

Ⅵ 宇宙線研究 20 年

石井 千尋

気象研究所地球
電磁気研究部長

仁科先生のもとで宇宙線の研究を始めてから約20年の間、宇宙線の研究は、実際の方でも理論の方でも非常な進展を示した。その間新しい粒子を数多く発見し、また一方、宇宙物理の各方面にもいろいろ新しい現象をとらえ、それらについていろいろの問題を提起してきた。そしてまた現在もつぎつぎに問題を提起しつつある。これらの歴史的経過と現在の研究の展望を紹介する。

<昭和32年12月6日 講演>

宇宙線研究のはじめ

宇宙線研究 20 年と題しましたが正確には 23 年と申した方がよいのかも知れません。

理化学研究所に仁科研究室が誕生いたしましたのは、昭和 6 年でありまして、初めから宇宙線の研究という項目がとりあげられておりましたから、この時から計算しますと 26 年になりますが、専門に宇宙線の研究を担当する部門ができたのは、昭和 9 年の末でありました。この時から 23 年になるわけです。

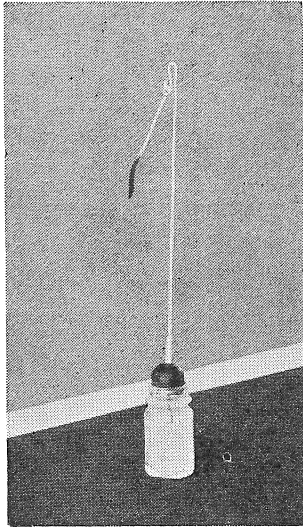
昭和 9 年 11 月に、日本学術振興会に第十小委員会というのが設立されまして、宇宙線の研究をすることになりました。このときの委員長は当時の中央気象台長岡田武松先生で、委員には寺田寅彦先生、西川正治先生、木下正雄先生、石本巳四雄先生、と一番若い委員として仁科芳雄先生がおられ、私どもはこの委員会の助手という形で研究を始めました。

実は私、宇宙線の観測の器械作りばかりやってきましたので器械を中心にしてお話を進めたいと思います。

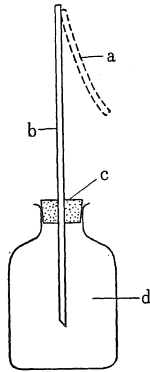
50 年前の測定 (金箔検電器)

話は 50 年ぐらいいさかのぼって、1900 年の初めごろの話になりますが、当時、放射能が発見され、この測定が、皆さんご承知のような金箔検電器を利用して行なわれておりました。

原理的に申しますと、第 1 図のような一本の電極を琥珀のような非常に高い電気絶縁物で支えて、一方に金属の薄い箔をつけ一方を一つの閉じた容器に入れて置きます。いまここで、セルロイドの棒をこすって電気を起して電極を荷電しますと、金箔は開きますが、もしここで、空気が非常によく乾燥しており、また近くに放射線の源がない場合には、いつまでも電気はにげないで箔は開いたままでおるはずで、ところがここに放射線を出すもの、たとえば、 Co^{60} のようなものを近づけますと、次第に金箔がしぼんでくるのが見られます。これは付近の空気中に、 Co^{60} のガンマ線のためにイオンが作ら



第 1 図 金箔検電器



れ、このために空気が伝導性を持って電極の電荷が放電されるためであることは、よく皆さんもご承知のことと思います。

このような原理で放射能研究の器械が作られておりました。もちろんこの第 1 図のとおりでは、風が当たれば金箔がふれますし、またマッチの炎を近づけても、イオンが

できて放電を起しますので、実際の器械はもう少し立派なものが用いられております。

宇宙線の発見

ところで、このような装置で研究を続けてゆきますうちに、放射線の源が全くないのになお微弱な放電が起ることがわかり、初めはこれが地殻を構成する岩石の中にあるウランやトリウム系の放射性元素によるものとして説明されておりました。しかし、次第に研究が進むにつれて、地殻からの放射線によるだけではないようだという事実が明らかになってきたのであります。それは地表から遠ざかれば放射線が弱くなると予想されるのにかかわらず、ある程度地表から上に行くと一度は予想どおり弱まりますが、それからさらに上昇すると再び放射線が強くなることを見つけたのであります。

1900 年代の初めから第一次大戦のころまで、このような暗中模索的な研究が行なわれ、ついに地球大気の上層か、あるいは地球外かわからないが非常にエネルギーの大きな放射線——したがって非常に透過性の大きい放射線——

一がわれわれの住む地表に向かってやってくるのが明らかになり、これに宇宙線 (Cosmic Rays) と名をつけるにいたりました。

欧州では氷河の中にもぐったり、湖水の底に測定器を沈めたりして、どこまで透過するか、すなわち物質による宇宙線の吸収を測ったりしておりました。しかしその当時、いまだすべての物理学者がその存在を信ずるまでにはなっておりませんでした。

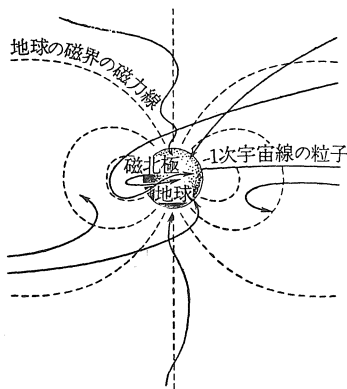
ポーテとコルヘルスターの 実験

昭和4年ごろ、ポーテとコルヘルスターの2人が、銀行から金塊を借り出してやった有名な実験によって、“宇宙線は荷電粒子である”と

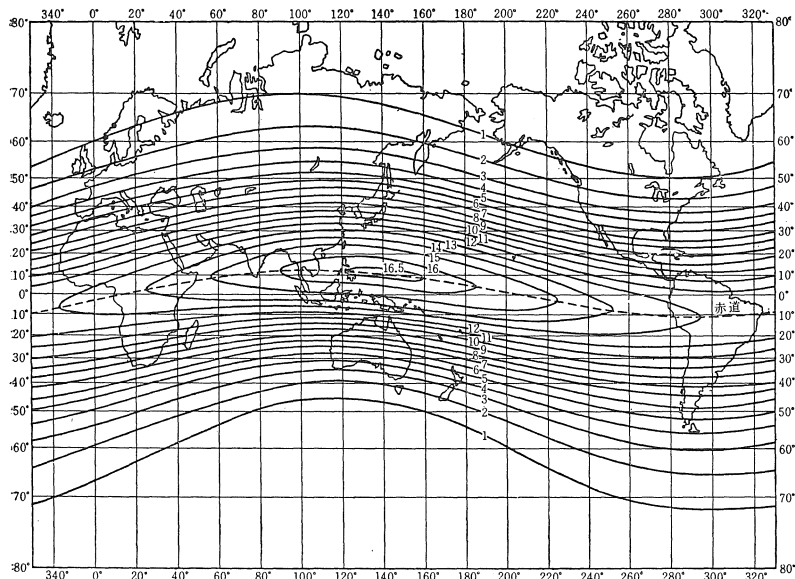
いう証明をしました。すなわち電気を持った微粒子が飛び込んでくるものであるということです。

そこで、もし荷電粒子であるならば地球の磁石の力に作用されて、両極地方に多くの粒子が集中し、赤道地方にはよほど強大なエネルギーを持った粒子でないと到達できないであろうと推算されます。これについては当時すでに極光の理論家たちによって、相当細かい計算が行なわれておりました。

第2図に地球外から地球に向かってくる荷電粒子の軌道のいくつかの例が示してあります。



第2図 地球の磁場にはいつてきた荷電粒子が曲げられて、一部ははねかえされ一部は彎曲してはいる。エネルギーの大きいものは、あまり曲らないがエネルギーの小さいものは、非常に曲ってはいる。



