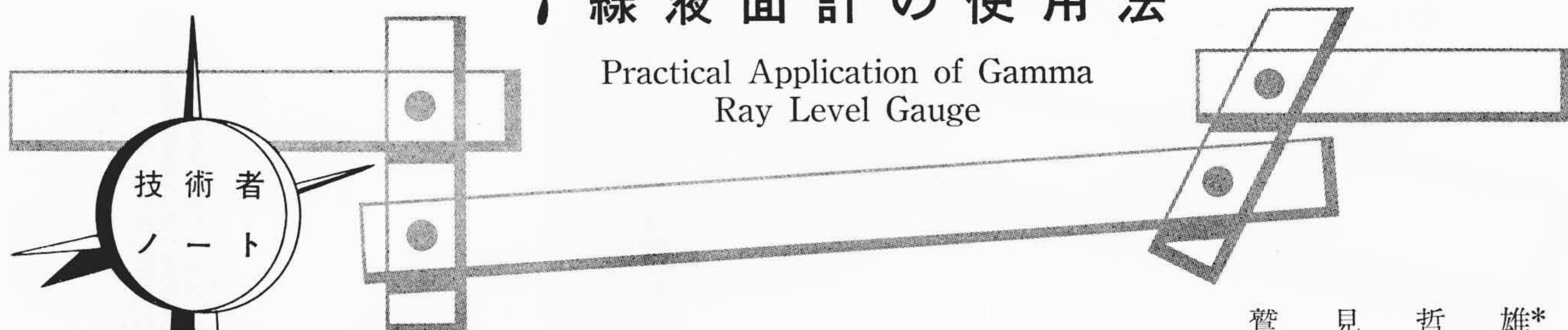


γ 線液面計の使用法

Practical Application of Gamma Ray Level Gauge



鷲見哲雄*
Tetsuo Sumi

1. 緒言

γ 線液面計はここ数年来急速に発達普及し、工業計器の一品種に加えられて、各種工業で広く実用されるようになった。そこで放射線を利用するこの計器の特殊性を考えて、計装担当者および現場技術者の参考用として、その特色および使用上考慮すべき点などを記述する。

2. 概説

γ 線液面計はタンク内物質による γ 線の吸収あるいは散乱を利用して、液面の測定を行う装置である。戦後、放射性同位元素が原子炉で容易に生産されるようになってから開発されたもので、わが国における利用数は昭和30年以後急増している。

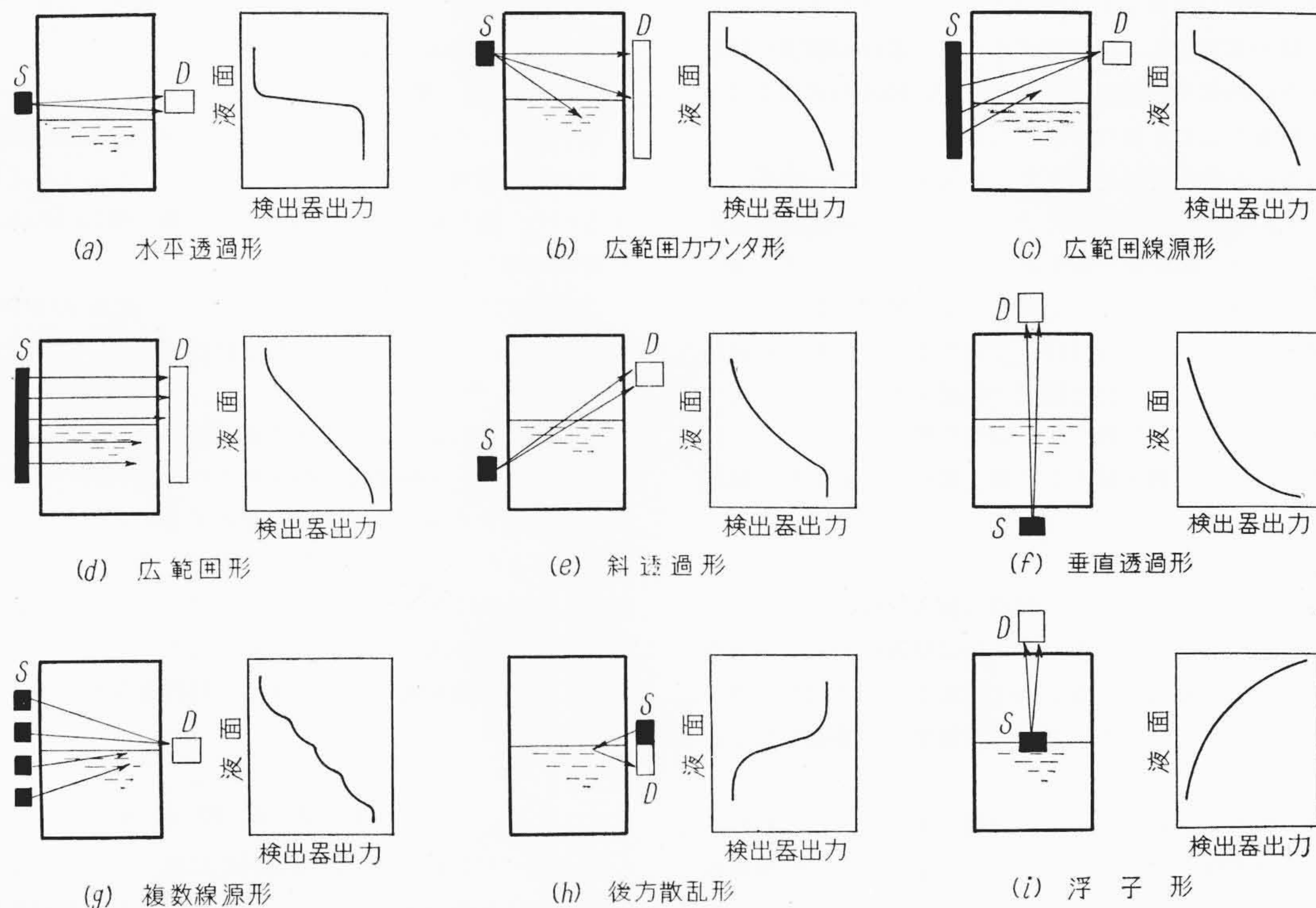
γ 線液面計の最大の特長は非接触測定ができる点にあり、高粘性液体の液面、高圧あるいは低圧密閉タンク内の液面、熔融金属面、固体の混入した液体面、粉体面など、従来の液面計で測定困難であったものに利用される。ことに化学工場における粉体触媒のレベル管理、キューポラの原料レベルの制御などは γ 線の利用によって始めて可能となったものである。

γ 線を放射する線源としては ^{60}Co (コバルト60)が広く使われる。 ^{60}Co は γ 線のエネルギーが高いため、その透過力が強く、また半減期も比較的長く(約5年)、さらに取扱いに便利な小形カプセル入りのものが容易に入手できるので、液面計用線源として最も適している。タンク寸法が小さい場合には、 ^{137}Cs (セシウム137)が使用されることもある。

γ 線の検出器として現在工業的に利用しうるものはハロゲンカウンタ、シンチレーションカウンタ、電離箱の3種類であるが、液面計用としてはハロゲンカウンタが広く使用される。シンチレーションカウンタはハロゲンカウンタに比べて回路がやや複雑となるが、 γ 線に対する感度が非常に高く、また分解時間も短いので、タンクの壁が厚い場合、タンク寸法が大きい場合、あるいは特に高精度を要求される場合などに使用される。電離箱は γ 線に対する感度が前二者に比べて非常に低いので、強い線源を必要とし取扱いが不便となる。したがって液面計の検出器としてはほとんど用いられない。

