

## 仁科芳雄

宇宙線の發見せられたのは今から二十四、五年前のことである。

地殻の土壤、岩石等はラヂウム、トリウム等の放射性元素を含む爲、空氣は其の作用を受けて幾分電離して、中性の分子がプラス、マイナスの電氣を帶びたものとなつてゐる。併し此の放射線も空氣に吸收せられるから、地上高い所では空氣は電離してゐないであらうと云ふことが想像される。そこで風船を揚げて之を調べて見るこ、最初のうちは豫期通り上方へ行くに従つて電離の程度も次第に減ずるのであるが、更に上方へ行くと電離の程度は決して理論通りに減つてはゐないのである。之を調べるには、電離槽を用ゐる。それは正負の電極を備へた箱で、中の氣體中に出來たイオンが電極に引きつけられる爲に、そのボテンシャルが減少する、これを indicator で表す様にしたものである。之を風船につけて上方へ上ると、初めは上るに従つて電離は次第に減るが、上方へ行くに従つてその減り方が少くなる。空氣の密度が上方に行く程小さいから、一定の壓力の空氣の電離を考へるこそれは上へ行く程殖へる結果を得る。之を最初行つたのはスキッツルのゴツケルで、後オーストリヤのヘスも之と同様な結果を得た。

これは地球の外部から放射線の來て居ることを示すもので、これが宇宙線の存在を認めた最初である。そして又其透過力の大きいことがすぐ解つた。ヘスやゴツケルの上つたのは四千米乃至五千米位であつた。地上四、五千米の所で空氣の壓力は水柱にして五乃至六米位である。吸收は大體密度に比例すると考へるべきである故、此の放射線は水五、六米を透過して來たことになり、之を從來のX線、 $\gamma$ 線等に比べるこ非常に大きな透過力であるこが判る（普通の硬いX線でも數十粨の水で大抵の強さのものは吸收し盡される）

次いで獨逸のコールホエルスターが實驗した。彼は九千米位上空に行けば平地の電離に比べて七倍位電離が殖へることを確め、又各高さに於ける電離を調べて、之から此の放射線に對する空氣の吸收率を計算した。此の結果吸收率の値は極めて小であることが明かになつた。

コールホエルスターは、歐洲大戦の際バルカンに出征して氣象を擔當し、此の間も研究を續け更に戦争後も之を繼續した。例へばユングフラウの山に登り氷河を使つて宇宙線の透過力を研究した。氷河は放射能のある物質を含まない故研究に都合がよいかからである。

最近我々が清水トンネル内で實驗した結果によると、宇宙線は水にして八百乃至九百米に相當する深さの邊迄も來てゐることが判つた。其以上は我々の測定器の精密度が不十分で調べることが出來なかつた。

ハンガリーで、最近水にして二千五百米の深さまで宇宙線が透過に來てゐることが發見されたと云つて居る（土地で深さ千米、之を水に換算して二千五百米となる）。併しそは實際千米の深さで測定したのではなくて、七百米位の所で斜の方向から來た宇宙線に對して、その透過した土地の厚さを千米と推定したのである。

宇宙線粒子はその數を數へ得るのみでなく、其の來る方向をも知ることが出来るのである。それは氣壓を水銀柱5粍位にした管の中心に、絶縁した張金を張り、これと管壁との間に一千ボルト位の電壓を掛けておく。之に宇宙線粒子が來ると、管内の空氣の分子と衝突してイオンを作り、此のイオンが更に他の分子に衝突してイオンを生ずるゝ云ふ風にして、非常にイオンが増して微小電流が流れる。之をラヂオの増幅器で擴大して、宇宙線が來る度毎に擴聲器に音を立ててこれを數へ得るのである。而して此の管を二個以上用る、其軸を平行にして置くと宇宙線の粒子は是を同時に貫通する場合がある。左様な同時の衝撃にだけ作用する様に真空管を接續して置けば、是等の計數管の軸を含む平面内に來る粒子だけを數へる事になるから、之によつて宇宙線粒子がどの方向から來たものであるかが判る譯である。

此の方法で前述のハンガリーの研究者は、水二千五百米の厚さに相當する所を透して宇宙線粒子が到來したと推定したのである。併しそは宇宙線が二次的の粒子を發生せしめることから考へて不確である。

清水トンネルで我々は地下千二百三十米位の所迄這入つて實驗したが、我々の携行したのは上述の様な測定器でなく、電離函であつて精密さを缺ぎ、宇宙線粒子の有無は不明であつた。

併し我々は水にして深さ八百米位の所で、宇宙線でなくては出來ない現象を捉へることが出來た。それは宇宙線粒子が鉛に當ると數百の陰陽の電子を作る現象である。鉛

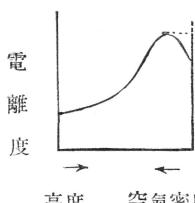
の中に入れた電離函でイオンの數を記録してみると、その指針が急にジャムプを起を起す事があるのでこれが知れる。