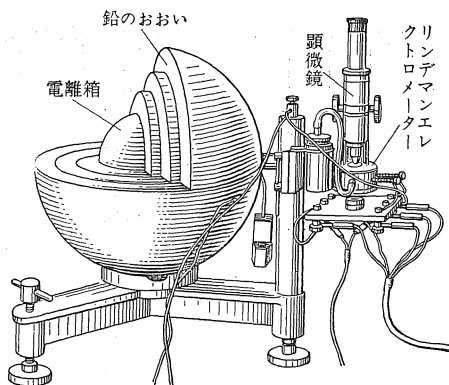
第 3 図 地球上の宇宙線強度分布図。赤道地方に弱く極地方に強くなっている。

この推算は見事に当たりまして、その後の多くの人々の観測から、実際に地球上にきている宇宙線の強度分布図を作ると第 3 図のようなものができ上がりました。

まず観測器械製作から
(理研で作った宇宙線計)

仁科先生が日本學術振興会の委員として研究に着手されたのは、あたかもこのころであります。そこで何れともあれ、観測の器械を作るべきであるということになって、当時コンプトンが世界中を測定して、さきの地図のような結果を出すのに用いたものを参考にして、コンプトンと寸法の同じ電離箱式の宇宙線計を、理化学研究所の工作係で作りました。これが第 4 図に示してあります。

これは前に申しました金箔検電器(第 1 図)の a の部分が、リンデマン式のエレクトロメーターになり、d の部分を鉄の球(直径 7 cm)で作り、付近の



第4図 コンプトン型宇宙線計

球状の電離箱を三層に遮蔽して宇宙線だけに感ずるようにしてある。中心電極の電位変化をリンデマン式エレクトロメーターで読みとる。

電離箱式の宇宙線測定器としては小さい方で、移動観測を目的として設計されたもので、コンプトンはこれを携帯用宇宙線計と名づけております。携帯用とは申しますが、これを富士山頂に持って行きますときには、有名な強力が3人がかりで分解してかつぎ上げたほどの重量のものです。

コンプトン型 宇宙線計

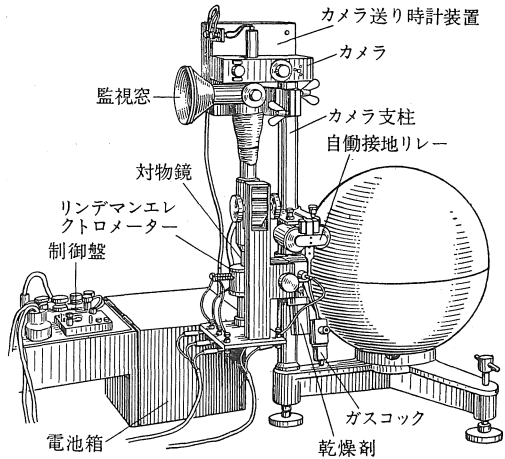
このコンプトン型を完成して、まず第一に箱根山で観測を行ないました。初めはリンデマン式エレクトロメーターの示度を付属の顕微鏡で読みとっておりましたが、箱根山の観測の経験に基づいて、写真フィルムの上に自動記録するように改造されました。富士山ではこの改造されたコンプトン型が用いられました(第5図)。

このコンプトン型を使って観測をつづけてみますと不満足な点が感ぜられてきました。それは、宇宙線の降ってくる粒子の密度があまり多くないという本質的な性質に原因があるためです。地表付近に降ってくる宇宙線の粒子数が平均1平方センチに対して1分間1個ぐらいの割合で、これを受ける面が小さければ降ってくる割合が平均的には一定でも、ある短い時間の間では

地面からくる放射線——ガンマ線——の影響を除くために、鉛のおおいをしたもので、原理的には昔の金箔検電器と同じようなものです。

鉄の球の部分には宇宙線の粒子に感ずる度合を増すために、空気の代わりにアルゴンを入れ、さらにイオンの数を増すため30気圧ぐらいに内部の気圧を高め、これを電離箱とい

受けとる粒子の数は変動します。たとえば、1平方メートルのところ、1時間10mmの雨が降っているときに、口の小さなトックリのような容器で受けたとしますと、ある瞬間にはひとつぶ雨がはいても、その次の瞬間からしばらくはトックリの中には、はいてこないでしょう。したがって、数個のトックリを置いてそ



第5図 自動式に改造されたコンプトン型宇宙線計

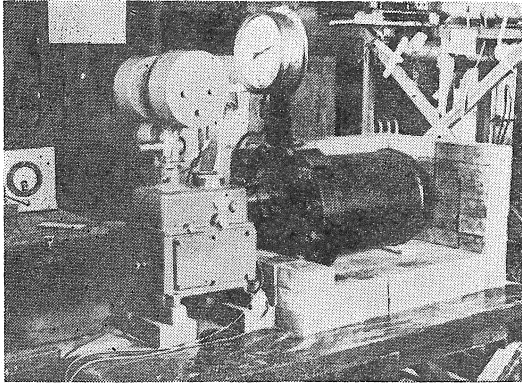
の中にとまった雨水から計算すると、あるものは8m、あるものは12mというふうないろいろな値が出ます。このような変動を統計的な変動と申します。宇宙線の場合にもこの統計的な変動が大きく影響いたします。コンプトン型は移動観測用としては便利ですが、統計的な変動が大きいため、長い時間の平均値を用いないとその地点の宇宙線の強度の精密な測定値が得られないという欠点があります。

仁科型宇宙線計

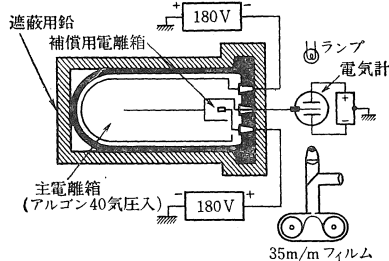
この欠点を除くためには大きな断面積を持った電離箱が必要なので、外国でも同じような考え方からいろいろな型のものが、すでに作られていましたので、その文献を集めて考えた結果うまれたのが今日、仁科型と呼ばれる宇宙線計であります。

第6図に仁科型宇宙線計の外観を、第7図にはその構造の略図を示してあります。

要するに、さきのコンプトン型の電離箱を22リットルぐらいに大きくし、



第6図 仁科型宇宙線計。遮蔽鉛を一部取り除いて内部の本体が見えている。中央の大きい圧力計のついている黒い円筒部分が電離箱で、その手前の箱に丸い頭部がついているのがリンデマン式エレクトロメーターを入れ、これをフィルムで記録させる部分。



第7図 仁科型電離箱設計図

さらに、観測精度を向上させるために、宇宙線の平均値と相殺する程度の逆向きの電気的作用をする補償用となえる小電離箱を、内部におさめてあるので、電気計はやはり、リンデマン式を用いて宇宙線の強度の平均値からの差をフィルムに記録させるものです。

地表付近の天然の放射線の影響をさけるためには鉛のれんがで全部 10 cm の厚さにおおってあります。

仁科型宇宙線計は昭和 11 年の 6 月、北海道の皆既日食の際、北見の斜里岳の観測小屋に据えつけられて最初の本格的な観測に参加して以来今日にいたるまで働いており、たくさんの成果を挙げております。現に国際地球観測年の事業のひとつとして乗鞍岳の観測所と東京板橋の理化学研究所の分室と、札幌の学芸大学とで働いております。

