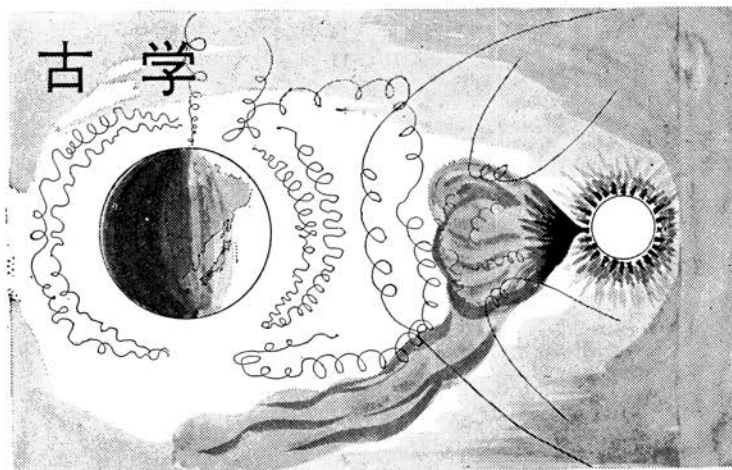


# 宇宙の考古学

東京大学原子核研究所

小田 稔

定例第7回 仁科記念講演  
1961年12月6日朝日講堂にて



はじめに

ただ今ご紹介にあずかりました小田でございます。宇宙の考古学と申します、一見奇妙な表題をかかげたのでありますが、ここで私が申し上げたいことは、この、私どもの宇宙が始まって以来、つまり宇宙開闢<sup>ひやく</sup>以来、非常に長い年月がたっているわけではありますが、その間に、この宇宙の中には、ずいぶんいろいろな事件が起きたにちがいない；それで、その事件は宇宙のどこかに、何らかの痕跡を残しているのではないか；そうだとすれば、そういう痕跡を掘りあてることができますと、それによって私共は、宇宙というものに対する認識を、非常に深めることができるのではないかという、そういうような考え方でございま

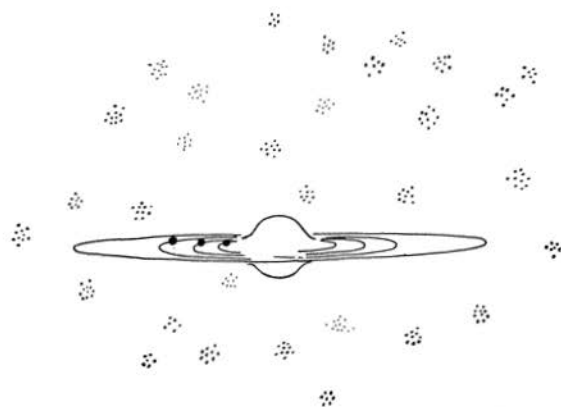
す。それはたとえてみれば、従来の考古学が古代の人類の文明の遺跡を掘りましたり、あるいはもっとさかのぼりまして、猿人、猿と人の間でございますが、猿人の骨や、あるいは、生活の痕跡等を発掘したりして、人間という動物について、あるいは、人間の社会について、いろいろ知る上に、非常に大きな役割を演じているというのと全く同じような事情でございます。つまり、現在の時点において、物事を観察するということも、もちろん大切ではありますが、それと共に、そういうことが、時と共にどう移り変わっていくかと、そういうことを調べることによって、事柄の本質を非常に深く理解することができる、まあそういうわけであります。人間の歴

史が始まりましてから以来、人種あるいは宗教にかかわりなく、すべての人々の心を占めておりました共通の問題は、宇宙が、いつ、どのようにして始まったかという天地創造の問題でございます。で、そこに、人々はいつても、神様というものをもち出して来たわけがあります。しかし、今日の物理学は、もう少しばかり問題をつきつめることができそうがあります。もちろん、どこかに神様を必要とするかもしれませんけれども、どうやら、神様の出番はもう少し先の方で、まだしばらくは、お立ちのき願ってもよいように思います。

#### 宇宙の中の 太陽と地球

そういう天地創造という問題に、深く立ち入ります前に、私共が現在、全宇宙の中の、どのような立場におかれているかということ、しばらくながめてみたいと思います。まず、私達の地球は太陽をめぐっております、いくつかの惑星の一つであります。それで、太陽を中心としまして、いくつもの惑星が、ぐるぐる廻っているわけがあります。ところで、ごく最近の認識によりますと、太陽というものは、必ずしも、静かに、ただ光っているというだけの星ではありません

んで、時々電気を帯びた雲を噴き出して、そうして、地球あるいは、その他の惑星にふきつけてまいります。第1図（1頁見出しカット）は多分にモデル的に書いたものでございますが、ここに地球がございます。それからここに、太陽がある。で、地球のまわりにはしょっちゅう電気を帯びた粒子が、地球の磁場によって、きりきりまいをしながら、走っているわけです。そこに、時々太陽の黒点付近から（後に映画でご覧いただくわけですが）こういう雲を吹きつけてまいります。その度に、地球はいろいろな事を、まあ、電波の障害であるとか、地磁気の嵐であるとか、そういうことをうけるわけでありまして。さてこういう太陽系は、今度は、ご存じのように、銀



第2図

河系と申します, 星の大集団の中に存在する, つまり星の大集団の一員でございます。

ところで, 私達の銀河を, 外からながめるということは, これは到底できないことなのでありますが, ただ銀河系というのは, 直径が約 10 万光年, 光で走っても 10 万年かかる, そういう大きさをもっていることがわかっております。しかし, われわれの銀河系のすぐお隣の, アンドロメダ星雲をながめまして, 銀河系も大体こんなもの (第2図) であろうかと, 想像することができます。第3図はアンドロメダ星雲であります。この, ぼうっと白く光っておりますのは, 全部が星の集団であります。中心に星が非常にたくさん



第3図

集まっているところがあるのが特徴です。そして, 星は, 平盤状に, しかも渦巻状に, 巻くように配列しております。で, これを, われわれの銀河系であるといいたしますと, 私共の太陽系というのは, たぶんこの辺, この半径の, こちらから3分の1, この辺にあるというわけであります。で, そういう渦巻構造をもう少しよく観るために, 典型的な渦巻きというものをみていただきます。第4図が, もっとも典型的な渦巻き星雲であります。非常にきれいに渦を巻いているということが, よくわかりだろーと思います。さて, 私共の銀河につきましても, 実は, 何もわかっていないのではありませんで, 最近発達いたしました, 電波天文学によりまして, ある程度

第4図





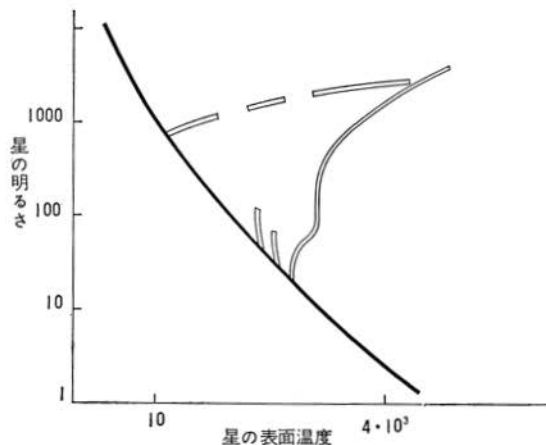
第 5 図

のことは、わかっております。この辺に、われわれの太陽があるといたしますと、星は、こういうふうなふうに、配列しているらしいのです。これは、現在非常なはやさで進歩しております、天文学の一分野でありまして、今後、もっとくわしいことがわかんと思われまます。で、われわれの銀河の中心がここにあって、そこからたぶん、渦巻き状に、こういうふうに、星の集団が配列しているのだろーと思われまます。第5図で斜線を引きました部分は、南半球でなければみえない天球の部分であります。太陽はここに一つ、こういうふうに、並んでおります星の、スパイラル集団、

そういうものを、銀河の腕 arm と申しますが、その一つの arm の端のところに存在しておるのであります。

#### 星の輪廻と 銀河の形成

さて、それでは、この銀河系のような星の大集団が、どのようにしてうまれたかということではありますが、今日では、大づかみにいいまして、次のような考え方が、もっともらしいと申せまます。次の第6図をご覧ください。これは、横軸に星の熱さ、温度を、そして縦軸に星の明るさをとりまます。温度は右の方ほど低いといたしまます。冷たい星は赤く見え、熱い星は青く、あるいは白く見

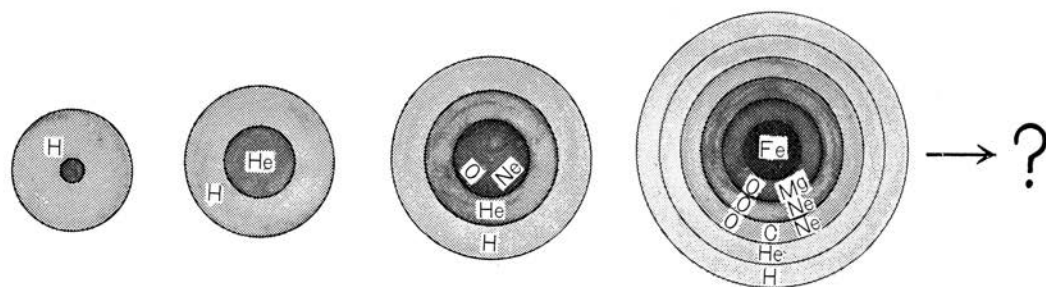


第 6 図

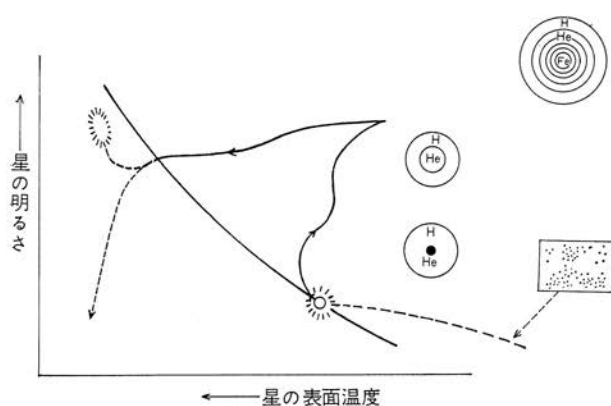
えます。ですから、右の端が赤い星であり、左の方が白い星です。それから、上ほど明るくなります。あるいは、大きくなります。ですから、右上にある星というのは、“赤くて大きい”という意味で、“red giant” といいます。それから、左下にある星は、白くて小さい、“white dwarf” “白い小人” とそういうふうに申します。

