



Title	H, D, 35Cl, 37Cl, 16O, 14Nの原子質量精密測定
Author(s)	交久瀬, 五雄
Citation	大阪大学, 1972, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/30678
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	かた　く　せ　いつ　お 交　久　瀬　五　雄
学位の種類	理　学　博　士
学位記番号	第　　2466　　号
学位授与の日付	昭 和 47 年 3 月 25 日
学位授与の要件	理学研究科物理学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	H, D, ^{35}Cl , ^{37}Cl , ^{16}O , ^{14}N の原子質量精密測定
論文審査委員	(主査) 教　授　緒　方　　惟一 (副査) 教授 若槻哲雄　教授 堀江忠男　教授 杉本健三　助教授 村岡光男

論 文 内 容 の 要 旨

原子質量は原子核の結合エネルギー、核子の separation energy 等を知る上で重要である。質量分析法における doublet 法においては H, D, Cl 等は二次標準として最重要である。しかしこれらの各測定者による値はその誤差をこえて不一致がある。これはその測定に際して何等かの systematic error を含んでいると考えるべきである。本論文は doublet mass difference 測定に際して mass peak の形のちがいによる systematic error の研究を主とし H, D, ^{35}Cl , ^{37}Cl , ^{16}O , ^{14}N を $10^{-8} \sim 10^{-9}$ order の精度で測定した。

使用した質量分析装置は緒方—松田型である。

電場: cylindrical ($\rho_e = 84^\circ 50'$, $\alpha_e = 1093\text{mm}$, $\ell'_e = 1380\text{mm}$, $\ell''_e = 0.0$)

磁場: unifoum ($\rho_m = 60^\circ$, $\alpha_m = 1200\text{mm}$, $\ell'_m = 1200\text{mm}$, $\ell''_m = 4480\text{mm}$)

質量分散 $D = 22.4\text{mm}$ (1 % mass difference に対して)

倍率 $G = 1.37$

理論分解能 $R \approx 50$ 万 (3 μ object slit)

Doublet mass difference measurement

peak matching 法においては M , $M + \Delta M$ の二つのイオンが電場 $V + \Delta V_0$, V のとき同一軌道を通ったなら $\Delta M/M = \Delta V_0/V$ の関係がある。

digital peak matching 法においては ΔV_0 をみつけだすには ΔV_0 に近い ΔV において doublet の二つの mass peak を各々 200 channel の pulse height analyzer にためこみ二つの peak のずれの大きさと ΔV のいくつかの組から内挿法によって ΔV_0 を決定する。この二つの peak のずれの大きさを知らるために次の 6 つの方法を比較検討した。

- 1) linear moment 2) square moment 3) cubic moment 4) gaussian fitting 5) median

6) parabolic method

もしも二つの peak の形がちがっていれば、ずれの大きさは取扱法によって異り、したがって doublet mass difference は異なるはずである。これら 6 つによる結果を比較した結果、各々の取扱による mass difference は誤差の範囲内で十分よく一致したので一番計算の簡単な median 法を用いた。

以上のチェックをして次の10ケの doublet を測定した。

doublet	date	mass number	測定回数	mass difference(μ u)
$C_2D_6-C_3$	'70	36	4	$84,611.600 \pm 0.340$
$C_2D_6-H^{35}Cl$	'70	36	9	$107,934.900 \pm 0.540$
$C_3-H^{35}Cl$	'70	36	6	$23,321.830 \pm 0.630$
$C_2D_6-C_3$	'70-'71	36	10	$84,611.730 \pm 0.411$
$C_2D_6-H^{35}Cl$	'71	36	13	$107,933.422 \pm 0.538$
$C_3-H^{35}Cl$	'71	36	11	$23,322.328 \pm 0.325$
$C_3H_2-H^{37}Cl$	'71	38	14	$41,922.176 \pm 0.305$
$D^{35}Cl-^{37}Cl$	'71	37	14	$17,051.816 \pm 0.185$
$C_2H_4-C_2D_2$	'71	28	16	$3,096.444 \pm 0.127$
$C_3H_8-C_3D_4$	'71	44	8	$6,192.705 \pm 0.265$

質量数36の所でclosure errorを求めると1970年に測定された doublet 間では 1.47μ u であったが1971年に測定された doublet 間では 0.636μ u であり前者は誤差外である。これらのデータの比較から1970年に測定された $C_2D_6-H^{35}Cl$ は誤差を含んでいるので原子質量算出の input data から除外した。9 ケの doublet mass difference から H, D, ^{35}Cl , ^{37}Cl を求め次の結果を得た。

	mass excess(μ u)	External error	Internal error
H	7,825.065	0.015	0.030
D	14,101.930	0.020	0.040
^{35}Cl	-31,147.21	0.10	0.20
^{37}Cl	-34,097.10	0.11	0.22