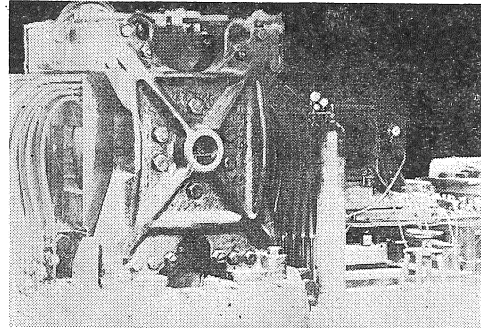
仁科博士の実験

一方このころ、同じような研究目的で、ネーチャーが非常に便利な電離箱式の宇宙線計を自作して、フィリピンから印度方面に向かう途中日本に立ちよりました。仁科研

研究室ではこれを購入して、最初に北海道の日食観測に仁科型とともに山に運んで観測し、またこれを持って仁科先生自ら清水トンネルの中で観測をされました。その結果、あの谷川岳や茂倉岳を通して、地表付近に比べると非常に少なくなっているが、なお宇宙線が来ているという事実を見つけられました（昭和11年夏）。

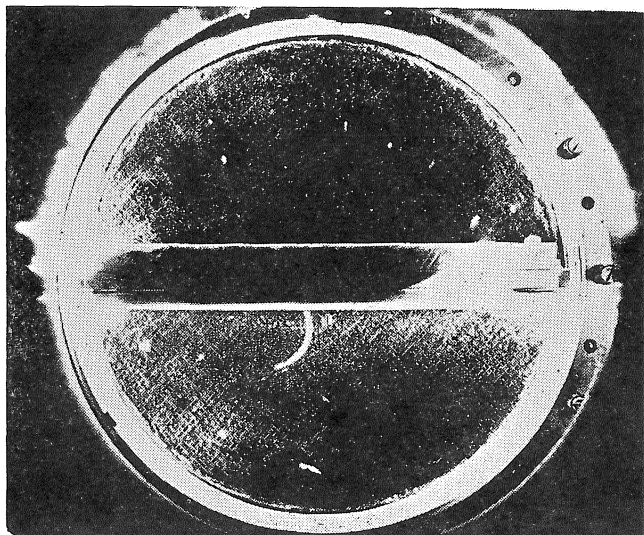
このネーヤー型は、私どもの最初に作ったコンプトン型に比べて運搬手数は同じくらいですが記録するのが便利なので、日本郵船の豪州航路の船や、パンクパー航路の船に依頼して長い間、航海観測をやり、太平洋上の緯度の異なった点でどのように異なるか(第3図の地図の各点)を、さらに精密に定めることができたほかに、気圧の変化との関係——私どもが気圧効果と呼んでいる現象を確実にする資料を得ました。

またこのころ、仁科先生のもとでは、広い面積にわたって非常に強力な磁力を作用できる大きな電磁石を作って、この磁力の作用の下で宇宙線の粒子の通路が曲るのをウィルソン霧箱で写真にとることを始めております。



第8図 宇宙線の通路を磁力で曲げてその粒子のエネルギーを計るための装置。左が大きい電磁石で中央の丸い窓から写真を撮る。大きさはその右のボンベと比較された。

第8図にその装置の全体の様子と、これによって撮られた中間子の写真(第9図)示しております。これは非常に強大な、直流電源を要するので初めは海軍の大きな充電機を借りて実験が行なわれました。



第9図 仁科先生のもとで撮られた歴史的な中間子の写真。
中央の板から下に左まがりの弧状に白く出ているのが中間子の通路。

湯川博士の中間子の存在を予想された論文が出て以来、各国ともおそらくこの粒子は宇宙線の中に発見されるだろうと考えてさがしていたもので、これはアメリカと独立に、日本で確認された歴史的な写真です。

このウィルソン霧箱と申しますのは、水蒸気とか、アルコール蒸気で気体が飽和状態あるいはちょっとそれ以上になっているとき、そこに何らかの擾乱が起ると擾乱によって霧が生まれます。

たとえば、非常な上空をジェット機が飛んでいるとき、その後方に飛行機雲ができるのをよく見かけるでしょう。あれも、空中に飽和か、あるいはそれ以上の水蒸気が存在しながら、なかなか霧ができずにいるところに、急に飛行機の通過によって擾乱され、雲が生じるのですが、あたかもそれとよく似て、霧箱の中を霧のできるちょっと手前にして置いて、宇宙線が通過した信号があったら間髪を入れずに容積を急に膨張させますと、このため温度が下がって、さらに露ができやすくなり、宇宙線粒子の通過した跡に、きれいな

な線状の露粒の列ができます。

第9図は上から宇宙線の粒子が突入して、途中にある鉛の板の中で鉛の原子核に当たり、ここから中間子が発生して飛び出したところで、宇宙線の粒子と中間子の通路に露粒が一行に線状にならんで見えているのです。

一方では、仁科型のような宇宙線強度の連続観測装置ができて、強度の時間的变化の統計的な研究が進みましたし、外国でもこれよりちょっと先に、コンプトンが、有名なCメーターと称する電離箱式宇宙線計を作って強度の時間的变化に着目しております。

宇宙線強度の 気圧気温効果

その結果、気圧の変化にしたがって強度が変化すること（私どもはこれを宇宙線強度の気圧効果といいます）のほかに、気温が上昇すると宇宙線が減少するような変化（これを気温効果と呼びます）がみつかりました。

これについては、素粒子——物質を構成する究極の粒子——の研究が進みこの解釈ができるようになりました。地球の大気の外から宇宙線として水素の原子核であるところの陽子が、非常に大きなエネルギーで 10^9 とか 10^{12} エレクトロンボルト——電子の電荷をもつ粒子が10億ないし1兆ボルトで加速されるエネルギーに等しいもの——というほどの大きさを持ったものが飛び込んできます。この飛び込んできた粒子が、空気の中で酸素や窒素の原子核に衝突していろいろの反応を起します。

このとき、中間子を発生させますが、これが非常に透過性が大きいので私どもの地表付近に設けた宇宙線計に飛び込んでくるのです(第13図参照)。

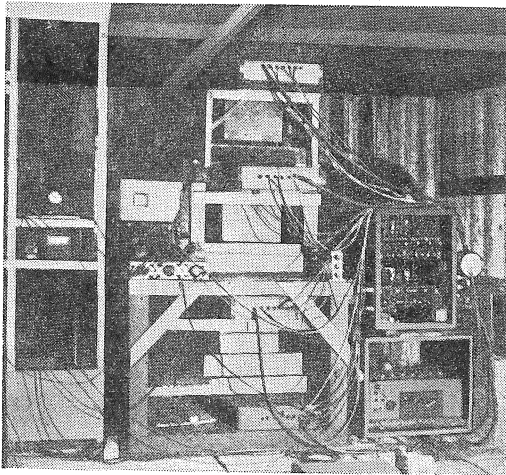
ところが、これがあがる短い寿命しかありませんので、発生点から地表まで到達するまでに寿命が尽きるものや、さらに地下まではいって行くものや、ちょうど観測器の中で寿命が終るものなどが混じっております。

したがって、大気温度が上昇しますと、空気層全体が膨張して、中間子の

発生点から観測点までの距離が延びて、いままで寿命すれすれで観測器にはいったものが、われわれの観測器の上の方で寿命がつきて観測にかからなくなります。これで気温によって宇宙線の強さが変化するいわゆる気温効果が現われることがわかりました。

