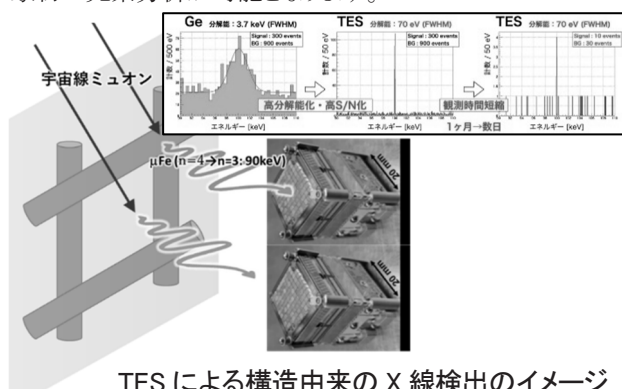


宇宙線と超高分解能 X 線検出器による インフラ診断

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

地表での宇宙線の主成分となるミュオンは物質の透過能力が高く、エジプト・クフ王のピラミッドの“レントゲン写真”を撮影し未知の空間を発見したことも知られています。宇宙線ミュオンにはエネルギーが低く、物質を透過せず、内部に止まってしまうものがあることが知られています。止まったミュオンは物質に吸収されますが、その際にX線を放出します。それらのX線は元素に固有で、また物質の内部から表面まで透過して出てくるほど高いエネルギーを持つことが知られています。ただし、物質に止まるミュオンの数は少なく、それらのX線を利用して元素を分析することは、現実的とは言えませんでした。本研究では理学研究の場で開発が進む超伝導転移端マイクロカロリメータ(TES)による超高分解能X線測定技術を宇宙線ミュオン由来のX線に応用し、社会インフラ等の元素分析の実現を目指しています。これにより、X線源を必要とせず、検出器だけで対象物の元素分析が可能となります。



■ 活動内容

1. 超伝導転移端マイクロカロリメータの改良

TESは従来のGe検出器の数10倍の優れたエネルギー分解能を持ちます。この高分解能により元素の同定は効率的になり、半導体検出器で1月かかっていた測定が数日になります。しかし、TESは1素子の面積が小さく、また観測可能なエネルギーの上限は20keV程度であるため、観測対象は軽元素に限られていました。本研究では数100素子をつなぐまとめた有効面積を大型化し、さらに150keVまでのエネルギーを捉える検出器の開発を目指しています。

高エネルギー対応

	20 keV TES (現在のTES)	100keV以上 TES (本研究で作成予定)
測定最大エネルギー	20 keV	100 keV 以上
読み出しシステム	TDM	microwave
吸収体厚さ (物質)	4.1 μm (Bi)	0.5 mm (Sn)
吸収体面積	0.320 x 0.305 mm ²	1.3 x 1.3 mm ²
吸収体面積 (コリメータ有)	0.305 x 0.290 mm ²	コリメータ無し
素子数	240	96
検出面の有効面積	21.2 mm ²	162 mm ²
分解能 (FWHM)	5 eV @ 6 keV	70 eV @ 100 keV

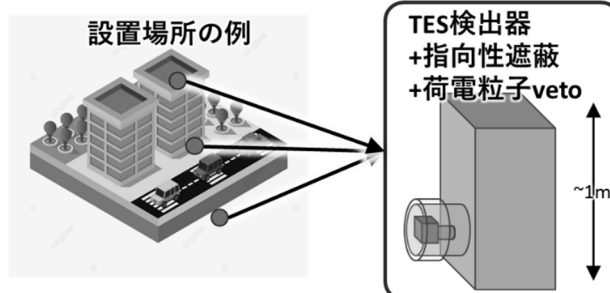
大立体角化

TESアレイ: 複数



2. 社会実装に向けた取り組み

従来、TESは物理学や天文学の分野で開発が進められてきました。TES検出器の運用には超伝導状態を維持するため冷凍機を必要とします。また、超高分解の実現には観測と同時にX線のエネルギー校正を行う必要があり、装置に校正用のX線発生装置を組み込む必要があります。これらは、TES検出器の社会インフラへの応用を目指すには、大きな制約となります。トラックの荷台に乗せて測定対象のすぐそばに設置できる装置の実現に向け、検討が進められています。



3. 応用に向けた取り組み

本研究では元素分析法の開発を目指していますが、ある元素から放出される異なる種類のX線の強度比には科学種依存性があることが知られており、将来的な化学分析の基礎データ取得も本研究では進めています。

また、本研究は移動困難な文化財、使用済み核燃料の元素分析、医療用RIの投与量の削減などへの応用が期待されています。

■ 関連情報等

本研究は国立研究開発法人科学技術振興機構・経済安全保障重要技術プログラム(Kプロ)「宇宙線ミュオンを用いた革新的測位・構造物イメージング等応用技術」により助成を受けています。

代表発表者 河村 成肇(かわむら なりとし)
所属 高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所
問合せ先 〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方 203-1
TEL:029-284-4705 FAX:029-284-4899
nari.kawamura@kek.jp

■キーワード: (1) 宇宙線ミュオン
(2) 超伝導転移端マイクロカロリメータ
(3) インフラ診断
■共同研究者: 岡田信二・中部大学
二宮和彦・広島大学
松崎禎市郎・理化学研究所