

# 理化学研究所 ニュース

Jan. - 1970

No. 16

## メスbauer効果と磁性の研究

### —メスbauer効果とは—

メスbauer効果は、物性研究の分野では、すでに一つの研究手段として確立されているが、その発見が比較的新しいので、一般にはまだそれほど広く知られていないかも知れない。まずその簡単な説明をしよう。放射性原子核の出す放射線の中で、 $\gamma$ 線は光やX線と同様に電磁波である。したがって、ある原子核から出た鋭い線スペクトルを持つ光が、同種の原子に吸収されるような、いわゆる共鳴吸収が $\gamma$ 線の場合にも見られるはずである。しかし実際には、電磁波も光子と呼ばれる粒子としてそれ自身運動量を持つために、放出核を離れる際に核を後に跳ねとばす。跳ねとばされた核の方は質量があるので $\gamma$ 線のエネルギーの一部を受け取り、 $\gamma$ 線のエネルギーは少しずれてしまう。同じことが吸収の際にもいえるので、結局このずれのために共鳴吸収は非常に起りにくいものと考えられてきた。

ところが1958年にR. L. Mössbauerは、固体中では条件によっては、問題の原子核がまわりからしっかりと固定されて巨視的な結晶全体として $\gamma$ 線を放出または吸収するために、事実上跳ねとばされる効果が無視できるのでエネルギーのずれもなく、したがって共鳴吸収が容易に実現できる場合があることを実験的に示した。彼はこの仕事によ

って1961年度のノーベル物理学賞を贈られ、上述の効果はメスbauer効果と呼ばれることになった。実際の固体中ではその原子核にかかっている電場や、また磁性体の場合には内部磁場と呼ばれる強い磁場のために、元来は一本であった $\gamma$ 線スペクトルが何本かに分れて超微細構造を持つようになる。しかしそのずれは僅かなので、数cm/secという程度の速度で $\gamma$ 線源（あるいは吸収体）を動かしてやれば、それによるドップラー効果のずれによって、再び共鳴吸収を行なわせることができる。現在ではこの原理を利用したメスbauer・スペクトロメータが市販されるまでになり、物性、とくに磁性の研究には、他の手段では得られないようなデータの得られる貴重な武器として使用されるようになった。

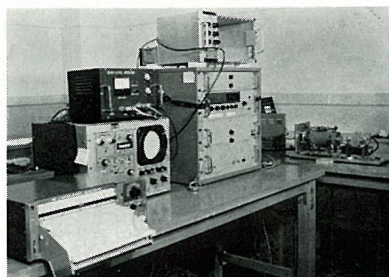


図1 メスbauer・スペクトロメータ

当所でも2年程前に、磁性研究室、核分析化学研究室にそれぞれメスbauer・スペクトロメータが導入され、活発な研究が行なわれている。図1はその装置の写真であるが、付加装置の一つに当所工作部と共同で開発したゼロ点のドリフト監視回路があり、良好に作動している。

### 一 理化学研究所における研究の実例一

こゝで磁性研究室に重心をおいて当所の研究の一端を紹介しよう。メスbauer効果の実験に利用できる核種数は極めて限られているが、 $^{57}\text{Fe}$ はメスbauer効果に関してはあらゆる面からみて優れた性質を持っており、しかもFeは磁性体の構成原子として重要な地位を占めるので最も広く研究されている。次にその一例を示す。図2のa

