

世界に先駆けて原子核の殻模型を提唱

原子力に関する先駆的な研究（原子炉の彦坂模型の提案）

彦坂忠義

写真提供：彦坂正道氏

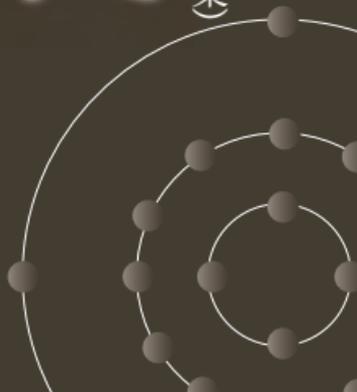
あまりにも研究の時期が「早すぎた」ため偉大な業績が歴史に埋もれてしまった悲運の科学者 *Hikosaka Tadayoshi*

- 1902 愛知県渥美郡（現豊橋市）に生まれる **1902-1989**
- 1920 旧制第二高等学校（仙台）入学
- 1926 東北帝国大学理学部物理学科卒業
東北帝国大学副手
- 1934 原子核の殻模型の提唱
- 1939 旧制山口高等学校教授
- 1941 大阪大学菊池正士研究室に内地留学
- 1943 旧制第二高等学校教授
- 1944 原子炉の彦坂模型の提案
- 1945 旅順工科大学教授
- 1949 岩手大学教授
- 1951 新潟大学理学部教授
- 1968 東北学院大学教授（～1977）
- 1989 逝去

彦坂忠義博士の紹介資料

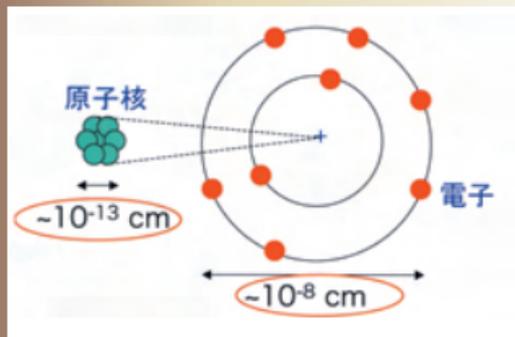
● 彦坂忠義「早過ぎた原子核理論—忠義の物理学者、彦坂忠義—」(読者懇話会『20世紀と人々の時代—たのしみ—』第1巻、科学編—) 昭和42年
● 五島勉『日本、東洋研究の歴史』(研友JUNON BOOK)

● 岩手県編纂委員会『彦坂忠義伝』(岩手県編纂委員会) 1991



原子核の殻模型と“彦坂理論”

すべての物質は「原子」とよばれる構成要素から作られています。原子はさらに、「原子核」とその周りを殻状の軌道を作って回っている「電子」に分けることができます。原子核は原子の大きさに比べて10万分の1程度の大きさしか持っておらず、彦坂忠義の時代には原子核がどのような構造をしているかが大きな謎でした。

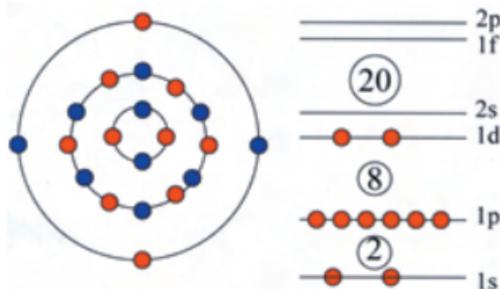


1932年、中性子が発見され、原子核が「陽子」と「中性子」から構成されるということがわかりました。しかし、それらが原子核内でどのように動いているのかは未知の問題でした。また、陽子や中性子の間に働く力もわかっていませんでした。この力が解明されたのは1935年、湯川秀樹により中間子論が発表されたときでした。

原子核内部の陽子と中性子の状態について、原子における電子の殻状軌道の類推から、これと同様の殻状の軌道を持って動いているのではないかと、というアイデアが中性子が発見された当初から存在していました (J.H. Bartlett, Nature 130 (32) 165)。

