

が行われた。この散乱測定の結果は J. G. Wilson が年末に発表した結果と同じだったので、これも理研講演会での発表に止まった。1940年は1月早々から中間子シャワーを目標にした実験を行なうことになり、7月末までに約5,000枚の撮影をしたが、中間子シャワーは撮影できなかった。一方、この実験の進行中に Williams が磁場は使わぬ大容量の霧箱によって、中間子が停止したところから電子が出ている写真を撮影し、中間子の崩壊を発表した。仁科先生は直ちに大容量の霧箱を作ることを指示され、その設計製作に着手したのだが、軍需の影響も出てきて、霧箱の出来てきたのは1941年になってからであった。他方でこの年、高空での宇宙線の飛跡撮影が計画され、陸軍戦闘機に搭載して自動的に飛跡を撮影する装置を試作したが、当時の機

体は気密式でないので低温低圧の外気の条件下で作動する装置でなければならず、中央航空研究所の低温低圧実験室で試作装置の調節中、戦局の推移のため計画は中止となり、霧箱による研究も困難になったのだった。〔この頃までの宇宙線研究については岩波講座・物理学・宇宙線（昭、16年）に、仁科先生執筆の歴史的叙述その他に詳しく、また文献が集められてある。〕

#### 文 献

- 1) Blackett and Occhialini: Nature **130** (1932) 363.
- 2) Blackett and Occhialini: Proc. Roy. Soc. **139** (1933) 699.
- 3) C. D. Anderson: Science **76** (1932) 238. Phys. Rev. **43** (1933) 491.
- 4) Nishina, Takeuchi and Ichimiya: Phys. Rev. **52** (1937) 1198.
- 5) Nishina, Takeuchi and Ichimiya: Phys. Rev. **55** (1939) 585.
- 6) Williams: Nature **145** (1940) 102.

## 電離箱，計算管による宇宙線研究

宮崎友喜雄 <仁科記念財団 113 東京都文京区駒込 2-28-45>



1934年1月、日本學術振興会第十小委員会\*が発足し我国で宇宙線の研究が始められるようになったが、これより前仁科先生は理研の工作部に Compton 型の小型宇宙線計を注文しておられた。石井千尋は1934年12月に、山崎文男はその翌年1月にグループに参加した。

1935年3月には仁科先生が注文されていた Steinke 型宇宙線計がドイツから到着、また浅野芳広がグループの一人となった。この年の4月、石井、山崎、浅野によって Compton 型宇宙線計による箱根山測候所 (900 m) での観測が実施され、8月には富士山頂 (3,720 m) など数点の観測が行われ、富士山頂の宇宙線強度は東京の2.7倍であることが分かった。

R. A. Millikan の共同研究者 H. V. Neher は1935年11月理研で宇宙線について講演し、その時 Neher 型宇宙線計を披露した。これは直径 15 cm ほどの球形の電離箱で純アルゴン15気圧を詰め中心部に Neher が考案製作した電

気計が組込まれている。仁科先生はこの装置を注文され、翌年入荷した。これは携帯に便利であり、取扱いが簡便で堅牢であるため種々の研究に使用された。山上、地上、船上での宇宙線観測、さらに広島、長崎の原爆放射能測定にも使われ、現在も使用可能である。

さて宇宙線は地球外の空間から入射してくる粒子であるが、その正体はまだ不明であった。Clay (1927) の先駆的測定をへて A. H. Compton (1933) による大規模な観測で緯度効果が確立し、Millikan, Neher による経度効果の測定 (1935, 6), Johnson, Street (1933) ら<sup>1)</sup>による東西効果の観測などが各国で盛んに行われ、また Lemaitre, Vallarta ら<sup>2)</sup>によって地球磁場における荷電粒子の運動の理論が発表された。

一次宇宙線の正体を探るには、地球上の異なる緯度、経度、及び高度に同一性能の宇宙線計を設置して同時観測を行い、他の自然現象との関連について研究する必要があった。そのため石井千尋を中心にして、理研独自の高性能の宇宙線計を製作することになった。

そこで当時 A. H. Compton らが発表した Carnegie C Meter を参考にして大型電離箱を設計製作した。これは、容積20リッター、純アルゴン50気圧を封入し、主電離箱と

\* 日本學術振興会第十小委員会。1934年1月29日、宇宙線研究を目的として設置。委員長岡田武松、その後、研究主任に仁科芳雄を選び、所要の機械の整備を行った。やがて原子核の研究が各国で盛んになり、宇宙線の研究と相通ずる所があるので、1936年第十小委員会を改組拡張し、宇宙線原子核第十小委員会と名付け、委員長に長岡半太郎を選んだ。