さて、われわれの銀河系の星は、大体、太陽を含めまして、この図に書き込みますと、星はこの黒かいた曲線の上に配列いたします。ところが、この銀河系の、スパイラル構造から、一部分、はずれている星は、今度は、第6図にかきました、この「て」という字のような、このようなところに、配列いたします。このことは、元来星がどうやって燃えているのかということに、深い関係がございま

す。まず、一番左は、水素が集まりまして、燃えているような、そういう星であります。水素が非常にたくさん集まると、その中心部分に、非常に圧力がかかりまして、中心が熱くなりますと、中心が、ちょうど、原子爆弾、あるいは水素爆弾と同じ原理、熱核反応によりまして、中心部分が燃えて、ヘリウムになります。こういうふうにして、だんだんヘリウムが育ってまいります。ヘリウムがある程度以上育ちますと、その中心部分に、今度は、炭素とか、あるいは酸素とか、ネオンとか、そういうものが、だんだん合成されるのです。そういうふうにして、だんだん星はふくれ上がります。そして、しまいには、だんだん中心にいくほど、重いものができまして、一番最後には、中心に鉄ができ始めます。星の中心に、鉄が非常にたくさんでき、ある



第 7 図



第 8 図

程度以上これがかたまりますと、まだはつきりとはわからないのでありますが、これが原因不明の大爆発を起こしまして、これ全体が飛び散ってしまいます。それが、星の一生であります。そこでまた再び、前と同様、縦軸に星の明るさを描き、横軸に星の熱さを描いた、図（第8図）の上で、それを、もう一度追ってみます。まず、宇宙銀河の中のガスがあるといたします。これ（枠の中の点々）は、ガスの原子だと思っていただきます。そうして、何となくどこかに、ガスが集まったいたします。そうすると、それが重力によって、お互いに、だんだん引き合いますから、かたまります。そうすると、重力ポテンシャルによって、これが、だんだんとあたたまってま

いります。つまり、しだいにあたたまってまいりまして、ここにいくと、温度がある程度の限度に達しますので、ここで、突如その中に火がつきます。つまり水素爆弾が始まります。そういうふうにして、今度はだんだんヘリウムができ、そして次第に重いものができ、やがて膨れあがってまいりますので、大きく、明るくなります。それでこういう経路をたどります。最後に、鉄ができます。そこで、急激にエネルギーがあまって、左の方に飛びます。つまり、明るさは変らないで、温度だけが、一躍上昇します。色が変わります。そして、この所で、大爆発を起こして、ガスになって飛び散る。すると、もうここで、星の一生は終了ですが、そのガスが、また再び、こういうサイクルを描くわけであります。このような星の一生といいますか、このサイクルのことを、天文の畑中先生は、「星の輪廻」という言葉で表現されております。つまり、銀河ができましてから、その中で、ガスが集っては星になり、そしてだんだん元素を合成されて、遂に鉄になって爆発する、そういうことを何度もくりかえしたにちがいないというわけであります。そういうふうにして

爆発してできたガスは、何度もその輪廻を繰り返すとともにその最初の、非常にもやもやした銀河といえますか、もやもやしたガスの大集団の回転面に、だんだん集中してくると思われまゝ。そういうふうにして、星はだんだん銀河の平面に集まって、そして渦巻状にきりきりと巻き込まれてくる、そういうような考えなのであります。こういう星の一生であるとか、あるいは、銀河の発生から現在に至るまでの履歴とか、そういうとんでもない長い年月の話をどういうふうにして描き出すか、というのが、今日の課題の一つになるわけであります。さて、このような銀河が、第9図の写真を見ていただきますと、——これ



第 9 図

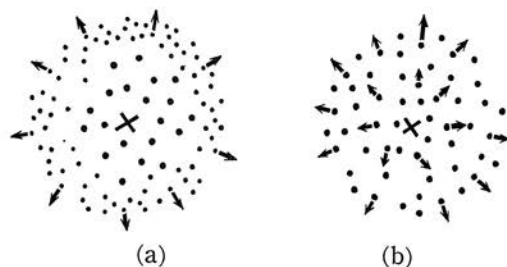
はネガでありまして、たいへん出来の悪いネガなのでありますが——ここにちょっと屑のようにみえるものがたくさんあります。これが、いずれも一つ一つの「銀河」なのであります。ですから、ああいう銀河が、あれだけでも、非常に大きなものですが、そういったものが、また、この宇宙には、非常にたくさん存在するわけであります。ですから、銀河というと非常に大きいようですが、その外に、まだまだたくさんの銀河があるというわけですね。今のところ、その一番果ては、20億光年、光が20億年かかるところまでありますが、それは望遠鏡の限度でそうなので、実際はもっともっと先まで、あるのであらうと思われまゝ。

宇宙には始まりがあった

それでは、その外は、いったいどうなっているのか、  
いったい、その銀河には、

果てがあるのかどうか、あるいは、先程申しました、元来そういうような、たいへんな銀河の集団、星の集団というものは、どうやって作られたものか、ということが問題になってくるわけであります。その点につきましては、現在、相反する二つの考え方がございます。その一つは宇宙には、初めが、始まりが

あったという、考え方であります。かつて、昔々、あらゆる物質は、非常に狭い所に、ぎゅうぎゅうに押し込められていたと考えられます。その状態では、原子も、原子核もない。すべてが、その構成単位であるところの、中性子に、ばらばらになっておりまして、非常に狭い所に、ぎゅうぎゅうにつまっております。で、それが、突然、大膨張を始めます。そして、膨張を始めてから、最初のわずか 30 分かそこらの、非常に短い時間の間に、きわめて激しい擾乱をおこし、そのために原子核が合成される。今日我々がみている元素のほとんどが、その時につくられた。そしてその後の星の輪廻によって、多少は付け加わりますが、ほとんどは、その時につくられてしまった。さらに膨張が進みますと、こうやってつくられた元素のガスがところどころに集まりまして、銀河の前身、原始銀河ともいいますか、そういうようなものになります。そういう原始銀河の中に、また、ガスができて、それが星になる。そして、さっきのような、星の輪廻を繰り返す。私たちの太陽もそういうようなものだと考えるのでございます。ここでちょっとまた、図をみていただきます。その考え方は、第 10 図で示されま



第 10 図

す。この一つ一つの黒い点は、銀河であるといいたします。そこで、このポイントが、一番最初の宇宙、つまり、天地創造が始まったところといいたします。現在までの、たぶん 100 億年程の間に、ここで作られて、だんだん膨張していった、その果てがここにある、つまり宇宙には果てがあります。その果てには、割合に密に、銀河が分布していて、どんどん拡がっていく、そういう考え方あります。

もう一つの考え方あります。それは、この宇宙には始まりも終りもないという考えであります。つまり、過去、未来とも、永劫であるという考えであります。これが、この右側の図に表わされております。あまりよく描けないのでありますが、要するに、無限に遠方まであります。つまり、宇宙は無限であるというわけです。無限であ



りますけれども、天文学の観測によりますと、銀河は一つ一つはお互いに遠のいて、どんどん広がっております。で、無限です。従って、あらゆる場所で銀河の密度が、だんだん薄くなってまいります。そうすると、過去・未来・永劫だという考えにそむきますので、次のように考えます。銀河がどんどん広がりますと、その間の空間から、今度は、何もない、つまり「無」といいますか、無から素粒子が生れてまいります。そういう風に考えます。で、そうやって「無」から生れて来た素粒子が、又、ガスになり、固まって銀河になる。ですから、それが、うまく表現されてないんですが、何もなくなって、それがまた、何か、ぽこっと生れて来る、そういう考えです。実際、物質不滅という考え方と、この考え方とは、相反するようであります。しかし、今日の物理学では、物質あるいは、物質とエネルギーの和が不滅と思っているわけですが、今必要といたしますその「無」から生じる、素粒子の数といえますのは、1 リットルの空間当たり、10 億年に陽子が一個と、そのような程度でありますから、物理学はとてもその精度で物質不滅ということをいっているのではないわけであります。

二つの考えの  
「決め手」  
——宇宙線

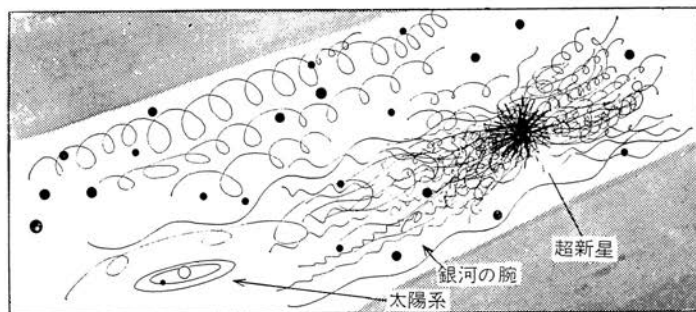
さて、このような二通りの、宇宙、あるいは、天地開闢に関する考え方のどちらが正しいのかということを決める、決め手の一つは、次のようなこととあります。先程の、宇宙に初めがあったという考え方によりますと、宇宙が生れてからしばらくの間は、宇宙は、星をつくったり、あるいは、ガスの雲がぶつかりあったり、現在の宇宙にくらべて、ずいぶん騒がしい状態にあったと想像されます。でありますから、その宇宙の騒がしさというものを表現する、騒がしさを表わすような、何か目安があれば、そしてそれを現在、計ることができれば、それによってこの二つの考え方の、結着をつけることができるわけとあります。で、私共は、宇宙線が、それであると思っているわけとあります。ここで一言、「宇宙線」とは何かということに、触れておいた方が、よいかもしれません。宇宙線に関しては日本で仁科先生が、その開祖といえますか、その先駆的な仕事をなさったわけでございますが、宇宙線と申しますのは、地球の外から飛んでくる原子核であります。ですが、その特徴は、たいへんエネルギーが高くて、単純に星から蒸発して

出て来たということだけでは済ませない程、高いエネルギーをもっているのです。実際、その最高のエネルギーは、今日、人間が実験室で、非常に歴大な装置を建設してつくることのできるエネルギーの、さらに一億倍も高いものであります。これが、宇宙のどこでつくられているのかというのは、実は、残念ながら、まだ十分にはわかっておりません。ですけれども、どこであるにしても、その、空間、あるいは、宇宙のざわざわした状態、つまり、先程申しました騒がしさが、原子核に、エネルギーを与えているということは、ほぼ確かなようであります。でありますから、過去の長い長い年月の間に、宇宙線の強さがどういうふうに変化してきたか、あるいは変化しなかったか、そういうことを記憶している何らかの痕跡があるならば、それによって、先程の、天地創造に関する二つの考え方のどちらかに、軍配を上げることができるのであります。

