

『現代』第十七卷第十一號所載

宇宙線の研究

理學博士
仁科芳雄

世界學界の謎

宇宙線の研究

理學博士

仁科芳雄

一、宇宙線の發見

最近注目されてゐる宇宙線は今から二四五年前、即ち歐洲大戰前九百十年から十二年頃に、瑞西のゴツケルと、オーストリアのヘスとの實驗によつて發見せられた。その端緒は次のような話である。この地上の空氣の僅かな部分は電離されてゐる。といふのは普通の中性状態にある空氣分子が陽電氣を持った分子と陰電氣を持つたものとになつて居る事である。これは地殻の表面にある土壠や岩石が、微量乍らラヂウム其他の放射性物質を含んで居つて、それからいろいろな放射線、例へばガンマ線やビータ線アルファ線などを

出してゐる。その放射線が空氣の分子を中性のものから、陽電氣や陰電氣を帶びたもの即ちイオンにするためなのである。そのことを我々の方では、電離作用といつてゐる。

地球大氣の重さはどの位あるかと云ふと、

水の約十メートルの厚さに相當する。いひ換へれば地表の各點に於て水を十メートル積上

げたと同じ重さだけある。前記のやうに高さ四糸五糸迄上つた時、其上にどの位の空氣があるかといふと、水にして五メートル乃至六メートルに相當するだけのものがあることに間にある空氣に、其のエネルギーの全部を吸収されてしまつて、上に届かないだらうといふ豫想が付く。

これを實際に試験したのが前記の二人であつて、それが宇宙線の發見に導いた。つまり

ところでこれ等の放射線は、空氣を電離することに依つて、其のエネルギーを失ふから大氣の上層には到達し得ない。其達し得る高さは放射線の實驗的事實に基いて計算して求めることができるものである。最も透過力の強いガンマ

線でも地上から一糸くらゐ上ると、地面との間にある空氣に、其のエネルギーの全部を吸収されてしまつて、上に届かないだらうといふと、水にして五メートル乃至六メートルに相當するだけのものがあることに間違はない。従つて地球の外から放射線が來て、四糸五糸の高さの處に到達するには、水五乃至六

一糸くらいの高さでガノマ線が來るか來ないかといふので、氣球に電離を計る器械を乗せて飛揚して見た。なるほど始めは電離度が減少したが然しそうして見えた程ではない。のみならず四糸五糸と上ると却つて電離の増すことが解つて來た。これは意外であつた。何故であらう。それにはどうしても地球の外から一種の放射線がやつて來て居るのでなくしてはならぬ。處が外から來たとするとその放射線の透過力は驚くべきものであることが次の一圖に結論される。

やガノマ線などは、一メートル以下で吸収されてしまふ。處が上述の放射線は五乃至六メートルも通つて來るのであるから、其透過力は異常に大きなものに相違ないといふ事になる。これで始めて何だか正體は解らないが、ラヂウムのガンマ線などよりもずっと透過力の強いものが、地球の外からやつて來てゐるといふことが知れた。それが宇宙線の發見であつた。

二、其後の研究

それから歐洲でこれに關する研究が始まられた。例へば山の高い所へ上つて、宇宙線がどのくらい強くなるかを調べた。すると頭上にある空氣が減り從つて其吸收が少くなるから、宇宙線は次第に強くなるといふ事が明かとなつた。又氣球に乗つて地上九糠も昇り宇宙線強度が七倍にもなるといふ事を確かめたりなどした。

それから歐洲大戰が來て研究は中止されたが、戰爭が済むと歐洲でも依然研究が開始せられた。例へば歐洲ではエングフラ

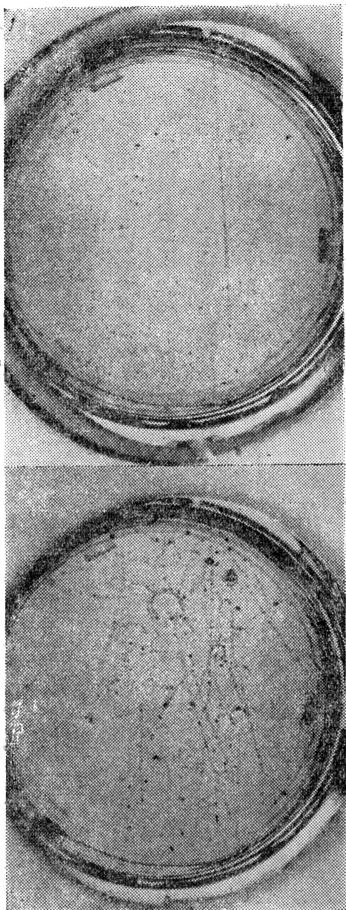
米國ではミリカンが率先して其研究を始めた。ロツキーやアンデスの高い山に登り、其處にある湖水に測定器械を沈めて湖水の水がどの位宇宙線を吸収するかを調べたり、自動測定器だけを風船に乗せて高く飛ばせて高い所の宇宙線の強度を求めたりなどした。

