

infiTOF を用いた ^3He および D_2 の測定

キーワード：ガス分析、 ^3He 、 D_2

概要

- infiTOFを用いて、 $^3\text{He}/\text{H}_3$ および He/D_2 の分離を検証しました。
- $^3\text{He}/\text{H}_3$ および He/D_2 ともに十分な分解能で各ピークを分離し、各々の成分を正確に同定しました。
- infiTOFが質量数2~4の超低質量域においても高分解能測定を実現でき、原子力/宇宙物理/年代測定/新エネルギーなどの分野でさまざまな研究に貢献できる可能性を示しました。

はじめに

質量数2~4の超低質量域は、原子力/宇宙物理/年代測定/新エネルギーなどの分野において多岐にわたって研究される重要な質量域です。これらの研究分野では、質量数2~4の超低質量域で検出される化学種を測定します。例えば、質量数3の領域では $^3\text{He}/\text{HD}/^3\text{H}/\text{H}_3$ などの同質量数の化学種が存在する可能性があります。これらを分離して検出する質量分析計には、十分な質量分解能が必要となります。

超低質量域のイオンを検出できる質量分析計には、四重極質量分析計/磁場型質量分析計/飛行時間型質量分析計が挙げられます。このうち、四重極質量分析計はユニット分解能に基づく測定のため、例えば He と D_2 のような同じ質量数を持つ成分を分離することはできません。また一般的な飛行時間型質量分析計では、飛行距離に制限があるので超低質量域において高分解能を得るためには、イオンのピークをできるだけ細くしなければなりません。イオンのピークを細くするためには高いサンプリングレートが必要となりますが、現状では実現困難であるため一般的な飛行時間型質量分析計で超低質量域を高分解能で測定できません。このような経緯から、これまでの超低質量域の測定は一部の磁場型質量分析計が用いられてきました。

本アプリケーションノートでは、“infiTOF”を用いて超低質量域を高分解能モードで測定し、分離が難しいとされる化学種の分離および検出について検証した結果について報告します。

測定条件

^3He ボンベおよび H_2 ボンベを $\phi 0.1 \times 10 \text{ m}$ のフューズドシリカ・キャピラリーを用いて infiTOF のイオン源と接続して ^3He ガスと H_2 ガスを直接導入し、低分解モードでそれぞれ測定しました。(Table.1 に、詳細な測定条件を示します。)

続いて、各ボンベの ^3He ガスと H_2 ガスを混合して封入したアルミバッグを同様のフューズドシリカ・キャピラリーを用いてイオン源に直接導入し、高分解モードで測定しました。また、同様の方法で、アルミバッグに封入した ^4He ボンベと D_2 ボンベの混合ガスを直接導入して高分解モードで測定しました。(Table.2 に、詳細な測定条件を示します。)

Table.1 低分解モードの測定条件

項目	内容
使用装置	infiTOF (MS-UHV-Pro)
使用ガス	^3He ガス (ボンベ)、 H_2 ガス (ボンベ)
サンプルガス流量	1 [cc/min] (真空度からの換算値)
EIイオン化エネルギー	70 [eV]
infiTOF周回数	低分解モード (1 周回)

Table.2 高分解モードの測定条件

項目	内容
使用装置	infiTOF (MS-UHV-Pro)
使用ガス	$^3\text{He}/\text{H}_2$ 混合ガス (アルミバッグ) $^4\text{He}/\text{D}_2$ ガス (アルミバッグ)
サンプルガス流量	1 [cc/min] (真空度からの換算値)
EIイオン化エネルギー	70 [eV]
infiTOF周回数	高分解モード (10周)

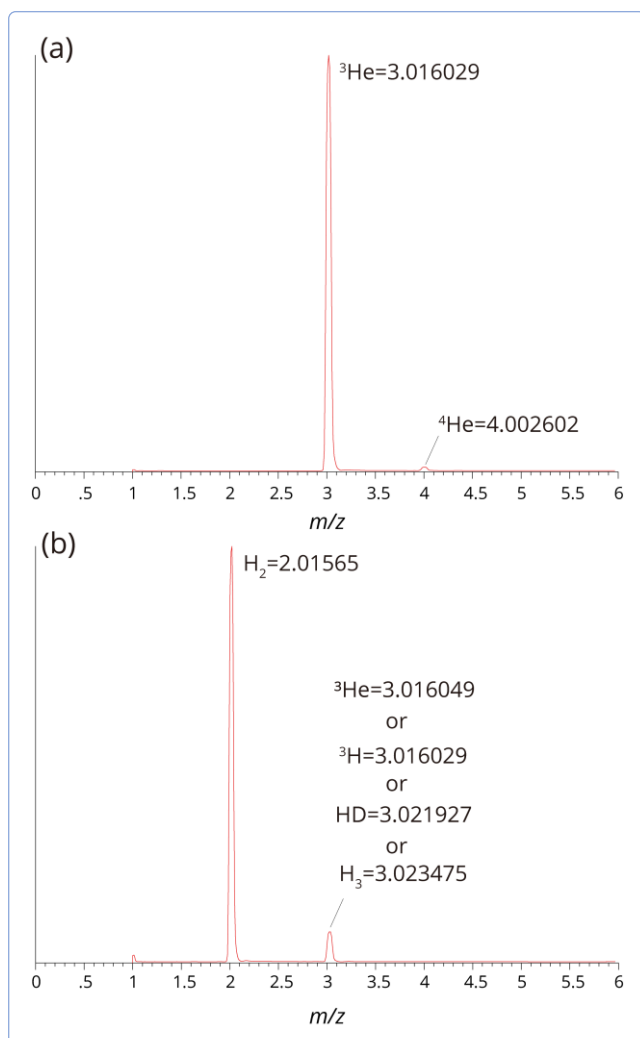


Fig. 1 (a) ^3He ボンベ中ガスのマススペクトル (低分解モード)、
(b) H_2 ボンベ中ガスのマススペクトル (低分解モード)