図1 清水トンネル内宇宙線観測所 (1940年8月)。左より、関戸弥太郎、増田時男、仁科芳雄、宮崎友喜雄、藤岡由夫。(仁科記念財団提供)

ウラン源を持つ小電離箱との電離電流の差を高感度のリンデマン電気計で読取ると同時にフィルム上に記録するものである。この装置を南洋パラオ島、台湾阿里山、富士山、東京、樺太の豊原に据えて連続同時観測を行う予定であった。1935年から製作が開始され、1936年に1台は理研で、1台は北海道の斜里岳の頂上に近い地点(1,260 m)に据え、到着したばかりの Neher 型とともに6月の日食時とその前後数日の観測を行ったが、日食による宇宙線強度変化は観測されなかった。

同年8月、仁科、石井は鉄道省の援助により、上越線清水トンネル内の六つのマンホール内で Neher 型による観測を行った。深さ325 m(水深800 m相当)の地点で宇宙線バーストを観測した。従って宇宙線は更に深い所まで貫通していることが分かった。

1937年4月から1年間仁科、関戸、浅野、島村、増田らは日本郵船の協力により、横浜メルボルン間を往復する北野丸に、また翌年神戸シヤトル間を往復する平安丸に Neher 型を搭載して宇宙線の緯度効果の観測を行った。

1935年以来、東京で宇宙線強度の連続観測が行われ、それらの観測結果が発表されていった。太陽活動と逆に動く宇宙線の27日周期が報告され、また1938年に Blackett が宇宙線の季節変化を中間子の崩壊による気温効果と解釈したが、東京の宇宙線強度を種々の気象条件で推測される高層

気温の分布と比較し、気温効果の確立ができた。これを応用して、宇宙線の観測から高層気象の変化を監視する可能性が得られた。

私は1939年1月に仁科研究室の宇宙線部門に入れていただいたが、当時石井は応召中、浅野、関戸、島村、増田らとともに、理研の2号館(旧理研正門の正面の建物)4階の講堂脇の部屋と、18号館(正門右手の5階建のビル)の屋上に設けた実験室で仕事をした。2号館の屋上と地下にも電離箱が置かれ観測が行われていた。

仁科先生は私に、前に述べた五つの観測地に設置する電離箱をやらせるか地下にするか考えられた末、地下実験をやるように命令された。そして計数管、真空管による同時放電回路、記録回路、計数管用高圧などを作ることになった。既にある程度できあがっていた同時放電回路は分解能が悪いので5極管を用いる回路に改造した。

仁科先生が宇宙線の透過力に強い関心を持っておられたことは、先に述べた宇宙線バーストの観測からも推測される。1936年ハンガリーの Barnóthy と Forró<sup>3)</sup> が地下実験の結果から地下に貫通する宇宙線は直接には計数管に感じないもの、恐らく中性微子であろうという説を発表した。仁科先生はこの実験に注目され、清水トンネルで此の結果を確かめることになった。

此の地下実験の準備は1937年春から関戸が担当して始められた。地下での自然放射線強度は、地上の宇宙線及びその他の自然放射線強度よりむしろ多いので、電離箱による測定は不可能である。従って、計数管を用いた同時放電法によって宇宙線を選ぶ方式をとり、その同時放電が偶然の同時放電ではないことを種々な計数管配置によって確かめる必要があった。計数管は直径5 cm、長さ28 cm、厚さ1 mmの真鍮管をガラスに封入し、直径0.1 mmのタングステン線を芯線とし、管内にアルゴンとエチルアルコールの混合ガスを数 cm Hg 封入したものであるが、当時このように「大型」で長期間安定に動作する計数管を作るのは大変で、20本の計数管を作るのに長い間かかった。<sup>4)</sup> これを5本ずつ束にし、4層の計数管トレイを作り、種々な同時放電回路によって宇宙線を選ぶようにした。

清水トンネルでの実験は1939年7月に始まった。トンネルは全長9.7 kmで、800 m間隔で面積4.5 m×7.0 mのマンホールが11ある。温度は常時10℃であるが湿度が100%なので、マンホール内に木造小屋を設け室温を上げ湿度を下げ装置を据えた。

測定は第3及び第5マンホールで行ったが、それぞれの

地殻の厚さは 480 m, 1,230 m で水深相当 1,400 m, 3,000 m である。1,400 mwe では1939年7月-1940年7月, これ以後は 3,000 mwe で行った。