惹くやうになつた。

其邊に来る宇宙線を捕へたり、研究は益々盛んになるばかりである。そして其結果も應接に暇なしといふ程發表せられて居る。

三、理研に於ける研究

日本では自分が外國から歸つて、昭和七年頃始めたのであるが、吾々の研究は未だ緒に就いたばかりである。吾々の先づ着手したのは、宇宙線の通つた足跡を見ようといふことであつた。これは歐米に於ても現在盛んに行つて居る研究である。その方法は、ウイルソン霧函といつて、直徑約十五センチメートル、深さ二乃至三センチメートルの圓筒形の器の前面にガラス板を張り、底がピストンになつて居つて前後に運動する。そして中には水又はアルコール蒸氣を以て飽和した空氣を入れて置く。そこでピストンを急に引いて霧函内の空氣を膨脹させると其溫度が下り、空氣は水又はアルコール蒸氣の過飽和状態となる。此時恰度宇宙線が霧函内を通過すると、其通路にある空氣を電離してイオンを作る。處か蒸氣はイオンを中心としてこれに凝結する性質があ



(第一圖)

るので、宇宙線の通路に出来たイオンには水又はアルコールが凝結して霧を形成する事になる。依つてこれに横から光を當て、前面のガラスを通して見れば、宇宙線の通つた跡が霧の線となつて見える。これを寫真に撮れば第一圖の様なものが得られる。尙霧函の軸の方に向に磁場をかけて置くと、宇宙線の有つ電氣に作用して、宇宙線の通路は彎曲させられる。第二圖も僅か乍ら斯様にして曲げられたものである。此彎曲度を測定すると其エネルギーがわかる。それは驚くべき大きなものであつて、宇宙線の透過力の異常に大きいのはそれによるのである。

(第二圖)

斯様にして宇宙線の足跡を撮つて居ると第二圖の様なものが得られる事がある。これは霧函の上の方に置いてあつた厚さ二センチメートル位の鉛に宇宙線が衝突して、これから澤山の陰陽の電子飛び出させる現象で、場合によつては數百個の電子が一時に飛び出したのが見られることがある。こんな事が到る所で行はれるから、人の體内や頭の中でも起つてゐる譯である。

上述の通り宇宙線のエネルギーは絶大なもので、従つて普通の強さの磁場では十五セシメートル位の長さの間には中々曲げられない。そこで霧函の直徑をなるべく大きくし

四、日本學術振興會の研究

吾々がウイルソン霧函の實驗を進めて居る中に、日本學術振興會の方で、第十九小委員會といふ宇宙線研究の委員會を作つて研究を開始することとなつた。

此方の最初の仕事として、箱根並に富士山に於ける宇宙線を研究することとなつた。前にも述べた通り高い處に登れば、宇宙線の強度は増すものである。日本に於ける其增加の率を調べたのが此研究の一つの目的であつた。其結果によると富士山頂に於ける宇宙線強度は、平地に於けるものの約二・七倍であるといふ事が知れた。但しこれは鉛の厚さ約五センチメートルを通過した來る様な宇宙線に就ての事である。既述の通り地殻からはガンマ線を出して居るので、これを防ぐ爲め測定器

を作つて、目下竹内、一宮兩氏が專心其研究に從事して居る。

を厚さ五センチメートルの鉛で被つて實驗を行つた。此處に觀測小屋を建設して石井、關戸兩氏は一ヶ月餘に亘り、センチメートルの鉛を透過し得ない宇宙線も吸収せられる。測定器に入つて来るのは五センチメートルを透過し得る宇宙線である。そんなものについては富士山頂では東京の約二・七倍となつて居るといふのである。此結果は大體歐米での價と一致して居る。