ガイガー計数管

宇宙線をつかまえるのに電離箱やウィルソン霧箱を用いることは前に申しましたが、このほかに、ガイガー計数管が用いられます。これは皆さんが、放射能雨の話などでおなじみの測定器ですが、これも2つ以上組み合わせると宇宙線粒子だけをつかまえるようにすることができます。普通の放射線はガイガー計数管を2つ以上同時に貫通して同時に作用させるだけの能力を持っておりませんが、宇宙線はエネルギーが大きいので同一の弾丸で2つ以上のガイガー管を貫通して作用しますので、同時に貫いたかどうかを精密に測定すれば宇宙線と他の放射線とを区別できるとともに、その飛び込んできた方向まで決めることができます。なおその上に通過した粒子の数をひとつひとつ数えることができる利点があります。



第10図 清水トンネルでの観測装置

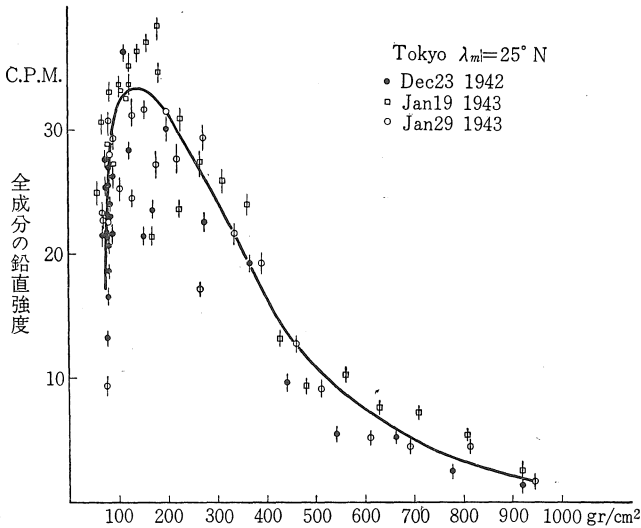
大阪大学では、菊池先生のもとで計数管を用いて、宇宙線粒子が物質を通過する際に起す現象を研究され、この流れは今日、大阪市大の宇宙線研究グループにつながっております。

理研では仁科研究室で、この計数管を用いた方式の測定器を昭和15年以来、清水トンネルの中に据えつけ

て、世界最深の地点での宇宙線観測をつづけました (第10図)。

宇宙線の陽子が大気圏外から飛び込んできて大気の上層で中間子を発生させることを研究しておりますと、ある高度で強度の最高になるところが存在すると結論されます。

これを実験的に確かめるためにやはり計数管が用いられました。昭和17年ごろ、仁科研究室は陸軍の協力のもとで、観測用気球を5個ぐらい縦につないで、これに計数管装置や発信器を吊して飛ばせ、これを受信記録しました。第11図はその時の宇宙線の強度と高度との関係を示したものです。



第11図 日本で最初にゾンデ方式で測定した宇宙線強度の大気の深さによる変化の図。

このように、宇宙線の研究は、素粒子の研究という理論の最先端を行く研究と、測定器械の進歩によって非常に発展し、いろいろの現象がわかってきました。その結果のひとつとして宇宙線の地上観測から上空の大気の変化、とくに気温の変化をいながらにして知ることができるだろうと予想されます。

仁科先生はこの点に注目され、これが完成すれば、毎日気象ゾンデを飛ばさないでも、すぐに大気温度が知れるのではないかというので気象用宇宙線計の考案を指示されました。そのためには仁科型より1桁上の精度で測定できる宇宙線計が必要であるので、私どもはその設計をいたしました。

この設計を戦後引きついだのが、後にでてくる国際地球観測年用の大型電離箱式宇宙線計です。

以上が戦争末期までの日本の宇宙線の研究の概要でありまして、宇宙線研究年表にとりまとめてみましたものを参照していただきます。(末尾の年表参照)

戦後の研究 (気球による観測)

戦後日本で原子核の実験研究、とくに大型の加速器を用いたり、原子炉を利用する研究を禁止されましたのと、研究機関や大学の予算が原子核の実験をするためには非常に苦しかったことによって、期せずして上空における宇宙線現象の研究が盛んになったとみられます。

上空には、非常に大きなエネルギーを持った粒子(一次宇宙線と呼ばれます)が飛び込んできて、さきにも申しましたように空気の原子核との間で核同志の反応を起しております。これを利用すれば、サイクロトロンなど及びもつかぬような大きなエネルギーの現象を捉える可能性があります。

たまたま、写真乳剤で粒子研究に非常に便利なものが作られるようになってきましたのでこれを利用して、地上20 km ないし30 km のところまで、気球で写真乾板を運んで行って、これを回収すれば、乳剤の中で起ったいろいろの原子核相互の現象の研究ができます。

日本ばかりでなく、イギリスやイタリアあたりもこれに相当力を入れてきました。第12図aにこのような実験のため気球を揚げるところ、第12図bにそれによって乳剤の中に得られた粒子の衝突現象の一例を示します。素粒子論の発展と、この種の実験や、高い山の上の霧箱の実験などからいろいろ

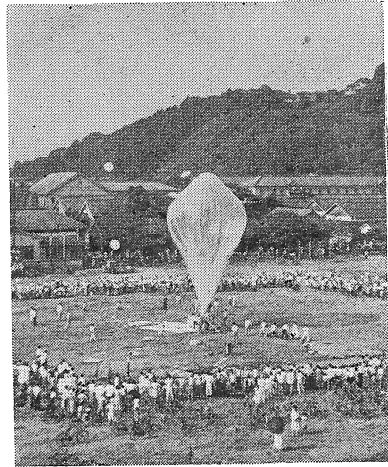
中間子にも種類があることや、大気中での宇宙線（二次宇宙線）の様子も非常に明らかになってきました。

その様子を第13図にモデル的に示しております。

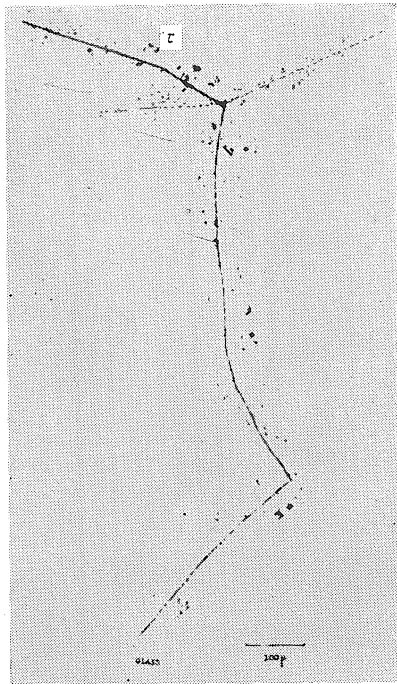
なお、戦後の特徴のひとつともみられますのは共同の研究が盛んになったことでもあります。これもあるいは予算が窮屈になったことにもよりましようが、それにもまして研究がこまかく専門に分れるとともに、各専門のあいだの広い協力を要するようになったことも大きな原因と思われます。

研究組織の拡充

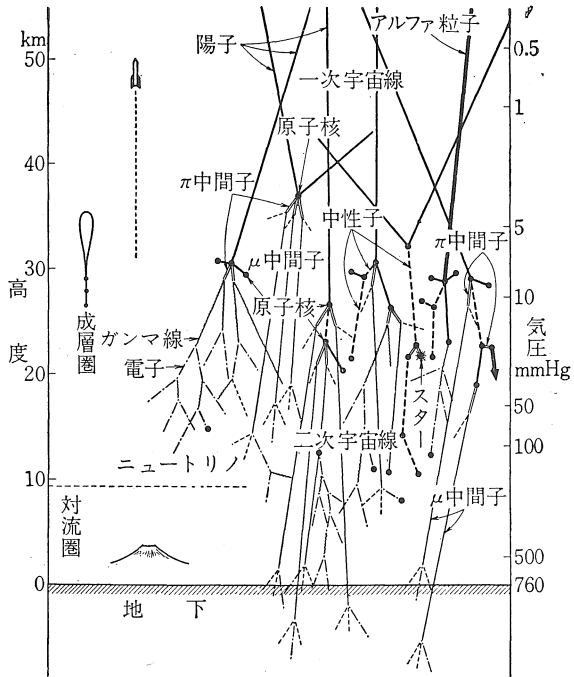
23年前、宇宙線の研究の始まったころ、仁科先生のもとに数名いたにすぎなかった日本の宇宙線の研究者が、今日ではすでに100名以上に及んでおり、全国の大学研究機関に分布しております。第14図にその分布の様子を地図で示します。このように研究者が分布すると同時にその協力共同の研究態勢がおのずから要望されてきて、一方には、宇宙線研究者の全国的な組織があり、また、上空の宇宙線現象をとらえるため気球を飛ばせて



