金研低温の歴史:本多光太郎欧州留学―青山新一―袋井忠夫、神田英蔵―日本初のヘリウム液化まで

東北大学名誉教授
小林　典男

2011年はオランダのカマリン・オネスによって超伝導が発見されてちょうど100年目でした。わが国で始めてヘリウムが液化され、超伝導が観測されたのは、その40年余り後の1952年に金属材料研究所（金研）でのことでした。それ以来、金研は液体ヘリウムについて共同利用体制を整備し、わが国の低温科学研究の拠点の一つとして機能してきました。その経緯についてはもうすでに詳しい解説が数多くありますが、ここではそれらの解説を参考にしながら、金研における低温科学の始まりについて紹介します。

写真1　青山新一先生（1913年頃）。
（東北大学史料館写真データベースより）

長岡半太郎と低温

金属材料研究所で組織的な低温科学の研究は、1929年（昭和4年）に本多光太郎所長と化学教室の青山新一助教授（写真1。翌年に金研助教授）が財団法人斎藤報恩会（仙台）から研究助成を受けたことに始まるとされています（金研50周年記念誌）。

しかし、その基をたどると東北帝国大学（以下東北大学）創設以前にさかのぼることができます。東北大学の設立にあたっては、東京帝国大学（以下東京大学）教授の長岡半太郎先生が物理学教室の人選を依頼され、当時東京大学講師で長岡先生と磁性の研究を行っていた本多先生を教授候補の一人として推薦しています。本多先生は教授就任に先立って1907年4月から1911年2月まで約4年間ヨーロッパとアメリカに滞在しました。ちょうどこの頃は、ヨーロッパでは古典熱統計力学が確立して、量子論に代表される近代物理学が勃興していた頃でした。新興の日本からやってきた新進の物理学者にとっては、わくわくする状況にあったのではないでしょうか。低温の研究について言えば、1850年頃から始まった炭酸ガス、窒素、酸素、水素などのガス液化に関する先陣争いの結果、1908年にオランダ・ライデン大学のカマリン・オネスによって永久ガスといわれていたヘリウムが液化され、さらにその3年後の1911年には水銀の超伝導が発見されるといった状況でした。

この本多先生のヨーロッパ滞在の最後の年にあたる1910年7月から12月にかけて、超伝導発見前夜と呼べる時期に長岡先生自身もベルギーで開かれた「万国電気工芸委員会」（8月）と「輻射学万国会議」（9月）、およびウィーンで開催された「第2回万国冷凍会議」（10月）出席を名目にして、東北大学理科大学設立準備のために渡欧しました（長岡半太郎伝）。長岡先生は低温物理学の論文は一遍も書いていませんが、1902年に東大に空気液化機が輸入されてから低温実験のデモンストレーションや解説記事を書くなど低温の研究に興味をもたれていました。帰国後、ヨーロッパでの体験を詳しく報告しています。その中で、「万国冷凍会議」の感想として当時の日本の冷凍業の現状を嘆くとともに、10月10日に行われたカマリン・オネスの低温物理学に関する講演について次のように

書いています。

「十日、ライデン大学のカメルリン・オンネス氏がなしたる低温度を生ずる多年の試験報告があった。是がこの会の学問的もつとも有益なる報告であった。然し斯の如き会の真価は物理学の極めて簡単なる定理が如何に実用に施し、多方面に枝葉を生ずるかを明らかにするにあつて、物理学の如き融通の豊富なる学問は少なからんと思うた。」(欧州物理学実験場巡覧記)

この一文は、低温の研究が物理学の簡単な定理を捉えることに如何に重要であるかを十分に認識し、そういった物理学の基本原理の理解が産業の発展に極めて重要であることを言っています。

会議の合間には、当時ヨーロッパに留学していた若手の物理学者たちを連れて各国の大学・研究所を精力的に廻っています。その中にはゲッティンゲンからベルリンに移っていた本多先生がいました。9月18日から10月4日まで本多先生とともにベルギー、イギリス、ドイツと飛び回り、東北大学の設立に必要な装置の買い付けに廻っています。さらに会議の終了後には、当時のヨーロッパの物理学を牽引していたゼーマン、カマリン・オネス、ローレンツ、シュタルク、プランクらをはじめヨーロッパ中の大学・研究所を訪問しています。カマリン・オネスの研究室についても詳しく紹介し、低温の研究がどれだけ困難を伴うものであるかを的確に述べています。すでに、この頃には長岡先生の中では東北大学理科大学の構想はかなり明確になっていたと思われます。