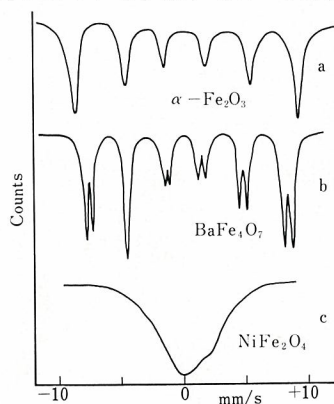


図2 メスbauer吸収スペクトルの例

は標準物質として用いられる $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ のメスbauer吸収スペクトル、bは $\text{BaFe}_4\text{O}_7$ の常温におけるそれである。この物質は当研究室で合成、構造決定をされた磁性体である。この図の解析から、(1)この物質の磁氣的測定による磁性は弱いのであるが、鉄イオン間の交換相互作用は十分に強く、常温ではその磁気能率は相当規則正しく並んでいる反強磁性体である、(2)鉄イオンは3価の状態にある、(3)鉄イオンはT度半分ずつ2つの結晶位置を占めているが、両者は周囲の様子、化学結合性等がかなり異っている、など多くの情報が得られ、X線回折と相まって結晶構造、磁性の解明に大いに寄与した。

次に現在磁性研究室で最も力を入れている $^{61}\text{Ni}$ のメスbauer効果について述べる。 $^{61}\text{Ni}$ は核種としての実験条件が $^{57}\text{Fe}$ に劣る点が多いため殆んど研究されておらず、現在研究しているのは世界でも数カ所にすぎない。しかし磁性体の構成要素として重要な鉄族元素の中で鉄以外の唯一のメスbauer元素としてニッケルの果す役割は決して小さくない。 $^{61}\text{Ni}$ に関する最大の困難はその親核種 $^{61}\text{Cu}$ あるいは $^{61}\text{Co}$ がいずれも寿命が短かく、長い方の前者でも3.3時間しかなく、しかも原子炉では作り難い点にある。幸い当所ではサイクロトロンが利用できる。約21MeV、 $20\mu\text{A}$ で数時間の $\alpha$ 線照射により作られた $^{61}\text{Cu}$ を線源として、放射性核種の化学的研究を行なっている核分析化学研究室と協力して磁性体の研究を始めている。線源の作製をはじめとして実験的困難のために手間どったが、最近ようやく成果が得られ始めた。その例としては、 $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ 、 $\text{NiCo}_2\text{O}_4$ 、 $\text{NiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{NiCr}_2\text{O}_4$ などのスピネルあるいはそれに似た結晶構造をもつ一連の磁性体の研究がある。図2のcは、 $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ の液体窒素点におけるスペクトルである。 $^{57}\text{Fe}$ のものに比して分解能がはるかに劣るのは、 $^{61}\text{Ni}$ の $\gamma$ 線の大きな自然幅によるもので本質的に避けられないことである。したがってこのような実験から物理的な知識をひき出すためには、電子計算機を用いたデータ処理が不可欠である。現在当所の電子計算機を用いて解析が進行中で、すでに二、三の興味ある結果が得られつつある。

$^{61}\text{Ni}$ のメスbauer効果は、特に伝導電子の状態についての情報を与えてくれる特色があるので磁性半導体の研究などに利用することも計画中である。

以上述べた $^{61}\text{Ni}$ のメスbauer効果による磁性体の研究などは、総合研究所としての当所の特色が良く発揮された例の一つかと考えている。

(磁性研究室 関沢 尚)

## — 話題 —

## X線星の話

アポロ11号によって、人類は初めて月に達し、月の岩石を採集して再び地球にもどるといふ実におどろくべき時代になった。月はもはや遠い世界ではなく、人類の手がとどく世界になってしまったのである。

天文学は最も古くから発達した学問であり、数学がそれに伴って発達した。19世紀の終りまでは、もっぱら光学的方法によってのみ天体観測が行なわれていたので、非常に遠い宇宙のことはよくわからなかった。20世紀に入って電波天文学という新しい分野が開かれ、宇宙像は大きく変えられた。今日知られている銀河系宇宙の構造は、まさに電波天文学の所産である。

また、20世紀には宇宙線が発見され、粒子天文学という新しい分野もひらかれ、新しい多くの知識が得られている。(本ニュース第3号参照)

ところで一般に地上に観測器を据えて地球外の天体を観測するには、前記のように主として光と電波が用いられるが、これは電磁波の大気による吸収に関係している。すなわち地球外からの電磁波は厚い大気の壁にさえぎられる。ただ光と電波の領域だけが素直に通り返ってくるわけで、いわば、大気の壁には光と電波を通すせまい窓があり、これを通して宇宙観測が行なわれるということが出来る。図1はその窓の概念図である。

