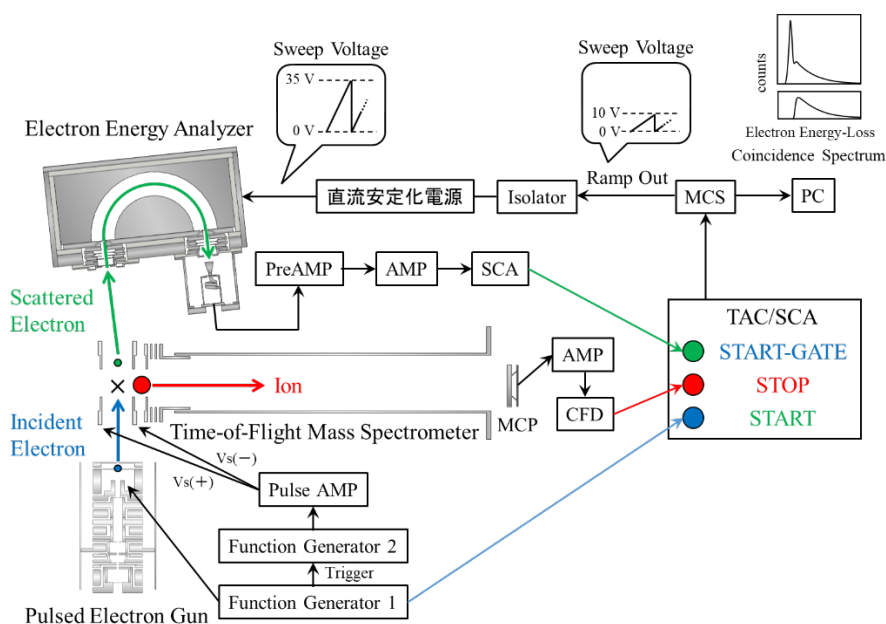


散乱電子—イオン同時計測法における CH₄からの生成イオンの測定

菅 史明 (原子過程科学教室)

電子と分子が衝突すると、両者の間でのエネルギーの受け渡しにより、基底状態から様々な状態に遷移することがある。分子が、電子から受け取ったエネルギーがイオン化しきい値を越えていれば、イオンの生成と共に電子が運動エネルギーをもって放出される。生成されたイオンが安定な時には、分子イオンが観測されるが、そうでなければイオン化と共に解離が起こるイオン化解離が起きることになる。イオン化解離は、イオンの励起状態に遷移した場合には大きな確率で起きる。また、超励起状態と呼ばれる状態の分子に遷移すると、この状態は中性状態にもかかわらず自動イオン化によりイオンの生成、あるいは自動イオン化解離も起きる。中性解離するなど、様々な原子過程を経て崩壊する。これらの過程を調べることで、各原子・分子の特徴を知ることができる。

本研究では、これまで2原子分子のみを対象に行われてきた散乱電子—イオン同時計測法を多原子分子に適用することを目的として行った。これは、電子を標的となる原子・分子に衝突させて生じる散乱電子と、生成されたイオンを同時に測定するものである。これにより、標的原子・分子の各励起エネルギーにおける分子イオンの生成比が特定可能となり、分子の構造やイオン化解離の過程についての情報を得ることができるが、多原子分子の場合多くの過程が存在し、現象の同時性を担保することが難しい。本装置での散乱電子のエネルギー分析には疑似半球型の電子エネルギー分析器、生成イオンの分析には二段加速型飛行時間質量分析計が用いられているので、実験には多くの手順が必要となる。特に、衝突領域が飛行時間質量分析計の加速領域を兼ねているため、電子銃および引き込み電場のパルス化が必要不可欠でそのタイミングの調整、同時計測時の信号処理等が重要である。結果として、CH₄を標的とした散乱電子—イオン同時計測に成功した。



散乱電子—イオン同時計測における信号処理の流れ

原子力災害現場における蛍光 X 線分析の適用可能性に関する検討

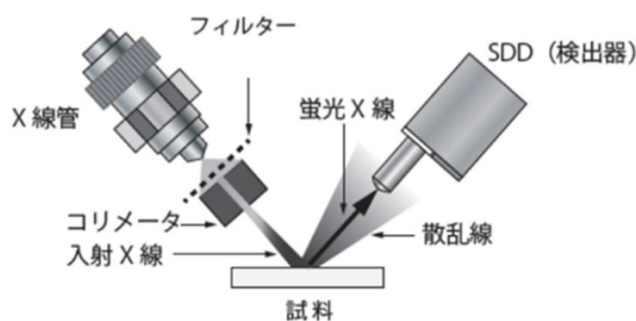
上床 哲明 (原子過程科学教室)

東京電力福島第一原子力発電所事故のような原子力災害が発生した場合、作業員や周辺施設、物品を対象とした微量ウラン (U) を迅速に定量分析することが必要である。しかし、 α 線放出核種である U は半減期が非常に長く、単位質量当たりの放射能が極めて低いため、従来法である α 線計測法では多量の試料や長時間の測定が必要となり、迅速な定量分析は難しい。これまで、我々の研究グループは U を含むアクチノイドを迅速に定量する方法として蛍光 X 線 (X-ray fluorescence : XRF) 分析法の活用を提案してきた。XRF 分析法とは、X 線を入射して元素の励起状態を作り、その脱励起過程で放出される元素に固有なエネルギーの蛍光 X 線を計測するもので、その信号強度は原子の個数を反映することから、U のような長半減期核種では放射線計測をはるかに上回る感度をもつことになる。しかし、実際に原子力災害が発生した現場、あるいは周辺域にて我々が提案してきた手法を用いる場合、実験室と異なり他の放射性物質も存在するような環境であるため、実験室では予期していなかった問題が生じる可能性を否定できず、測定精度が著しく悪化するなどの影響があることも考えられる。

そこで、本研究では、原子力災害後の現場分析環境下においても一般的な XRF 分析装置による微量 U の測定が可能であることを明らかにするために、核分裂生成物質中の主要放射性同位体元素による XRF 分析装置搭載検出器への影響を検討した。

実験では、セシウム-137 (^{137}Cs)、ストロンチウム-90 (^{90}Sr) コバルト-57 (^{57}Co) の標準線源を用い、これらの放射線が検出器へ入射する環境をつくり U 試料の XRF 分析を行った。 ^{137}Cs は核分裂生成物質中に多く含まれ、 β 線と γ 線を放出する核種、 ^{90}Sr は純 β 線放出核種、そして ^{57}Co は γ ・X 線源とみなせる核種である。実験では、これら標準線源を対象として、X 線を照射しない条件で検出器の信号を得る Passive 測定も行った。 ^{57}Co からの γ ・X 線は U の検出に影響せず、 ^{137}Cs , ^{90}Sr からの β 線による連続スペクトル成分の強度は小さく標準線源を検出器の至近距離に置いても XRF スペクトルへの影響は無視できることがわかった。

次に、原子力災害後の現場分析においては ^{137}Cs が地表に沈着し汚染された環境が形成されているが実験でこれを再現することは困難であるのでモンテカルロ計算コード PHITS によるシミュレーションを行った。PHITS 上に再現した ^{137}Cs 沈着平面から 1 m 離して配置した XRF 分析装置の検出器の応答をシミュレートし、 ^{137}Cs による β 線、 γ 線の影響もまた無視できることが分かった。これらの結果から原子力災害後の周辺に ^{137}Cs が飛散し沈着している環境下でも、XRF 分析による U の測定が充分精度良く行うことが可能であると明らかになった。



蛍光 X 線分析装置模式図