

## 加速器による微量元素分析

東北大理 森田右, 石井慶造, 朱鉄吉, 鍛冶東海  
九大工 俵博之

加速器からの陽子などのビームが物質にあると、その物質中の原子をイオン化して特性X線を発生する。このX線スペクトルを分析してサンプルの元素分析を行う方法は、X線用半導体検出器の発達によって数年前から諸外国で開発されてきている。この分析法の特徴は、1回の測定ですべての元素が分析できること、また従来の蛍光X線などによる方法に比べて、制動輻射によるバックグラウンドが少なくSN比がよいことで、理論的には数mgのサンプルがあればppb領域の元素まで検出できることである。

Fig. 1は陽子によるK殻電離断面積で、横軸は入射陽子のエネルギーとK電子の結合エネルギーで割ったもの、縦軸は断面積に電子の結合エネルギーの自乗をかけたものである。断面積は始め入射エネルギーの4乗で増加し、最大に達した後 $1/E$ で減少する。したがって特定の微量元素を検出するには、その元素の最大断面積に対応する入射エネルギーでなければ最大感度がえられる。

われわれは東北大5MVバンデグラフとSi(Li)検出器を用いていくつかのサンプルについて実験を行った。使用した検出器のエネルギー分解能は、6eVのX線に対して205eVで、この分解能ではZ<10の元素については隣りあっている元素のKX線を分離して元素の種類を確定することはできない。

この分析法の技術上の問題点は、1) ターゲットのつくり方、2) 元素の定量の仕方、3) SN比をよくする方法、などである。

金属や鉱物など固体試料の場合には真空蒸着でターゲットをつくることができるが、生物、医学上の試料ではこの方法は適用できないことが多い。われわれは試料を一樣な溶液にし、マイラー膜の上にたらしめて乾かしてターゲットにした。しかしこうするとサンプルはマイラー膜上に一樣の厚さに固定されないで定量がむづかしくなる。それで分析しようとするサンプル中に前もって既知量の元素を加えておき、この元素のX線強度を基準にして未知元素の定量を行えることを確かめた。

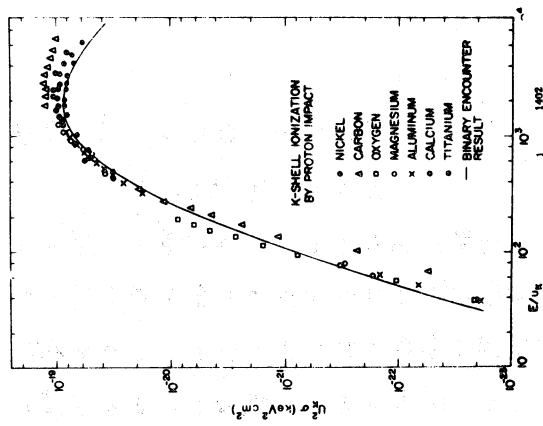
SN比をよくするにはself-supportingのターゲットにするのが最もよいが、常に可能とは限らずバックキングが必要な場合が多い。バックキングとしてはうすい(数 $10\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )炭素膜が優れているが、数多くつくるのは容易でない上に超高純度の炭素でなければならない。われわれの用いた10または4 $\mu\text{m}$ のマイラー膜で、数10nA以下のビーム電流でたたく限り十分な強度をもっている。

以上の方法で測定したいくつかの例を示す。Fig. 2は癌親和性元素をさぐすために、腫瘍を移植したねずみにYbとGaを注射して、腫瘍や肝臓組織のサンプルのたたいたもので、その結果をまとめたのがFig. 1表である。

