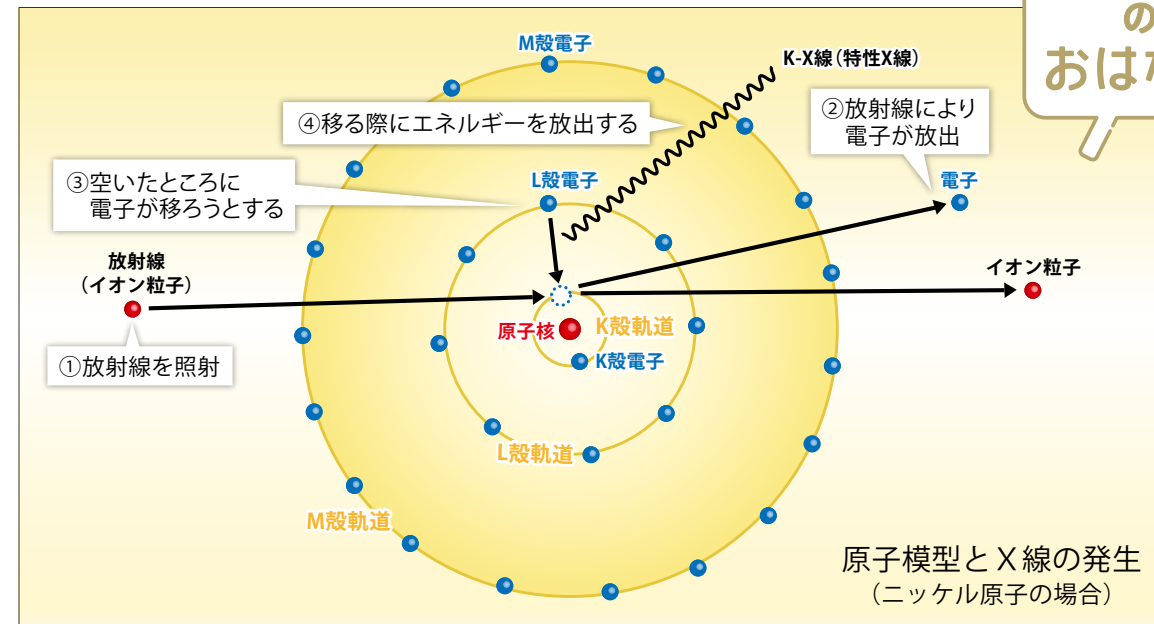


# 放射線のおはなし



## 放射線を用いると簡単に元素を調べることができる

東北放射線科学センター 理事 石井 慶造



我々の身の回りのものは、いろんな元素でできている。例えば、水は水素と酸素からできている。土にはケイ素、酸素を主として鉄、アルミニウム、炭素、カルシウム、カリウムなどの元素が存在している。物質がどんな元素でできているかを調べるために、古くから化学的に分離・抽出する方法が各々の元素に対して考えられてきた。1895年に放射線がドイツのレントゲンによって発見された後、科学は急速に発展し、放射線を当てるだけで元素を同定できる簡単な方法が20世紀の後半に開発された。

◆ 今回は、この方法について紹介したい。

物質の究極の姿を古代ギリシアの哲学者デモクリトスは「原子」であると考えた。元素と原子の関係が見つけられたのは1805年で、ドルトン(イギリス)によって、元素の究極の姿は原子であり、それぞれ固有の質量(原子量)をもっていると考え、原子量を並べた表を作成した。さらに、メンデレーエフ(ロシア)によって、元素は原子

量が異なっても似たような化学的性質を持ち、周期的に現れることを示した(1869年)。

◆ この時代に、元素記号が発明され、例えば、水素はH、炭素はC、酸素はO、ナトリウムはNa、鉄はFeで表され、化学反応を表す化学式に用いられた。元素記号の他に原子量の軽い順に番号(原子番号)が付けられ、元素周期表が作られた(図1)。周期表では、縦の列の元素が化学的に同じ性質を持つ。福島第一原子力発電所事故で注目されたセシウムCsはナトリウムNa、カリウムKと同じような化学的性質を持つことが分かる。

◆ その後、ボーア(デンマーク)は、原子核の周りを電子が決まった軌道上を運動しているとすると、原子の構造が正しく分かったのは107年前の1913年のことだった。

原子模型では、原子の中の一つの軌道には決められた数の電子しか存在できない。そして、放射線によって、その電子が蹴りだされると、外側の軌道を回っていた

電子は空席となった軌道を埋め、結合エネルギーの差分をX線として放出する(右ページ扉図)。そのエネルギーは原子番号の2乗に比例し、元素固有なものとなる(特性X線という)。従って、特性X線を測れば直接、原子番号が分かる、元素や質量を明らかにすることができる。この物理現象は、放射線がイオン粒子の場合、粒子線励起X線放出(Particle Induced X-ray Emission: PIXE)という、通常、PIXE(ピクシー)と呼ばれている。

PIXEの研究の歴史は古く、1950年頃、すでにこの現象は知られていたが、1970年代に入ると、X線を非常に精度良く簡単に測れるシリコン半導体検出器が開発された。この検出器を用いることにより、加速器からのイオンビームを試料に照射し、発生する特性X線をただ単に検出するだけで試料中のほとんどの元素が分析できる。この画期的な元素分析法はPIXE分析法と呼ばれた。ここでは、最近、設立された青森県量子科学センターのサイクロトロン加速器(図2)からの

20 MeV陽子を用いたPIXE分析の結果を示して、PIXE分析法の多様な分野への応用力を紹介したい。

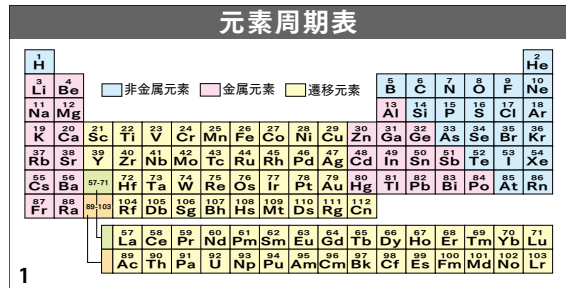
◆ 図3は水産業への応用で、陸奥湾産のホタテと小川原湖産のシジミのPIXEスペクトルである。横軸はX線のエネルギーを表す。縦軸は検出されたX線の量を表す。ある元素の特性X線のエネルギーの位置にピークが見られれば、その物質にその元素が含まれていることが分かる。図3ではミネラル

元素が豊富に含まれていることを示しており、このような分析は、特産物に付加価値を与えるものと言える。

◆ 図4は金属産業への応用で、ステンレス鋼のPIXEスペクトルである。金属材料の成分が簡単に調べられている。廃品回収などで収集した金属がどんな金属元素を含んでいるか簡単に分かるので、金属材料のリサイクル産業への貢献が期待できる。

PIXE分析法は、簡便でppm(百万分の1)の感度でほ

とんどの元素を同時に分析できるため、医学、生物学、水産学、農学、地質学、岩石学、環境考古学、資源探索、半導体や金属などの材料科学、化学、宇宙物理学、地球科学、犯罪捜査等の試料の分析、食物等の汚染検査など幅広い分野で利用できる。さらに、試料を移動またはイオンビームを動かすことによって、試料中に含まれる元素の空間的濃度分布も測れるので、その応用は多様性に富んでいる。



サイクロトロン加速器(左)と青森県量子科学センター(右)