3. 方式および特性⁽¹⁾

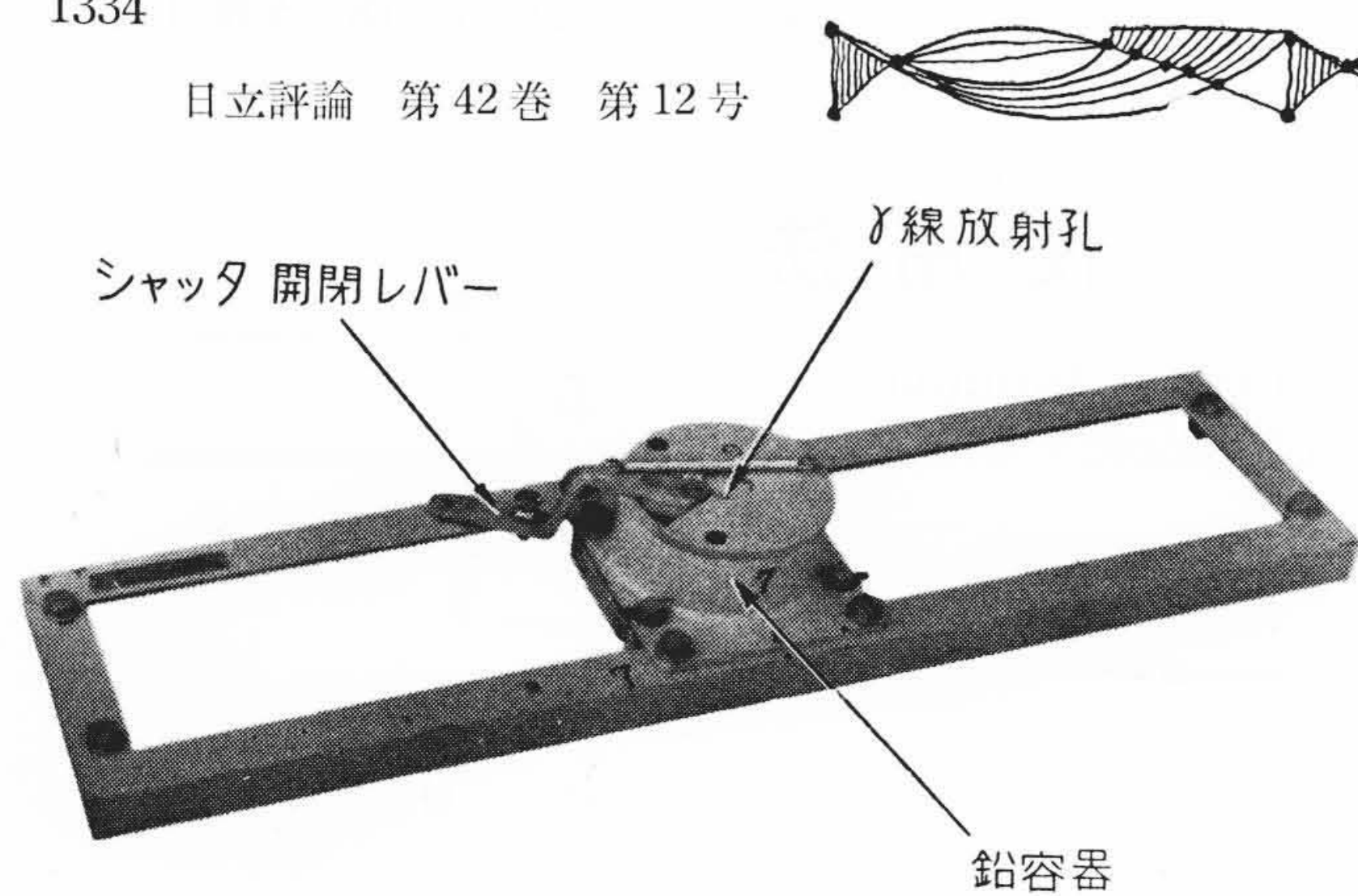
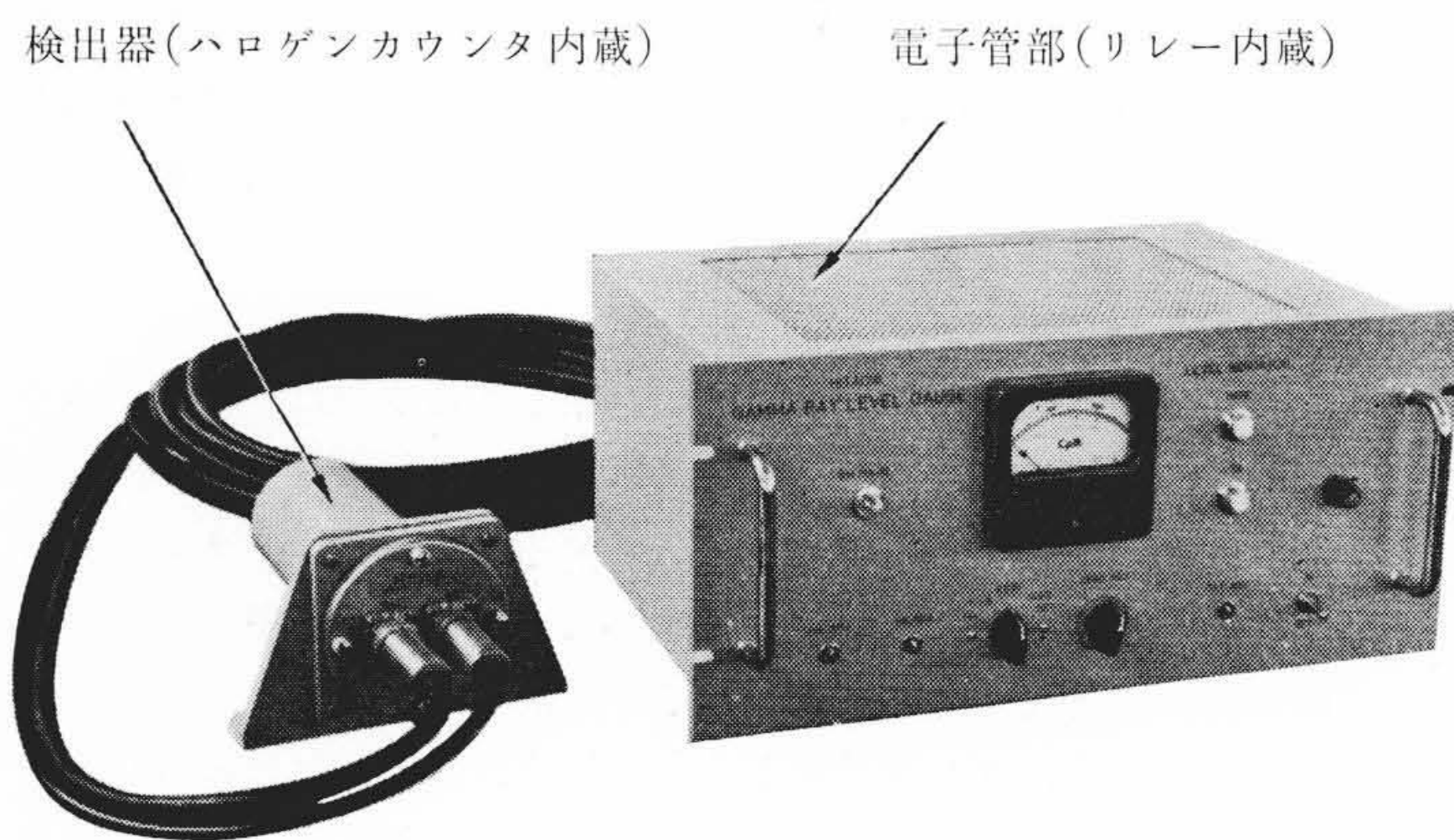
γ 線液面計には線源および検出器の配置により種々の方式が考え



S: 線源 D: 検出器

第1図 γ 線液面計の各種方式およびその特性

* 日立製作所多賀工場

第2図 γ 線液面計用しゃへい容器第3図 水平透過形 γ 線液面検出器

られる。第1図はこれらのうち実用的なものを示したものである。

3.1 水平透過形

第1図(a)に示すように、線源および検出器をタンクの外側面に対向して取付ける方式で⁽²⁾⁽³⁾、現在最も広く実用されている。

この方式では、液面が線源および検出器の取付面より上にあるか下にあるかを γ 線の強度変化より判別するので、動作が確実で精度が高い。通常 ± 5 mm程度の精度が得られるが、特別の考慮を払えば、 ± 0.5 mm程度のものも製作可能である。

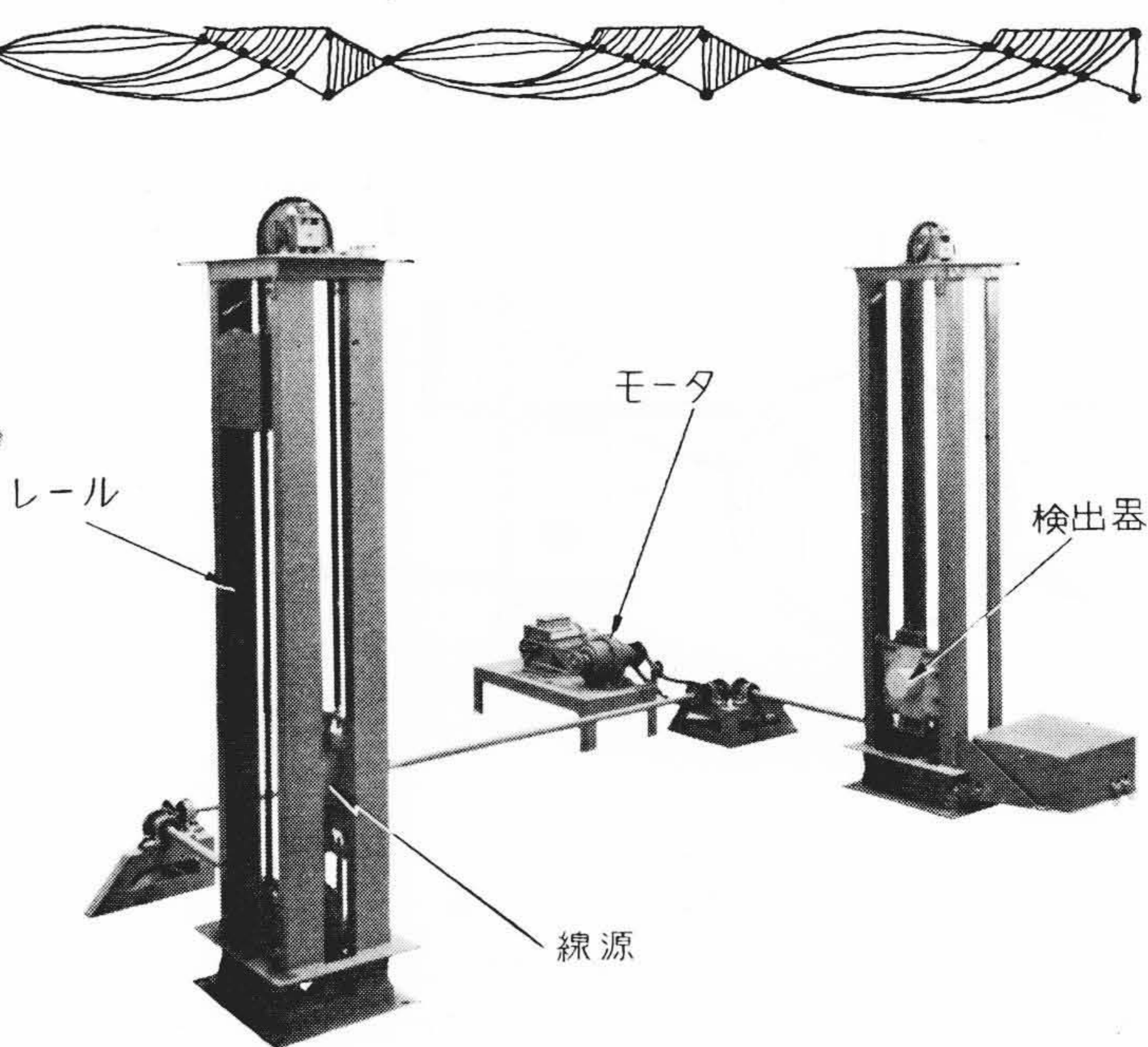
第2図はこの方式の液面計で使用される線源用しゃへい容器で、鉛厚みは取扱い上、危険のない程度に十分厚く、また液面計を使用しないときはシャッターにより γ 線を遮断することができる。第3図は γ 線強度変化を検出してリレーを動作させる装置である。

