微弱線源を用いたガンマ線密度計・レベル計*

ナノグレイ株式会社 宮 下 拓

The New Contactless Level Gauge and Density Meter : Accurate Measurement by Using a Weak Gamma Source

Hiraku Miyashita
Nanogray Inc.

Gamma-ray (γ -ray) level gauge TH-1000, level switch TH-2000 and γ -ray density meter PM-1000 have the latest detecting system which is the fruits of our technologies on industrial measurements with radiation over 10 years. Although TH-1000 and TH-2000 have only a 100 MBq (2.7 mCi) source which are a one-several thousandth strength compared with the conventional γ -ray level gauge and switch. TH-1000 can apply for 1.5 m-span level gauging. TH-2000 can apply for 10 m-span level switch. The minimum response time is only 0.5 sec which provide quick process control. PM-1000 has only $\pm 0.4\%$ error@ 2σ , although PM-1000 has only 3.66 MBq (0.1 mCi) source which is a one-several thousandth strength compared with the conventional γ -ray density meter. PM-1000 can attach easily on a pipe of existing line. PM-1000 can apply density measurement of black liquor, green liquor, lime mud, calcium carbonate and white carbon etc.

分類：V₁計装・制御システム一般，V₃紙パルプ工程計器およびセンサ

1. はじめに（表示付認証機器について）

製紙工業の非接触計測が要求される分野において，放射線源を用いた厚さ計，レベル計，密度計などが使用されている。これらの厚さ計，レベル計，密度計に用いられてきた線源は，放射線障害防止法上の許可や届出を必要とするレベルのものであった。

ところで，2005年6月に放射線障害防止法の改正があり，許可や届出を必要とする線源の強度が引き下げられ，今まで許可や届出が不要であった微弱線源（3.7 MBq以下）使用の機器も新たに規制対象になった。この規制強化は国際基準に合わせるという理由であり，線源の使用によって安全上の問題が発生したことによるのではない。

一方上記の規制強化が使用者に及ぼす負の側面を補う措置として，今回の法令改正において設計認証制度が新設され，一定レベル以下の微弱線源を用いた機器の内，安全性の認証を受けたものについては「表示付認証機器」となり，主任者の選任・管理区域の設定が不要という一種の規制緩

和が行われた。「表示付認証機器」の認証を受ければ，従来の「届出」とは異なり「簡易な（事後）届」のみで，主任者の選任及び管理区域の設定が免除される。

今回，我々はこの「表示付認証機器」の認証を受けた微弱なガンマ線を用いたレベル計，密度計を開発したので報告する。

2. ガンマ線レベル計 TH-1000（表示付認証機器）

今回紹介する新開発のガンマ線レベル計は，弊社の技術陣が有する長年にわたる放射線計測技術を用いて最新の検出システムを構築したものである。軽量でコンパクトな線源部・検出部からなる。従来のガンマ線レベル計は，完全な非接触レベル計測を実現できるが，放射線機器の管理の問題，放射線の被曝の恐れ，線源部の重量が重いといった問題があったが，本機は完全な非接触計測という特徴を維持しながらこれらの問題点を解消した製品である。

線源部には100 MBqのCoの密封線源が装備されている。100 MBqの密封線源は旧法においては届出対象であり，主任者の選任や管理区域の設定その他（測定義務，教育訓練，特殊検診，障害予防規程の作成）が必要であった

*平成18年度年次大会講演（講演 No. C 10）

が、本機は「表示付認証機器」であり、上記の主任者の選任や管理区域の設定などは必要なく、事後届（添付書類不要）のみで利用できる。

また 100 MBq という強度は、従来のガンマ線レベル計が数百 GBq クラスの線源強度に比べ約数千分の 1 の強度であり、被爆の恐れは極めて小さい。また、線源部の重量は約 30 kg で持ち運びも容易であるし、所外への輸送に特別の手続きは要らない（L 型輸送物）。

