

# 後方散乱 $\gamma$ 線のエネルギー分布特性に着目した非破壊検査手法の提案

－2回散乱 $\gamma$ 線を用いた配管減肉検知－

キーワード：設備診断, 配管減肉, コンプトン散乱, 後方散乱 $\gamma$ 線,  
2回散乱 $\gamma$ 線

報告書番号：H13006

## 背景

発電設備等のプラント施設において、配管の減肉状況を把握することは、プラントの健全性を維持する上で重要である。当所では、超音波診断等の相補的な手法として用いられる $\gamma$ 線透過検査手法について、配管系狭隘部での作業性を向上させる研究を進めてきた<sup>1)</sup>。一方、透過 $\gamma$ 線の代わりに後方散乱 $\gamma$ 線<sup>2)</sup>を利用すれば、線源と検出器を検査対象物に対して同じ側に設置することができ、検出器の設置条件が緩和される。しかし、これまでの後方散乱 $\gamma$ 線を用いる手法の多くは $\gamma$ 線の総量のみを評価したものであり、サンプルからの散乱情報が十分に生かされていない。

## 目的

配管系狭隘部の非破壊検査に有用と考えられる後方散乱 $\gamma$ 線のエネルギー分布特性に着目した新たな減肉検知手法を提案する。

## 主な成果

$\gamma$ 線源として<sup>192</sup>Irを想定し、配管減肉をモデル化した厚さ5mmから10mmの鉄板(Fe)における(図1)後方散乱 $\gamma$ 線のエネルギー分布特性をGeant4コード<sup>3)</sup>を用いたシミュレーションにより明らかにした。この結果を基に以下の減肉検知手法を考案した。

### 1. 2回散乱ピークを利用した減肉検知

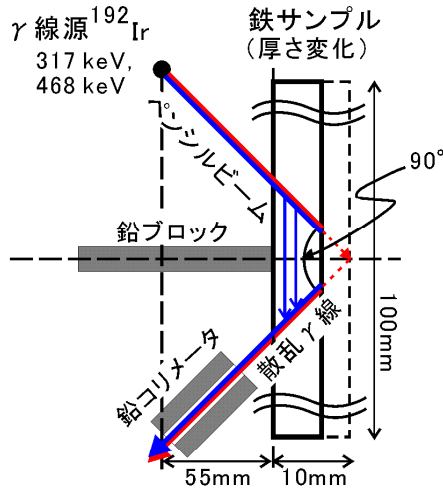
後方散乱 $\gamma$ 線のエネルギー分布において、1回の後方散乱により生じる信号強度ピークの高エネルギー側に2回の散乱を経て後方に散乱される信号強度のピークが現れることを見出した。1回散乱と2回散乱では、サンプル厚さに対する後方散乱 $\gamma$ 線の信号強度変化量が異なる。特に厚さ5～6mmの領域においては、信号強度比が顕著に増大することから、この領域で感度の高い減肉検知手法となる可能性がある(図2, 3)。

### 2. ピークパターン類型による減肉検知

入射 $\gamma$ 線として<sup>192</sup>Irのようにエネルギーの異なる2つの $\gamma$ 線(317 keV, 468 keV)を利用できる場合には、後方散乱 $\gamma$ 線のエネルギー分布のピークパターンが減肉とともにV字、右肩下がり、山型に変化し<sup>4)</sup>、減肉量をパターンによって簡易に判断できる可能性を示した(図4)。

- 1) 大石 他:「狭隘部診断用X線イメージングシステムの開発(2)」電力中央研究所 研究報告 H08005 (2009)
- 2) エネルギー $E_0$ の $\gamma$ 線が物質に照射されることにより、反跳電子の放出とともにエネルギーが $E_1$ に変化した $\gamma$ 線が散乱される現象をコンプトン散乱と呼び、特に後方に散乱されるものを後方散乱と呼ぶ。コンプトン散乱においては、 $E_0$ と散乱角度が決まれば $E_1$ は一意に決まる。
- 3) Geomerty and Trackingの略で、高エネルギー物理実験のためにCERN研究所が中心に開発したモンテカルロ法シミュレーターで計算結果の信頼性が高い。

- 4) ピークパターンの変化は以下のように考えられる。2回散乱では、減肉が生じてても図1の青線に示すように複数の散乱経路が存在し、信号強度は減肉量に大きく依存しない。このため、厚さ5mm鉄のように減肉量が多い場合には、1回散乱に比べ相対的に2回散乱の信号強度が高くなる。