線源および検出器をレールに取付け、手動あるいは自動的に昇降させれば、広範囲にわたって一様な精度で液面を測定することもできる。したがって高精度および動作の安定性を要求される場合には水平透過形が適している。第4図および第5図に自動追従形 γ 線液面計の外観を示す。

3.2 広範囲カウンタ形

第1図(b)に示すように、タンクの側面に線源を取付け、その反対側に測定範囲にわたって長形カウンタまたは多数のハロゲンカウンタを並列に取付ける。検出される γ 線は液面より上に出たカウンタの長さにはほぼ比例して変化するので、 γ 線強度より液面を知ることができる。

この方式では、線源より検出器をみる角度が大きくなると特性が悪くなる。実用になる角度はタンク壁の厚みにもよるが、20 mm以下の鉄板の場合には30度前後である。タンク直径が小さい場合も液体を透過する γ 線が多くなるので、特性は悪くなる。タンク直径が大きくなると ^{60}Co の必要量が増加するので、タンク直径は現在の

第4図 自動追従方式 γ 線液面計検出部

ところ10 m程度が限界であろう。第6図および第7図は広範囲カウンタ形 γ 線液面計の取付例である。

第1図(c)および(d)の方式も類似の特性になるので広範囲カウンタ形に含めることにする。

3.3 斜透過形

これは γ 線を斜方向に透過させる方式で、線源および検出器の配置を第1図(e)に示す。 γ 線は液面位置により指数関数的に変化するので、広範囲の測定は無理である。比重1程度のものの場合、実用になる測定範囲は γ 線通過長にして50~60 cmである。

この方式では、液体の比重変化により大きく影響を受ける。

第1図(f)の方式は γ 線を垂直方向に透過させるもので、液体による γ 線の吸収を利用している点から、斜透過形とまったく同じ特性が得られる。また第1図(g)の方式も線源を複数個取付けたもので斜透過形の組合わせと考えることができる。したがってこれらを斜透過形に含めることにする。

3.4 反射形

第1図(h)に示すように、線源および検出器を同じ側に取付ける。タンク内の液面がその付近にあるか、ないかによって散乱線が変化するので、散乱線の強度を測定すると第1図(a)の水平透過形と似た特性が得られる。

この方式では、タンク壁が厚くなると(鉄板20 mm以上)困難を生じるが⁽⁴⁾、タンク壁が薄ければ直径が大きい場合に有利である。

3.5 浮子形

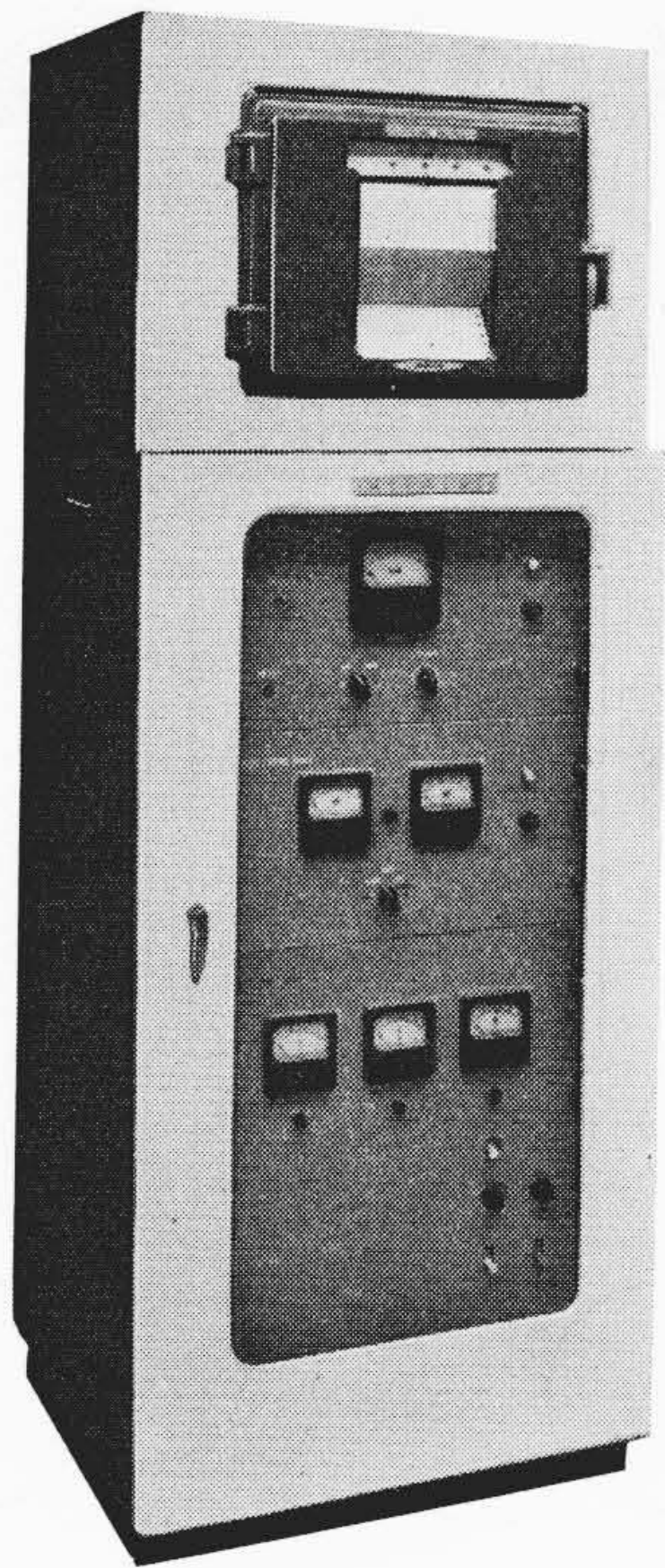
第1図(i)に示すように、液面に線源を浮べてタンク上部に検出器を取付ける。 γ 線強度が線源および検出器間の距離の2乗に反比例して変化するので液面を測定する方式である。タンク内に線源を入れるので、タンク外部から液面が測定できるという γ 線液面計最大の特長は失われるが、タンク壁が厚くなって、(a)~(h)の方式では測定が困難の場合に有利となる。また、浮子にガイドを付けて、その軌跡を適当な形にすると特性を任意に変えることもできる。

4. 方式の選択

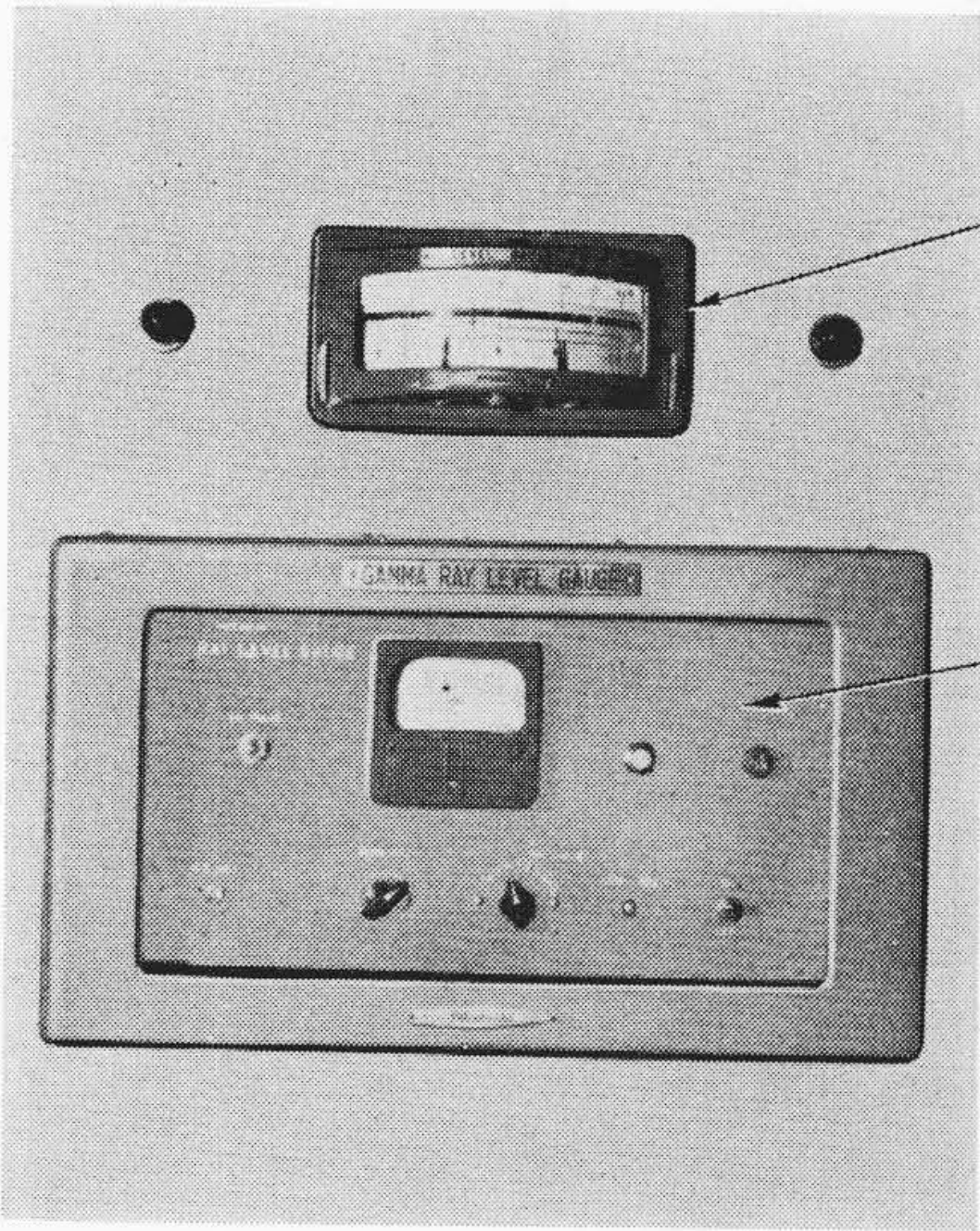
以上述べたとおり、 γ 線液面計には種々の方式があるので、使用に当ってはその用途に適した方式を選択しなければならない。そこで第1図に示した方式を水平透過形、広範囲カウンタ形、斜透過形、反射形および浮子形に大別し、第1表に選択の基準となるおの