#### 人類の見た劇 的な星の終焉

さて、今までのお話は、あまりに遠い昔のお話でありますから、その次に、今度は、もう少し近いことになりまして、まあ少くとも、人類が発生してからのお話をいたし

ます。人類が、その過去の歴史におきまして、もっとも劇的な出来ごととして、記録に残しております現象に、超新星という現象がございます。超新星といえますのは、ある星が、突然、非常に激しく輝きまして、数十日を経て、だんだん衰えていくと、そういうような現象であります。これは、先程、星の輪廻のお話で申し上げました、星の一生の終りを飾る大爆発なのであります。その明るさは、あるものでは、月の明るさの4分の1にも達します。ですから、昔の人びとは当然、これを見てずいぶん神秘的な感じや、あるいは恐怖感をおぼえたものと想像されます。そのために、比較的良く、記録が残されております。過去 2000 年の間に、それとわかる記録が6つ、あるいは、もう少しあります。これは、中国、あるいは日本、あるいは朝鮮、あるいはアラビアなどの、いろいろな文章に残っているわけであります。例えば、アラビアの文章などには、某月某日、バビロニアからメッカに向かう方向に、突如星が輝いたとか、きわめて文学的な表現で、いろいろな記録が残っているわけであります。日本では、藤原定家の「明月記」というものに、残っているそうであります。天文の畑中さんが、史料編纂



第 11 図

所で、古い本をひっくり返して、みつけれられたそうなのでありますが、こういう超新星の中で、特に注目すべきものは、西暦 1054 年に輝いた星でございます。この星の位置には、現在では、第 11 図で見られますような、星雲がみえております。これを、カニ星雲と呼んでおります。このカニ星雲は、われわれの太陽系から、ほぼ 3000 光年、つまり、光が 3000 年程かかって到達できるところにあります。3000 光年といいますと、宇宙的規模では、きわめて近いのでありまして、銀河の直径が、先程申しましたように、10 万光年であるということを考えますと、全宇宙から見ると、ほんのお隣りで起きた現象だということがわかります。この形からわかりますように、これは、きわめて激しく飛び散っているガスのかたまりであります。先程の、星の

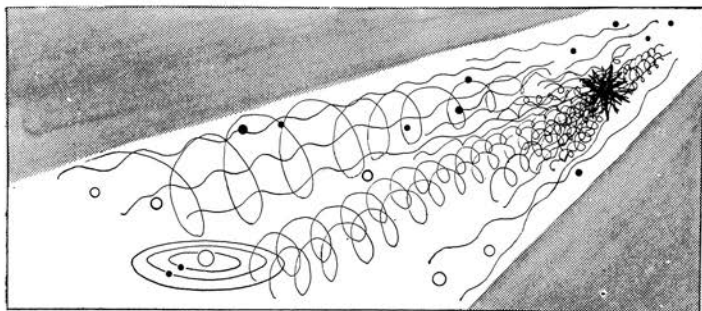
一生の、最後の爆発であります。この、星といいますか、ガスのかたまりは、大変強い電波を放出しております。ということは、そこに、非常に高いエネルギーの、粒子が飛び回っているということを意味するのでありまして、先程申しました、宇宙線の、少くとも一

部分は、こういうような、非常に騒がしいガスの擾乱する場所の中で、エネルギーを得て来るものであると、そういうふうに考えるのが自然であります。

高エネルギー粒子  
は地球へも

そういうふうにして造られる  
高いエネルギーの粒子  
が、どういうふうにして、

我々に到達してくるかということを想像してみますと、それは第 12 図のようなことであろうかと思われまゝ。まず、この黒丸は星であります。これが、こういうふうの流れているように描いてありますが、これが、先程申しました、渦状になっている、星の並んでいる、その腕のごく一部と想像していただきます。その中に、我々の太陽系が、こういうふう存在している。それから、星の流れにそって、どうやら磁場が存在するようであり



第 12 図

ます。ですから、宇宙線、どこからかやってくる高いエネルギーの原子核は、こういうふうに、磁場がありますから、きりきり舞いをしているわけでありまして。そこに突如、この、今の、超新星が爆発いたします。これは、非常に大量の、そういう高いエネルギーの原子核を放出いたします。と、それは、雲のように、我々の太陽系におそいかかって来るわけでありまして。そういうようなことが、宇宙的な規模で起きていると想像されます。実際、ソ連の、ある天文学者などは、次のように想像しております。百万年程前に地球上に、恐竜時代というのがありました。つまり、大きな爬虫類というんですか、恐竜というものが存在して、暴れ回っていた時代があるわけですが、それが、非常に短い期間に、死滅しております。わずか百年かその位で、一挙に、

そういう恐竜がなくなってしまいました。これは、ちょうどその頃に、太陽系の比較的近い所に、今の図に示しましたような超新星の爆発があって、地球が、強烈な放射線にさらされ、そのために、何か遺伝学上、変な事が起きて、それで恐竜が一挙に死滅したのだと

いうのであります。それ程のことでないにしても、ほんの 1000 年程の間に、しばらく、宇宙線が、今我々の知っております宇宙線よりもかなり、強かったというようなことを想像することは、必ずしも荒唐無稽なことではないのであります。ですから、さかのぼりまして、現在から、1000 年とか、あるいは遠く百万年の間に、宇宙線がどう変化したかというのは、大変興味のある問題なのであります。

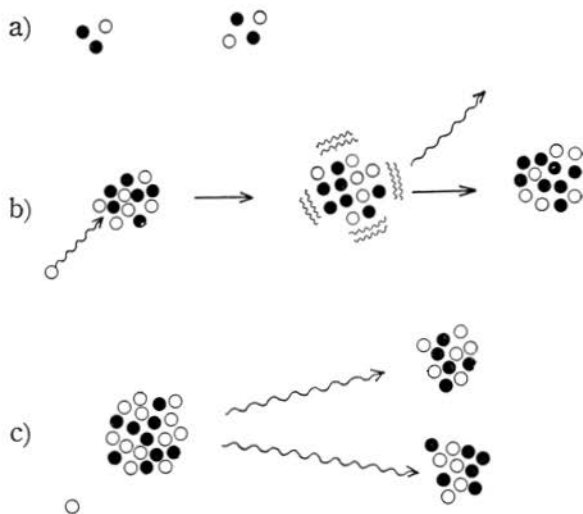
今まで、かいつまんでお話しましたことで宇宙というものは、静かに、現在も昔も、何の変りもなく、存在していたということではなくて、宇宙の始まりであるとか、あるいは、原始銀河、つまり、銀河の、もっと非常に原始的なかたちのものがつくられたとか、あるいは星によって、元素がつくられたと

か、あるいは、星の一生というものであるとか、あるいは、太陽が生まれたり、あるいは一番最初のスライドでお目にかきましたように、太陽が活動しているとか、そういうような一連の歴史的イベントというものを、我々の宇宙は経過しているということは、おわかり願えたかと思えます。これが前置きでありまして、これから、そういういろいろな時間のスケールで、宇宙の過去の履歴書をつくるにはどうしたらよいかという、そういうお話をしたいと思うのであります。それにはやはり、同位元素あるいはアイソトープを使うのであります。

### アイソトープとは

アイソトープの利用ということには、仁科先生が非常に興味をおもちになりました

で、戦後一つのアソシエーション、日本同位元素協会をおつくりになりましたが、さて、そのアイソトープとは何かということを、一言だけお話しておいた方が、よろしいかと思えます。元素を構成しております原子核は、陽子と中性子の集合であるということは、ご存じだろうと思います。第 13 図に非常にモデル的に描きましたのが、それでありま



第 13 図

が、黒丸は陽子であると思っていただきます。それから、白丸が中性子であると思っていただきます。そして、陽子が、つまり黒丸が何個、かたまっているかということが、その元素が何であるかということを決めます。例えば、ヘリウムならば、陽子が 2 個ございます (第 13 図 a))。それから、鉛ならば陽子が 82 個ございます。ウランなら 92 個あるというわけでありまして。ところが、同じヘリウムでも、ここにありますように——これは、両方ともヘリウムであります。つまり、陽子が 2 個ずつあります。つまり、両方ともヘリウムなのですが——ここについている中

性子が、1個の場合と、2個の場合とがあります。両方ともヘリウムなのですが、原子核としてみますと、ちょっとちがうわけであり、そういうもののことを、同位元素と申します。鉛でもそうであります。鉛は陽子が82個でありますが、中性子と陽子と合わせて、204個というものだとか、あるいは、206個、207個、208個と、そういういろいろなものがあります。そのいずれもが、化学元素としては鉛なのですが、そういうものを、アイソトープ、つまり同位元素といえます。

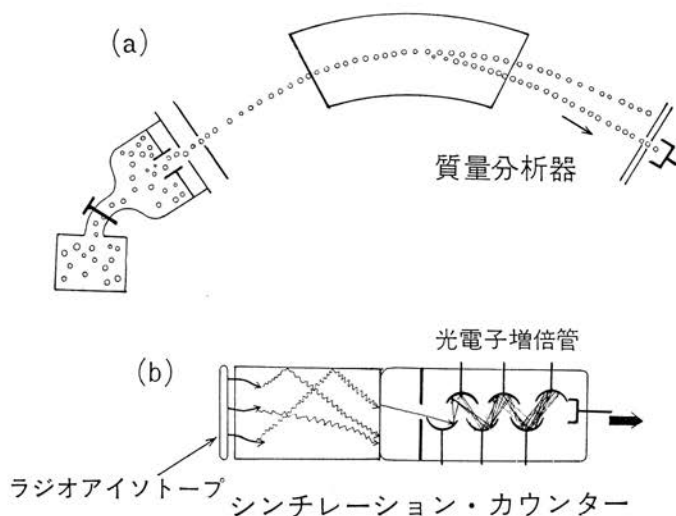
ある種の同位元素は、天然には存在いたしませんで、何かぶつかるということによって、初めてつくられる、そういう人工的につくられる同位元素もあります。ある種の同位元素は、それ自体、安定ではありませんで、ある非常に不安定な状態におかれています。それが、自分のエネルギーの一部分を逃がすことによって、何か安定なものに落ち着く、そういうことがあります。あるいは、外から、高いエネルギーの粒子をぶつけてやることによって、天然に存在し

ていた原子核が2つに割れて、何か、天然にはないようなアイソトープが生れるということもあるわけです。

アイソトープを  
検出するには

このような同位元素を、検出、測定する方法は、二通りでございます。その一つ

は、質量分析ということであり、それは、先程申しましたように、同位元素は、例えば、鉛204と206とは、鉛という性質においては同じであります、原子核に含まれている中性子が2個だけちがいます。従って、原子核としての重さがちがいます。ですから、そういうサンプル、例えば、ここに2通り混り



