルグ (Thunberg) 先生がオランダ商館付き医師として 1775 年前後在日し、帰国後ウプサラ (Uppsala) 大学で「日本植物誌」を著している。シーボルト先生はこの本にも目を通したようである。

ライデンはこのように鎖国していた日本の文物を具体的に紹介するただ一つの大きな窓口であった。

3. カメリン・オンネスとライデン大学

超電導の父、オンネス (Onnes) 先生は 1853 年にオランダ北部のフローニンゲン (Groningen) で生まれた。この年には米提督ペリーが、船中でシーボルト著“NIPPON”の地図と海路とを照合つつ⁹⁾浦賀に來訪している。フローニンゲンにはライデン大学の創立 50 年後に 2 つ目の大学が設立された。彼はここで学び、その後ライン川 (Fig. 1) をさかのぼって 1871 年から 2 年間名門であるハイデルベルグ大学に行き、物理化学を専門にブンゼン (Bunsen) とキルヒホフ (Kirchhoff) から学んだ。教授陣は彼の勉学への情熱を注目し、学友はその人徳を褒め称えた⁶⁾。1878 年から 4 年ほどデルフト (Delft) 工科大学で教鞭を取り、その間母校のフローニンゲン大学から学位授与をされている。ライデン大学には 1882 年に就任した。

当時一部で空気の液化が始まったばかりでなく、オランダには気体の状態方程式で有名なファン・デル・ワールス (van der Waals) がおり、水素やヘリウムの低温領域の振る舞いはこの方面からも強い興味を持っていた。彼は 1892 年から 2 年がかりで低温研究所 (後にオンネス研究所) を建設して、その後 1911 年超電導発見までの話はあまりにも有名である。

オンネス先生は実験物理学者であるばかりでなくエンジニアリングのセンスも良かった。また、企画、交渉、運営にも秀でており、必ずしも豊かでないオランダで王室などからの寄付を集めて研究室の運営に当たったと言われている。

Fig. 3 シーボルトの著書“NIPPON”の表紙
The cover of “NIPPON”, written by Siebold

他方、実験室の装置の設計組立て、機械加工やガラス細工の専門家を育てるのにも熱心で、その養成所⁷⁾も 1901 年に設立している。最盛時はそれぞれの分野で 25 人の若人が居たようである。ここで技術を習得した人々はライデンのみならず欧米の類似の研究所で専門家として活躍した。

1922 年 11 月にはオンネス研究所の創立記念祝賀が先生を中心にして盛大に行われた。オンネス先生夫妻を中心にしたスタッフ全員の記念写真の壁には、先生のモットーである Door Meten To Weten (to measure is to know) の文字が大きく掲げられて写っている。その数カ月前、既に決まっていた後継者が急逝した。しばらくして新たに選んだ後継者はカトリックであり、プロテスタントの流れを汲むライデン大学とはただならぬ調整が必要であったようである。

4. ハーバード大学からライデンへの一留学生

第 1 次世界大戦が終わって好況に沸く米国でハーバード大学の博士課程を 1922 年 6 月に終えて、1 年間の国外留学の奨学金を得たダーナ (Dana) 博士はオンネス先生を慕って 9 月ライデン大学に到着した。後継者の急逝によって研究所は混乱しているので、オンネス先生の自宅を訪ねて研究内容を話し合った状況が記述

Fig. 4 オンネス研究所の祝賀記念(1922年11月)の数あるおどけたポスターの一つ：瞬間的な高い圧力によるガラス・デュワーの破裂
“Explosion due to high pressure”, one of cartoons exhibited at the anniversary of Onnes laboratory (November, 1922)

されている⁸⁾。そこでテーマを液体ヘリウムの種々の温度下における比熱測定と気化潜熱測定と決めた。

物理学の推察の中に入っていなかった超電導の発見があまりにも突然のイベントであったので、液体ヘリウムについての奥深い研究はやや遅れたともいわれている。

ダーナ博士は研究所の創立記念日の祝典にも客員研究員として参加した。厳粛な祝典の一方おどけた数多くのポスターの展示があり、その一つはガラス製デュワーの破裂で慌てた状況を描いている (Fig. 4)。実験研究は何時の時代にもこのような失敗の繰り返しの中から成果がでてくることを物語っている。

実験室では、カロリメトリック手法で密度の低いヘリウムの計測と熱侵入に悩まされてダーナ博士の研究は思うように進展しない。それでも4 K以下の温度である程度の結果が得られて、それらはオンネス先生と共著で潜熱と比熱と1件ずつの簡単な論文が1年後には出版されている。潜熱測定では2.2 K近傍で測定した曲線がスムーズにつながらないことを記している。この状況で彼は滞在期間が来て帰国した。引き続いて研究を行ったキースム (Keesom) 先生が密度と比熱の正確な測定から2.2 Kを境にしてヘリウムの相が異なることを認知し、それぞれ He I と He II と呼ぶことを記した。時はオンネス先生が他界した翌年の1927年であった。ダーナ博士はこのヘリウムの特異な性質の研究に先鞭をつけたのである。少し前の1922年に、比熱が λ の曲線をもって異常な変化を示すことについては、242.5 Kにおける NH_4Cl で別の場所で発見されている。 λ 転移は潜熱のない2次の相転移である。ちな