第1表 γ 線液面計方式選択の基準

方 式		長 所	欠 点	用 途
水平透過形	リレー動作式	○装置が簡単で安価 ○動作が確実	○1点検出のみで連続測定ができない	○液面または粉体レベルの警報 ○液面または粉体レベルの on-off 制御
	自動追従方式	○精度が高い ○広範囲にわたって一様な精度で測定できる	○装置がやや複雑となる ○応答がおそい	○液面または粉体レベルの測定および制御
	手動追従方式	○計器指示を監視しながら測定を行うので、信頼性が高い ○自動追従方式より装置が簡単	○連続測定ができない	○液面または粉体レベルの測定
広範囲カウンタ形		○自動追従方式に比べて簡単な装置で測定ができる	○自動追従方式に比べて精度は劣る ○測定範囲を広くとることができない ○タンク直径が小さい場合は特性が悪くなる	○直径 500mm 以上のタンクの液面または粉体レベルの測定および制御
斜透過形		○自動追従方式に比べて簡単な装置で測定ができる	○自動追従方式に比べて精度は劣る ○測定範囲を広くとることができない ○タンク直径が大きい場合は特性が悪くなる ○液体の比重が変わると誤差が出る	○直径 500mm 以下のタンクの液面または粉体レベルの測定および制御
反射形		○片側から測定ができるのでタンク直径に制限がない	○1点検出のみで連続測定ができない ○タンク壁が厚くなると検出できない	○液面または粉体レベルの警報 ○液面または粉体レベルの on-off 制御
浮子形		○ γ 線の吸収はほかの方式の1/2になるのでタンク壁が厚い場合に有利となる	○線源をタンク内へ入れなければならない	○液面の測定および制御