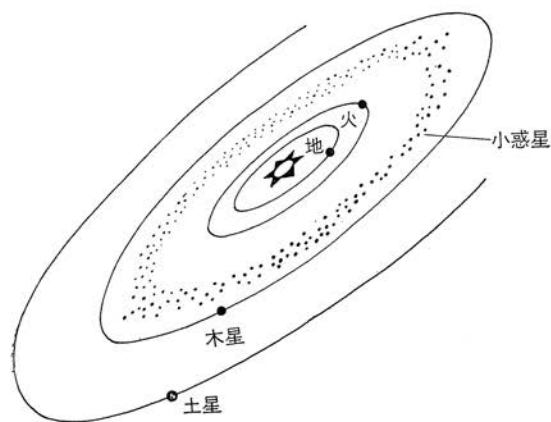
第 14 図

合っているものがあるといえますと、それをイオンにしまして、真空の中に走らせてやります(第14図a)。ここに、マグネットをかけますと、軽いものにくらべて重いものの方が曲げられにくいので、図のように分れます。で、それを、スリットを通してこちらに何か電気的なメーターをおいて受けてやる。そういうふうにして、分けてやるわけでありです。もう一つのやり方は、ラジオアイソトープ、つまり、同位元素が、先程申しました、エネルギーが高い状態で、ざわざわした不安定な状態にいる場合であります。その場合には、例えば、こういうことをいたします(第14図b)。ここに、シンチレーターという物質があるといえます。シンチレーターとはどういうものかという、それに放射線が入りますと、その放射線を光に換える、そういうものです。それからここに、光電子増倍管という真空管がございます。これは、やって来た光を、電気的なパルスに変える、そういう真空管です。ですから、この二つを組み合わせますと、ここに放射線が入ると、それを電気的なパルスに置き換える。したがってエレクトロニクスを使えるわけでありです。ですから、放射性の同位元素があるかどうかを知

りたいというサンプルがあるといえますと、ここにもってくる。それを含んでおきますと、その放射線がここに入って、それをここで、電氣的に知ることができるというわけでありです。

### 宇宙からの客——隕石

さて、過去の宇宙のいろいろな事件の痕跡を私たちに見せてくれる、最も有力なものの一つとして、隕石のお話をしばらくいたします。大小取り混ぜ、今までに人間に発見されました隕石は、全部で1600個ほどあるそうであります。その隕石というものが、地球の外から来ているお客様であるということが、はっきり意識され始めたのは、19世紀の初めからのことであります。それまでは、非常に神秘的な、「天からの何か」と、そういうふうに使われていたわけです。まあ、天からのものには、ちがいないわけなのですが。その後、隕石は、実は、太陽系の一員でありまして、火星と木星との間に非常にたくさん散らばっている、小さな惑星(第15図)とか、チリとか、そういうものの大群があるわけですが、そのどれかが、時々戸惑って、軌道を曲げまして勝手に廻り始めます。つまり、自分自身の本来の軌道をそれてまえとはちが



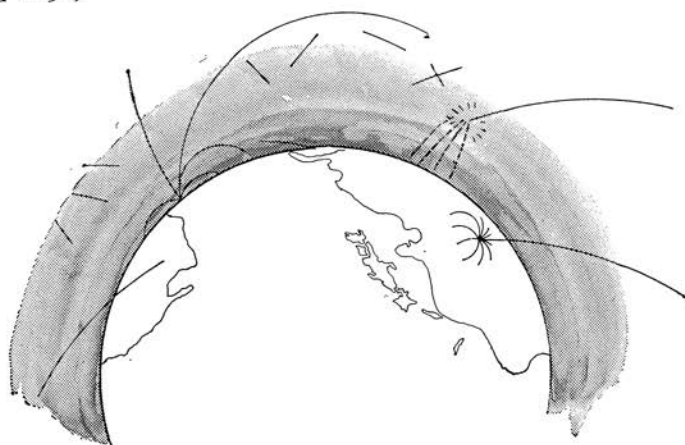
第 15 図

ったふうに廻り始めます。そういうものが地球に舞い込んでくるものが、隕石であると、そういうふうに思われているわけでありす。そういう隕石には、2種類あります。その一つの種類は、鉄とニッケルの合金であり



第 16 図

ます。第 16 図に示してありますが、それでありす。もう一つの種類は石でありす。鉄合金の方は、この写真のように、たいへん美しい模様を示しております。こういう合金の模様というのは、実験室の冶金技術ではとてもできないのだそうでありまして、天然、自然が非常に長い時間をかけて、真空中で、非常な高圧をかけ、しかも長い冷却時間をかけてつくり上げた、非常に特殊な合金であるということが、いえるわけでありす。ともかく、こういうようなかたまりが、第 17 図のように、地球に降ってまいります。これが地球なのですが、ここに、空気が、非常に誇張して描かれてあります。隕石のあるもの



第 17 図



は地球に突入しますと、空気中で熱せられて爆発いたします。そしてそのチリをあちこちにまき散らします。あるものは、ぶつかって来て、大爆発をして、あっちこちに飛び散ります。あるいは、入ってまいりまして、大爆発をして、そうしてその破片が、人工衛星のように、地球を一廻りしてまた入ってきます。そういういろいろなことが起こるのであります。この大きなものがとび込んで来る時には、たいへんな爆音を伴うのだそうであります。日本では、徳島大学の森川さんが、数年前に徳島で、沢山の人が火の玉をみたという情報を集めて歩いて、きわめて牧歌的な報告を出されておりますが、それは、実は隕石だったと思われます。今までに記録されております隕石の、一番大きなものは、シベリアのツングスカという所に、1908年に落ちたものであります。その爆音は、1000 km 以上遠方に聞えたといわれ、数十 km 四方にわたって、森林がなぎ倒されたということです。これは、原子爆弾よりもかなり大きな規模の被害になるわけです。1908年のことから、そろそろ目撃者は少なくなっているかもしれませんが、今だにロシアでは、調査隊を出して、これの目撃者を調べたり、破片を

拾ったり、いろいろな調査をしているようであります。第 18 図は、1908 年に、シベリヤに落ちた隕石の様子を、その目撃者が絵に描き、それをまた写したものであります。ここに、シベリヤの村があります。そこに、こう隕石が落ちる。これは、たいへんなことだ



第 18 図

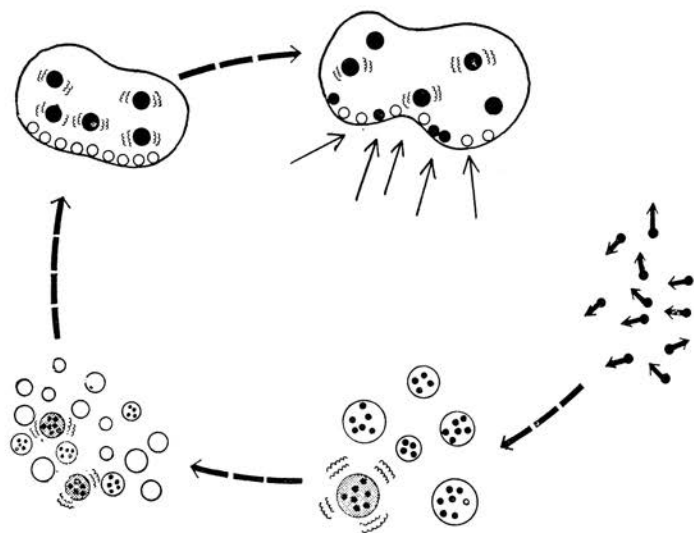
ということが、おわかりだろうと思います。

### 隕石の生成と その放射能

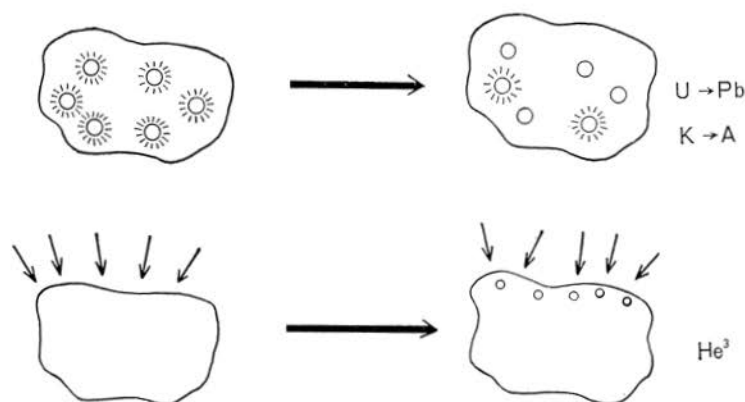
このような隕石が、どのような過去の痕跡を秘めているかということは、この次の第 19 図を見ていただきます。まず初め、素粒子の群れがあり、まさに天地開闢の頃であります。元素が合成されて、こういうふうには、この素粒子のあるものが、少しずつかたまって、いろいろな原子核、つまりいろいろな元素が発生いたします。そうすると、そのあるものは、放射能をもっている。つまり、不安定な放射性の原子核であります。

まだこの状態 (i) では、これはガスであります。それが、しばらくたちますと、そのうちどれだけかの原子核、あるいはある部分の原子核が、何となくここに集まってまいります (ii)。そのうちのあるものは、まだ放射能をもっていますが、しかし (i) から (ii) に至る年月の間に、放射能のどれほどかはすでに失われ、寿命の短い放射性の原子核は、ここからここに行くまでに、すでになくなっております。さて、何となく、こういうふう集まったガスが、もうしばらくたつと太陽系の中の石に、つまり隕石になります (iii)。この

隕石は、(ii) から (iii) に至るまでに、さらに、はじめにあった放射能のうちのどれだけかは失われておりますが、まだかなり放射能をもっております。で、これが飛び始めます。図で現在我々は、この隕石をここで見るわけです。この隕石が出来たとき、つまり太陽系ができた時の、放射性の原子核のうちで、この長い年月の間に、放射線を出して、すでに安定な原子核に落ち着いているものもあります。一方



第 19 図



第 20 図

太陽系ができた時から、現在に至るまでに、隕石は、宇宙の空間を走っている間に、絶え間なく宇宙線を浴びております。それで、初めは、最初につくられた原子核であったものが、宇宙線を浴びておりますために、そのうちのあるものは、こういうふうに、性質を変えております。この図を、もうちょっと描き直しますと、その次の第 20 図のようになります。初めに、ガスが、つまり元素が形成され、それが何となくかたまってくるまでの間に、放射性原子核のうちのある数のものが、減ってまいります。実は、これに、何年かかったかということを知るには、ウランの同位元素の比を調べるのでありますが、その話は省略するといいたします。さて、太陽系が、こ