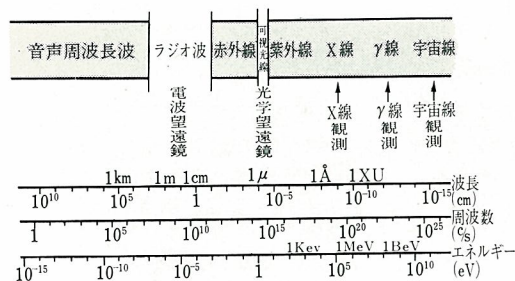


図1 電磁波の大気による吸収と宇宙観測の窓

ところがロケットや人工衛星が利用できるようになって、急速にX線天文学、γ線天文学という新しい分野が開拓され始め、さらに多くの新しい事実が発見されるようになった。

今から7~8年前までは、月の化学成分を調べるには、太陽から放射されるX線が月面にぶつかりそのX線によって励起された特性X線を調べるのが唯一の手掛りであった。この考えに基づいて、1962年6月、アメリカの科学者はロケットにX線

測定器をのせて打ち上げた。ところが月からのX線は観測されないうで、銀河中心の方向とカニ星雲の方向とに強いX線源があることを発見した。それは2~8Åの波長域で、その強度は宇宙線の数十倍にも達した。その後X線の源の位置と大きさを正確に測るため、月がカニ星雲を覆う機会に観測を行ない、X線源がカニ星雲の中心部の小さい領域であることも判った。

今日まで約40ほどのX線源がみついているが、それがどんな天体で、どんな機構でX線を出しているのかわからない。しかしサソリ座にあるSCO-X-1は1966年6月に東京天文台岡山天体物理観測所で光学的に同定され、このX線星は普通の星に比べて青く、紫外線が強く、光の強度が変動するという特性をもっていることが判った。

数ÅのX線は大気に吸収されて地上に達することができないので、ロケット、人工衛星、気球などによる観測が必要である。またX線源の大きさや位置を正確に定めるために種々の工夫がなされている。日本の学者の発案によるすだれ式のコリメータは極めて優れたもので、この方法によるX線星の位置測定に当所の研究者も協力している。

核爆発によって地球大気から出る放射線を観測する目的をもつアメリカのベラ衛星は本年の半ば頃、新しく出現したX線星をみたという報告をした。これを確認するため東大宇宙研グループは8月7日夜、鹿児島でロケットによる観測を行ない、新しいX線源がSCO-X-1の近くにあることを知った。この結果は筆者によって本年8月ブタペストで開かれた第11回国際宇宙線学会に報告された。この新しいX線星はその後、強度を減少してしまっている。このX線星は特に光り輝いてはいないでX線だけを強く出している。

このような天体は一体何なのであろうか。今から2年ほど前に電波と光を1秒間に1回から数十回正確に繰り返して放射する天体が発見され、パルサーと名づけられたが、そのパルサーと関係があるのではなからうかとも考えられているが、未解決である。

宇宙の彼方にはわれわれの周囲の世界には存在しないような現象が起きていることは確かである。今後研究が進むにつれて謎は一つ一つはがされていき、途方もない現象のうちのどれかが、やがて人間生活に大きなめぐみを与えるようなことになるかも知れない。こゝに科学者の一つの夢がある。

(宇宙線研究室・主任研究員 宮崎友喜雄)

★理研シンポジウムのお知らせ

1月から2月にかけて次のシンポジウムが開催されます。ふるってご出席ください。(図書・発表課編集係担当)