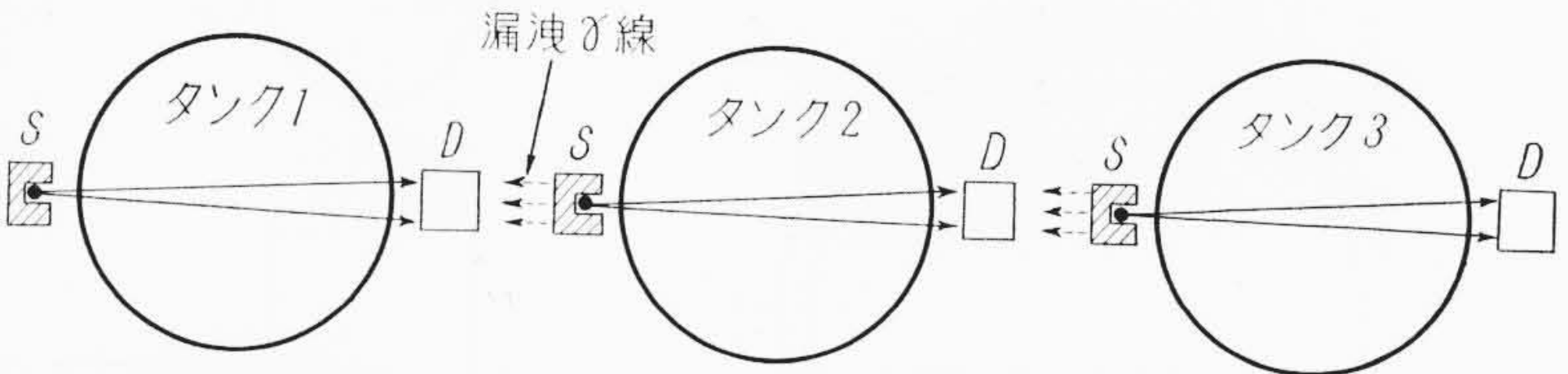
第5図 自動追従方式 γ 線液面計測定部



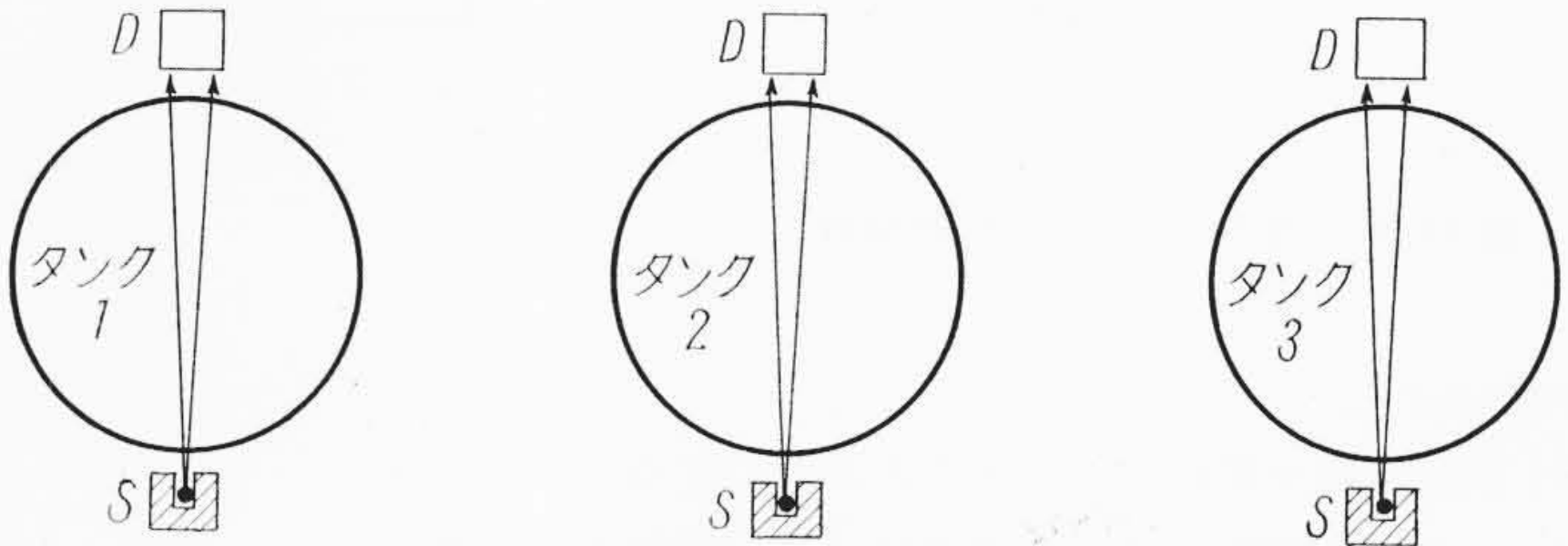
警報計

電子管部

第7図 広範囲カウンタ形 γ 線液面計電子管部および警報計



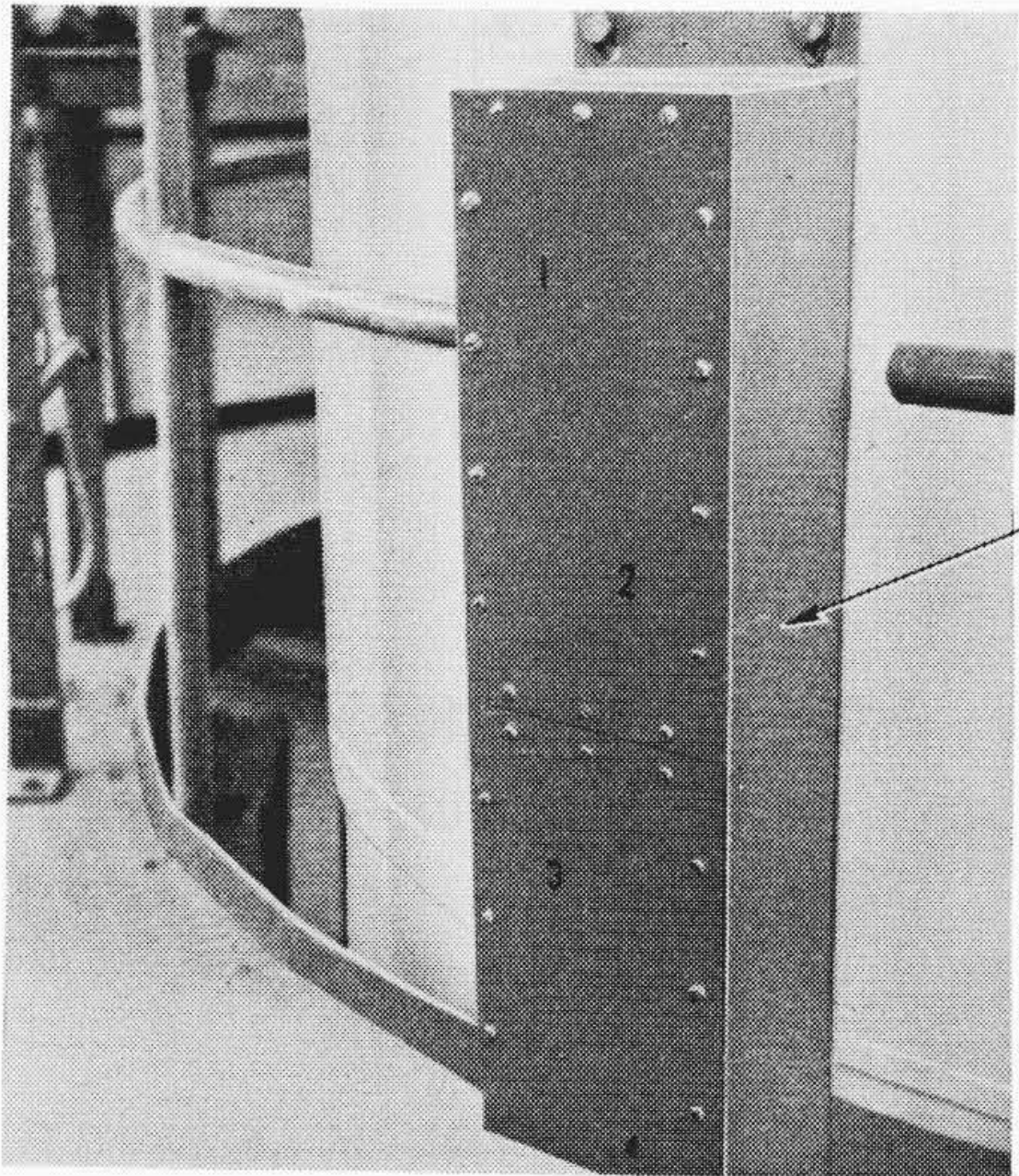
(a) 不適当な配置



(b) 適当な配置

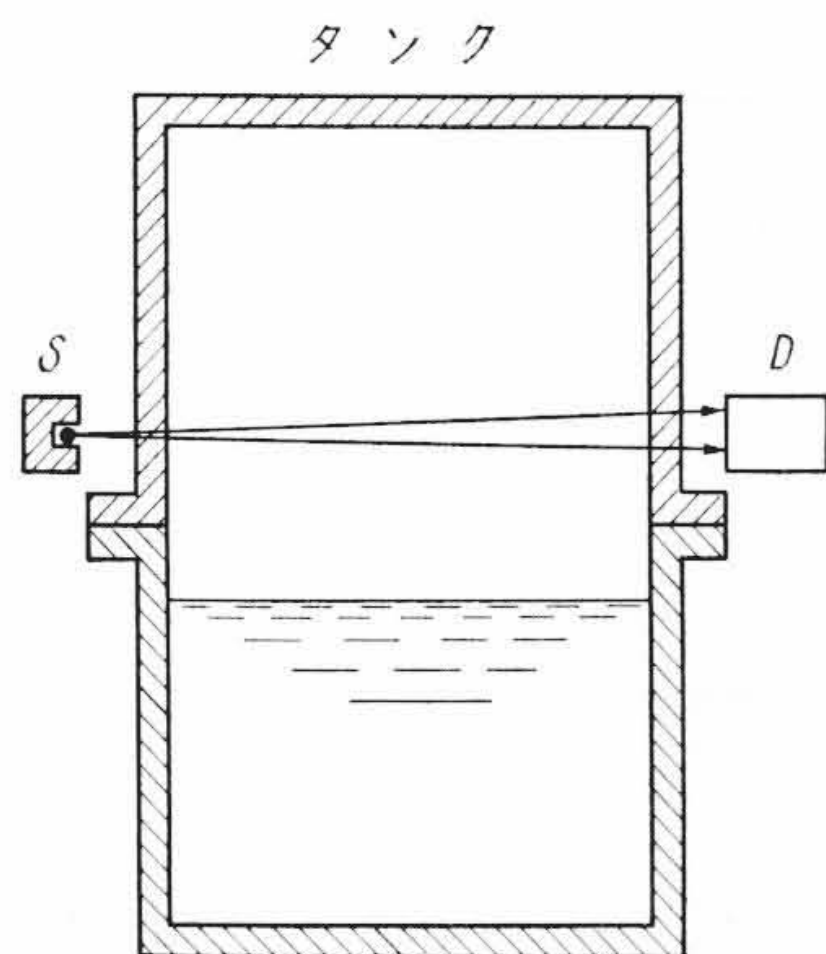
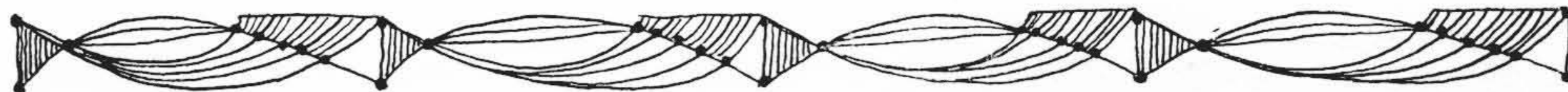
S : 線 源
D : 検 出 器