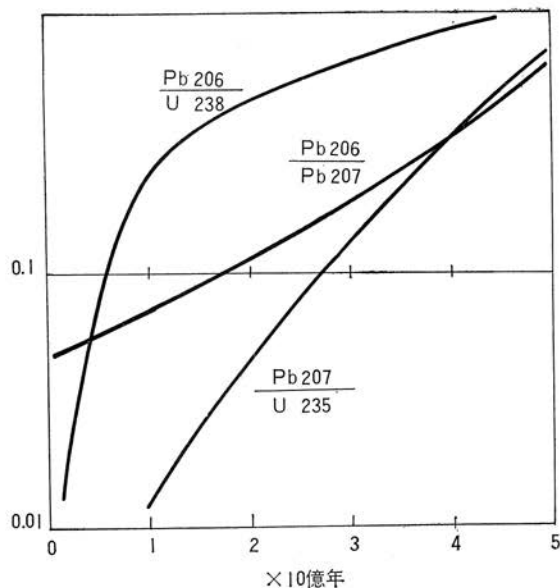
で形成されたときの隕石がこれであるとして（第 20 図上左）。この中に、ある数の、いま例えば 6 個が、含まれております。これが、現在に至るまでの年月の間に、そのウランのあるものがなくなって、今はたった 2 つしか残っていない。ウランの行きつく先というのは、実は鉛です。ですから、ウランが 2 個だ

けになって鉛が 4 個できている。そういうようなことになります。あるいは今度は、この石は、外から宇宙線を浴びる。そうすると、宇宙線によってでなければできない同位元素が、ここに発生したというわけです（第 20 図下）。そういう事情をこの図は説明しているわけです。

隕石の古さは  
そのウランか  
らわかる

このような理窟を用いまして、まず初めに、太陽系が、あるいは、隕石がつくられてから、現在まで、どれだけ時間がたったかということを考えてみます。その場合に、時間を測る時計の役割をしますが、最初の時に加え込まれた、放射性元素、あるいは放射性原子核と、それが長い

年月の間に、壊れて行きつく先の、その子孫であります。普通に存在しておりますウランは陽子と中性子と合わせて 238 個ありますが、これを、ウラン 238 と呼ぶことにいたしますと、これが、種々な放射線を出して、いろいろな元素を経由して 10 億年程たちますと約 20%，20 億年たちますと約 40% のウラン 238 が、鉛 206、——これらの数字は、陽子と中性子を合せた数ですが——に、落ち着きます。あるいは、もう一つの同位元素ウラン 235 は 7 億年たちますと、50% が、鉛 207 になります。このようなわけで、時がたつと共に、いろいろな同位元素の比が、ずっと長い年月の間一定ではなくて、だんだん変わってまいります。第 21 図に描いてありますのは、横軸が、10 億年、20 億年、40 億年、50 億年を示していますが、ここに描いてあります曲線は、例えば、鉛 206 と、ウラン 238 との比が時と共にどう変るかということを示します。始めは、鉛 206 はほとんどないわけですが、これは、その比が、1, 0.1, 0.01 ではありますが、時と共に、ウランの 238 がなくなって、鉛 206 になりますから、だんだんその比が増えてまいります。あるいは、鉛 207 と、ウラン 235 との比が、変わります。



第 21 図

ですから、これを逆にいたしまして隕石の中に含まれている、鉛とウランの同位元素の比を測ってやりますと、その隕石が、何年ぐらい年数がたっているかということが、わかるわけであります。

太陽系は通計 100  
億年も経ている

このようにしまして、わ  
れわれの太陽系というも  
のは、できてから現在ま

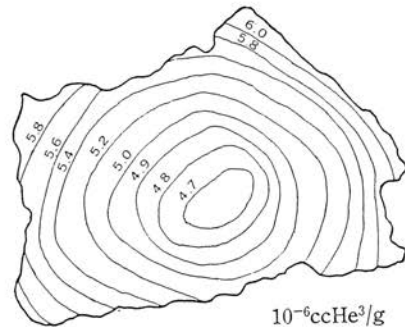
でに、45 億年たっているということがわかっております。今のお話は、太陽系が出来てからの、お話であります。それまでに、もっとガス状であった時代があります。つまり、

元素というものができてから、それがかたま  
って星になるまでの時間というものがありま  
す。そのお話は、少し細くなりますから、  
省略いたしますが、ほとんど似たようなやり  
方でやれるわけなのです。要するに結局、わ  
れわれの太陽系を形成しております元素は、  
開闢以来、約 60 億年程かけてガスになり、  
それから比較的短い 3 億年程の間に、星にな  
ります。そうして現在までに、45 億年を経  
過したというわけであります。

宇宙線にさら  
された隕石の  
中と表面

ところで、この間に星も隕  
石も宇宙線を浴び続けてい  
たわけですが、この時に、  
何ができたかということ

です。その一つは、ヘリウム 3 です。ヘリウム  
3 というのは、ヘリウムにはちがいありませ  
んが、陽子が 2 個と、中性子が 1 個でできて  
いる原子核であります。陽子が 2 個、中性子  
が 2 個のヘリウム 4 という原子核も当然、宇  
宙線が鉄にぶつかってできるわけですが、ヘ  
リウム 4 というのは、元来、天然にも存在し  
ておりますから、ちょっと区別が付きませ  
ん。ところが、ヘリウム 3 というのは、天然  
には存在しないものですから、それは宇宙線  
によってできたものだということがわかりま



第 22 図

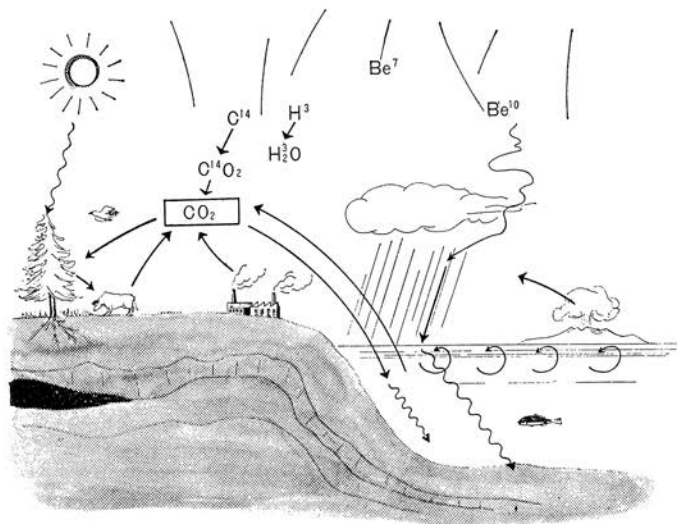
す。ですから、隕石の中のヘリウム 3 の分量  
を測りますと、それは、隕石の、宇宙線に対  
する露出時間というようなものを表わすわけ  
であります。第 22 図は隕石の断面図であり  
ますが、グランツという、アメリカで拾われ  
た隕石なのであります。これが、この中の、  
各部分に含まれている、ヘリウム 3 の含有量  
を測った、データです。含有量の等高線で  
す。内側程、ヘリウム 3 の含有量が減って  
おります。これは、どういうわけかという  
と、宇宙線がぶつかってくるんですが、これは鉄  
のかたまりですから、中にいく程、宇宙線の  
エネルギーを失います。あるいは、宇宙線が  
少なくなります。そういうわけで、外ほど、  
ヘリウム 3 の含有量が多いわけであります。

# 宇宙線が地球につくった放射能

今度は、隕石や月ではなくて、この我々の地球に宇宙線が、どういう痕跡を残しているかという、そういう問題にはいります。宇宙線が地球にやってきまして、まず触れるのは、地球の大気、空気であります。第23図の、赤く描いてある\*のが、宇宙線といたしますと、宇宙線が大気におつかって、いろいろなものができます。炭素 14 とか水素 3、水素 3 というのは、陽子が1個で、中性子が2個。普通の水素は、陽子1個だけです

が、そういう、陽子が1個で、中性子が2個という原子核ができます。それから、ベリリウム7、あるいはベリリウム 10、そういうものができます。ところで、ベリリウム7は非常に寿命が短い放射性同位元素でありますから、今問題にしないことにいたします。水素3という同位元素は、約 12 年という半減期をもっておりますから、これは酸化されて水になり、従って、お酒などにはいるわけであります。ですから、12 年昔に作られたお酒に含まれている水素3は、新しいお酒にく

らべて、分量が半分になっております。ですから、銀座のバーのスコッチなどを調べて、本物がどうか、鑑定ができるわけあります。さて、ベリリウム 10 というのは、250 万年程かけて、半分に減ります。これは、できてから、空气中をふらふらしまして、雨に洗われて落ちて来て海の中に入ります。そして、泥になります。海水の中に、多分、だいたい百年とか、2 百年とか、その程度含まれておりまして、そして、海底に泥となって沈むわけです。海底の泥



第 23 図

\* この図では上方の線。

といいますのは、約 1000 年でやっと 1mm ぐらいの厚さになるのだそうで、そういうふうに、きわめて静かに静かに、降ってくるわけです。ですから、泥をあんまり混ぜないように拾って来ます。例えば、1m 位えぐって持ってまいりますと、その底の泥は百万年昔の泥で、つまり百万年昔にできたベリリウム 10 がある。だから百万年昔の宇宙線の状態を表わしているわけです。次に、炭素 14 がありますが、炭素 14 というのは、宇宙線の中の、中性子が、空気中の窒素の原子核にぶつかって、同位元素になったものです。これは、すぐ酸化して、炭素 14 の炭酸ガスになります。これは、普通の炭酸ガスに、混り合います。炭素 14 というのは、5760 年ぐらいの半減期をもつ放射性の同位元素であります。(普通の炭酸ガスは、もちろん、放射性ではないわけであります。) いったん空気中に混り合いますと放射性をもっている点以外では、全くふつうのものと区別が付きません。

地球上の炭素  
の循環と炭素  
14 のゆくえ

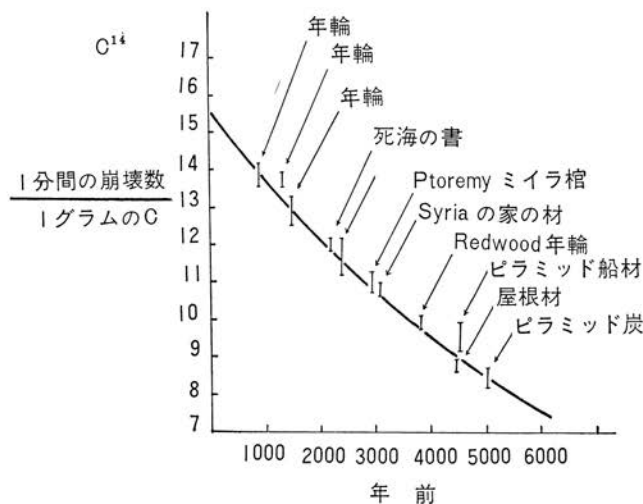
さてそれでは、炭酸ガスは、どういう状態になっているかといいますと、それはまた、水に溶けやすいですから、非常に早く海水に溶け込みます。と