彦坂は1934年、このアイデアをさらに詳しく検討し、独自の理論を作って系統的に原子核の構造を調べました (ほぼ同時期、アメリカにおいてもElsasserが同じような試みをしていました)。彦坂理論を用いると、原子核内での中性子の持つエネルギー、原子核の安定領域、原子核の磁気的な性質など当時測定されていた実験データをきれいに説明することができました。

殻模型の概念図



*原子の場合と異なり、原子核では中心に力の淵は存在しません。中性子や陽子がお互いに影響を及ぼしあうことによって力の中心ができています。

彦坂博士の原子核に関する研究論文

- 発表論文「原子核の殻模型論」(『フィジカル・レビュー』投稿/1932)
- 発表論文「中性子の殻模型論について」(『物理学』/1934)
- 発表論文「原子核の質量数分布について」(『物理学』/1934)
- 発表論文「原子核内の中性子の状態について」(『物理学』/1934)
- 発表論文「原子核中の中性子のエネルギー準位」(『物理学』/1934)

ニールス・ボーアの 液滴模型の時代

ところが、当時の科学者にとって、陽子や中性子が殻状の軌道を持って運動しているという考え方は極めて受け入れがたいものでした。陽子や中性子に働く力は「強い力」であるため、殻状軌道がつぶれてしまう、と考えていたわけです。

事実、彦坂が米国物理学会誌に投稿した英語論文は掲載を拒否されてしまいました。展示してあるドイツ語の論文は、彦坂が反発の意味も含めて英語からドイツ語に書き直し、東北大学の理科報告に発表したものです。

更に悪いことに、ニールス・ボーア(1885~1962: 1922年にノーベル物理学賞を受賞)が1936年に「液滴模型」を提唱し、この模型が原子核のエネルギー、核分裂、中性子散乱の共鳴、などの説明に成功を取めると、世の中の意見は液滴模型一色になり殻模型は完全に旗色が悪くなりました。液滴模型は、原子核の中で陽子と中性子がお互いに強い影響を及ぼしながら混然となって「液滴」のように振舞う、というものであり、殻模型の考え方とは完全に対立するものでした。

液滴模型による核分裂の概念図



1937年、ボーアは来日し、東大、理研、京大、阪大で講演を行いました。その際、彦坂はボーアに直接、彦坂理論の説明をしましたが、ボーアは彦坂理論を完全に否定しました。(ただし、これは彦坂理論が間違いであったということは意味しません。実際、ボーアはこの来日の際、湯川秀樹の中間子論も否定しています。)

その後、世界の論調は 彦坂「殻模型」へ



彦坂忠義

写真提供：
彦坂正道氏

殻模型の成功 1963年ノーベル賞



M.メイヤー



J.インゼン

彦坂が先鞭をつけた殻模型の考えが復活するのはそれから約10年後、1949年にメイヤーとイェンセンが殻軌道と陽子や中性子の自転運動（スピン）の結合模型を提唱し、実験データを見事に説明するまで待たなければなりませんでした（メイヤーとイェンゼンはこの業績により1963年にノーベル物理学賞を受賞しています）。

そこに至るまでには、殻模型の考え方を裏付ける膨大な実験データの蓄積が必要でした。彦坂の仕事はあまりに「早すぎた」ため、その後歴史の中に埋没してしまい今日まで顧みられることはありませんでした。

1953年にはオーゲ・ボーア（ニールス・ボーアの息子）とベン・モッテルソンによって殻模型と液滴模型を統一的に理解することができる「集団運動の統一模型」が提唱されました。ボーア、モッテルソン、レインウオーターはこの業績により1975年にノーベル物理学賞を受賞しています。

殻模型の考え方は、今日に至るまで原子核の構造や天体中での原子核反応などを考える際、なくてはならない根本的な概念になっています。これはまさに、彦坂の極めて初期の段階での研究が発展した形で花開いたと言えるものであります。