第8図 同一場所に多数のタンクがある場合の設置

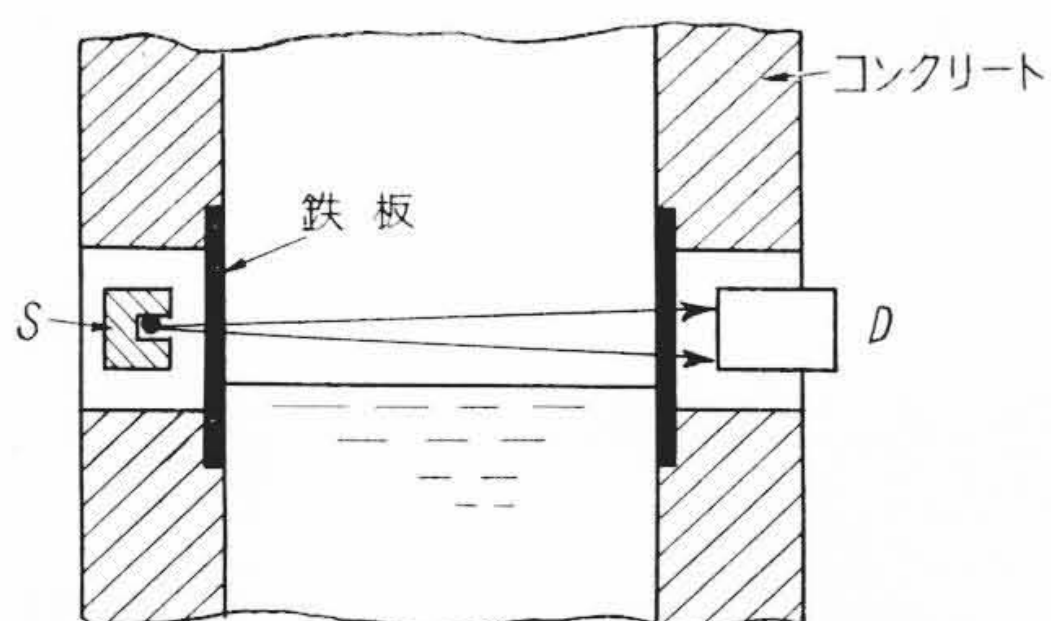


検出器

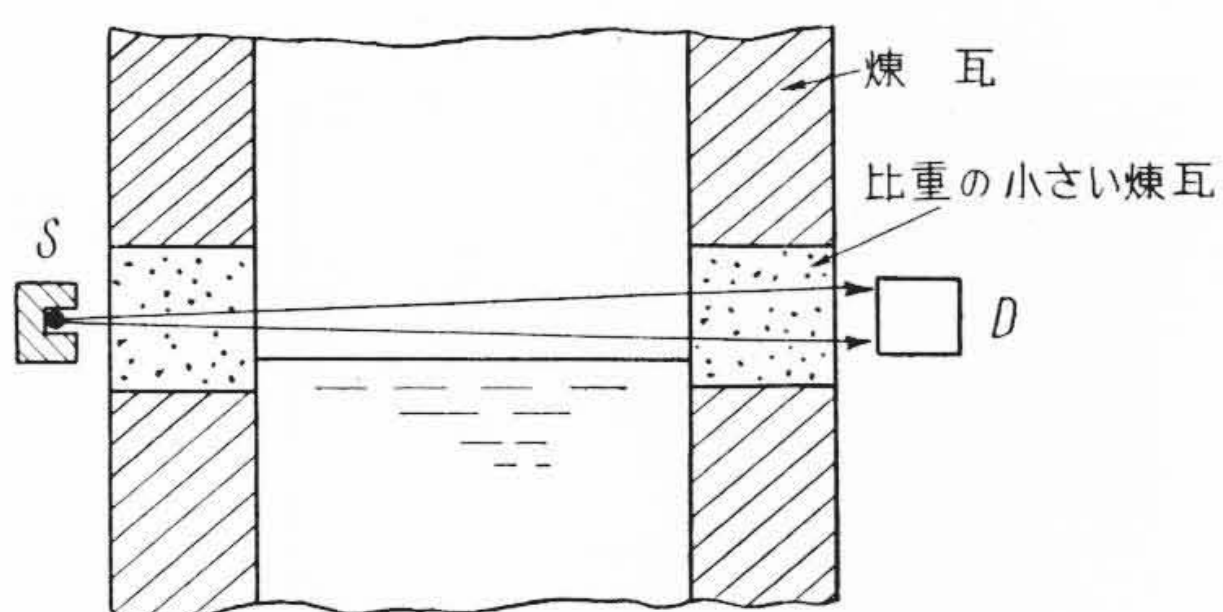
第6図 広範囲カウンタ形 γ 線液面計の検出器の取付け



第9図 タンク壁厚が一樣でない場合の取付け

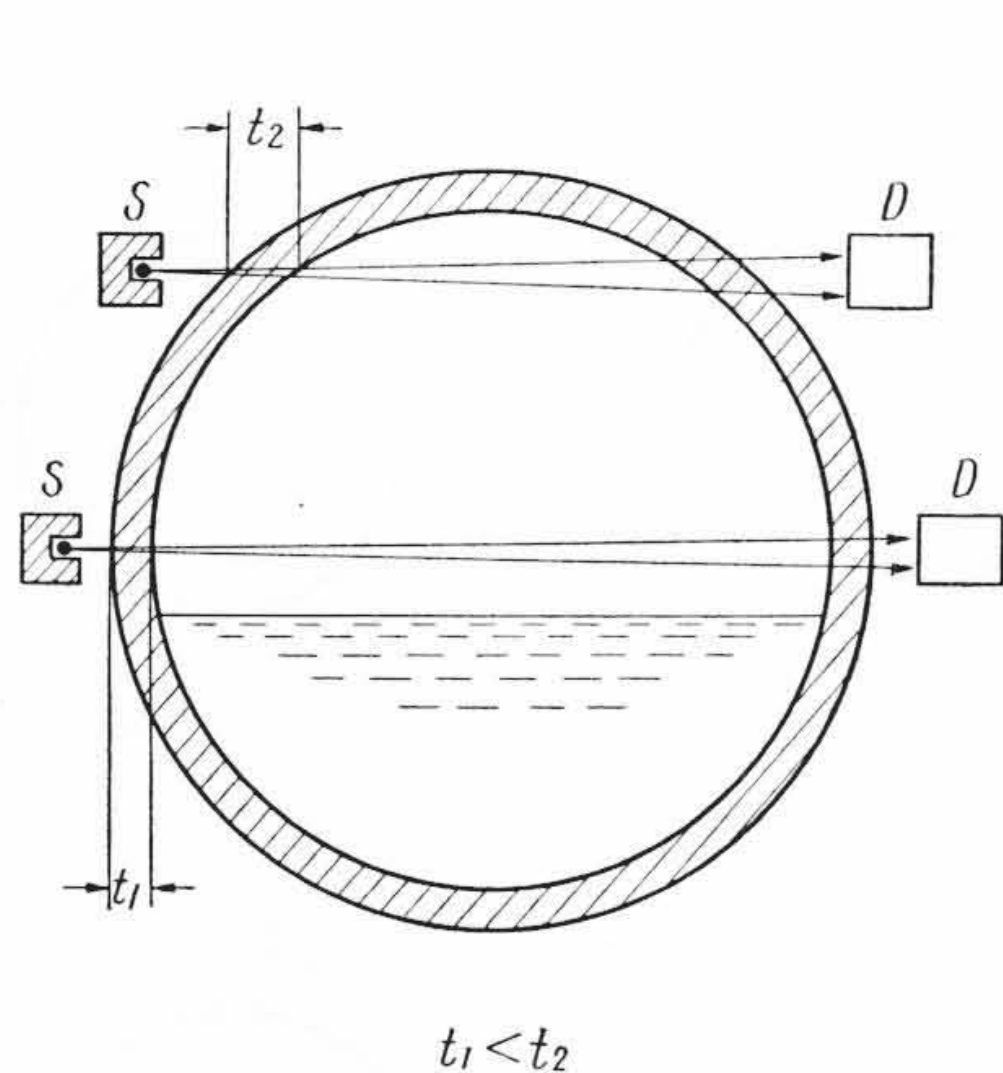


(a) 線通路を鉄板で置換

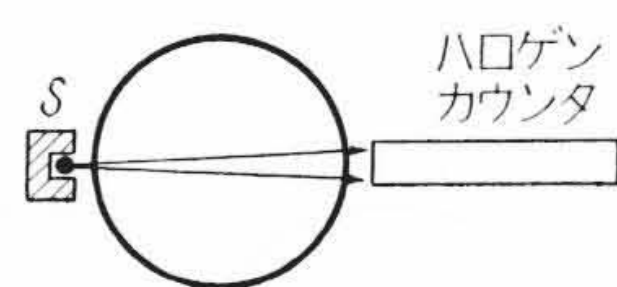


(b) 線通路を比重の小さい煉瓦で置換

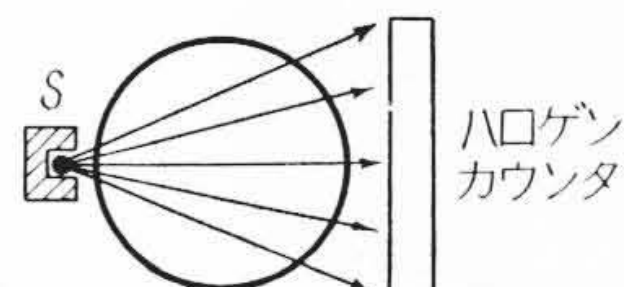
第10図 タンク壁が厚い場合の対策



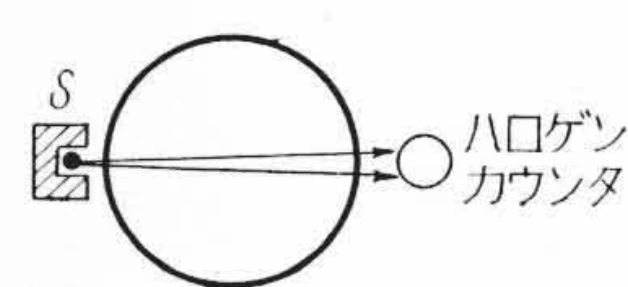
第11図 球形タンクへの取付け



(a) 正しい取付

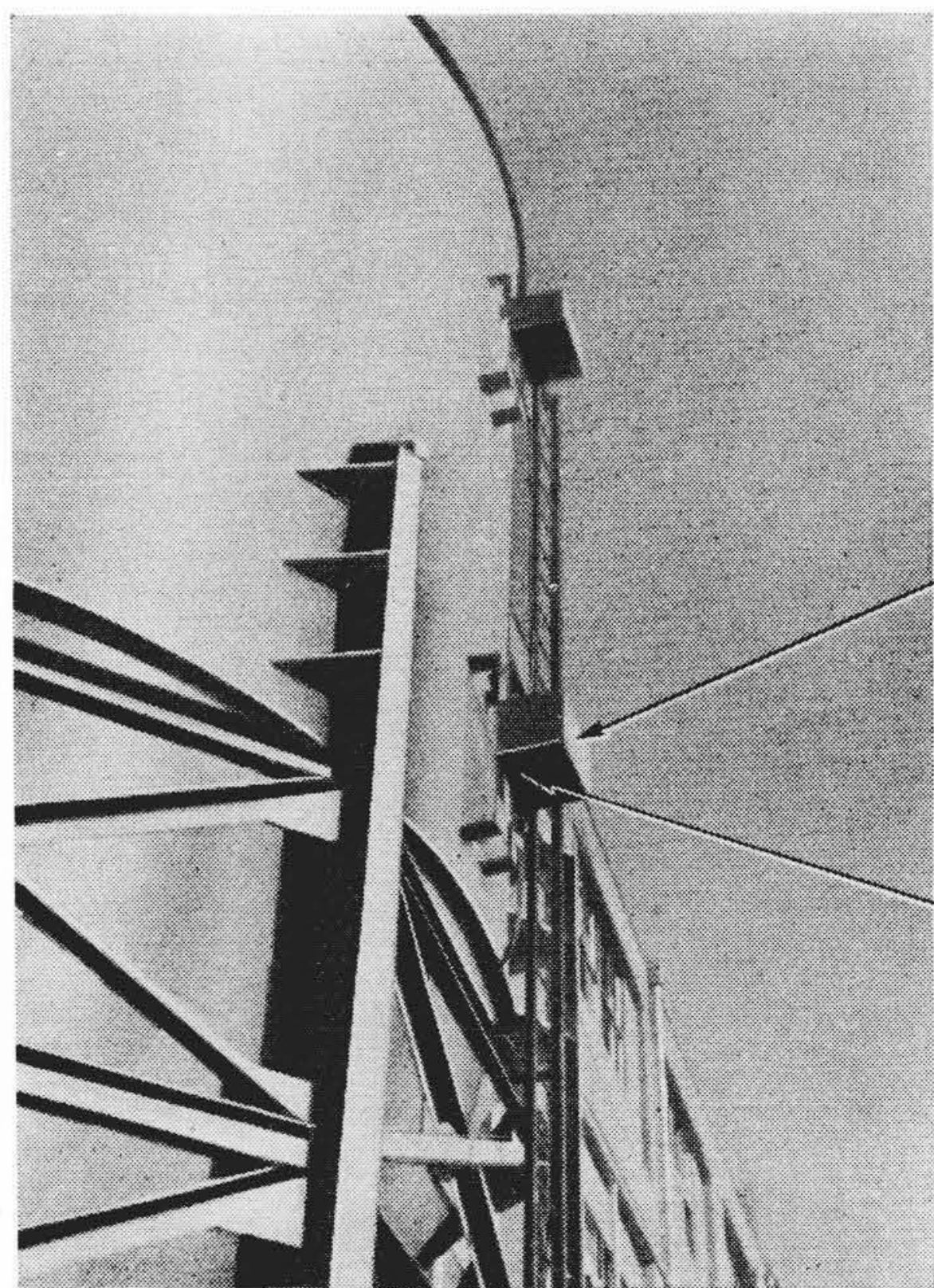


(b) 不適当な取付け

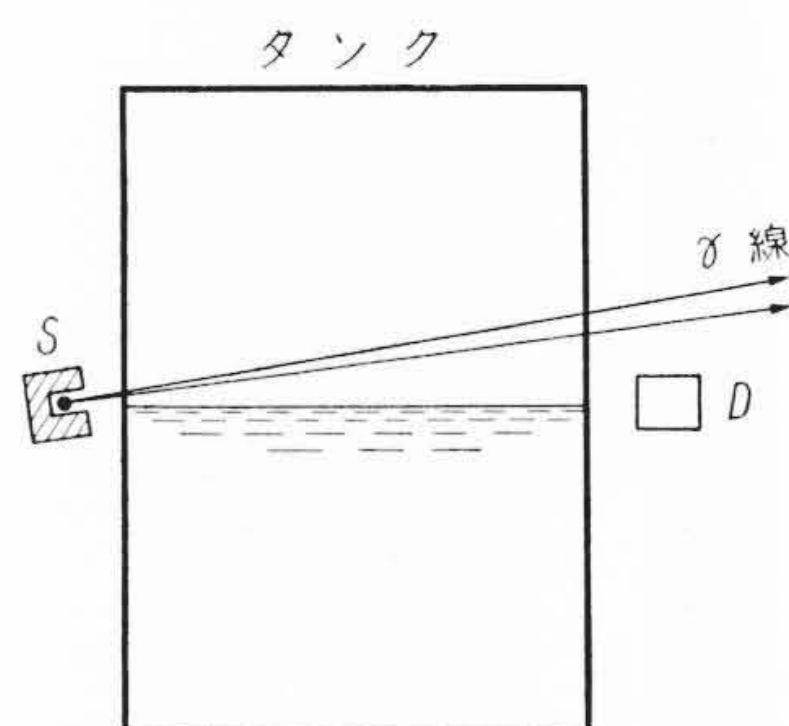


(c) 不適当な取付け

第14図 検出器の取付け (タンク直径が小さい場合)