この結果はYb, Ga共に悪性腫瘍の方に集まりやすいが、特にYbの方が選択性が強いことを示している。

Sample	Net Weight of Sample (g)	Fe (μg/g)	Cu (μg/g)	Zn (μg/g)	Se (μg/g)	Br (μg/g)	Ga (μg/g)	Yb (μg/g)	Y (μg/g)	Zr (μg/g)
AH62 Liver +	2.4	17.41	0.99	19.69		11.99	0.25		2.25	
AH62 Liver -	3.0	17.34	0.97	14.22		7.88			2.38	1.93
AH62F Liver +	2.404	15.50	1.29	15.72	0.32	9.73	0.87	0.39	3.04	1.72
AH62F Liver -	1.64	51.55	2.78	26.41		13.15			2.71	1.53
AH62 Tumor +	1.681	3.49	0.52	13.75		5.87	0.32		2.31	
AH62 Tumor -	2.761	12.76	0.32	5.12		4.91			1.53	1.12
AH62F Tumor +	1.723	14.76	1.88	15.64		23.58	0.51	1.55	6.07	1.09
AH62F Tumor -	1.49	23.76	0.88	25.12		9.32			3.08	

AH62は良性腫瘍, AH62Fは悪性腫瘍を移植した収れずみ, +はYbとGaを注射した収れずみ, -は注射しないうれずみ。



第1図 陽子衝突による K-shell の電離断面積, 実線は Garcia の理論値

AH62F Tumor  $E_p = 3.5 \text{ Me.}$   
 $Q = 800 \mu\text{C}$

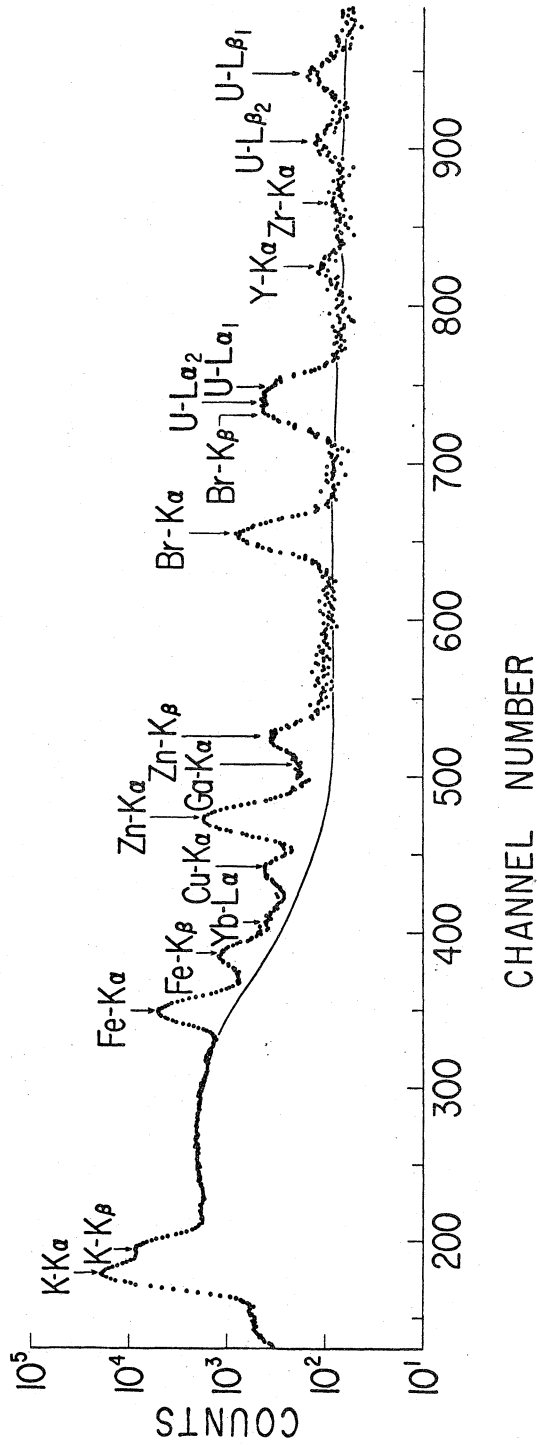


Fig. 2 X-ray fluorescence spectrum of AH62F Tumor. The y-axis is labeled 'COUNTS' and the x-axis is labeled 'CHANNEL NUMBER'. The spectrum shows peaks for K, Fe, Zn, Cu, Ga, Yb, Br, U, and Zr. The solid line is the total spectrum and the dotted line is a component of the spectrum.