その次に吾々がやつたのは、去る六月の北海道に於ける日食で、宇宙線が日食の影響を受けるや否やを調べた事である。

元來太陽は宇宙線を殆ど出して居ないだらうといふ事になつて居る。といふのは宇宙線の強度が晝も夜も別段變化ないといふ事實からも推理せられる。宇宙線が太陽から来て居ないとすれば恐らく日食の影響はないであらうと考へられる。處が米國のある學者は、先年實驗して見た處が、日食中には宇宙線の不規則な變動が顯著に現はれたと報告して居る。そこで吾々はこれを確める爲に今回の觀測を行つた。

觀測の場所は北見、根室の國境にある斜里岳であつて、頂上より少し下つた海拔三千メートルを建設して居る。

百メートル近くの所であつた。此處に觀測小屋を建設して石井、關戸兩氏は一ヶ月餘に亘り、観測を行つた。これは中々困難な仕事であつて、雪で覆はれた山の上に建築材料を運んで小屋を建て、重い器械を上げ下しなどすることは、北海道當局と現地の公共團體の援助あつて始めて出来たことであつた。尙東京(理研)に於ても淺野氏が日食中同様の觀測を行つた。

觀測結果は精細な檢討の末、日食は宇宙線に何の影響も與へないものであるといふ事が最近に至つて確定した。尤もこれは海拔三千百メートル以下に來て居る宇宙線は、ついで、もつと上方で止められて丁度宇宙線百メートル以下に來て居る宇宙線の地殻を透過するものであるといふ事になつて居つた。そこで此點を更に明かにするために鐵道省にお頼みして清水トンネルに入つて實驗を行つた。此トンネルの全長は九・七糠であつて、約八百メートル位毎にマンホールがあるから、それに自動記録測定器を据付けて約一晝夜放置し、翌日は又他のマンホールに移すといふやうにして八個所にて測定を行つた。勿論地殻から出るガンマ線を遮断する爲に測定器は十一センチメートルの鉛で包んで置いた。

測定を行つた地點の頭上の地殻の厚さは、

其次に行つたのは、最近の清水トンネルの實驗である。これは宇宙線が地殻を透して、どのくらい深く入るかといふことを知るためであつた。宇宙線は物質の密度に反比例して其透過距離が變る。例へば水のやうなものでは密度が少いから厚い層を通すが、鉛のやうなものは、其十分の一位の層を透過するだけである。それで普通色々の物質の場合には、其厚さを水の厚さに直して宇宙線の到達距離を述べる事になつて居る。

從來の測定では宇宙線は水五百乃至六百メートルに相當する厚さの地殻を透過するものであるといふ事になつて居つた。そこで此點を更に明かにするために鐵道省にお頼みして清水トンネルに入つて實驗を行つた。此トンネルの全長は九・七糠であつて、約八百メートル位毎にマンホールがあるから、それに自動記録測定器を据付けて約一晝夜放置し、翌日は又他のマンホールに移すといふやうにして八個所にて測定を行つた。勿論地殻から出るガンマ線を遮断する爲に測定器は十一センチメートルの鉛で包んで置いた。

一番深い所で約千二百メートル、一番浅い所で百メートル足らずであった。此観測の結果として宇宙線は水に直して八百五十メートルに相當する地下の深さ迄は明かにやつて来て居るといふ事が解つた。それは地下約三百メートルの地點で観測をした結果によると、測定器の中に約千萬個のイオンが一時に發生したことを測定器の読みが示して居る。これは前述の第二圖に示した現象の更に大規模なもので、こんな事は宇宙線以外のものでは起事の出来ないものであるから、此地點に宇宙線が来て居るといふ確證である。それで此地殻の厚さを水に直すと約八百五十メートルになる。

それではそれから更に深い處に来て居るかどうかといふ事であるが、これは器械の精密度が不足で確實な事は云へない。然しどうもまだく深い處に来て居るらしい。

次に此宇宙線の本質は何であるか、これは從來いろく議論されたもので、今日では段

段解つて来たが然し未だ不明の點が多い。問題は宇宙線は光やエツキス線と同様に電磁波であるか又は物質を構成して居る電子又は水素原子の核のやうに、電氣を帶びたものであるかといふ事である。第一に吾々の直接接觸して居るものは電氣を帶びた物質、殊に電測して居るものは電氣を帶びた物質、外に電子であるといふ事は間違ひのない事實である。然し議論の中心となるのは、地球の外から来る宇宙線が矢張り左様な電氣を帶びたものであるか、又はエツキス線のやうなものであつて、それが空氣などから電子を飛び出させてこれを吾々が觀測して居るのか、此點が解決のつかない處である。