第 12 図 a



第 12 図 b



第13図 上空から地上まで宇宙線粒子が変化しながらはってくるモデル図

研究グループ P IGY 観測

- 1~3名 △ 乗鞍岳宇宙線観測所
- 3~5名 ◊ ロックーン観測
- 5~10名 ◑ ロケット観測
- 10~20名 ◒ 気球観測
- ◓ 宇宙線望遠
- ◓ 地下観測



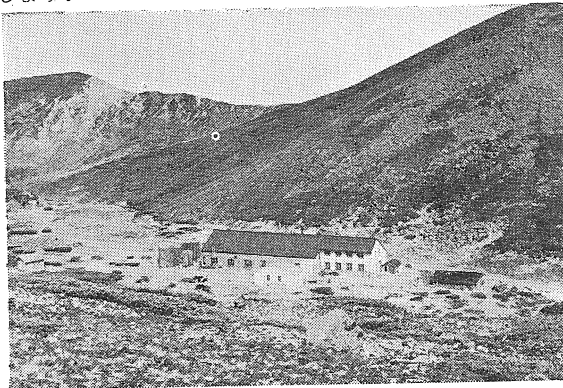
第14図 日本における宇宙線研究者および設備分布図

実験するグループ組織がありますし、高山での観測を行うための共同利用の観測所として、後に申しのべますところの乗鞍岳の宇宙線観測所があります。

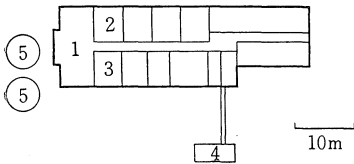
乗鞍岳の宇宙線観測所

乗鞍岳の宇宙線観測所と申しますのは、このような協力によって生まれた特殊の研究施設であります。

ここは乗鞍岳の頂上からちょっと下ったところにありまして（高度2840m）、形式上は東京大学の付置となっておりますが、実質は全国の宇宙線研究者の共同利用の研究機関でありまして、ここには所長と設備および庶務の管理をする数名の職員があるほかには、研究員も助手もおりません。全国の研究者の中から、高い山で実験する必要のあるテーマを持った者が施設の利用を申し込んで、この申込を運営委員会が判断してその年の利用企画をいたします。



第15図 乗鞍岳の東京大学宇宙線観測所
手前のカマボコ型の小屋に、仁科型と宇宙線中性子モニターがある。右に離れて見える小屋はこの観測所の母体になった朝日奨励金で作られた観測小屋。

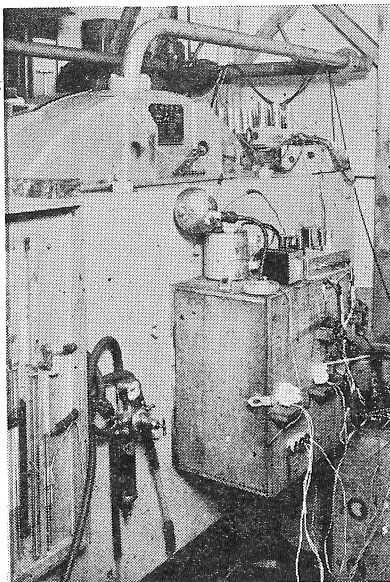


第16図 東京大学宇宙線観測所平面図
1. エンジン室 2. 大マグネット室
3. 小マグネット室 4. 中性子観測室 5. 燃料タンク
6. 朝日新聞奨励金でできた小屋

第15図に観測所の全景がだしてあり、第16図はその平面図であります。夏期は岐阜県高山から観測所の近くまでバスが運行されており、また、観測所にジープが用意されておりますので交通はきわめて便利ですが、冬になると、松本から島々にはいり、これからバスで山麓の鈴蘭小屋というところまではいり、そこからスキーで登ることになります。

観測所にはジーゼル直結の60kVA 2台の直流発電機と、50kVA と 25kVA の交流発電機が据えられて、いつでもじゅうぶんな電力を供給できるようになっており、これに冬の間中、じゅうぶんな燃料を供給できるように2基の100トンの重油タンクが準備されています。

要するに、この観測所は宇宙線の研究者が、各自がそれぞれの研究課題を持って、この観測所にある研究施設を利用して仕事をするようになってお



第17図 乗鞍の大マグネット

大きい円形部分は、油冷されたコイル部分。四角いのはマグネットのヨークの一部、手前の箱の中に記録装置。

のでありまして、設備の点から申しますと、諸外国の高山にある宇宙線観測所に比較してもひけをとるようなものではありません。

施設

主要な施設を挙げてみますと、

a) 大マグネット (第17図)、小マグネット

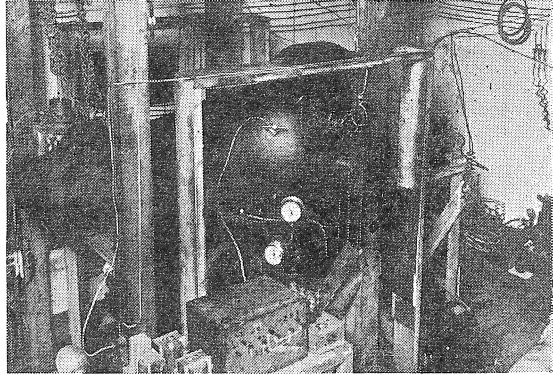
いずれも強大な電磁石の極の間にウィルソン霧箱を挿入して、この中を通過する宇宙線粒子の通路を電磁石の力で曲げて、そのエネルギーを測るのに利用されます。霧箱ではただエネルギーを測るだけでなく、途中にいろいろな物質を置いて、その前後の粒子の

行動と性質から、宇宙線粒子の物質との相互作用を研究したり、いろいろに利用されます。

大マグネットは、極の直径 60cm、両極の間隔 45cm で、小マグネットの方は、極の直径 50cm、両極の間隔 35cm でいずれも極の間で最高 8000 エルステッドの磁場を作ることができます。

b) 高圧霧箱

これは水素原子と宇宙線粒子の間の作用を調べるために用意されたもので、大きな鉄の容器に 100 気圧の水素がつまっており、一方に耐圧ガラスの窓があってこの窓から現象を観測するようになっています(第18図の写真)。



第 18 図 乗鞍の高圧霧箱

水素ガス約 100 気圧をみだして、陽子-陽子の衝突によって発生する透過性シャワーの研究を行なう。中央に見えるのが霧箱。

c) 宇宙線空気シャワー研究の設備

大気中の宇宙線現象の中で、とくに最近注目されてきているのは空気シャワーの現象であります。空気シャワーと申しますのは、地球の外から飛び込んでくる、とくにエネルギーの高い粒子が地球の大気中で非常に数多くの二次粒子を作って地上にシャワーのように降りそそぐ現象であります。もちろんこれは地上でも観測されますので東大の原子核研究所では、とくに非常に広い受感部を持った新しい装置を準備しておられます。しかし、山の上ではこの現象の発展途中のまた異なった断面を捉えることができるので、現在ガイガー計数管の群やウィルソン霧箱、ネオンホドスコープなど各種の測定装置を設けており、さらに来年ごろは(昭和 33 年)観測所の周囲百数十メートル