ころがまた、海の水というのは、蒸発いたしますから、そこから炭酸ガスがまた戻って来る。こういうふうに、一種の往復があります。それから、太陽が照っておりますと、水と炭酸ガスとで、植物は、葉緑素によりまして、同化作用をおこないまして、炭素を体に固定いたします。つまり、植物の体をつくっている炭素というのは、全部、このようにして、空気中の炭酸ガスから来るわけであります。そうやってできた草などを、牛が食べます。牛だけに限りませんが。それをまた肉食動物が食べるというわけですが、要するにその炭素のものは、空気中から来ております。そして、生物というものは、どうせ 5000 年も生きるものではないので、すぐ死んでしまいます。死ぬと、「けむり」になりますからまた空気中に……。結局この間に、一種の平衡状態が成立いたします。ですから、生物は生きているかぎり、いつでも、その時の空気中の炭素 14 を非常に正確に記録しているわけあります。ところが、一たん死ぬとどうなるかといいますと、死ぬともう、空気中から炭素を取り入れるということがなくなります。ですから、死んだ生物の体の中の炭素の割合は、やはり 5760 年で 2 分の 1 になるという、そ

ういう割合で、だんだん減ってまいります。植物が死んで、きわめて長い年月を経たものが、石炭とか石油で、これは、非常に長い年月たっておりますから、その中には、生きていた当時入っていた炭素 14 は、まずほとんどなくなっております。ですから、石炭とか石油というのは、炭素 14 を含んでおりません。人間はそれを燃やすわけでありまして。ですから、こうやってできた炭酸ガスというのは、炭素 14 を含んでいない。それからまた地の中から、火山が時々噴火いたします。これも、地の中に長いこと、貯えられていた炭素を噴出いたしますから、これも、炭素 14 は含んでおりません。そういうようないろいろなものが、こういう一種の平衡状態みたいな結びつきになっているわけでありまして。

生命の遺物中  
の炭素 14 と  
新しい考古学

リビーという学者がおりまして、この人が、こういう考え方を使いまして、死んだ、年代のわかっている生物の、死体の中に含まれている、炭素 14 の割合を、年に対して、第 24 図のようなグラフ



第 24 図 Libby の測定、カーブは半減期  
5760 年とした予想

に書いてみました。横軸に 1000 年、2000 年…… 7000 年、と年代を、そして縦軸に生物の死体の炭素の中に含まれている、炭素 14 の割合をかいてあります。これが、5760 年の割合で半分に減るといたしますと、この曲線にそって減るはずであるというわけでありまして。さて、リビー先生は、エジプトの第一王国のといいますから、ピラミッドよりも、もう一つ前の時代のお墓を掘り出しまして、これは何でしたか、その墓の隅か何かの中に含まれている炭素 14 の量をはかりました。そうしたところが、それはこの位だった。そ



れから、どれでしたか、トレミー王朝のミイラを燃やして、その中の計量をしたのが、これであります。そういうふうないろいろなものがあります。それからまた、ピラミッドの中にあった船を燃やしたりしました。それから、非常に面白いのは、死海という海がありますが——これはヨルダンですか——その死海の付近のクムランというところに、宗教的な修道院の遺跡が、発掘されました。それを、「死海の書」というわけですが、それが、キリスト教の福音書のある一つに、非常によく似ているようでして、それが、キリスト教に影響を与えたのか、与えられたのかということが論争になっているそうではありますが、つまりその位ですから、少なくともそれは、キリスト誕生か、それとも生きていたかの頃であったことはまちがいない、つまり 2000 年前であることは、まちがいないというわけで、その炭素の中の、炭素 14 を定量いたしました。それは図にのせてあります。その左がもっと新しい材木を燃やしたり、いろいろなことをしたものです。いずれにしても、こういうふうに、実際測定の色が割によく予想に合ったというわけであります。ですから、逆にいいますと、今度は、いつ死んだか

わからないようなもの、例えば、くわしくは存じませんが、学習院の木越先生などが、法隆寺だかどこだかの、まさか柱を燃やすわけにはいきませんので、どこですか、壁片ですか、何かを燃やして、その年代を測定したとか、つまり、今度は年代のわからないものを使いまして、その中に含まれる炭素 14 の量から、それがいつのものであったかということ、知るわけであります。このように炭素 14 は考古学に、非常に大きな新しい面を開いたわけであります。それ以来、歴大な測定がなされております。仁科先生の後継者であります山崎先生の研究室で、浜田さんが歴大な測定をしておられますし、木越先生の所でも、非常にたくさんの測定がされているそうであります。

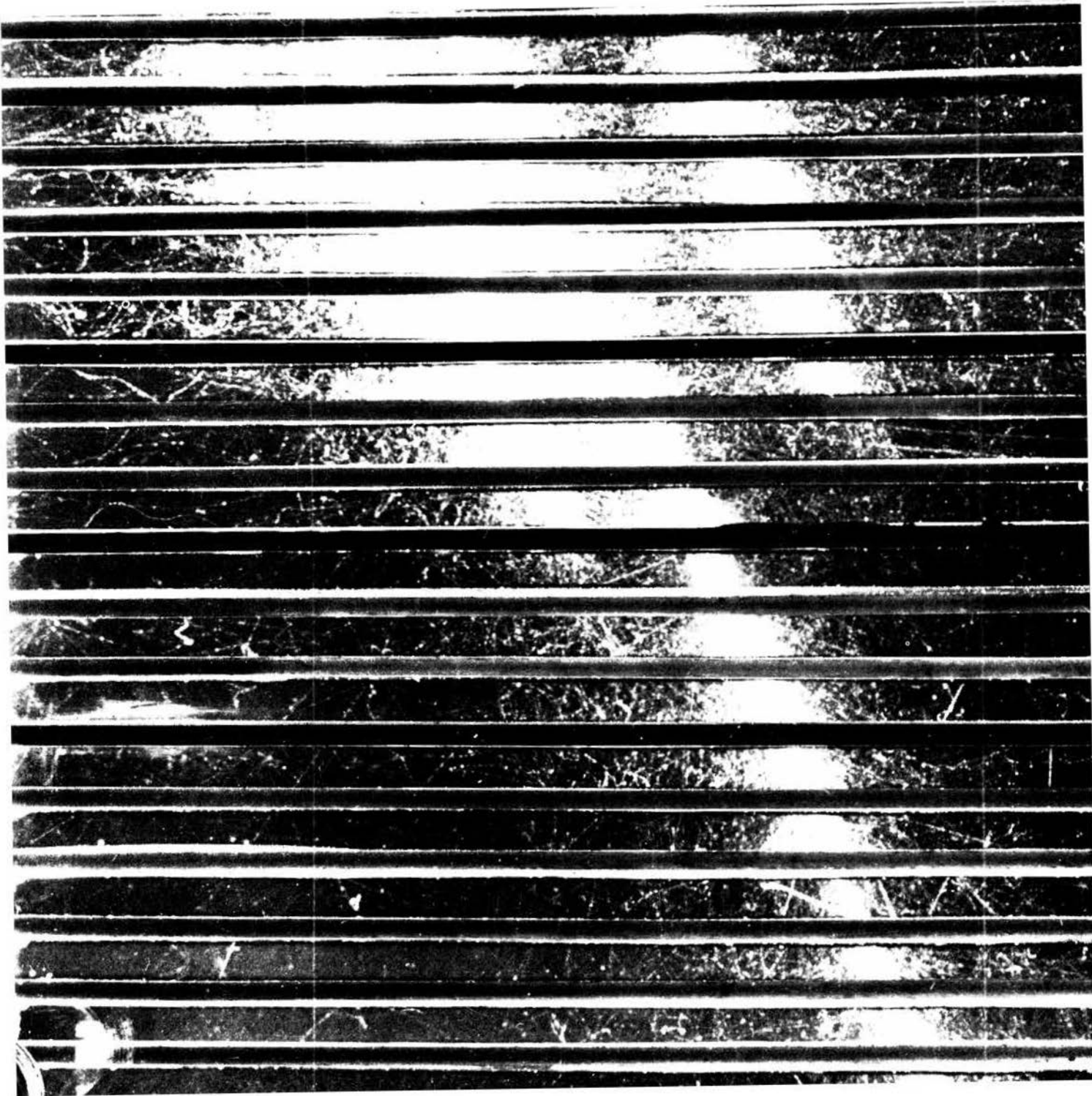
木の年輪から地球  
があびた宇宙線の  
歴史をさぐる

このようなことから、一方では、宇宙線が数千年に亘って、ある精度では一定であったということがわかります。つまり、もし宇宙線が非常に大きく変化したといたしますと、先程の点、あの曲線からずれているはずであります。ところが実際には、大してずれていないのですから、5000 年の間に宇宙線があまり

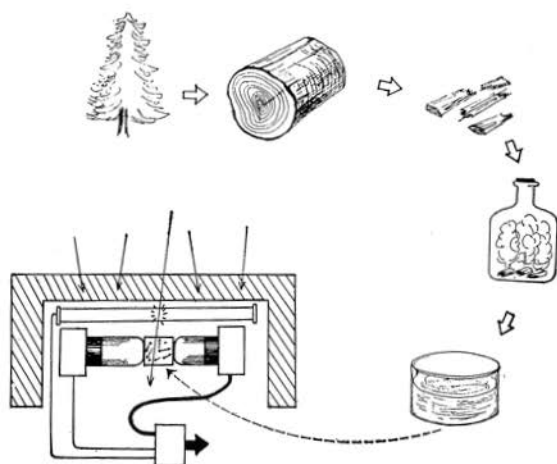


雪に掩われた北アルプス連峰を乗鞍岳頂上附近より望む。左下方の建物が東京大学宇宙線観測所。全国の宇宙線研究者の共同利用設備として昭和29年建設された。写真中央の山頂にある建物は東京大学天文台のコロナ観測所。東洋に一つという太陽のコロナグラフをそなえている。昭和24年に建設された。いずれも年間を通じて観測をつづけている。後方に見えるのは、穂高岳、槍ヶ岳はじめ北アルプスの山々。

