



第3章

イオンの飛行経路をローレンツ力で曲げて質量数が同じ原子・分子を弁別

発生した2次イオンを分離する 磁場型質量分析部

三輪 司郎 Shiro Miwa

2次イオン質量分析装置では、1次イオンを試料に当てて発生した2次イオンの質量を測定して元素を特定します。その測定方法に、磁場と荷電粒子(2次イオン)の相互作用を利用するタイプがあります。本章では、その原理と特徴について解説します^注。

磁場による質量分布測定の実理

● 移動する荷電粒子は磁場で回転する

荷電粒子が磁場中を一定速度で運動すると力を受けます。この力をローレンツ力といいます。

磁束密度 B [T]の磁場中を電気量 q [C]の荷電粒子が速度 v [m/s]で進んでいて、磁場の方向と速度の方向のなす角が θ であるとします。この荷電粒子は図1のように磁場の方向と速度の方向の両方に垂直な方向に力を受けます(フレミングの左手の法則)。この力を F [N]で表すと次式のようになります。

$$F = qvB \sin \theta$$

磁束の方向が運動方向に対して垂直である場合には次式が得られます。

$$F = qvB \dots \dots \dots (1)$$

粒子の運動を磁場に垂直な平面に射影した場合、等

注：地球惑星科学の分野でよく利用されている2次イオン質量分析装置IMS 1270/1280/1300(CAMECA社)では、この磁場による質量分析計を備えている。

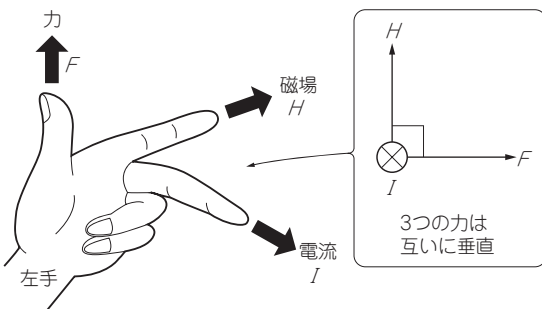


図1 ローレンツ力の向きはフレミング左手の法則

速円運動となります。この運動をサイクロトロン運動といい、そのときの角周波数をサイクロトロン周波数またはジャイロ周波数と呼びます。

この回転運動では、向心力とローレンツ力が釣り合います(図2)。回転運動の速度を v 、粒子の質量を m 、等速円運動の半径を r とすると、向心力の大きさは次式です。

$$F = \frac{mv^2}{r} \dots \dots \dots (2)$$

力の釣り合いから、式(1)と式(2)の F は等しいので、次の関係が成り立ちます。

$$F = qvB = \frac{mv^2}{r} \dots \dots \dots (3)$$

● 磁場による質量分離の基本原理解

2次イオン質量分析法では、試料にも電圧を印加して2次イオンを加速します。印加電圧を V_s [V]、イオンの質量を m 、電気量を q 、速度を v とすると次式の関係が成り立ちます。

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV_s$$

この式から2次イオンの速度は次式で求まります。

$$v = \sqrt{2qV_s/m}$$

この速度を先の式(3)にあてはめて m を求めると、以下のようになります。

$$m = \frac{q B^2 r^2}{2V_s} \dots \dots \dots (4)$$

イオンの価数はほとんどが1価なので、 q は1Cです。

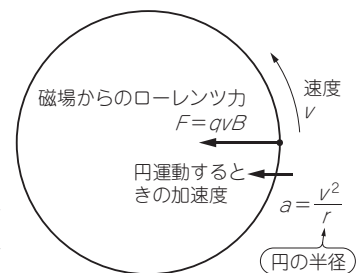


図2 イオンの飛行経路に垂直な磁場があるとイオンは円運動する