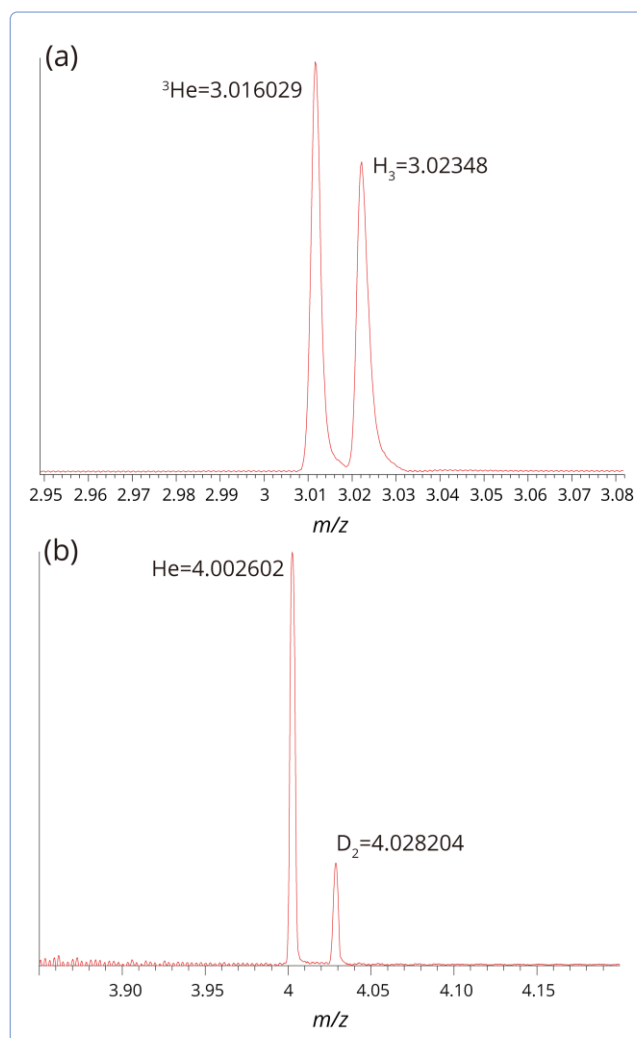


Fig. 2 (a) ^3He ボンベと H_2 ボンベの混合ガスのマススペクトル (高分解モード)、
(b) ^4He ボンベと D_2 ボンベの混合ガスのマススペクトル (高分解モード)

結果と考察

Fig. 1(a)は、 ^3He ボンベを低分解能モードで測定したマスペクトルです。 ^3He がメインピークとして観測され、 ^4He も 1/100 程度の強度で観測されています。

Fig. 1(b)は、 H_2 ボンベを低分解能モードで測定したマスペクトルです。 H_2 がメインピークとして観測され、同時にマイナーピークとして m/z 3 (HD or ^3H or ^3He or H_3) のピークも観測されています。この状態では、 m/z 3 のどの化学種のピークか判断できないため、 ^3He のボンベと H_2 のボンベのガスを混合しガスを高分解能モードで測定しました。

Fig. 2(a)は、 $^3\text{He}/\text{H}_2$ 混合ガスを高分解能モードで測定したマスペクトルです。 m/z 3 の領域に観測される 2 本のピークを精密質量分析した結果、それぞれのピークは ^3He と H_3 であると確認できました。(※ ^3H と ^3He を識別するには質量分解能 150,000 程度が必要ですが、本検証では ^3He ボンベを測定しているため ^3He としました。) このことから、Fig. 1(b)で観測されていた m/z 3 のピークは、 H_3 であると特定できました。

Fig. 2(b)は、 $^4\text{He}/\text{D}_2$ 混合ガスを高分解能モードで測定したマスペクトルです。 m/z 4 の領域に観測された 2 本のピークを精密質量分析した結果、それぞれのピークは ^4He と D_2 であると確認できました。

おわりに

infiTOF を用いて、 $^3\text{He}/\text{H}_3$ および He/D_2 の分離を検証しました。結果、 $^3\text{He}/\text{H}_3$ および He/D_2 ともに十分な分解能で各ピークを分離でき、それぞれの成分を正確に同定できました。

これらの結果から、“infiTOF”は質量数 2~4 の超低質量域においても高分解能測定が可能であり、原子力/宇宙物理/年代測定/新エネルギーなどの分野でさまざまな研究に貢献できると考えられます。

MSI.TOKYO 株式会社

<http://msi.tokyo/>

〒182-0036 東京都調布市飛田給 1-3-10

TEL : 042-426-4581 FAX : 042-426-4585

E-mail : info@msi-tokyo.com