ペンシルビームγ線とは鉛コリメータ等で実現される高い指向性をもつγ線ビーム。また、ここでは簡単のため断熱材は配置していないが、エネルギー数百keVのγ線においては断熱材の影響は少ないと考えられる。上図において、赤線は1回散乱経路、青線は2回散乱経路の例を示す。

図1 解析モデル

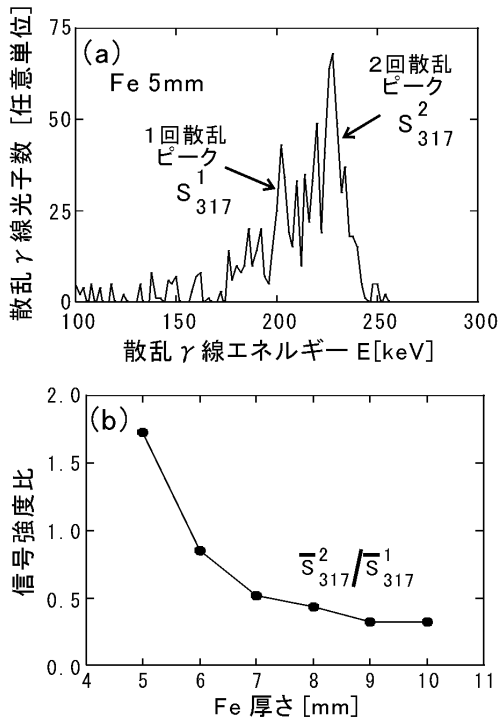


図3 入射γ線のエネルギーとして317keVのみを考慮した場合の(a)後方散乱γ線のエネルギー分布例、および(b)信号強度比のサンプル厚さ依存性

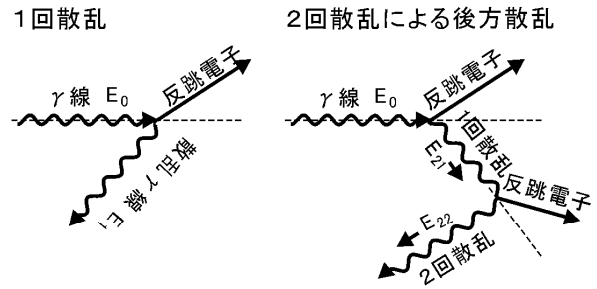


図2 2回散乱概念図

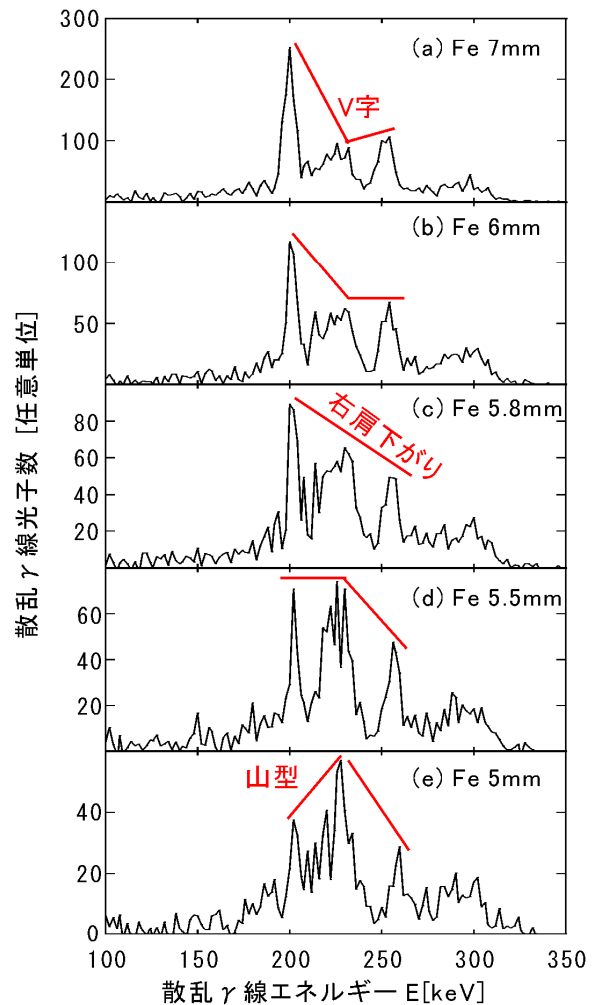


図4 入射γ線のエネルギーとして317keVと468keVを考慮した場合のサンプル厚さに対する後方散乱γ線のエネルギー分布変化

研究担当者	大石 祐嗣 (電力技術研究所 高エネルギー領域)
問い合わせ先	電力中央研究所 電力技術研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 046-856-2121 (代) E-mail : eperl-rr-ml@criepi.denken.or.jp

報告書の本冊(PDF版)は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。