この結果から以前に求めた doublet

$$C_2H_4-^{14}N_2=25, 152.44 \pm 0.19\mu u$$

$$C_2H_4-C^{16}O=36,384.01 \pm 0.24\mu u \quad \text{より}$$

$$^{14}N=14u+3,073.91 \pm 0.14\mu u$$

$$^{16}O=16u-5,085.75 \pm 0.25\mu u \quad \text{を得た。}$$

これらの値は他の研究者の値の精度と同等か、それよりもよく十分信頼出来るものである。

論文の審査結果の要旨

原子質量測定精度はここ数年来堪るしく向上し、最近測定質量値の 10^{-9} に達するものが報告されるに至っている。

質量分析法においては、いわゆる「二重線法」による二重線質量差測定がその出発点をなすが、此の際、二重線成分の一方の質量が充分高精度で既知であることが当然要請される。原子質量の標準は現在周知の如く $^{12}\text{C}=12(\text{exact})$ と約束されているが、これのみにては全核種の原子質量の同程度の高精度での測定は不可能である。従って ^{12}C との直接比較により最も高精度で質量決定が可能で、 ^{12}C と任意数結合し、その原子団により全質量域をおおいうる原子質量の準標準が不可欠となる。この条件を充分満足し得るものとしてはHおよびD以外になく、この準標準の質量精度が全原子質量の精度を左右することになる。原子質量の準標準としてはこのほか $^{35}, ^{37}\text{Cl}$ が高質量域の質量決定に便利に利用し得るが、これらは第3次標準ともいうべきものである。これらの準標準の質量値の高精度測定は最近10年位の間に装置の改良、測定法の開発等と併行し、各国の研究グループにより繰返し測定され、その測定精度は 10^{-8} 或いは、ややそれを下廻る程度に達している。しかし、それらの間の一致度は必ずしもそれぞれの誤差内にはなく、各測定者の測定値にはなおいくつかの系統的誤差を含んでいると見なければならない。

交久瀬君はこの点に注目し、系統的誤差原因となる可能性のある諸要素の実験的研究を行い、原子質量の準標準 H, D および $^{35}, ^{37}\text{Cl}$ の原子質量を絶体精度 10^{-8} で決定することを目的とした研究を行った。

同君は緒方一松田型二重収斂質量分析装置を質量分析計方式として使用、写真方式として使用した場合の結像欠陥の原因を発見、洩漏交流磁場の除去およびその補償法を開発、数 μ 主スリットを使用し高強度イオンに対しては最高分解能 $\sim 700,000$ を得、 $\sim 1/100\text{mm}$ スリットを使用して行った今回の測定においては半巾分解能 $300,000\sim 500,000$ を安定に維持することが出来た。二重線質量差測定には電気的重畳法を採用、Nier回路を改良、最初目視法により測定、操作自体に起因する可能性のある系統誤差の検討を行った。その結果、測定回路自体より来る漏洩場が大きく結果に影響することを見出し又、荷電蓄積、熱起電力、分析偏向場内イオン軌道位置の変動より来る誤差の補正、電場切換の直後の過渡状態の回避等、重畳測定法に附随した系統誤差の原因除去に成功、二重線質量差の目視による重畳法測定法を確立した。これに引続き、従来全く考慮の外におかれ検討されたことのなかった二重線成分ピークの形状の測定二重線質量差におよぼす影響の実験的研究に着手した。若し質量差を測定すべき二重線成分の各ピークが非対称で互に形状を異にする場合は、各ピークのどの点をその代表点として採用するかにより測定質量差が一致するか否かは自明でなく、一般には当然互に異なることが予想され、これが系統的誤差となる筈である。交久瀬君はこの点を究明するため、目視法によつてはピーク形状の解析不可能のため、これを400チャンネル・アナライザーを使用、パルス計数蓄積法を採用、各ピークを約100分割し、ピーク形状解析を可能とした。そして二重線質量差決定のため、各ピークの代表点としてピーク重心点、ピーク頂点に順次重みを持たせた三種の代表点およびピーク全体

の形状を「ガウス型」と仮定してのガウス曲線の頂点の五種類を選び、それぞれ対応代表点間の間隔の測定を行っている。又、目視法に対比し得るものとして代表点を用いず直接二重線間隔を算出する定量的方法として「放物線法」を提唱、以上6種の方法でひとつの二重線間隔を算出している。そして対称性を異にした場合についてそれぞれ上記測定を行い、此等の結果の比較検討を行っている。その結果、少くとも本研究で測定した種類の二重線組に関する限りにおいてはピーク形状の相異によってはそれぞれの測定誤差を越える系統的なずれが見られないことを明らかにした。しかし、この点は全く一般的に拡張し得るか否かには、なお疑問を残していると言はざるを得ないと考えられる。

以上の系統的誤差に関連した定量的研究を経て、前記原子質量の標準標準 H, D, ^{35}Cl , ^{37}Cl の質量決定を、此等核種と ^{12}C のみを含み、質量数を異にする7種、10組の二重線質量差の測定を行った。此の際、各質量差決定にあたり、測定条件を異にした10回程度の独立した測定より、各回の測定誤差をそれぞれの測定値の「重み」として平均値の算出を行い、平均値の誤差は互に独立した測定を単測定として算出している。

此等の10組の測定二重線質量差から重価最小自乗法により H, D, ^{35}Cl , ^{37}Cl の質量値の計算を行い、各質量値に対する誤差として内部誤差および外部誤差を附与している。外部誤差の算出にはいささか問題があるが、前記各二重線の独立した測定値間の一致度より見て本研究の段階においては算出質量値の信頼度を与える見安として一応妥当とせねばならないであろう。

以上、交久瀬君の研究は、系統的誤差の種々の定量的検討および誤差に対する検討より見て、今回得た原子質量、標準質量値の絶体精度は 10^{-8} 或いは少しくそれよりもよいと見られ、この分野の研究に大きな寄与をしたもので、理学博士学位論文として十分価値あるものと認められる。