

平成 5 年 6 月 28 日

専攻	学籍番号	指導教官氏名
申請者氏名	白川 芳幸			

論 文 要 旨

論文題目	ガンマ線の散乱現象を利用した密度計の研究
------	----------------------

(要旨 1, 200 字以内)

工業計測において重要な位置を占める分野の一つは、ガンマ線を中心とした放射線応用計測である。本論文では、放射線応用計測の中でガンマ線を利用した密度計測の現状の課題の解決、さらに新しい展開として期待されている複合計測の拡大、法律の規制を受けない微弱線源の利用促進について理論面、技術面の研究成果を示した。さらに本論文では研究成果をガンマ線散乱密度計として具現化したこと、鉄鋼分野での有用性、および発展性を確認したことについて言及した。

本研究では、まず現状の密度計測の課題の中で特にガンマ線源、計測対象、検出器の相対配置（幾何学的条件）に関する課題の重要性を示した。本課題を解決するためにはガンマ線の散乱現象をマクロなレベルで取り扱える解析的なモデルが必要であるとの結論に立ち、ガンマ線の散乱と計測対象の密度との関係を、つぎにガンマ線の散乱と計測対象の幾何学的条件（距離）との関係を理論的に研究し『ガンマ線散乱－密度モデル』と『ガンマ線散乱－距離モデル』を構築した。

『ガンマ線散乱－密度モデル』と『ガンマ線散乱－距離モデル』から得られる散乱ガンマ線計数は同一密度、同一距離では等しくなる。したがって両方のモデルを結合すると密度と距離を未知数に持つ非線形方程式が得られる。これは密度、距離が同時に変化した場合の散乱ガンマ線計数を与える。このモデルによって幾何学的条件を含んだ密度計測原理が数学的に与えられ、現状の重要課題の解決がなされた。

さらに複数の信号を用い複数の目的量を求める複合計測の立場からの研究を実施した。すなわち 2 台の検出器を異なる位置に配置し、2 組の非線形方程式を連立することによって計測対象の密度、計測対象までの距離を同時に求めることの可能性を示した。本方法を線源・検出器間 2 重距離方式と命名した。

線源・検出器間 2 重距離方式を密度計として焼結鉍を製造する焼結機へ導入することにした。焼結鉍は溶けた鉄を製造するための原料として溶鉍炉（高炉）へ装入される。焼結機は幅 5 m × 長さ 100 m の巨大な装置で日産 20000 トンの製造能力を有する。焼結

機には焼結配合原料が供給され、その原料は焼き固められて焼結鉱となる。原料の密度計測と制御によって製品歩留りを向上させ、同時にエネルギーを削減させる技術が従来は存在せず、有力な手段として密度計の研究開発が強く望まれていた。そこで焼結機へ導入可能な密度計の要件を明らかにし、技術研究をおこなった。要件の一つとして微弱線源の利用を掲げた。技術研究の成果を基に装置設計を進め、ガンマ線散乱密度計を完成させた。

基礎テストとオフラインテストでは計測原理（線源・検出器間2重距離方式）の検証と密度計の性能評価を行った。計測性能は幾何学的条件変動の中でも60秒の計数時間で密度範囲 $1.5 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$ において $\pm 0.05 \text{ g/cm}^3$ を達成した。オンラインテストでは長期安定性を実証した。すでに1年間のテストを終え、幅方向の密度計測と制御が実用技術として完成した。経済効果では歩留りの向上とエネルギー削減も図られた。

密度計測はさらに高炉への適用拡大も可能であり、鉄鋼における新しい適用の場も拡がりつつある。

以上のように本研究はガンマ線による密度計測の課題の解決と複合計測の拡大、および微弱線源の利用促進を同時に実現したものであり、放射線応用計測分野の発展に大きく寄与するものと確信する。