第12図 屋外タンクにおける検出器の取付け



第13図 線源の取付け不良例

の特長を示す。

第1表の内容を要約すれば次のとおりになる。

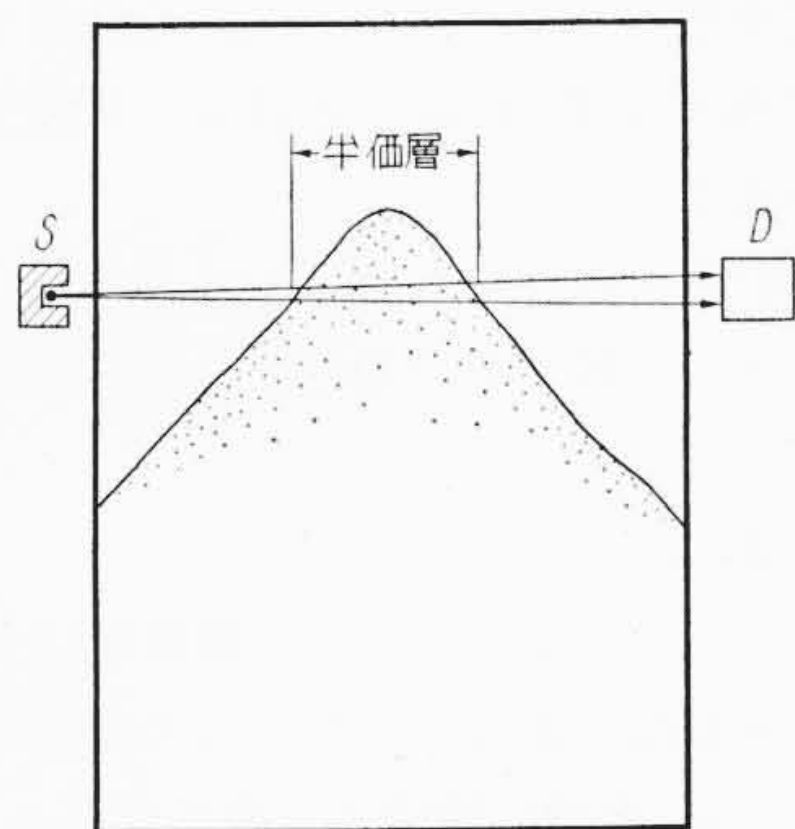
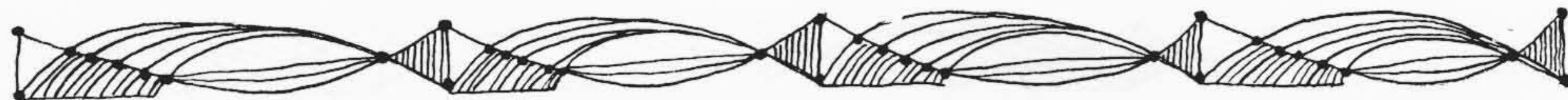
- (1) 液面の警報には水平透過形リレー動作方式が適する。
- (2) 精度および信頼性の最も高い測定方式は水平透過形の自動追従方式である。
- (3) 特別に高精度を要求されない場合は広範囲カウンタ形または斜透過形が適当である。
- (4) 特殊な用途には反射形または浮子形が利用できる。

5. 設置に際しての注意

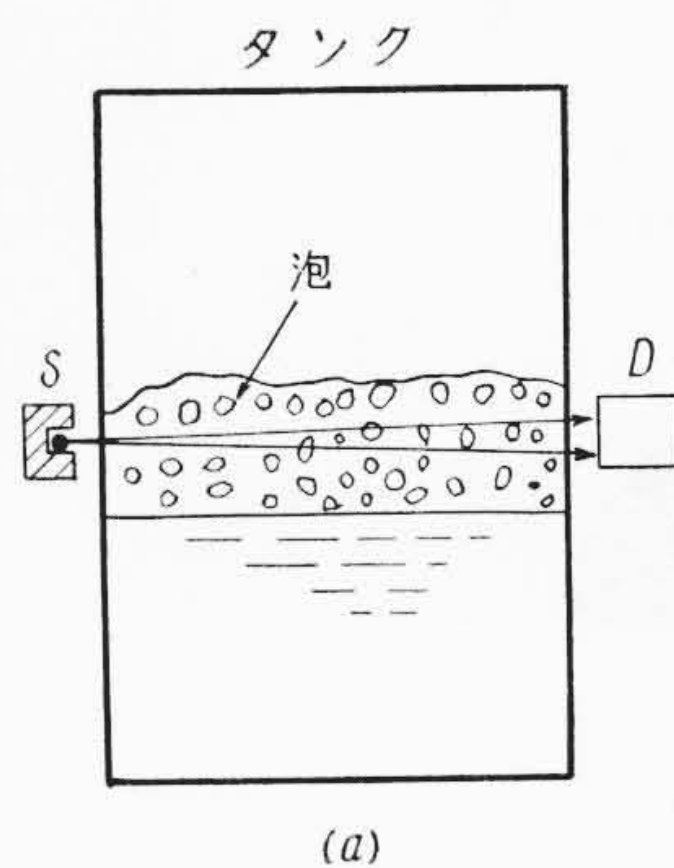
各種方式の γ 線液面計のうち、最も用途の広いのは水平透過形であるから、設置に際しての注意事項を水平透過形を例にとって列記する。ほかの方式についても同様な考慮を払えばよい。

- (1) 同一場所に多数のタンクがある場合

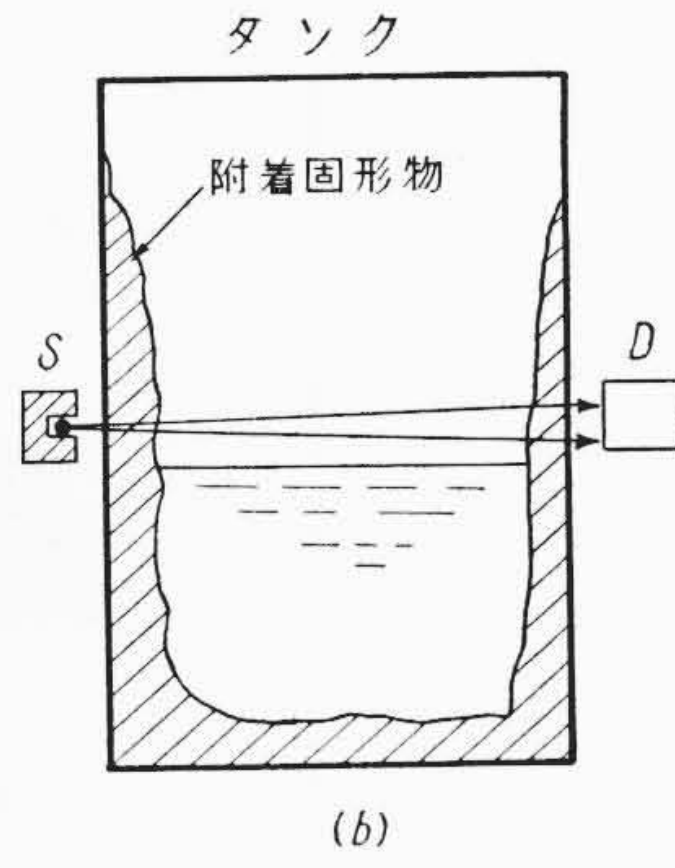
同一場所に多数のタンクがあり、そのおののに γ 線液面計を設置する場合は、相互干渉に対する注意が必要である。第8図はその