[右写真] 乗鞍岳の宇宙線観測所に設置された巨大な霧箱によって得られた写真。水平に置かれているのはそれぞれ厚さ1センチメートルの鉛の板で、上方から入射した高エネルギー宇宙線粒子が鉛の板を通して発達する様子を鮮かにとらえている。



ひどくは変らなかったということを意味しています。そこで、年代のはっきりわかっている、生物の死骸を、系統的に集めまして、それの中に含まれている炭素 14 をはかり、何千年かの間に、地球の浴びた宇宙線の歴史をくわしく調べようと考えすることは、きわめて自然なことであります。年代順にきちんと保存されている生物の死骸の典型的なものは、古い木の「年輪」であります。木の年輪というのは一年ごとに空気中の炭酸ガスを固定しまして、従って、その年々の炭素 14 の記録をきちんとのこしながら死んでいくわけであります。それで、外へ外へと拡がっていくわけであります。第 25 図のように木がありまして、これが空気中の炭素 14 をとり込んでいます。これを切ります。こういうふうにな輪がありますと、この年輪をはがします。これを燃して炭酸ガスにいたします。その炭酸ガスからシンチレーターを合成いたします。シンチレーターというのは、先程お話いたしました、放射線が当たると、光を出すものであります。この場合には、シンチレーター自身が、これからつくられた。つまり、放射能を、自分の体にとり込んでおります。それを、この所にもって来まして、これを両方の、光電



第 25 図

子増倍管という、光を電気に変える真空管でみてみます。そうすると、これ自身もっている放射能から出る光が、こういうふうには、電気的に記録されます。ところが、これは非常に少いものでありますから、外から来る宇宙線が邪魔をいたします。つまり、これ自身から出たのだから、外から来た宇宙線が出した光だから、わからなくなります。そういうことを防ぐために、これを、厚い鉛で囲ってやったり、あるいは、この上に、ガイガーカウンターを置いておいて、ここから出た光が、出たその瞬間に、ガイガーカウンターをならせば、それはどうも、この中から出たものではなく、外からのものだということがわかるか

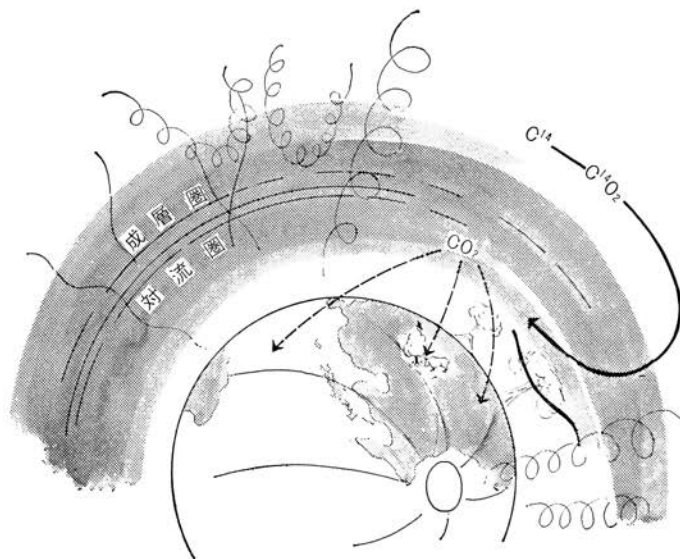
ら、そのカウントは除外します。まあ、そういうやり方で、測定ができるわけであります。

海は炭素 14  
を貯蔵する

もっとも、こういう測定というのは、容易なことではありませんで、それは、大気には海という、先程の図でご説明いたしました、大きな海というものが、ついております。海が炭酸ガスを非常に大量にとかし込みます。大きな貯蔵庫のようになっているわけであります。また一方、第 26 図で、きりぎり舞いをしているのが宇宙線であるといえますと、宇宙線は、成層圏で、炭素 14 をた

くさん作ります。成層圏と対流圏との間は、かなり確然と分れているものでありまして、あまり簡単には相互に混りあわない。ところが、いわゆるジェット気流の流れております付近に、少し孔があります。そこから成層圏中の炭素 14 が対流圏に入って来ます。そのような炭素 14 でできた炭酸ガスが、この空気中の炭素 14 に混って、そして、さっきいいました生物と、混るわけですが、これは非常に広い海、その海が大きな貯蔵庫になります。ですから、いわば、非常に大きな部屋との間の戸を、

け放したまま、こちらの小さな部屋を暖めても、ちっとも暖まらないというように、外の宇宙線、ここから来る宇宙線が、少しぐらい、増えたり減ったりいたしましても、こういう大きな貯蔵庫との間が、開け放しになっておりますと、宇宙線が増えてそれで新らたにつくられた炭酸ガスの量が増えたとしても、あんまり、増え方が目立たないというおそれがあります。ですから、そういう成層圏と対流圏、対流圏と海と、そういう間の扉が、どういふふうに開けられているかという



第 26 図

状態を、よく調べなければならぬわけであります。

そういう部屋の間の扉を調べる上に、非常に参考になる事実が、いくつかございます。その一つは、先程の図にありますところの、人類が過去 150 年程の間に非常に歴大な石炭を燃やしたという事実であります。石炭は、これまでに約 7 百億トン、燃やされたそうでその石炭は、先程申しましたように非常に古い生物の死骸ですから、炭素 14 はなくなっております。ですから石炭を人間が燃やすことによってつくられる炭酸ガスは、空気中の炭素 14 を薄めているわけです。どのくらい薄めたかといいますと、産業革命以来、約 12% 薄めたはずだそうです。それでは、産業革命前に植えていた木と、現在の木とを切り倒しまして、炭素 14 を調べたら、ほんとうに 12%、炭素 14 が薄まっているかということ調べたデータが、いろいろございます。これも、人によってちがいはして、木越先生によると、あんまりそういうことはないそうでありまして、ともかくまあ、12% 薄まっているはずなのが、実は、2 あるいは 3% しか薄まっていないとそういうことだそうです。それは、大いに考えられることであり、

つまり、海という大きな部屋との間の扉が、すうすうになっているものですから、薄めたつもりで薄まっていないと、そういうことになります。もう一つ、この状況を調べる上に役立ったもの——だからといって、奨励するわけではありませんが——は、原子爆弾であります。それは、1953 年から 57 年までの間に、原子爆弾が、たくさん爆発いたしまして、それが、大量の炭素 14 を、成層圏に送りました。それが、57 年でしたか、58 年でしたかに、幸いにも、ぱたりとやんだわけであります。ですから、非常に大規模な実験ができたわけで、大量の炭素 14 を、数年間、ぽんとここに上げて、ぽんとやめたのですから、その後に空気中の炭素 14 はどう変ったか、そういうようなことを、克明に調べますと、（実際いろいろな方が、調べておられるようであります）地球にみられる大きな部屋部屋の中の、流通の状態がかなりよくわかってくるわけであります。

### む す び

勿論こういう方面の学問はまだ始まったばかりであると思いますし、したがってまだこれからでなければ、より多くのことはわからないのでありますが、ともかく、このような比較的



味な研究すなわち、隕石であるとか、海底の泥であるとか、あるいは古い木であるとか、一見ちょっととっぴなような、しかし私たちには非常に身近かなものをよく調べるということが、巨大な望遠鏡を振り廻わして運転したり、あるいは、大きな人工衛星を飛ばしたりするなどということ——それも大事なのですが——そういうことと共に、宇宙の構造とか、存在だとか、そういう最も基本的なものを知ることに関心しているのだとい

うことが、おわかりいただければたいへん幸いに思います。また宇宙線とか、同位元素とかいうものは、先駆者としての仁科先生がいろいろ苦心なさった問題であります、それが今日では、こういうようなことに結びついているのだということを、ご報告するわけがあります。\*

\* このあとに映画の説明がつづきますが、省きました(編集係)。





## レベデフ物理学研究所の1カ月

に 丹 生 きよし 潔\*

ユネスコ（国際連合教育科学文化機関）のフェローシップをもらって、ソ連科学アカデミー附属のペー・ユス・レベデフ物理学研究所を訪問するために、モスクワに着いたのは去年の9月1日夕方であった。

出発2日前に航空旅程が変更になったとの連絡電報を打っておいたのに、誰も迎えに来てくれず、どこへゆけとの連絡もなく、おまけに日曜日の夕方ときているのでこちらから連絡のしようもなく、はじめての外国でただ一人どうなることかと思った。しかし、気をとりなおし、なれないロシア語と英語をなんとかあやつって、インツーリストの空港事務所責任者の世話で郊外のホテルに一夜の宿をとることができた。翌日、ホテルのサービス

ビューローの女性事務員の親切な連絡で、ようやく顔見知りのレベデフ研究所のジダノフ博士が迎えにきてくれた。ほっとすると同時に一外国人に対するソ連の市民の親切に感激した。

科学アカデミーで予約してくれてあったウクライナ・ホテルの27階の一室に落着くとようやくまわりを見まわす余裕がでてきた。モスクワの空にそびえたつ7つの高層建築の一つであるこのホテルの27階からの眺めは、眼下にモスクワ河を見おろし、対岸少しはなれて外務省の高層建築、遠くにはモスクワの中心クレムリンをはるかに望む景色であった。東京とくらべて緑が多い。勤労者の高層アパートが整然と並んでいること、道路がひ

\* 東京大学原子核研究所助教授。昭和36年度仁科記念賞受賞者。





ホテル・ウクライナ 27 階からの眺望

ろくて常にきれいに掃除されていること、道ゆく人々の服装がはででなく、またみすばらしくもなく、だいたいそろっていること、女性が堂々としていること等々が次々と印象づけられた。

さて、9月2日からの毎日は、ホテルから乗合いタクシー（10 カペーク＝40 円）、地下鉄（全線 5 カペーク＝20 円）、トロリーバス



レベデフ物理学研究所正面

（各線 4 カペーク＝16 円）を乗りついで、市の南西部の新開地に通じるレーニン大通りに面したレベデフ物理学研究所に通うことになった。この研究所はレニングラードから 30 年前にモスクワに移されたという歴史のある研究所で、今の建物は十数年前に建てられた、がっしりした石造りの立派なものである。

所長にはスコベルツィン博士が 10 年程前から就任しており、ドブローチン教授にひきいられる大宇宙線研究部門をはじめ、高-、低-エネルギー核物理部門、加速器物理部門、ラジオ物理部門、その他半導体、ルミネッセンス分光、スペクトル解析等の部門と、タム教授にひきいられる理論物理部門とがあり、総勢 2000 名余りの科学者、技術者等がここで働いている。