各場所で, 種々の計数管の配置により同時放電数を記録した。4個の計数管群を鉛直に並べた時に比べ, 水平に置いた時の方が遙かに同時放電数が少ない。例えば, 3,000 mwe では鉛直同時放電数は1週間に1個であったが, 4個の計数管群の一つを横にずらせた場合には1月に1個に減った。

次に水平に置いた場合でも 1,400 mwe の場所に比べ 3,000 mwe の場所の方が遙かに同時放電が少ない。これは宇宙線シャワーの深さによる差であろう。これらの測定結果は1949年にまとめて発表した。<sup>5)</sup> なお此のトンネル内の実験室では, 仁科, 森脇の狸々蠅を使った遺伝の突然変異の実験も行われていたことを付記したい。地下の実験については1946年2月原因不明の火災により全装置が焼失した。まことに残念なことであった。

地上, 地下の実験の他に気球による上空の宇宙線観測が石井, 関戸, 飯尾以下多数の研究者によって行われた。その当時, 軽量で性能の良い装置を作り上げることは非常に難しく, 装置を気球に取付け放球してみると電波が来なくなる。その原因はいろいろあった。そこで地上で十分なテスト, 例えば振動その他のテストを行う必要があった。そこで理研18号館の屋上から長い竹棹を出し, その先に装置を吊り下げ, 棹を振り回すなどしてテストをした。今から考えると, 大変幼稚で野蛮な作業であったが, これで改良

に改良を重ねて本番の装置を作った。

まず長さ 15 cm, 直径 2 cm の計数管 3 本を鉛直に並べ, 同時放電法によって鉛直成分の測定が行われた。1942年から43年にかけて3回の実験を行い, 高度 18 km で最大強度は地上の 16.4 倍という値を得た。

理研内での電離箱による連続観測はサイクロトロン建設が進捗してきたので, その影響を避けるため, 麻布, 狸穴の東京天文台構内に恒温室を建設し, 1941年10月より逐次運転を始めた。また宇宙線の精密測定から上層気象を予測するための大面積宇宙線計の計画が進捗し, 1944年計数管96本を用いる精密宇宙線計の製作を始め, 6月から測定にかかり, 予知はかなり成功した。しかし, 空襲の激化により, 1945年3月をもって一切の観測を止め, 人員資材を金沢に疎開した。このような措置により, 研究用資材の一部が確保された。従って戦後の混乱期にも拘らず比較的早い時期に, 若いすぐれた研究者たちの協力によって, 研究観測が再開され, これを核として研究が次第に拡大していった。

## 文献

- 1) J. Clay: Proc. Ac. Amst. **30** (1927) 1115. A. H. Compton: Phys. Rev. **43** (1933) 387. Millikan and Neher: *ibid.* **47**(1935) 205, **50**(1936) 15. Johnson and Street: *ibid.* **43** (1933) 381.
- 2) Lemaitre and Vallarta: *ibid.* **43** (1933) 87,49 (1936) 719, **50**(1936) 493.
- 3) J. Barnóthy and M. Forró: Nature **138** (1936) 325.
- 4) Y. Sekido.: *Early History of Cosmic Ray Studies*, ed. Y. Sekido and H. Elliot. (D. Reidel, Dordrecht, 1985) p.187
- 5) Y. Miyazaki: Phys. Rev. **76** (1949) 1733.

# 理研のサイクロトロン物語

田島英三 <原子力安全研究協会 100 東京都千代田区内幸町 1-2-2 日比谷ダイビル 12 階>

世界の物理学界は20世紀にはいると, 近代物理学への脱皮のため, 実に輝かしい歩みを続けた。この趨勢をうけて理研に西川研と仁科研にまたがる原子核実験室が創設されたのは1935年であった。これは原子核と放射線生物学を幅広く研究するために, 三井報恩会, 東京電燈株式会社, 日本無線電信株式会社等の寄附によるものである。原子核研究に必要な大型加速器として, 電磁石の重量23トンの小サイクロトロン (以下小サイクロと略称す) とコッククロフ

ト型加速器を建設することとし, 当初は何れも仁科研が担当したが, 1937年頃小サイクロがほぼ完成し, これを用いた研究活動が活発になったので, コッククロフト型加速器の建設は西川研が分担することとなった。私が仁科研にはいったのは1938年で, その頃小サイクロは重水素核で 2.3  $\mu\text{A}$  のビームを得ていた。丁度, 嵯峨根遼吉さんがアメリカの長い留学生活から帰って来られた。嵯峨根さんはパークレーでサイクロを手掛けて来られたので, 帰国早々小サ

