

研究とは



随 筆

大 貫 惇 睦*

What is research?

Key Words：ウラン，ネプツニウム，プルトニウム，重い電子系，
ドハース・ファンアルフェン効果

私は平成24年に64才で大阪大学理学研究科物理学専攻を停年退職し、私のお弟子さんが活躍する琉球大学理学部に客員教授として移動し現在研究に専念している。修士までを京都大学で、東京大学で理学博士の学位を取得し、その後埼玉工業大学、筑波大学、大阪大学に勤務し、それに伴って関西や関東に居住し、現在沖縄に在住している。勤務が長かった大学としては筑波大学に12年間勤務したが（その内1年間をアメリカで）、大阪大学が18年だったので、大阪大学での教育研究生活が一番長かったことになる。この間、私の下で博士の学位を取得した大学院学生は25人で、大学、国の研究機関、企業で現在活躍している。埼玉工業大学を含め、どの大学でも2割ぐらいの学生さんに夢を託したくなる逸材がいる。学部卒であるが埼玉工業大学で研究生活を伴にした学生さんの中で2人、筑波大学で修士卒の学生さんが1人、中小企業の社長になっている。3人の社長さんによれば中小企業で働くと会社の全体が大づかみに見えてきて、あるきっかけで会社を起こしたようである。残念ながら大阪大学で私が指導した学生で社長になった学生さんは、大企業を選ぶせいはまだいない。

私はこれから、大学の一研究室ではできない超ウラン化合物の物性研究について書きたいと思う。一種のプロジェクト研究である。そこに至るいきさつ

から話を始めよう。私は研究室にいつでも留学生、もしくは学振等を活用して諸外国からの研究者を招聘していた。日常の研究生活を通して、生活・文化の違いを学生さんに肌で知って欲しい、そして何より私自身がそういう方々との日々の交流を通して研究の斬新な発想を得たいと思ったからである。

私は筑波大学で勤務していた初期の頃に重い電子系の典型物質となる希土類化合物 CeCu_6 を発見し、その研究成果のおかげで1年間アメリカのアルゴンヌ国立研究所に招聘された。ここで重い電子系とは、室温では磁性を担うCeの4f電子はCeサイトに局在しているが、伝導電子との相互作用で低温で4f電子がゆっくりと動き出し、通常の電子の静止質量の数100倍も大きい、いわゆる重い伝導電子が出現する現象である。アメリカではCeを含む希土類化合物の物性は各大学で研究していたが、アルゴンヌ国立研究所とロスアラモス国立研究所はウランや超ウランの化合物の研究も盛んであった。ただし、ずっと研究をしているわけではなく、研究資金が投入されたある時期に集中的に研究し、こういうことが過去に2度ほどあったようである。1年間滞在したアルゴンヌ国立研究所で、ネプツニウム・プルトニウムの超ウランを肌で感じるようになった。ウランの物性研究は筑波大学でも始めだしていたのでとても良い刺激になった。その後の超ウラン研究は、アルゴンヌ国立研究所に滞在したことによる。

金属の物性を調べるのに、電気抵抗、磁化、比熱などのマクロな物性測定以外に、NMRやドハース・ファンアルフェン (de Haas-van Alphen, 略してdHv-A) 効果などのミクロな物性測定手段がある。私は博士課程の大学院学生のとときに東京大学物性研究所の田沼静一教授の下でdHvA効果を学び、筑波大学でも実験手段としていた。その検出方法は、どうもアルゴンヌ国立研究所の方が理屈の上で約1桁ぐら



* Yoshichika ŌNUKI

1947年9月生

東京大学大学院理学研究科博士課程物理学専攻 (1976年)

現在、琉球大学 理学部物質地球科学科物理学系 客員教授 理学博士 物性物理学

TEL: 098-895-8098

E-mail: onuki@phys.u-ryukyu.ac.jp

い感度が良いことを知った。これを学び得たことは、良質な単結晶と、低温・強磁場に並んで重い電子系の dHvA 効果ではとても重要なことであった。実際、筑波大学勤務の時、 CeRu_2Si_2 で $120 m_0$ (m_0 : 電子の静止質量) の伝導電子を検出することにつながった。

大阪大学に移動したとき、同時に日本原子力研究所・先端基礎研究センターのグループリーダーになり、ウラン化合物の研究も本格的に開始した。最初の5年間は、米国から購入した天然ウラン原材料の純良化から始まった。 10^{-10} torr の超高真空下で、99.9%の純度を持つ $4 \times 4 \times 100 \text{ mm}^3$ のウラン棒におよそ 30 A の大電流を流して、そのジュール熱で不純物を取り除く、いわゆる、エレクトロ・トランスポート法である。原材料に約 50 ppm 含まれていた鉄不純物は、棒の中心付近 1 cm ぐらいのところでは 2 ppm になった。このウランを用いてテトラアーク溶解炉で重い電子系の超伝導体 UPt_3 の世界一純良な単結晶を引き上げ法で育成した。測定可能な試料に整形して大阪大学に輸送し、dHvA 効果の測定や基礎工学研究科北岡良雄先生の研究グループでの NMR 等の実験で大きな研究成果を挙げることができた。引き上げ法、フラックス法、エレクトロ・トランスポート法などを駆使して様々なウラン化合物の純良単結晶を育成して、研究は大きく展開した。大学院博士課程の学生さん、海外からの若手研究者の活躍のおかげでもあった。