レベル計として使用する場合は、タンク（釜）を挟んで線源部と検出部とを液面を横切る配置で設置する。例えば、線源部と検出部とをタンクを挟んで 45 度の斜めの対向した位置に設置すると、線源から出射されたガンマ線がタンク（釜）を通過する際に、その内容物のレベルによって、内容物を通過する距離が変化するので、結果として検出器で検出されるガンマ線の計数が変化する。その計数を測定することでレベルを算出する。

同一線源強度、同一寸法・重量のレベルスイッチ TH-2000 も用意されている。レベルスイッチとして使用する場合は、タンク（釜）を挟んで線源部と検出部を水平配置とし、線源から出射されたガンマ線がタンク（釜）を通過する際に、その内容物の有無によるガンマ線の計数の変化によりスイッチを動作させる。

設置の際は、タンクに接触させる必要がないので、高温・高圧のタンクでも適用可能であり、透過方式で測定するので、マイクロ波や超音波のような反射方式で誤差が発生しやすい木材チップなどでも、通常通り計測可能である。

線源強度の制約から使用範囲に限界はあるが、TH-1000 は、1.5 m 程度のスパンのレベル計測、TH-2000 は、10 m 程度のスパンのレベルスイッチとして使用できる。積算時間（応答時間）は最短 0.5 秒なので、早いプロセスにも対応可能である。

製紙分野での具体的用途としては、連釜、晒タワーのレベルスイッチ、小型木釜のレベル計測などが挙げられる。

表 1 にガンマ線レベル計 TH-1000 の主な仕様を、写真 1 に TH-1000 の検出部（左）と線源部（右）を、写真 2

写真 1 TH-1000 の検出部（左）と線源部（右）
（TH-2000 も同一形状）

写真 2 TH-1000, TH-2000 及び PM-1000 用の携帯端末。各種パラメータや校正時に用いる。通常運転時には不要。

表 1 ガンマ線レベル計 TH-1000 の主な仕様（「出力」以外はレベルスイッチ TH-2000 も共通）

項 目	仕 様
名称	ガンマ線レベル計 TH-1000（表示付認証機器） ガンマ線レベルスイッチ TH-2000（表示付認証機器）
測定方法	ガンマ線透過方式
検出方法	シンチレーション検出器方式
積算時間可変範囲	0.5～36,000 sec
表示	LCD モノクロ表示板 表示部 103×79 mm
出力	TH-1000 4/20 mA（レベル値データ）、USB（レベル値データ、エラー信号、その他） TH-2000 トリップ出力（ON, OFF データ）、USB（ON, OFF データ、エラー信号、その他）
使用放射線源	密封放射線源 Co-60 100 MBq 1 個
構造	防塵・防水構造 IP 66 準拠

に TH-1000, TH-2000 及び PM-1000 用の携帯端末を示す。

3. ガンマ線密度計 PM-1000 シリーズ (表示付認証機器)

ガンマ線密度計 PM-1000 シリーズの検出系も TH-1000 と同様のものである。主な違いは、レベルを算出するソフトの代わりに密度を算出するソフトを用いていることである。

製紙分野において、ガンマ線密度計はガンマ線レベル計ほどには普及していないが、薬品回収工程の黒液濃度測定用をはじめとして、いろいろな場所で使用されている。

ガンマ線密度計もレベル計同様、完全な非接触計測が実現できるのでメンテナンスフリーなど優れた点がある反面、放射線機器の管理の問題、放射線の被曝の恐れ、線源部の重量が重いといった問題があった。

線源部には 3.66 MBq のガンマ線源が装備されている。この線源も新法においては届出対象となり、認証がなければ、主任者の選任や管理区域の設定その他（測定義務、教育訓練、特殊検診、障害予防規程の作成）が必要である、しかし、本機は「表示付認証機器」であり、主任者の選任や管理区域の設定などは必要なく、事後届（添付書類不要）のみで使用できる。3.66 MBq という強度は、従来のガンマ線レベル計が数十 GBq クラスの線源強度に比べ、約数千分の 1 の強度であり、被曝の恐れは極めて小さい。50 cm 離れた位置での線量は $0.5 \mu\text{Sv/hr}$ 以下なので、年間法定労働時間の 2000 時間その場所にいたとしても一般人の被