清水トンネルの深さ三百米位の所で、直徑十二、三厘米でアルゴン十四氣壓位入つた電離函に、一時に一千萬個位のイオンが發生するのを見た。附近の土地の密度は大體2.8乃至2.9位である故、宇宙線は水にして八百乃至九百米位透過することが明白となつた。この透過力は驚くべきものである。

尤も宇宙線の全部が左様に透過力が強いのではない。地球の外から来る宇宙線の二百分の一か三百分の一しか地上には到達しない。大部分は地球の大氣に吸收せられるものである。そして地下數百米の所まで來るものは更に地上のものの數千分の一であらう。

次に上空に於ける宇宙線の強度はどうであるかといふ事を述べやう。

昨年の始頃アメリカで輕氣球に乗つて、二萬二千米位迄上昇して宇宙線の強度を測定した者があり、又自動的に記録する裝置を備へた風船を揚げ、此の風船が或る高さ迄上るごと、囊の一部が割れるか或はバルブが開いて落下する様にする方法も用ひられた。人が乗らないので此の方法は割合に簡単である。斯様な方法で測定した結果によると、高く上るに従ひ次第に宇宙線強度は大となり、或る高さから上は一定となる（圖



の點線で示したもの）。處が上から垂直に入射するものだけを取れば、圖の實線の様に或る高さで最大となり、更に高く上ると次第に小さくなる。四方から來るもの合計して考へると點線の様になる。大氣に垂直に入射する宇宙線の強さが最大なる邊の高さで、宇宙線強度は地表面に於ける三百倍位である。

さて宇宙線の正體は何か？

最初は宇宙線も光等と同様に電磁波で波長がγ線よりも更に短いものと考へてゐた、處が地磁氣緯度と宇宙線強度との關係が明かにされたことに於て、左様に簡単に考へ得ないこゝが判つた。

地球は一つの大きな磁石である故、宇宙線の一次的主體が帶電粒子であるとすれば、其の運動は地磁氣に作用せられるべきである故、當然緯度によつて其の強度に變化がある筈である。宇宙線帶電粒子は赤道地方から追ひ除けられるから、極地の宇宙線強

度は赤道よりも大きい筈である。之に反して宇宙線が電磁波であるならば、地磁氣の作用は受けぬから緯度による強度の變化は無いと考へられる。尤も宇宙線が帶電粒子であつても、それが非常に大きいエネルギー ( $10^{11}$ e.v.以上) を持つならば地磁氣も其の運動に影響するこ事が出來ない。

實際の測定結果に依れば、南極北極から南北五十度邊迄は強度に殆ど變化なく、それから次第に減少し、赤道に於ては兩極に比べて約一割五分位弱いのである。之は地球の外から來るものの中路が曲げられたので、地球の空氣層内で出來たものが作用せられたのではない（地球の空氣層の厚さは其の直徑に比べて極めて小さい）。此の事から宇宙線は電氣を帶びた粒子であることが判る。少くともその一割五分は電氣を持つてゐる。

地球全體に來る宇宙線は、地表面に來るもの二百倍であることを前に述べたが、上方へ上つたならば地磁氣緯度と宇宙線強度との關係はさうなつてゐるかを見ねばならない。例へば赤道で二万米上つたらさうであらうか又極で二万米上つたらさうであるかを比べねばならない。

高度が高くなる程更に緯度の高い所から強度が減り始め、赤道邊との差が著しくなる。四千米位上るごとに赤道邊と四十度邊まで三割位強さが異り、更に二万米も上るごとに其の差はひさくなる。之に依つて宇宙線の大部分は電氣を持つた粒子であることが判る、併し全部がさうであるかさうかは各研究者の解釋の仕方或は實驗結果の差異で意見が區々である。

次に宇宙線のエネルギーはどれ位であるか。

それは今迄に述べて來たこ事で、非常に大きなものであるこ事は想像出來よう。

地上の宇宙線は一次的のものと、一次的のもの的作用で新しく生じた二次的なものとがある（その量は大體比例すると考へられる）。一次的のものにしろ二次的のものにしろ測定器に感ずるものは電氣を持つたものである。一次的のものは少くとも  $10^9$ e.v. のエネルギーを持つたねば空氣の層を透らない、又地下八百米も透過するものは  $10^{10}$  乃至  $10^{11}$ e.v. のエネルギーが必要である。又  $10^{11} \sim 10^{12}$ e.v. 位のエネルギーを持つてゐるものもあるであらう。（ $1e.v.$  即ち  $1$  エレクトロン、  $1$  ボルトとは、電子が  $1$  ボルトの電圧によつて加速せられて得るエネルギーを云ふのである）

