

同位体選択的光脱離を用いた ^{129}I -加速器質量分析の高度化

Advanced Accelerator Mass Spectrometry

Assisted by Isotope-selective Laser Photodetachment for Monitoring ^{129}I 名大工, ヨハネスグーテンベルグ大 °高橋 時音, 中山 元, 富田 英生, 河原林 順, 井口 哲夫,
クラウド ベントNagoya Univ., Johannes Gutenberg Univ. °Tone Takahashi, Motoi Nakayama, Hideki Tomita, Jun
Kawarabayashi, Tetsuo Iguchi, Klaus Wendt
E-mail: takahashi.ton@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに 核分裂生成物の 1 つである ^{131}I は、原子力事故が発生した際に放出されると内部被曝の一因となるため、そのモニタリングが重要となる。しかし、 ^{131}I の半減期が 8 日と短いことから、事故発生後数ヶ月で直接測定することは困難になるため、ヨウ素の同位体である長半減期核分裂生成物 ^{129}I (半減期 1.57×10^7 yr.) を測定することにより、 ^{131}I の量が減少した後であっても事故初期の ^{131}I 飛散分布を推定することができる。 ^{129}I 測定には加速器質量分析(Accelerator Mass Spectrometry: AMS)が用いられるが、原子力事故後の環境中 ^{129}I (例えば、 ^{129}I と安定同位体 ^{127}I の存在比 = $10^{-9} \sim 10^{-6}$) を分析可能なアバンダンス感度が要求されるため、高エネルギーでの加速が必要となるため装置が大型化するという欠点がある。そこで、高アバンダンス感度を維持しながら低加速・小型な AMS を実現する方法として、加速器入射前の試料負イオンにレーザーを照射し、目的のイオン以外を中性化する同位体選択的レーザー光脱離(Isotope-Selective Laser Photodetachment: ISLP)を利用した AMS を提案している[1]。今回は、分析システムの基本設計と ^{129}I 測定への適用性を検討した。

2. 同位体選択的光脱離を用いた加速器質量分析の基本設計と ^{129}I 分析への適用性 ISLP-AMS の基本設計を図 1 に示す。レーザーアブレーションを用いたヨウ素パルス負イオン源[2]により、試料よりパルス負イオンを生成し、予備加速 (~ 50 kV) することで負イオンビームとなる。加速器入射前の負イオンビームに波長可変注入同期 Ti:sapphire レーザー[3]を照射すると、レーザー光のエネルギー以下の光脱離閾値 (電子親和力) を有する妨害負イオンを中性化し取り除くことができる。さらに、エネルギーが揃った負イオンビーム中では光脱離閾値はドップラーシフトを受けるが、質量によってヨウ素負イオンの飛行速度が異なるため、発振線幅の狭い注入同期 Ti:sapphire レーザーを用いることで妨害となる ^{129}I の負イオンのみを選択的に中性化することができる。アブレーションターゲットとして CsI を用いたヨウ素パルス負イオン源では、最大で 1 パルス当り 6.0×10^4 個のイオン収量が得られ、注入同期 Ti:sapphire レーザーでは、繰り返し率 1 kHz の動作において波長 405nm (第 2 高調波)、出力 60 μJ 、線幅 20 MHz を達成しており、これらパルスの時間同期も実証されている[4]。光脱離によって同位体選択性を 1 桁向上させると見積もられる。したがって、タンデム加速器に印加する電圧を約 1 MV 以下に抑えることができ、装置規模の縮小につながると見込まれる。事故後の土壌中であると考えるため、本システムにおいて用いるレーザーの繰り返し率が 10 kHz であれば、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I} = 10^{-9} \sim 10^{-6}$ の場合、 $10^2 \sim 10^5$ s の測定時間が必要となると見積もられた。

3. まとめと今後の課題 レーザーアブレーションを用いたヨウ素パルス負イオン源と注入同期 Ti:sapphire レーザーを用いた ISLP-AMS システムの基本設計、および ^{129}I 測定への適用性を検討した。

光脱離率・負イオン収量から、AMS の

タンデム加速器の印加電圧を 1 MV 以下に抑えることができる見込みを得た。今後、基本設計に基づく AMS への組み込みと、基礎実験を進めることが望まれる。

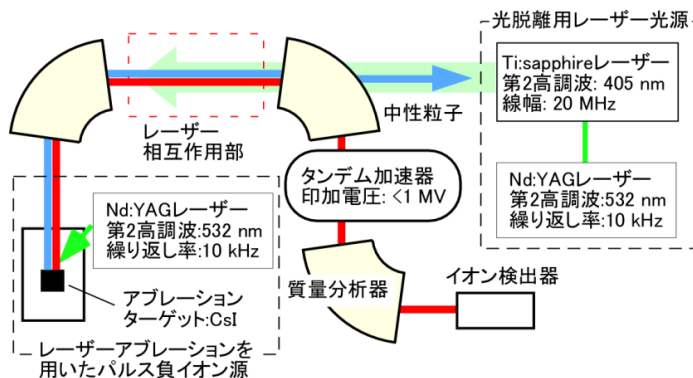


図 1 ISLP-AMS 基本設計の概要

[1] 村松ら, 2010 年春応用物理学会、[2] 中山ら, 2011 年秋応用物理学会、[3] 村松ら, 2011 年春応用物理学会、[4] 中山ら, 2012 年春応用物理学会