ところが、日本に帰国すると濱尾新・東京大学総長から東北大学への転出を強く慰留され、ついに彼の構想を自ら実現することはできませんでした。この思いは、磁性の研究を通じて強い師弟関係にあった本多先生に引き継がれたのではないでしょうか。

東北大学創設時の状況

1911年(明治44年)に東北大学理科大学が設立され、空気液化機が輸入されたのは、直後の1913年の事です。東北帝国大学理科大学一覧に写真(東北大学史料館写真データベース)が掲載されていますが、この装置は極めて効率の悪いもので、利用された形跡は残っていないようです(わが国における低温物理研究の起源)。

1916年に理科大学物理学科の中に臨時理化学研究所第二部が設置され鉄鋼の研究が始まりました。この鉄鋼の研究は本多先生の手腕によって順調に進み、1919年に東北大学附属鉄鋼研究所となり、さらに1922年には金属材料研究所(金研)へと発展し、大正末期には50人余りの職員を抱えるほどになっていました。金研には1926年(大正15年)に空気液化機を含む低温研究装置が導入されましたが、これも液化能力毎時5リットルというものの故障も多く、あるいは朝から運転を始めて夕方にやっと液体を取り出せるという程度のものだったそうです。

鉄鋼の研究に優れた成果を得て、次に本多先生は低温科学の本格的な研究の必要性を感じられ、担当者の人選について小川正孝総長に相談されました。小川総長の推薦に従って、ちょうど1925年(大正14年)からヨーロッパに留学することになっていた理学部化学教室の青山新一助教授に、留学期間を半年間延長してオランダ・ライデン大学やドイツ・ベルリンで低温技術の視察をしてくることを依頼されました。青山先生は留学期間の終わりに1927年の8月から翌年2月までカマリン・オネスの研究室で低温技術を学んで帰国し、その直後から本多先生と低温科学研究の計画を立て、冒頭に述べたように1929年に斉藤報恩会から10万円の補助を受けることができました。その後1930年に青山先生は化学教室から金研助教授に移籍されています。この補助金の内、3万9千円を使って現在の1号館玄関付近に鉄筋コンクリート2階建て一部平屋の低温研究棟(写真2)が建設されました。さらに残りの6万1千円に2万2千円を

写真2　低温研究棟(1930年頃)。現在の1号館玄関付近にあった。
(東北大学史料館写真データベースより)

加えて、空気液化装置や水素液化装置、酸素や水素の圧縮機がフランス、ドイツ、スイスから輸入され、新しい研究棟に設置されました（金研50周年記念誌、東北大学百年史第7巻）。この設備の中にはヘリウムの液化を目論んで、毎時50立方メートルのガスを100気圧まで圧縮することのできるヘリウム圧縮機が含まれていましたが、残念ながらわが国での最初のヘリウム液化は戦後になるまで実現しませんでした。その経緯については参考文献に詳しく紹介されています（低温研究発祥の地・仙台、日本における低温物理の黎明期）。

低温部の設置

低温研究部はしばらくの間文部省から予算が認められませんでしたが、青山先生は出来たばかりの砂鉄部の助教授として就任し、低温関連設備の立ち上げを行いました。さらに、1931年には低温の研究を行う専任の助手ポストが砂鉄部に用意され、東大理学部化学科から神田英蔵先生（写真3）が就任されました。神田先生は水素液化機の据付から運転までを自らされ、その後も液体水素は主に先生の研究に利用されています。これによって、液体水素温度における液体や凝固状態の研究がわが国ではじめて本格的に進められることになりました。青山先生は神田先生とともに低温におけるフッ素の物性や化学反応の研究を行い、低温における物理化学的な研究方法を開拓されました。一方、東北大学理学部物理学科を卒業し、その後理化学研究所の研究生だった袋井忠夫先生（写真4）は、1934年に金研における物理系の研究部であった冶金部の助手として着任し、低温における金属薄膜の電気的性質や光学的性質の研究を始めています。（東北大学百年史第7巻）