殻模型と液滴模型の統一 1975年ノーベル賞



A.ボーア



B.モッテルソン

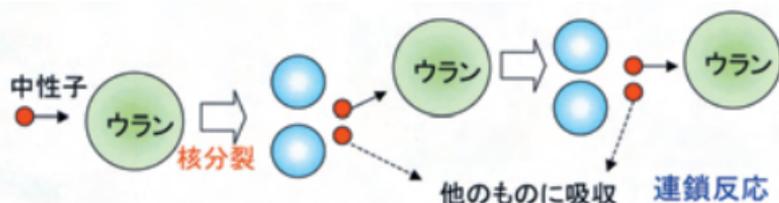


J.レインウオーター

原子力エネルギーに関する 独創的な研究

天然のウラン元素はおおよそ99.3%の ^{238}U と0.7%の ^{235}U から構成されています。このうち、 ^{235}U は遅い中性子をぶつけると核分裂を起こして2つの小さい原子核に分かれます。しかしながら、天然ウランの大部分をしめる ^{238}U ではぶつける中性子のエネルギーをより大きくしないと核分裂が起きません。

ウランが中性子によって核分裂すると、比較的高いエネルギーの中性子が平均して2.5個放出されます。この放出された中性子を制御しながら次々と他のウランにぶつけることができると、核分裂が連鎖的に起こるいわゆる「連鎖反応」を起こすことができ、核分裂エネルギーにより発電することができるようになります。



核分裂で放出される中性子は一般にエネルギーが大きいため、核分裂をより多く起こすためには、中性子を減速する必要があります。というのは核分裂が起きずに中性子が ^{238}U に吸収されてしまい連鎖反応が止まってしまうからです。このため中性子をうまく減速する必要があります。

彦坂は1944年、世界の誰よりも早く、ウランと減速材をそれまでのように均質に混合するのではなく、ウランを不均一に配置することにより中性子が十分減速してからウランにぶつかる方法を考え出しました。これは現在標準的に用いられている非均質炉のアイデアそのものです。

戦後、アメリカでシラード及びフェルミが非均質炉の理論を発表、特許をとり莫大な特許料を獲得しましたが、彦坂の先駆的かつ独創的なアイデアは残念ながら歴史に埋もれたままになっています。

また、彦坂は1945年、核分裂で放出した中性子を減速することなくウランにぶつけることによっても連鎖反応が可能かどうか検討を行い論文を発表しました。これは、現在の高速増殖炉にもつながる極めて独創的な着眼点でした。

1937年、

ニールス・ボーアが
東北大学にやってきた

N・ボーア博士を案内する本多光太郎（昭和12年）。金属材料研究所構内にて。
写真提供（上）（F）：東北大学史料館

ニールス・ボーア（1885-1962）

デンマークの理論物理学者。コペンハーゲン大学卒業後、ケンブリッジ大学でJ.J.トムソンに、マンチェスター大学でE.ラザフォードに学ぶ。M.プランクの量子仮説をラザフォードの原子模型に適用し、水素原子のスペクトルの構造を説明することに成功、前期量子論の発展に尽力した。1921年理論物理学研究所（ニールス・ボーア研究所）を創設、初代所長となる。この研究所には仁科芳雄ら世界各国から若い研究者が集まり、理論物理学の中心として量子論の発展と、量子力学の誕生に指導的役割を果たした。1922年、「原子の構造とその放射に関する研究」でノーベル物理学賞を受賞。1936年原子核の液滴模型を提唱。1937年には日本を訪問、仁科の通訳で東北大学を含む各地の大学で講演を行ない深い感銘を与えた。軍拡競争を憂慮し、第二次世界大戦後は原爆の管理と使用についての国際協定の締結に奔走した。



N・ボーア講演風景（昭和12年）。資源報徳会講堂にて。