ルに及ぶ範囲に装置を配置しての研究が展開される予定であります。

d) 中性子の強度の連続観測

これは国際地球観測年の事業のひとつで、協定された型式の中性子標準計というものをを用いて観測されています。この記録装置は日本独自の考案で、電信用のテープ穿孔方式を利用して自動記録しております。

中性子は屋根に雪が積ったり霧氷が厚く付着したりすると強度測定に影響するので、特別設計の観測室を設けてありまして、屋根の雪は風力と屋根裏の温度の作用でいつも雪が積らないというようになっております(第15図の写真の手前の方に突き出ている小屋)。

これらのほか、現在いろいろの宇宙線の観測に、各大学および大学以外の諸研究所によって利用されており、居住設備に関しても相当努力が続けられ



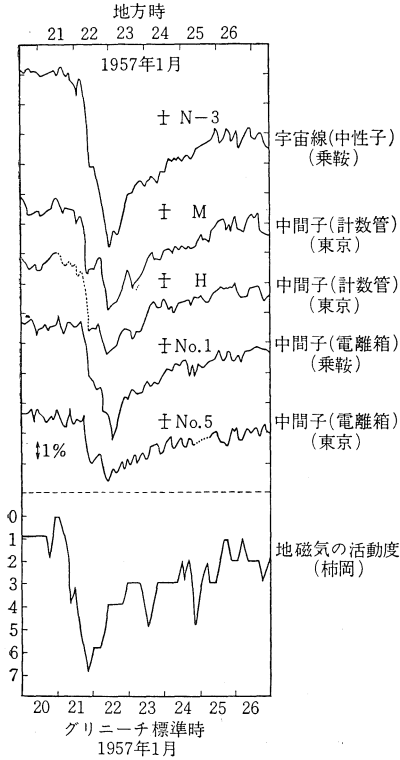
第19図 東大宇宙線観測所鈴蘭小屋

ております。とくに冬期研究者の交代などについては、長野県側山麓の鈴蘭小屋の付近に連絡所を設けて無線連絡をとりながら交代者の安全を計るなどの努力がなされております。

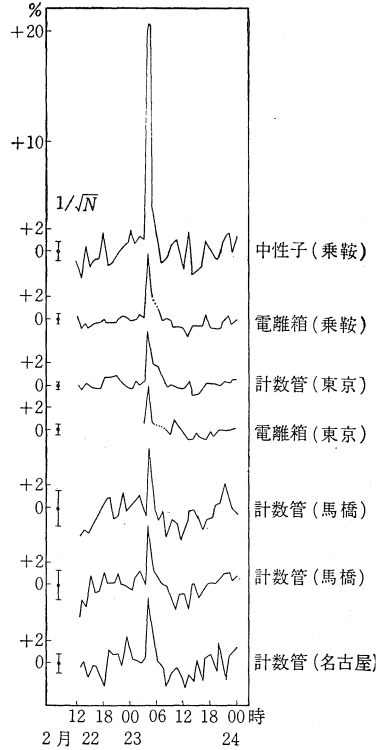
その他の研究施設

宇宙線研究者の国内協力共同の態勢は、このような乗鞍の観測所において非常によく發揮されていますが、そればかりでなく、さきに申しました気球観測をはじめとして、東大の原子核研究所には共同利用のための施設ができており、世界一流の設備を着々と準備しております。

第13図の模型図にあるように、大気中で起ってるシャワーでできた高エ



第 20 図



第 21 図

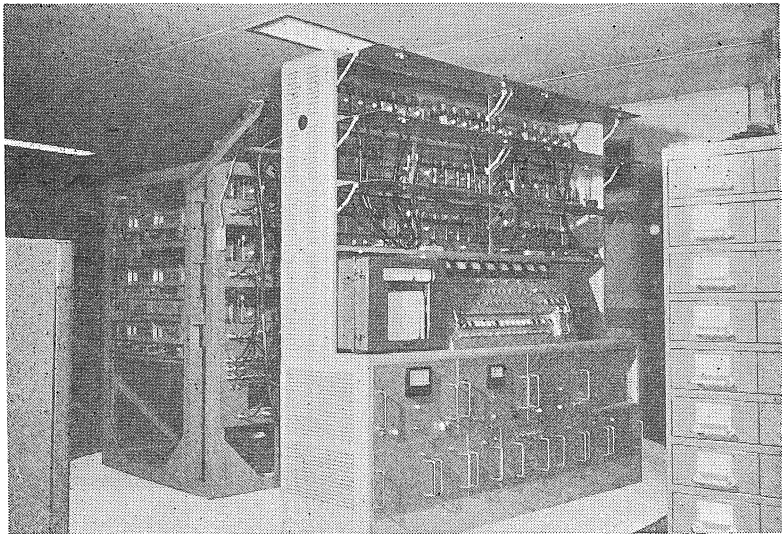
エネルギー粒子群の作用を調べるための設備として、チェレンコフ・カウンタ
ー、シンチレーション・カウンターなどの組合せによるシャワーの中心部(コ
ア)を調べるもの、それぞれの二次粒子のエネルギーを調べるもの、粒子の
入射する方向と、地表付近の分布を調べる装置を設けつつあります。

また一方においては、宇宙線の時間とともに変る様子(実際の変化は数%
程度ですが)を、仁科型をはじめとして、戦争前から長期にわたる記録が集
まってきましたので、これを統計的に取り扱って、太陽活動周期にもなっ
た長周期変動や、地磁気や電離層の変動や異状とともに変動する現象につい

での解析が進んできました。

たとえば、太陽黒点の活動が盛んになって、磁気嵐が起り、電離層にデリ
ンジャー現象が起るような際には、これと同時に宇宙線強度が減少する宇宙
線嵐をとまなうことがしばしばあり、また、太陽面に重要度Ⅲぐらいの爆発
現象があると、宇宙線に異常増加が現われることがあります。第20図には
宇宙線嵐と、磁気嵐の対応している有様を、第21図には1953年2月23日
に起った異常増加の様子を示しておきます。

このような現象の研究に関しましては、宇宙線研究者の中に一次宇宙線研
究班が組織され、また、他の宇宙、地球物理学的現象（宇宙線も含めて）の
関連研究のために、電離層研究連絡委員会と、電離層総合研究委員会とが設
けられ、天文、地磁気、電離層、電波関係から、宇宙線など広い範囲の専門



第22図 中間子標準計

後方の鉄枠に計数管（各段35本）を3段におき、第二、第三の計数管群の間に鉛10
cm を挿入してある。前方の装置は上から同時放電選択回路、減数回路（2段目およ
び3段目）記録器、下方は電源部分である。この装置全体回転架台の上のせてある
ので、自由に回転することができる。