Fig. 5 1930年前後のヘリウムの比熱測定：×印は1922年ダーナ博士による測定点、○印は他所での1932年頃の測定

The specific heat measurements of helium around 1930: × points measured by Dr. Dana in 1922, ○ points measured elsewhere in 1932.

みに Fig. 5 は、1932年頃の論文に出たヘリウムの比熱曲線を示すものである。He II の超流動現象そのものが認知されるのはその後1938年、モスクワやオクスフォードにおいてである。

研究仲間で自分がオランダ語を使うと相手からは英語で返事がくるという、このシーンの繰り返しの中にダーナ博士はオランダ語の上達をせずに帰国したと記している。1923年9月、米国ユニオン・カーバイド (Union Carbide) の一部リンデ・エアー・プロダクツ (Linde Air Products) 社の研究員になった彼は、その後研究開発部長を務め、引退するまで米国の低温技術の開発に活躍した。最終的に気体として利用するものであっても、広大な米国において供給が大変なので液化によって

輸送を簡便にするため、金属製液化ガス容器、液化ガス・トレーラー (ヘリウムでは最大 40,000 l) の開発を行った。断熱真空部には当初パーライト (perlite) 粉末を利用して輻射熱侵入を改善したが、その後スーパー・インシュレーション (super insulation) が主流となった。その他、液化ガス・パイプライン、ヘリウム分離プラント、ヘリウム・アーク溶接機、食品冷凍システム等、いかにも米国らしい産業規模の開発に貢献した。

5. おわりに

超電導発見から1世紀近くも過ぎ、その実用も多く見られるとともに基礎研究の手段も手法もすっかり変わった。金属系の材料を用いた1,000 トンの超電導マグネットを室温から冷やし、長期間に亘って通電を保持することも、特定のところでなく世界のあちこちで行われるようになった。オンネス先生の夢はこのように現実となった。他方、セラミック系の一部の高温超電導材や磁性蓄冷材は目下実用化への道を着々と進んでいる。ごく限られた領域でのみの物理現象とこれらの複雑な構造の物質とを振り返って見ると、これらの物は自然に存在するものを神が神秘のベールに隠していたものだったのか、あるいは神が知らない材料を人間が造り上げたのか、と疑問をもつのは筆者だけであろうか？ オンネス先生の時代にはきわめて素朴な気持ちで研究し、ベールを少しずつ取っていったのであろう。シーボルト先生も率直な気持ちで探索やコレクションを進めたと思われる。あちこちを極めた人間の探求は将来何処まで行くのであろうか。

オンネス先生やダーナ博士は研究の合間に、こじんまりしたライデンの町で民族博物館へ出かけてシーボルト・コレクションを観覧したであろうか。その量、さらに徹底した分類や整理に目を見張ったことと思う。仕事の分野が異なっている、遙か離れた未知の国での生活器具や文物は素朴な興味を多く駆り立てたことであろう。

これまで断片的に幾つかの書物で目に通していたことを簡単にまとめてみた。大先輩も数々がライデン

に滞在したことも一部に記されている⁷⁾。本文では科学技術史としても、あるいは文化史としても欠落していることも多いと思うが、ついでに折にそれらをご教示いただければ幸いである。

執筆の機会を与えてくださった本誌編集委員会に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) ドイツ - 日本研究所 編：シーボルト父子の見た日本，ドイツ - 日本研究所出版（1996）（江戸東京博物館でのシーボルト生誕200年記念展の出版物）
- 2) 板沢武雄：シーボルト，吉川弘文館（1960年著，1989版）
- 3) P.F. von Siebold : NIPPON, Verpasser, Leyden（1832年より約20年に亘り出版した22巻のシリーズ物）
- 4) 上記3)の書物の日本語訳：日本，全6巻（岩生誠一 監修），雄松堂出版（1977～1979）
- 5) 大場秀章 解説，瀬倉政勝 訳：シーボルト日本の植物，P.F. von Siebold 原著，八坂書房（1996）
- 6) 山岡 望：化学史談—ブンゼンの88年，内田老鶴圃（1954）p.151
- 7) 武藤武雄：低温発祥の地・仙台，低温工学 33（1998）354
- 8) R.J.Donnely, et al. : Cryogenic Science and Technology, Union Carbide (1985)
- 9) 木原悦子 訳：ペリー提督日本遠征記，M.C. Perry 原著，小学館（1996）