處が今日では宇宙線の大部分は地球外から来る時に既に電氣を帶びた物質粒子であらうといふ事が云はれるやうになつた。これを證明する最も明白な實驗事實は、宇宙線が地球の緯度によつて其強度を變へるといふ事である。即ち赤道地方よりも南北兩極の方が強度が強い。これは宇宙線がエツキス線のやうな物では起り得ない事で、電氣を帶びた粒子でなくてはならぬ。電氣を有つて居るとそれに地球磁氣が作用して兩極の方に引き寄

せる。其爲めに赤道の方よりは澤山来る事になるのである。エツキス線の様な物には磁氣は作用しないから赤道も極の方も同じ強度を示す筈である。此點から見ても明かに宇宙線は地球の外から来る時既に電氣を帶びた物質粒子を含んで居るといふ事は間違ひない。然し宇宙線の全部がさうであるかどうかといふ事になると、これは未だ議論の餘地のある所であつて、更に今後の研究によつて決定せらるべき問題である。又電氣を帶びた粒子にも色々あつて、その孰に屬して居るかといふ事はこれも解決せられて居ない將來の問題である。

五、宇宙線の本質

では南北兩極からそれなく南北緯度五十度迄は變化がなく、五十度から赤道に至る間に約一割五分弱くなるといふ事が明瞭にせられた。それで始め緯度により變化がないと云つた人は、五十度以北で測定をやつて居つたからであるといふ事が解つて來た。

斯様に赤道地方は緯度五十度地方よりも一割五分弱いから、一割五分は明らかに電氣を帶びた物質である。然し残りの八割五分は何であらうかといふ問題が起る。それはエツキス線のやうなもので地球磁氣に作用せられないものとも考へられ、又電氣を帶びた粒子であるがエネルギーが多過ぎて地球磁氣は曲げられないとも考へられる。これは未だ解決つかない重大問題であつて將來の研究結果を俟つより外はない。

以上は平地での話であるが、高い處ではどうであるかといふ事が更に大切な問題である。宇宙線は透過力の大きいものではあるが、然し全部がさうであるといふのではない。其大部分は水十メートルに相當する地球の大氣で吸収せられ、地上に到達するのは僅に二百乃至三分の一に過ぎない。従つて地球の外

部から来る宇宙線の事を論ずるには、地球大気に入吸收せられない宇宙線の全貌を捕へて研究しなくてはならぬ。それが爲めに前にも述べたやうに、飛行機や風船を飛ばして成層圏の宇宙線を研究するのである。

そこでそんな高い處では地球緯度の影響がどうであらうか、之は地球外から来る宇宙線の大部分のものの本質を明かにするといふ點で甚だ重要な研究である。つまり赤道地方に於ける高さ二萬乃至三萬メートルの宇宙線強度が、兩極地方に於ける同様な高さの宇宙線強度よりも著しく大きいといふ事になれば、地球外から来る宇宙線の大部分は電氣を帶びた物質であるといふ事になる。處て此觀測は赤道地方が海や蠻地が多い爲に未だ充分に行はれて居ない。そして今日迄行はれた結果もマチノーであつて全然決定的なことは云へない。日本でも南洋のハラオ島あたりで觀測すれば極に重な材料が得られると思ふが、經濟の關係上未だ實施の運びに至らない。

然しそれにしてても電氣を帶びた物質粒子が地球上に到達するのは僅に二百乃至三分の一に過ぎない。従つて地球の外で同じ帶電粒子にしても、陰電子もあれば陽電子もある。又それ等より質量が二千倍もある水素原子子の核のやうなもの、又は更に重いヘリウム原子子の核の様なものもある。その朝れが宇宙線を形成して居るかといふ事は、これも未解決の問題であつて多くの人の研究して居る事である。

六、宇宙線の發生機構

次に重要な問題は宇宙線が何處で出来たかそしてどう云ふ工合にして發生せられたかといふ問題であるが、これは今日迄全く手の附かない事柄なのである。初めは新しい星から出て来るであらうと想像せられ、實驗の結果銀河、アンドロメダの星雲などが發生の中心らしいといふ事を唱へた人があつたが、よく調て見るとそれは誤であつた事が解つた。そして今日ではどの星が特に發生の中心であるといふやうな事はないと思つて居る。

