

錫バルク放射線吸収体を用いた 高エネルギー分解能 TES による核物質精密測定

Precise measurement of nuclear material

using bulk tin absorber coupled high energy resolution TES

東大工¹, 理研², JAEA³ ○畠山 修一¹, 入松川 知也¹, 大野 雅史¹, 高橋 浩之¹,
ダマヤンティ トウシャラ², 大谷 知行², 高崎 浩司³, 安宗 貴志³, 大西 貴士³

Univ. of Tokyo¹, RIKEN², JAEA³ °Shuichi Hatakeyama¹, Masashi Ohno¹, Hiroyuki Takahashi¹,
R. M. Thushara Damayanthi², Chiko Otani², Koji Takasaki³, Takashi Yasumune³, Takashi Ohnishi³

E-mail: hatakeyama@sophie.q.t.u-tokyo.ac.jp

核物質非破壊精密測定は、大量のサンプルに対して安全かつ高効率に元素・同位体分析を行う事が可能であり、とりわけ原子炉核燃料の精密な燃焼度測定や次世代プルトニウム保障措置、核廃棄物検査等への応用が期待される。核物質から放出される蛍光 X 線や γ 線の測定には従来 Ge 半導体検出器やシンチレータ等が用いられて来たが、核分裂生成物等の多元素混在下において各種元素の近接したエネルギーピークを分離する十分なエネルギー分解能が得られないといった問題点があり、より分光特性に優れた硬 X 線・ γ 線スペクトロメータの開発が強く望まれている。我々が開発を行っている超伝導転移端センサ(Transition Edge Sensor : TES)型マイクロカロリメータは極低温における超伝導体の急峻な温度抵抗変化を用いたスペクトロメータであり、既存放射線検出器とは全く異なる検出原理を有し、半導体検出器と比較してエネルギー分解能を 2 桁程向上させる事が可能となる。

本研究では、超伝導イリジウム/金 (Ir/Au) 薄膜温度センサ上に、金のバンプポストを設置し、錫吸収体を搭載した検出素子の開発を行い¹⁾、これまでに 59.5 keV (^{241}Am) の γ 線に対して半導体検出器の理論的限界値(~ 500 eV FWHM)を越えるエネルギー分解能 131 eV FWHM を達成している。このような素子を除振対策を施した寒剤フリーパルス管搭載希釈冷凍機に組み込み、JAEA 大洗研究開発センターにおいて、Pu 及び核分裂反応生成物(FP)の核物質試料からの硬 X 線・ γ 線精密測定を行った。図 1 に TES により世界で初めて取得に成功した FP 試料のエネルギースペクトルを示す。Ge 半導体検出器では分離できない Cs の $\text{K}\alpha_1$ と $\text{K}\alpha_2$ 、及び Eu の $\text{K}\alpha_1$ と $\text{K}\alpha_2$ 等のピークが TES では全て明瞭に分離できており、TES が核物質試料中における元素・同位体の優れた検出感度を有することが実証された。

1) S. Hatakeyama et al., Transactions on Applied Superconductivity, IEEE, Vol.23, no.3, 2100804, 2013.

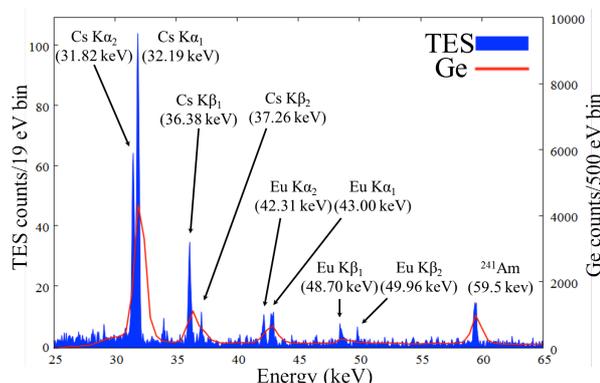


図 1. γ 線 TES と Ge 半導体検出器による FP 試料測定スペクトルの比較