その次の5年間のプロジェクト研究で、ウラン以外に超ウランの研究を行いたいと思うようになった。ウラン化合物の研究をしながら、アルゴン国立研究所の金庫の中のネプツニウムやプルトニウム化合物がいつも頭の片隅にあった。欧米での超ウラン化合物の研究では、純良な単結晶を育成し、上述のミクロな物性研究は全くなかった。これをやってみたいと思ったのである。茨城県東海村の研究所以外に約 25 km 離れた大洗町にも研究施設があり、その敷地内に東北大学金属材料研究所の一つのセンターがある。ここに勤務する塩川佳伸教授はネプツニウムの酸化物 NpO_2 を Np 金属に変える技術を持ち、かつ研究室に使用可能な NpO_2 をお持ちになっていることを知った。塩川先生の協力を得て、超ウラン化合物の研究がスタートした。塩川先生の研究グループ、日本原子力研究所先端基礎研究センターの私のグループや NMR のグループ、また大阪大学の私

のグループとの共同研究であった。

研究を促進するため実験装置も大洗に集結させた。例えば、筑波大学に勤務していた時に自作した 0.5 K (ケルビン)、15 T (テスラ) の dHvA の装置は大阪大学でも稼働していたが、それによって新たな研究資金を得て 0.05 K、17 T の dHvA 装置を購入していた。自作の装置は大阪大学での役割を終えつつあったので、新しい超ウランの dHvA 効果による研究に生かすために大洗に移動した。新しく助手のポストを塩川先生は得ることができて、ウラン化合物の dHvA 効果によるフェルミ面の研究で大阪大学の私の下で博士の学位を得て、当時フランスのグルノーブル国立研究所でポスドクをしていた青木大さんと呼ば戻して塩川研究室の助手として研究することになった。最初に育成した NpNiGa_5 の dHvA 効果の実験結果は世界初のネプツニウム化合物のフェルミ面の研究ということで、我が国の物理学の分野での国際英文誌 J. Phys. Soc. Jpn で創設した第1回 Editors' Choice に選ばれた。また5年間のプロジェクト研究の終わりに青木大さんが見つけた NpPd_5Al_2 の重い電子系超伝導は、世界初のネプツニウムの $5f$ 電子が関与する超伝導体であり、J. Phys. Soc. Jpn. の論文賞に輝くことになった。

この5年間のプロジェクト研究中に、大洗の敷地内の小さな道路をはさんだ向かい側に日本原子力研究所のプルトニウムの研究施設があり、そこにプルトニウムの金属材料があることを知った。なんとかこの原材料を使わせていただき、プルトニウム化合物の純良単結晶を育成し、金属材料研究所のセンターで dHvA 等の実験をしたいと考えた。先端基礎研究センターのセンター長、次長等の助けをかりながら、ねばり強く交渉した。研究者のグループは協力しましょうと言ってくれたが、事務方の承諾を得るのには1年半ぐらいかかった。しかし一度承諾されると、事務方の協力はとても好意的で様々な手続きを迅速に行ってくれた。プルトニウムの取り扱いには月曜日から金曜日までという規約の中で、プルトニウム少量での単結晶育成はおのずとフラックス法になった。希土類やウラン化合物では通常 20 日ぐらいかかるが、電気炉のスイッチを入れて切るまで5日で行うことになった。これまでの希土類・ウラン化合物での単結晶育成の経験から、インジウムの自己フラックスを利用して PuIn_3 の単結晶を育成する

ことにした。先端基礎研究センターの私のグループの芳賀芳範さんが担当し、夜も徹夜して観察しPu-In₃の単結晶を育成した。これも世界初のPu化合物でのフェルミ面研究となった(J. Phys. Soc. Jpn. Editors' Choice)。プルトニウム化合物はウランやネプツニウムと違いプルトニウムがウランに α 崩壊する。そのとき格子欠陥が生まれる。低温での α 崩壊なので欠陥が結晶内に蓄積され、一週間研究するとdHvA振動の振幅は急激に減少することを知った。

その後、日本原子力研究所は核燃料サイクルと統合し日本原子力研究開発機構に再編され、その他いろいろなことが重なり、超ウラン化合物の物性研究はとだえている。振り返ってみると研究というのは“時”を得ることが大切だとしみじみ思う。その“時”というのは、自分自身の熱意はもちろんであるが、周囲の人がおもしろい研究が生まれるかもしれないと期待して何とかしてやろうと実際に行動してくれることを指す。私は12年半先端基礎研究センターのグループリーダーをしたが、その職は芳賀芳範さんが継いだ。また青木大さんはその後東北大を離れ、再びグルノーブルに専任研究者として移動していたが、平成23年4月から旧塩川研の教授として赴任

した。ウラン等の5f電子系は芳賀さん、青木さんが活躍する時代がきたと思う。これからの研究を楽しみにしている。

私が大阪大学を去る日に、研究室を卒業していく学生さんがシャツをプレゼントしてくれた。なんと背中には私がつくった詩の一部がプリントされていた。それを掲載して結びとします。

春を告げるいかなごのくぎ煮
初夏の水なす
秋の日の夕日を浴びた桜の紅葉
冬の日でも梅田で楽しんだ数々の映画

追記

大阪大学での研究室を解散したので、大型のdHvA装置等は准教授の栄転先に移動していった。筑波大学時代に自作したdHvA装置は、大洗でも新たな研究資金が入り既製品を購入したので、東北大学金属材料研究所のセンターから大阪大学に戻され、その後現在勤務する琉球大学極低温センターに設置された。希土類のEu化合物や遷移金属化合物のフェルミ面研究で今も稼働している。



“おたずねもの”ではありませんが、現在の大貫惇睦です。