私の専門は、原子核乾板をつかつての超高エネルギー核現象の研究なので、原子核乾板グループのジダノフ博士の研究室に机を用意してもらい、モスクワ滞在の 1 カ月の約半分は、彼の研究室で進行中のデータの解析の相談にのったり、新しい解析のやり方の提案を行なったりして過ごし、あとの半分は、ジダノフ博士のアレンジしてくれる日程にしたがって、レベデフ研究所内の各グループを訪問、



レベデフ物理学研究所中庭

見学し、また逆に各研究グループからの研究者の訪問を受けて討論と情報の交換をするなどしていた。また、レベデフ研究所とモスクワ大学の宇宙線研究者 50 名たらずが出席した合同コロキウムで、日本の超高エネルギーグループの仕事を紹介する講演をしたり、モスクワから 120 キロメートル程はなれたところにあるドブナの合同原子核研究所を訪問したりした。

研究所での日常生活は、8 時出勤、11 時半～3 時の間に 1 時間昼休（弁当を食べたり、研究所の食堂で食事）、3 時～3 時半終業の実

質 6 時間労働である。技術者や研究補助者は、だいたいこの時間割で働いているが、研究者や大学院学生は、外国の同業者と同じくおそく出勤して、皆が帰りだす頃仕事を始め、夜おそくまで頑張るといったタイプの人も見うけられ、時間にしばられてはいないようであった。

ジタノフ博士と母親  
——母親のアパートにて——

物理学者の俸給は、大学院学生（月給～100 ルーブル＝4 万円）、カンディダート（月給～200 ルーブル＝8 万円、熟練すると～300 ルーブル＝12 万円に上る）、博士（月給～400 ルーブル＝16 万円）の各段階に分れており、科学アカデミーの会員になると更に高給を受けている。これら研究者の待遇は一般の人々、たとえばタクシー運転手（50～60 ルーブル

＝2万～2万4千円)や事務職員、工場労働者等と比べるとはるかに高く、文科系統の先生に比べても高い。知り合った人の話によると、住居費は給料の6%、食費は親子3人で月に100ルーブル程度とのこと。したがって共稼ぎの研究者は金のつかいみちに困りはしないかと余計な心配をさせられる程優遇されている。

また、研究を支える技術者は、人数では物理学者の数倍おり、中卒程度のラボラント(月給80～120ルーブル＝約4万円)、専門高校卒程度のテクニシャン(月給～150ルーブル＝6万円)、大学卒程度の技師(月給200ルーブル以上＝8万円以上)という3段階に分かれている。下位の技術者は若い人が多いが、これらの人達は、さらに技術と知識を高めるために、あるいは他の専門的な仕事につくために、夜学または通信教育で勉強をつづけている。それは本人達の希望であるばかりでなく、社会的にも奨励されている。ひるの勤務は3時までで、勉強の時間は十分あり、学費は不要、試験やスクーリングのための有給休暇は他の人よりも多く与えられる。卒業後の昇進や新規採用には、夜学や通信教育だからという差別は全くないなど、さすがは社

会主義の国だと思わせられる。ジダノフ博士の研究室でも、1人の男性テクニシャンは夜間大学に通って物理学者になるための勉強をしていたし、1人の女性ラボラントは通信教育で師範大学の課程をとっており、卒業後は中学の先生になるのだといていた。

物理学者や技術者の中の女性の割合は日本よりもずっと高く、またなかなか活動的で、学問的な討論会でもずいぶん活発に発言していたのが印象に残っている。私のつきあった人たちは、ほとんど既婚の人で、子供が1人または2人という人たちだが、彼女らは子供たちを保育所にあずけて、一日心配なしに研究にはげんでいる。ご主人も物理学者という組合せがたくさんあったが、子供の保育園への送迎をひきうけているご主人も多い。女性研究者の活躍のかげには、社会的な施設の完備のほかに、男性の心からの協力があるということを見せられた。

私の世話をしてくれたジダノフ博士の一家は、ビール工場の技師をしている奥さん、5才の女の子、3才の男の子の4人家族でディナモスタジアムの近くのアパートに住んでおり、夫婦で私を映画に招待してくれたり、一家で私をピクニックにさそってくれたりし、



ジダノフ博士夫人と子供たち  
モスクワ郊外ピクニック

またレベデフ研究所の近くのアパートに別居している博士の母親は私を度々夕食に招いてくれたので、研究者達の家庭生活の一端にふれることができた。母親の家は 10 階建のアパートの 10 階にあり、窓からはモスクワ大学の立派な建物が望見され、なかなかいい部屋で日本の住宅公団の 30 K よりずっと広い感じをうけた。9 月 22 日の日曜にジダノフ博士一家 4 人と私は、モスクワの北の郊外の森の近くにあるチェルナフスキー博士の両親の家に招かれた。森の中でのきのこ狩りと散



モスクワ大学の遠望

歩のあと、庭で“レベデフ対東大核研”のピンポン試合をやったり、ジダノフ夫妻、チェルナフスキー夫妻と弟、それに私の 6 人でバレーボールをやっているところへ、60 才をすぎたと思われるチェルナフスキー博士の両親が帰ってきて、息子たちのさそいによってチームに加わり、上手なプレーで若い私達を苦戦させたこと、大人たちが遊んでいる間、子供たちは子供たちで自主的にのびのびと遊んでいたことなど、楽しかったこと、感心させられたことが数々あった。

さて、この辺でソ連の宇宙線研究の特色に



モスクワ大学物理学部

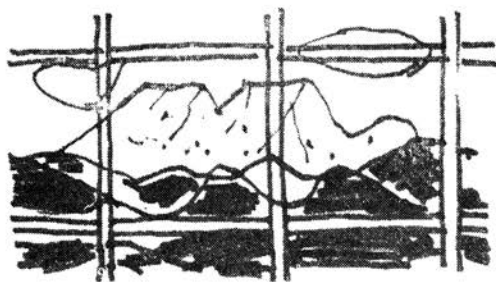
ついてふれておきたい。アメリカやヨーロッパの宇宙線研究者が、高エネルギーの人工加速器の完成とともに、定量的な研究をすることがむずかしい宇宙線をつかったの素粒子物理の研究を見かぎって、宇宙空間科学と加速器をつかったの素粒子物理学研究へと分化していったのに対し、ソ連の研究の特色は、素粒子物理の本質的な問題点は近い将来に人工加速器で到達し得る最高エネルギーよりも千倍、万倍以上のエネルギー領域ではじめて明らかになる、との理論的分析にもとづいて、大部隊の研究者技術者と大量の研究費をつぎ込んでいっているということである。この2年間に中央アジアのアルマアタから50キロメートルのチャニシャーニャ山に新しい宇宙線観測所を建設し、1000トンの電磁石を中心とした

超高エネルギー系過程観測装置や、底面積36平方メートル、厚さが核衝突平均自由行程の10倍の巨大な電離カロリメータを中心とする空気シャワー観測装置などを設備して、今年から実験をはじめたこと、面積8平方メートル、重さ6トンの鉛とシンチレーターからなる電子シャワー観測装置をTU 104ジェット機に積んで、1万～1万2千メートルの高空で1000時間くらい露出する大実験をはじめたことなど、これらは私達日本の宇宙線研究者が政府から受けとる研究費の少くとも数十倍はないとできない仕事である。日本の宇宙線研究者は、最小の費用で最大の効果をあげ、数年来世界一流の仕事をしてきたが、このような強力な競争者に対してはアイディアと小器用さでだけでは対抗できなくなりはないか、とのおそれをいだかせられた。

最後に、日本とソ連との間の研究者の交流を拡大する可能性について、私の滞在中に得た情報では、モスクワ大学やレベデフ研究所などに長期滞在して共同研究することは、文化協定が結ばれなければ無理だが、ドブナの合同原子核研究所は国際共同研究所であるから、滞在費を日本側が持つ、所属研究機関の長の推薦状を提出する、の2条件をみたして

いれば、日本人研究者でも受入れが可能とのことであった。日本の若い原子核研究者が仁科記念財団の海外留学奨励金を受けてドブナにゆき、特色のあるソ連東欧グループの原子

核研究を学び、彼等と共同研究をしてくるのも、日本の原子核研究の発展のために大いに役立つことではないかと思う。



# 財団法人仁科記念財団役員名簿

(昭和 39 年 7 月 1 日現在)

理事長 朝 永 振一郎

常務理事 村 越 司 山 崎 文 男

|     |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|
| 理 事 | 安 藤 豊 禄 | 石 川 一 郎 | 植 村 甲午郎 | 太 田 清 蔵 |
|     | 茅 誠 司   | 木川田 一 隆 | 酒 井 杏之助 | 嵯峨根 遼 吉 |
|     | 瀬 藤 象 二 | 長 岡 治 男 | 原 安三郎   | 我 妻 栄   |

監 事 佐々木 秋 生 武 見 太 郎

|       |         |         |         |         |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| 評 議 員 | 有 山 兼 孝 | 安 藤 豊 禄 | 石 井 千 尋 | 石 川 一 郎 |
|       | 一万田 尚 登 | 一 宮 虎 雄 | 植 村 甲午郎 | 太 田 清 蔵 |
|       | 茅 誠 司   | 菊 池 正 士 | 木川田 一 隆 | 木 村 健二郎 |
|       | 小 谷 正 雄 | 小 林 稔   | 駒 形 作 次 | 酒 井 杏之助 |
|       | 嵯峨根 遼 吉 | 杉 本 朝 雄 | 瀬 藤 象 二 | 千 秋 邦 夫 |
|       | 武 見 太 郎 | 田 島 英 三 | 玉 木 英 彦 | 富 山 小太郎 |
|       | 朝 永 振一郎 | 中 泉 正 徳 | 長 岡 治 男 | 仁 田 勇   |
|       | 畠 山 蔵 六 | 原 安三郎   | 藤 岡 由 夫 | 藤 山 愛一郎 |
|       | 宮 崎 友喜雄 | 村 越 司   | 矢 崎 為 一 | 矢 野 一 郎 |
|       | 山 崎 文 男 | 湯 川 秀 樹 | 我 妻 栄   |         |



## 運 営 委 員 会 お よ び 事 務 局 構 成

理 事 長 朝 永 振 一 郎

常 務 理 事 村 越 司 山 崎 文 男

理 事 嵯 峨 根 遼 吉

運 営 委 員 石 井 千 尋 一 宮 虎 雄 鎌 田 甲 一 田 島 英 三  
玉 木 英 彦 富 山 小 太 郎 西 村 純 宮 崎 友 喜 雄  
浜 田 達 二 三 浦 功

理 事 長 秘 書 横 山 す み

職 員 小 峰 田 鶴 子

事務局所在地：東京都文京区駒込上富士前町 31 番地

電話：(942) 1 7 1 8