◆テーマ：電子計算機による図形処理

と き：1月28日(水)、10時～17時  
 ところ：当所大和研究所機械棟会議室

講演者：北垣敏男(東北大・理)、山形武虎(東大・核研)、  
 福井崇時(名大・理)、大岩 元(東大・理)、  
 玄地 宏(東芝中研)、喜安善市(岩通)、  
 穂坂 衛(東大・宇宙研)、渋谷政昭(統計数理研)、  
 後藤英一、相馬 嵩、山田作衛、小野厚夫、  
 萩田直史(以上当所)の各氏

◆テーマ：重イオンによる原子核反応

と き：1月24日(土)、10時～17時  
 ところ：当所大和研究所機械棟会議室

講演者：中島龍三(法政大)、大西 弘、山崎敏光(東大)、  
 金子恒雄(新潟大)、冠 哲夫、吉沢康和(阪大)、  
 古田島久哉(東北大)、竹腰英子(原研)、鈴木武彦  
 (静岡大)、河野 功、稲村 卓(以上当所)の各氏

◆テーマ：高粘性液の搅拌

と き：1月26日(月)、13時～17時  
 ところ：当所大和研究所第二会議室

講演者：村上泰弘(九州大)、山本一夫(横浜国大)、  
 大島栄次(東大)、永田進治(京大)、  
 井上一郎(当所)の各氏

◆テーマ：分子の電子励起と電離

と き：2月14日(土)、10時～17時  
 ところ：当所大和研究所第二会議室

講演者：山本直登(阪大)、渡部 力(東大)、田中郁三(東工大)、  
 林 久二、志田忠正、荒井重義、吉良 爽(以上当所)の各氏



構内の植樹造園

一面の草はらであった大和研の植樹については、はやく38年頃から所内委員会を作り、また専門家の意見を聞くなどされたが、日光植物園長中村七郎氏を迎え、本格的に長期計画に基づく、シラカシ、クスノキなどの苗木の入手管理が進められた。

同氏のあと東大造園科の横山光雄教授指導のもと、同教室の全面的協力により毎年予算を捻出し、遅々ながら植樹が行われている。

根本思想として周辺武蔵野の自然に嵌合し、かつ将来の管理費用のかからぬよう、地方自生の樹種ケヤキを象徴木とするほかクスギなどの雑木を疎林として配し、道側の並木としてもイチチョウ、アキニレが用いられ、川越バイパス添いには、マテバシイ、クスノキ、シラカシが三層に植えられている、植樹の実施に当っては、岩井忠雄、田畑嘉雄両所員の努力が大きい。

また在来の植物を極力尊重するため、事前に埼玉、江森貫一氏を煩し植相調査を行ったが、建設のためノイバラなど殆ど失われ、湧水の個所も潰えたのは遺憾である。一方クロマツ、シラカバ各数百本が、原研東海研究所や宮本境氏から寄贈されたほか、各種の樹木の恵を受け植栽されている。しかし南方台地には今もシドミ、アマナ、センブリ、ネジバナなどの花が見られ、湿地帯にはヒメガマ、ウナギツカミ、ミソソバ、ツリフネソウが残っているが今後漸減しよう。ここに

は田島のニホンサクラソウの移植を試みた。最も秋の景観を成すススキの群叢はぜひ残しておきたい。万葉植物としては、このススキ(ヲバナ)のほかノイバラ(ウマラ)、ヌルデ(カヅノキ)、ニワトコ(ヤマタヅ)などがある。

君が行き日(け)長くなりぬ山たづの  
 迎へを行かむ待つには待たじ

(理事 藤井久男)

(お知らせ)

このたび、当所マイクロ波物理研究室・小林駿介研究員は、「遠赤外レーザーによる半導体の光伝導に関する研究」について、第14回仁科記念奨励金の交付を受けました。

— 編集企画会議より —

明けましておめでとうございます。本ニュースも皆様方のおかげをもって発行を続けることができ、感謝しております。時にミスプリントなどによりご迷惑をおかけしたことをお詫びします。今後とも努力し、より良いものにして行く所存です。皆様方の一層のご鞭撻をお願い致します。

おわりに、新しい年における皆様方のご健康とご活躍をお祈り申し上げます。