爆限度 1 mSv/年 を超えない設計になっている。また、線源部の重量はわずか 500 g 以下で、持ち運びも容易であるし、所外への輸送に特別の手続きは要らない (L 型輸送物)。

このように微弱な線源を用いながら、僅か $\pm 0.4 \sim 0.7\%$ の誤差（積算時間 2 分における 2σ 値、配管サイズなどによって精度が若干異なる）での密度計測が可能である。PM-1000 は、検出部と線源部を配管を挟んでボルトで取り付ける構造なので、既設配管に改造工事なしで取り付けられる。しかも、直管部の長さが最短約 220 mm あれば取付が可能であり、検出器の設置方向も変えられるので、取付場所の自由度は高い。取付可能な配管サイズは 20 A～350 A が標準である。配管の表面温度は 180°C まで適用可能であるので、黒液ラインにも十分対応できる。防塵・防水構造は IP 66 準拠である。さらに配管と検出器および線源と配管の間に隙間がなく、配管表面の流水などによる誤差の心配がない。

製紙分野での具体的用途としては、

① 薬品回収工程

クラフトパルプの黒液（希黒、濃黒）、緑液や苛性ソーダの濃度管理

② 塗工工程

カラーの濃度管理

③ その他

炭酸カルシウム水溶液（炭カル）、シリカ（ホワイトカーボン）やコーンスティープリカーの濃度管理などが挙げられる。

表 2 ガンマ線密度計 PM-1000 シリーズの主な仕様

項 目	仕 様
名称	ガンマ線密度計 PM-1000（表示付認証機器）
測定方法	ガンマ線透過方式
検出方法	シンチレーション検出器方式
密度計測範囲	$0 \sim 3,000 \text{ kg/m}^3$ （配管径により異なる）
積算時間可変範囲	$0.5 \sim 36,000 \text{ sec}$
統計誤差	4 kg/m^3 （ 2σ 値、積算時間 120 秒、配管径 40～250 A の場合）
適用配管	20～350 A
適用流体	流体をえらびません
配管表面の最大温度	180°C
表示	LCD モノクロ表示板 表示部 $103 \times 79 \text{ mm}$
出力	4/20 mA（密度値データ） USB（密度値データ、エラー信号、その他）
使用放射線	密封放射線源 3.66 MBq 1 個
構造	防塵・防水構造 IP 66 準拠
寸法	$220 \text{ W} \times 145 \text{ D} \times 170 \text{ H}$ （検出部、突起部含まず）
重量	$14 \sim 24 \text{ kg}$ （操作端末 2 kg）

写真 3 ガンマ線密度計 PM-1125 を 125 A 配管に取り付けた写真（型名の下 3 桁が配管サイズを表す）

写真 3 にガンマ線密度計 PM-1150 を 150 A 配管に取り付けた状況を、表 2 にガンマ線密度計 PM-1000 シリーズの主な仕様を示す。

4. ま と め

弊社のガンマ線密度計・レベル計は、2005 年 6 月の放射線障害防止法改正で創設された設計認証制度の「表示付認証機器」の認証済みであり、放射線計測器の完全な非接触計測，メンテナンスフリーなどの長所を活かしながら，放射線機器の管理の問題，放射線の被曝の恐れ，線源部の重量が重いといった欠点を克服した計測器である。以下にその特徴を記す。

- ① 微弱線源なので安全である。
- ② 表示付認証機器の認証を受けているので，主任者の選任や管理区域の設定その他（測定義務，教育訓練，特殊検診，障害予防規程の作成）が不要である。
- ③ 従来のものに比べて軽いので，1 人でも設置が可能である。