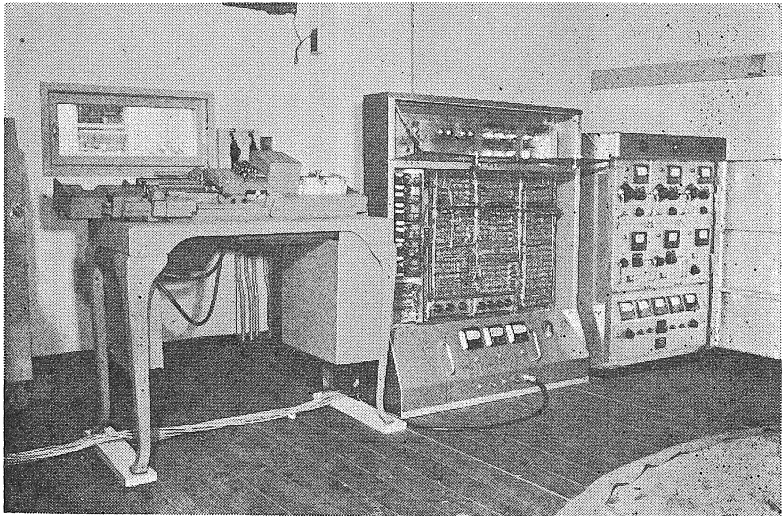
家の共同の研究が、すでに戦後 11 年近く進められており、また世界的にも高く評価されております。

このような現象を確かめるためには宇宙線に関してだけでも地球全体に分布する観測所の資料を比較研究する必要があるので、各国の宇宙線研究者の提携がぜひ必要になってまいります。

国際地球観 測年へ参加

このような要望があるところに、たまたま国際地球観測年の話が始まりましたので、世界の宇宙線の時間的変化を研究するものは、こぞってこれに参加するにいたりました。

日本では、東京で 2 カ所、乗鞍山の観測所、北海道 1 カ所で、ひとつは中間子標準計（これは東京板橋の理研分室に）、ひとつは中性子標準計（これは乗鞍に）、大型電離箱式宇宙線計（東京馬橋の気象研に）、仁科型宇宙線計



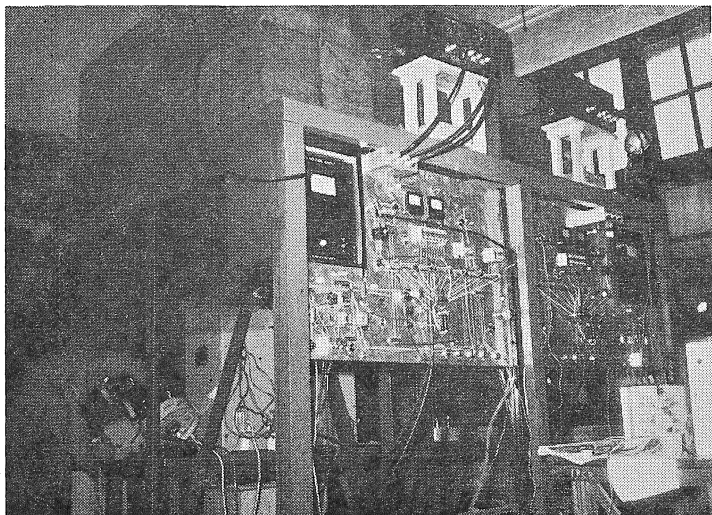
第 23 図 ガイガー計数管からのパルスを適当に減数したのち、パラメトロンを用いた計数記憶装置で、15分間のパルスを記憶させ、これを IBM パンチャーによってカードにパンチさせる。左側から IBM カード穿孔器、パラメトロン記憶装置、パラメトロン用高周波電源。

(東京板橋, 乗鞍, 北海道学芸大), 狭角垂直成分宇宙線計 (東京馬橋, 北海道学芸大) を用いて時間的变化の観測をしております。

中間子標準計

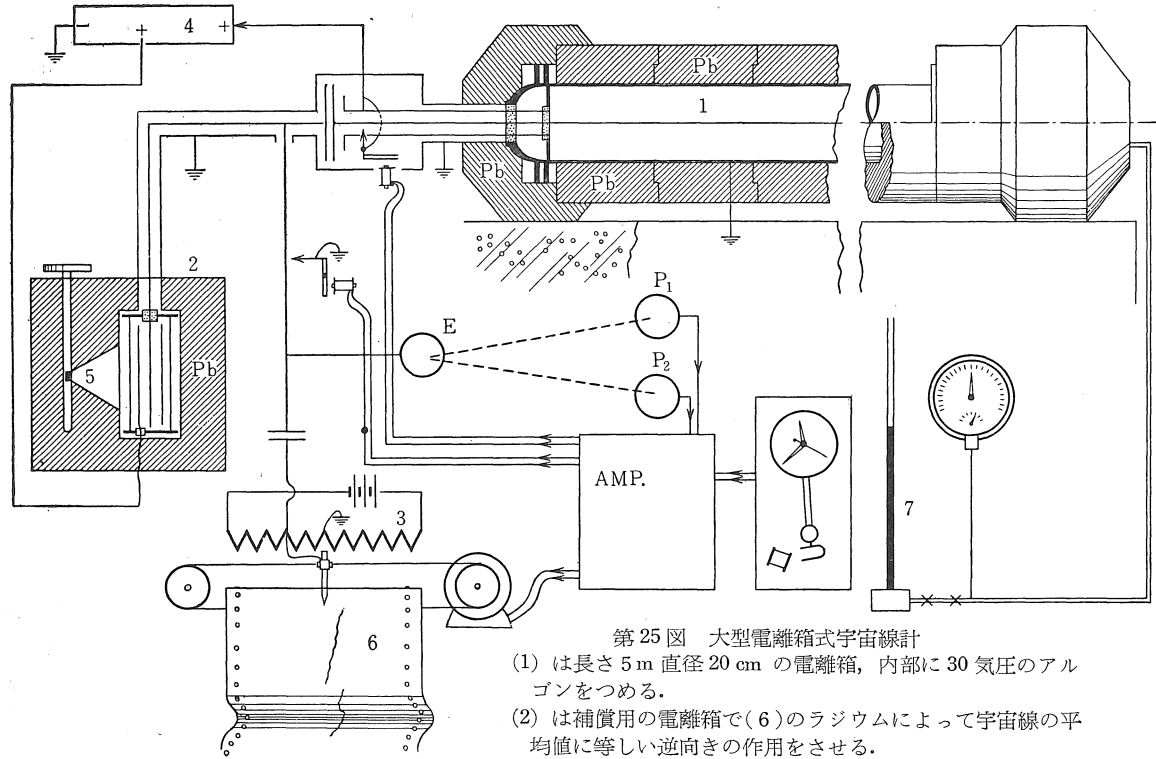
中間子標準計は, 国際地球観測年に際して全世界の宇宙線の強度観測の標準にするために定めた方式による測定器であり, ガイガー計数管の配列を三段に重ねてありまして, これが立方体になるような配置にすることになっております。そして1時間に50 000個以上の中間子を数えるような面積を持つことが要求されております。第22図の写真は, 東京板橋の理研分室に据えつけた中間子標準計の主要部分を示したものであり, 第23図の写真は, この半自動化された記録装置を示しております。

これは国際的な約束によって2台同じものを据えつけて, これの測定数値が等しくなることで機械の検査をすることになっております。



第24図 乗鞍の中性子標準計

鉄枠の上に四角に見えるのがパラフィンで, この中に $B^{10}F_3$ ガスをつめた中性子計数管が, さらに鉛5 cm とパラフィンとでかこまれて12本入れてある。6本ずつの2組に分け, それぞれ増幅器, 記録器を独立につけて中性子強度を測定する。記録はリレー計算器を通して, 15分間のパルス数を記憶させ, 電信テープにパンチさせた。



第 25 図 大型電離箱式宇宙線計

- (1) は長さ 5 m 直径 20 cm の電離箱，内部に 30 気圧のアルゴンをつめる。
- (2) は補償用の電離箱で(6)のラジウムによって宇宙線の平均値に等しい逆向きの作用をさせる。
- (E) はエレクトロメーターで，その光を光電管(P₁)(P₂)に受けサーボシステムを利用して(6)に記録をペン書きする。