宇宙線の足跡を目にする様にし、そして其エネルギーを測定するのはウイルスン

霧函の方法である。それは空氣を断熱膨脹させて、之にアルコール、水等を過飽和させたとき、之に宇宙線が來ると、それによつて作られたイオンを核として霧を生じ、宇宙線の通つた跡が目に見える。今之に強い磁場を動かせて置くと、其の軌道が曲る。之を寫眞に撮りその彎曲度から粒子のエネルギーを求めることが出来る。

直徑十五粍位のものに二万ガウスの磁場を作用させるごと、 $10^8 \sim 10^9$ e.v.位迄測り得る。之以上のエネルギーを持つものは曲らない、従つて其のエネルギーは測定出来ない。直徑四十粍位のものに二万ガウスを作用せる(五百キロワットの直流發電機が必要)と、 $10^{10}$ e.v. 位迄測定出来るであらう。然し $10^{11} \sim 10^{12}$ e.v. のものは直接そのエネルギーを測ることは不可能である。

宇宙線の帶電粒子のエネルギーを $10^{11}$ e.v. として、之を常温常壓の氣體一立方粍中にある分子の數だけ集めたとすれば、其の有するエネルギーは一万二千キロワット時である。

次に斯様な宇宙線はさうして出来るかが問題になる。

ネルンストの説では、宇宙に無限に散亂してゐる光のエネルギーが、宇宙の何處かで集つて物質となるのが即ち新しい星であるとし、此の星には非常に radioactive なものを含んでゐて、之が宇宙線を出すのであるといふ。従つて此の星が頭の真上に來たとき最も空氣の吸收が少い故、宇宙線強度が大となると想像出来る。コールホエルスターはユングフラウに登つて、側方から來る宇宙線を氷河に吸收させ、真上から來る宇宙線の強さが時間と共にさう變るかを調べた。其結果天の川や、アンドロメダ星雲が頭上に來たとき宇宙線が強くなつたと稱したが、之は観測の誤であつたことが判つた。

宇宙線の強度は晝夜によつて變化しない。之だけでは太陽からは宇宙線は來でるないとの斷定は出來ないが、兎に角エネルギーの大きなものは太陽からは來でるものである。日蝕の際の測定によつても、宇宙線の強度には日蝕は影響しないことを判つた。

ノバ即ち新星が宇宙線の源泉であると唱へた人がある。新星とは星が時々大爆發をして、太陽の數百萬倍のエネルギーを一時に出すもので、此の時宇宙線を出すのであると云ふ。此説の正否は目下研究中である。

新星は普通の新星と超新星とがあつて、後者が宇宙線を出し前者は宇宙線を出さないとの云はれてゐる。20年位前にアンドロメンダに超新星が現れたことがあるが、現在

來てゐる宇宙線が其處から出たとすれば、之によつて宇宙線の速度が計算出來、従つて其のエネルギーや透過力もわかる譯である（エネルギーから計算した宇宙線の速度は、光のそれと殆ど同一で五桁目位で始めて異數字が出て來る程度である）。たゞヘンドロメダの新星から現在宇宙線が來てゐるとしても、それは全宇宙線の極めて僅な部分であつて、他の宇宙線は非常に昔に現はれた新星から出たものか、又は我々の目の届かない新星から來たものであらう。孰れにしても宇宙線は、星の成生發達と密接の關係あるものと思はれる。

宇宙線の利用方法は無いであらうか。

人工で宇宙線を發生し得るならば、利用し得るかも知れないが、人工で宇宙線を作ることは不可能であるかも判らない。今日では宇宙線は應用の方法が無いのであつて、之を集めてさうする云ふこゝも出來ない。地球上で作り得る粒子に比して遙に其のエネルギーが大きいからである。

宇宙線は生物に如何なる影響を及ぼすであらうか、現在では不明である。宇宙線が生物に突然變異を起すと云ふ人もある。熱帶地方の高所に植物の變種が非常に多いのは、宇宙線がその地方に多いからであると云ふ、トンネルの中では宇宙線は少い故、動物に之が影響するかどうかを調べた所別に影響はない。或人は此の影響は非常に弱くて一世代だけでは之を認められないで、長い世代の間に影響が出てくるのであると云ふ、實際之を證明するこゝは困難であるが、全然影響が無いとは云へないであらう。

兎に角宇宙線の研究は各國で盛に行はれてゐる。現在の理論だけでは到底其の性能は了解出来ない。やがて新理論が展開されるであらう。かくて宇宙線の研究は理論方面に或は天文學方面に幾多の新しいことを齎すことと思はれる。

（終り）