低温研究部の存在が文部省予算として認められたのは、金研で低温の研究が始められてから7年後の1937年（昭和12年）2月のことでした。1936年度の予算要求書（昭和11年度文部省所管予定経費要求書）では、金属の低温における諸現象を研究して、学術・国防に役立てるために「金属材料研究所低温研究施設」の必要性を説き、そのために経常費として1万9880円を要求しています。低温研究が必要な理由として、低温科学が世界的に見て新しい学問分野であって、学術上はもちろんのこと産業・国防上重要なことをあげ、冷凍工業の発展や北方寒冷地において機能の落ちない武器、衛生材料、食料、機械器具、交通機関の研究が必要であることを述べています。その上で、このような研究を行うためには零下100度あるいは200度の低温で様々な実験をする必要があることを強調しています。さらに、金研ではすでに7年前からこの種の研究を実施し、その一部に関しては軍と共同で実績を上げると同時に、基礎研究分野ではすでにわが国の指導的立場にあることを主張しています。

写真3　神田英蔵先生
（金属材料研究所75周年記念誌から転載）

低温部の研究内容については、低温を作る材料の研究と低温を利用する研究に分け、低温を作る材料の研究として、酸素、窒素、水素、ヘリウムのそれぞれ液体と固体を挙げています。また、低温を利用する研究として、絶対零度付近の低温を得る方法をはじめに掲げ、すでに研究を進めている液体および固体フッ素の化学的性質の研究や低温度における金属薄膜の物理的性質の研究など、8つのテーマを挙げ、その中には“超電導”に関する研究も含まれていました。

こうして低温研究部の存在が文部省予算として認められ、研究員として教授1名、助教授1名、助手2名の増員が実現しました。これに先立つ1936年に砂鉄部の教授に就任されていた青山先生は砂鉄部に籍をおいたまま低温部を指導され、1938年に袋井先生が、その翌年に神田先生が低温部助教授に昇任されて、それぞれ金属・半導体の物理的性質および

凝縮気体や簡単な分子から構成される物質の構造や化学的性質の研究を進められました。

低温部その後

昭和10年代後半から、戦時体制の強化とともに大学における研究体制が整備拡張され、金研においても1943年研究部門の新設・再編が行われました（東北大学百年史第7巻）。低温部は低温物理部と低温化学部とに分かれ、低温物理部の教授として青山先生が、化学部の教授に神田先生が就任され、その翌年青山先生の退任に伴い袋井先生が低温物理部を担当されました。この低温2部門体制はそれぞれの特色を生かしながら戦後も継続され、この2部門が中心となって1952年にわが国ではじめてヘリウム液化機を導入し、その後低温科学の優れた研究者を全国に送り出しました。また、神田先生は「低温度における凝縮気体の性質および極低温における磁性の研究」のタイトルで1960年に日本学士院賞を受賞されました。

参考文献

- 『長岡半太郎伝』 板倉聖宣他、朝日新聞社（1973）
- 「長岡半太郎からカマリン・オネスへの手紙」 君嶋義英 『パリティ』10（1995）73
- 「サロン　わが国における低温物理研究の起源」 袋井忠夫 『低温工学』3（1968）240
- 「随想　低温研究発祥の地・仙台」 武藤芳雄 『低温工学』33（1998）354
- 「随想　日本における低温物理の黎明期」 渡辺昂 『低温工学』34（1999）2
- 『東北大学金属材料研究所50年』 金属材料研究所創立50周年記念事業実行委員会（1966）
- 『東北大学百年史』第7巻　東北大学百年史編集委員会（2006）
- 「昭和11年度文部省所管予定経費要求書」 『公文類聚』昭和12年

写真4　ノーベル賞物理学者、バーディーン教授とアンダーソン博士が金研を訪問されたときの記念写真（1953年9月）。後列左から2人目が袋井忠夫先生。前列左からP. W. アンダーソン博士、増本量金研所長、M. S. バヤルタ教授、J. バーディーン教授。後列左から山本美喜雄教授、袋井忠夫教授、渋谷喜夫助教授、藤田寿一事務長（IMR NEWS vol.45より転載。 Bardeen Family Archive より提供）