中性子標準計

中性子標準計も、中間子標準計と同時に国際的な申告せによって作られたものです。これは、一次宇宙線の変動を割合に忠実に反映する特徴をもっているのですが、地表付近では強度が弱いので乗鞍岳の観測所に置かれております。中性子強度は屋根の雪などによって大きく変化するため、雪が降って屋根に付着しないようにすることは前に申したとおりであります。第24図にこの室内の装置の全般を示しております。

大型電離箱式宇宙線計

大型電離箱式宇宙線計は、仁科型の受感部をもっと大きくしたようなもので、これは戦前、仁科先生が気象学的な応用に役立てることを考えられたときに試作されながら、ついに完成しなかったものとはほぼ同様に、第25図にその構造を、第26図の写真には外側の小屋を示しております。小屋と申しますがこれは宇宙線計の一部とも申すべきもので第1図の(d)の部分



第26図 大型電離箱式宇宙線計の小屋。右の方の部分は、第1図(d)に相当し、左の方が(a)(b)に相当する。

がこのくらいに大きくなり(a)(b)部分が第26図左の部分くらいまで成長したと考えていただけばよいと思います。すなわち約20年の間に強力3名で富士山に運んだようなものがこの写真の小屋ぐらいいま

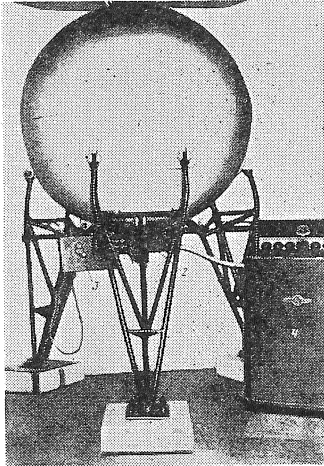
で大きくなった次第です。

これに匹敵するものはソ連で用いているASK-1型という950リットルの球形電離箱です(第27図)。

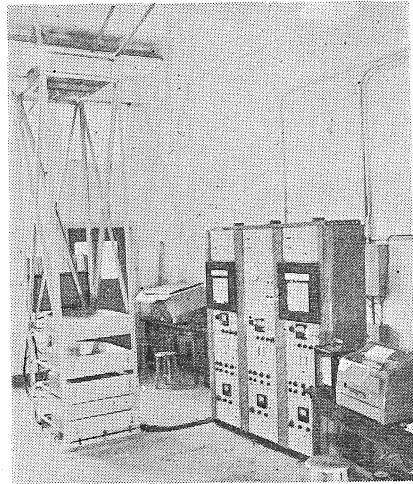
狭角垂直成分宇宙線計

狭角垂直成分宇宙線計は北海道学芸大学のものは計数管の組合せで、東京気象研究所の分はシンチレーション・カウンターの組合せで作ら

れています。第 28 図には後者を示しておりますが、これも記録は半自動的



第 27 図 ソ連の大型電離箱式宇宙線計。
1) が鉛をかぶった球型電離箱
2) がエレクトロメーター部分



第 28 図 狭角垂直成分宇宙線計 (気象
研究所)。左の鉄枠がシンチレーション・
カウンターの支え、右端が自動印刷装置

でタイプ印刷されててできます。

日本ではこれらと、さきに述べた仁科型の資料とを、2時間ごとの値を記録して国際地球観測年の参加各国と交換しております。

これらの外に国際地球観測年の事業のひとつとしてロケットおよびロケット (気球発射ロケット) による観測があり、これにも宇宙線観測が含まれております。さらにもひとつ、南極の観測にも宇宙線は重要な項目のひとつになっておりまして、現在昭和基地には、かつて北海道の日食の際に一役買ったネーヤー型宇宙線計が動いており、また、「宗谷」の上には宇宙線中性子観測用の測定器が乗せられて連続の記録をとっております。

その他の設備

なおこのほかに名古屋大学には宇宙線望遠鏡と名づける大きな設備で、宇宙線の源をみつめようとする機械があり、大阪市立大学では、静岡県焼津の東海道線の廃トン

ネルを利用して、地下まではいってきた宇宙線現象について注目すべき研究が進められていることを申し添えておきます。

む す び

以上申しましたのが、大体測定設備を中心にみた戦後から今日にいたるまでの研究のあらましであります。ところで、上空はロケットから気球、山頂にいたるまで観測をひろげ、地表付近は全世界に網を張り、その上地下までもぐって、ある者は、できないスキーを練習して冬乗鞍の山に登り、あるものは南極で冬越しをして、一体何を考えているのかという点に疑問をおもちの方々も少なくないことと思います。これについて私ども宇宙線の研究をする者には、それぞれいろいろの夢を持っております。ある者は、宇宙線の粒子の持つ、非常に大きなエネルギーを利用して、原子核との相互作用から物質の基礎をなす粒子、素粒子の研究資料をつかまえ、それによって、湯川先生をはじめ多くの日本の秀でた物理学者の組み立てた理論を、さらに前進させようと考えておるでしょう。また別の人々は、宇宙線が大気の中を通過するときに受ける変化の総合されたものを地上で観測することによって、これら変化を起させた上空の大気の状態を、あたかもX線で透視診断をすると同じように利用して、ひいては日々の天気予報にまで応用しようと夢みているかも知れませんし、また別の研究者たちは、宇宙線を通じて星の中の物質の生成から、ひいては新しい原子力、核融合反応の手がかりを得ようと考えているでしょう。また、ある者は宇宙旅行をするときの基礎資料に考えてもおるでしょう。

いずれにしても、自然科学の総合された力となるためのひとつの歯車であり、ひいては私どもの生活に、どんな形でかは今日不明ですが何かの形で反映してくるであろうと思われるものを得るための一齣であるはずであります。

理由や原因、あるいは環境といろいろの条件はありますが、いずれにしても戦後他の分野、とくに素粒子論の進歩と原子核物理の進歩の上に立

ち、あるいはまた、その基底となってもどもに大変進歩いたしました。

事実、片手に持つほどの電離箱に鉛をかぶせた国産一号のコンプトン型から写真(第26図)にお目にかけてような総重量15トンほどのひとつの小屋を単位にするような電離箱を作るまでになったわけです。しかしこれらのもの、ロケットと南極を除けば、いずれも、仁科先生が手をつけられたことは、いまさらおどろくべき慧眼であると申すよりほかありません。

今日、仁科先生の誕生日に当たるこの記念講演に際して過去の先生の業績をふりかえって、私どもの微力に自ら鞭撻を加える次第であります。

宇宙線研究年表 (観測を主とした)

昭 6	1931	理化学研究所に仁科研究室発足
昭 9	1934	日本学術振興会第 10 小委員会(宇宙線研究)発足
昭 10	1935	富士山頂で宇宙線観測
昭 11	1936	斜里岳で日食時の宇宙線観測 清水トンネル内でバーストを見つける
昭 12	1937	船上観測開始
昭 12	1937	μ 中間子の写真による確認
昭 14	1939	清水トンネル内の連続観測開始
昭 16	1941	仁科型宇宙線計 5 台並列観測開始
昭 17	1942	気球による宇宙線観測
昭 19	1944	中央气象台に宇宙線研究室誕生
昭 20	1945	仁科先生宇宙線研究により, 朝日文化賞を受ける
昭 22	1947	名古屋大学で宇宙線研究開始
昭 24	1949	朝日科学奨励金で乗鞍岳に観測小屋を作る
昭 27	1952	気球に写真乾板をつけた観測開始
昭 28	1953	全日本の宇宙線研究者の組織(C. R. C)結成
昭 29	1954	東京大学宇宙線観測所活動開始
昭 32	1957	国際地球観測年の観測開始