處が最近になつて所謂新星といふのが宇宙線の源であると唱へた人が出て來た。新星といふのは或る星が大爆發をして、一時に太陽の數千萬倍もの光を出し間もなく消えて行

くといふ現象である。此爆發の際に星が非常に其質量を消失する事が解つて居る。それで宇宙線は此爆發の時放出せられるものであらうといふのである。これも事實かどうかは不明であつて、目下實測によつて其真否をたゞして居る。天文學の方は密接な関係にある。宇宙線は恐らく星の進化の何等かの因果關係にあるものであらうと考へられて居るものであるが、宇宙線の發生機構が明かにせられると、星の進化の詳細が解つて来るかも知れない。星の内部狀態もこれによつて闡明せられるであらう。又現在の理論物理學の方でも、エネルギーの非常に大きな粒子物にどんな影響を及ぼすかといふ事も大切な問題である。こんな風に色々の部門の人々からといふ現象である。此爆發の際に星が非常に其質量を消失する事が解つて居る。それで宇宙線は此爆發の時放出せられるものであらうといふのである。これも事實かどうかは不明であつて、目下實測によつて其真否をたゞして居る。天文學の方は密接な関係にある。宇宙線の發生機構といふ事は甚だ重要な問題であつて、これに關する事項は廣汎な範圍に亘つて居る。例へば天文學の方は密接な關係にある。宇宙線は恐らく星の進化の何等かの因果關係にあるものであらうと考へられて居るものであるが、宇宙線の發生機構が明かにせられると、星の進化の詳細が解つて来るかも知れない。星の内部狀態もこれによつて闡明せられるであらう。又現在の理論物理學の方でも、エネルギーの非常に大きな粒子物にどんな影響を及ぼすかといふ事も大切な問題である。こんな風に色々の部門の人々から

七、宇宙線の應用

ら宇宙線の發生とか作用とかいふものについて種々の興味と期待とがかけられて居る。

七、宇宙線の應用

ら宇宙線の発生とか作用とかいふものについてでは種々の興味と期待とがかけられて居る。

しかしながら此不思議な宇宙線を何かに應用する事が出来るかといふ問題が起つて来るが、これは未だ早過ぎるやうである。第一にそれが何物であるか又はどうして發生されたかといふ事が解らないのであるから、これを利用するとしても手の附けやうがない。眞の應用といふものは吾々が宇宙線そのものを未分離理解し左右するやうになつて始めて行はれるものである。これは凡て學理の應用に於て歩んで來る。

人がある。磁石はこれを切ると、その内部の磁場は變る。従つて内部の磁場を測るには磁石を、其儘にして行ふ必要がある。それには磁石の中を通じぬける時、宇宙線がどの位曲げられるかを測れば、平均の磁場の強さが得られるといつて居る。然しこれなどは小さな問題であつて、本當の應用は宇宙線其物を完全に把握して始めに行はれる事である。若し宇宙線が人工的に發生し得るやうになつたら其應用は驚くべきものであらう。然しこれは全く不可能な事かも知れない。可能かつかひ可能かは先づこれを充分に研究して後始めて明確に答へるべき問題である。今日は其研究に直進し、居る時代に外ならない。(一、一〇、三)

七、宇宙線の應用

然らば此不思議な宇宙線を何かに應用する事が出来るかといふ問題が起つて来るが、これは未だ早過ぎるやうである。第一にそれが何物であるか又どうして発生されたかといふ事が解らないのであるから、これを利用するにしても手の附けやうがない。眞の應用といふものは吾々が宇宙線の物質を充分理解し左右するやうになつて始めて行はれるものであつる。これは凡て學理の應用に於て歩んで来た路である。處が今日は未だ其域に達して居ない。殊に其エネルギーは吾々が實驗室内で作り得る放射線のエネルギーの最大なもののが數萬倍數十萬倍に達して居るのであるから、自然に存在する宇宙線を集め得どうするといふやうな事は今日の科學では不可能事に屬する。

只小さな應用ではあるがこれを磁石の内部の磁場を測るに用ひられるといふ事を示したる。

た路である。處が今日は未だ其域に達して居ない。殊に其エネルギーは吾々が實驗室内で作り得る放電線のエネルギーの最大なもののが數萬倍數十萬倍に達して居るのであるから、自然に存在する宇宙線を集めてどうするといふやうな事は今日の科學では不可能事に屬する。