第15図 山形レベルの検出

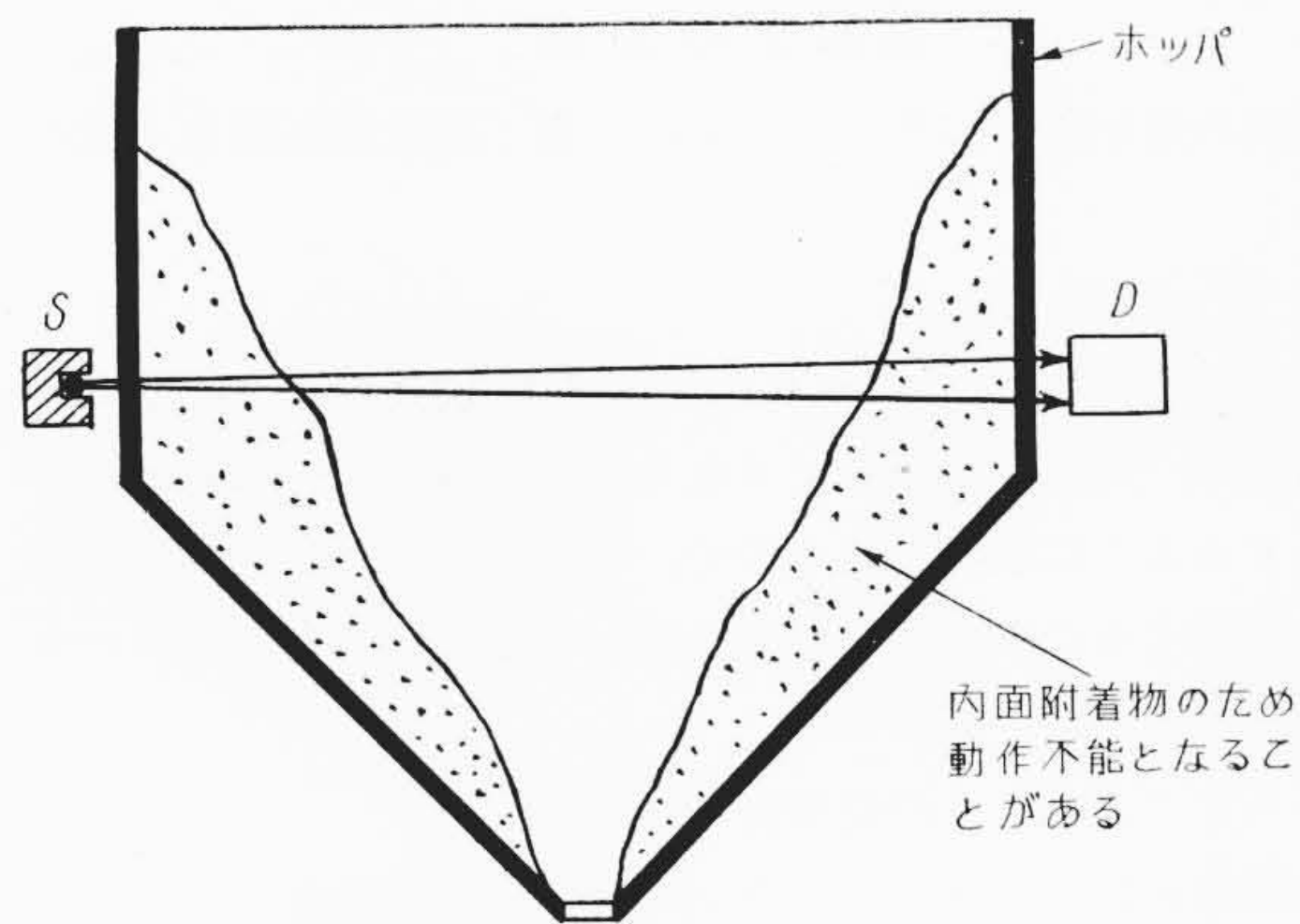


(a)

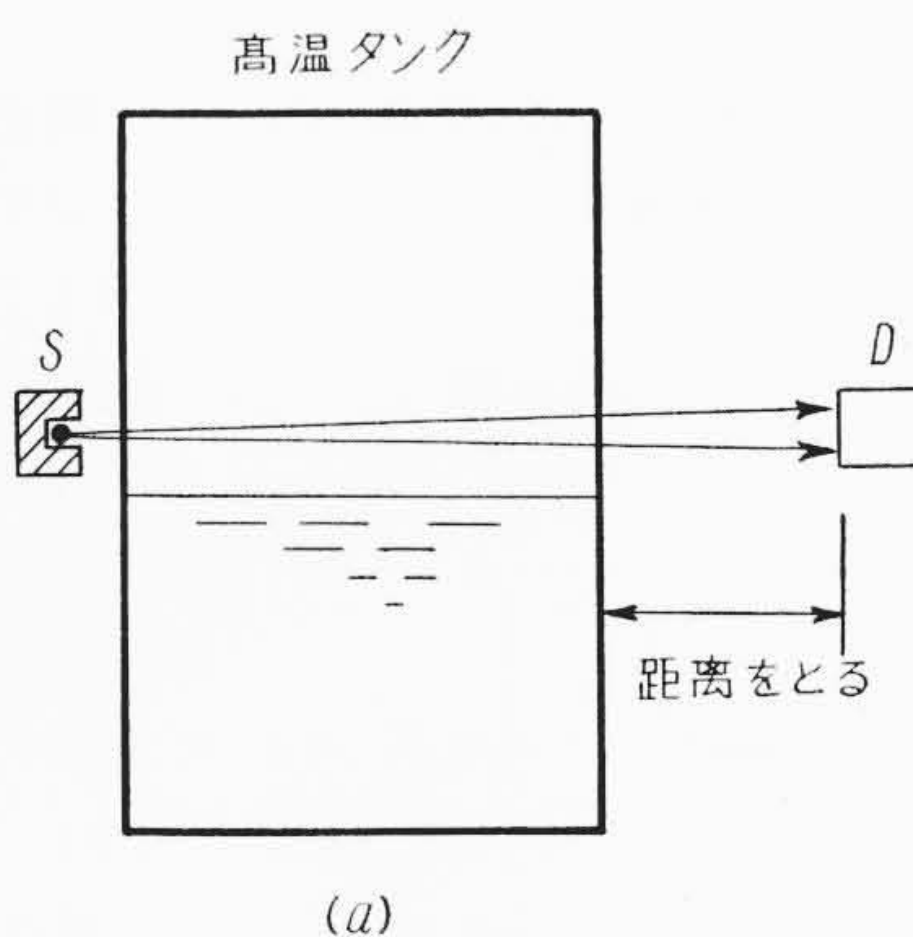


(b)

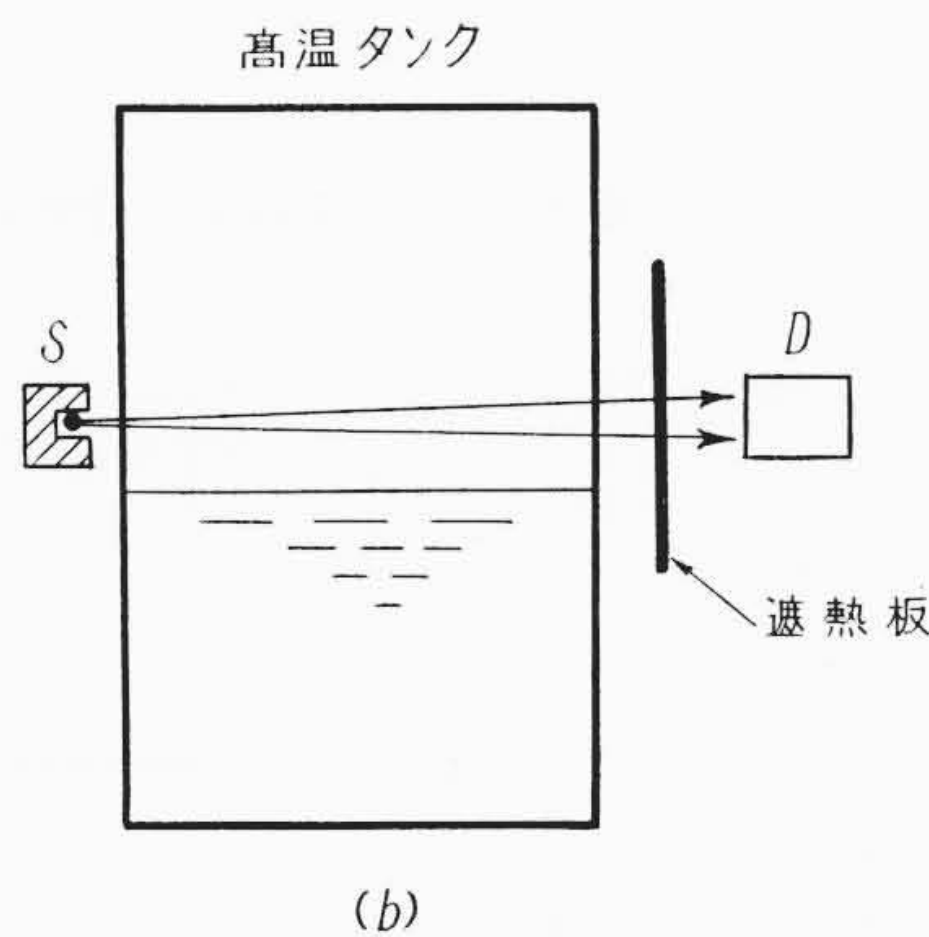
第18図 タンク内の状況が変化する場合



第16図 ホッパに取付ける場合の注意

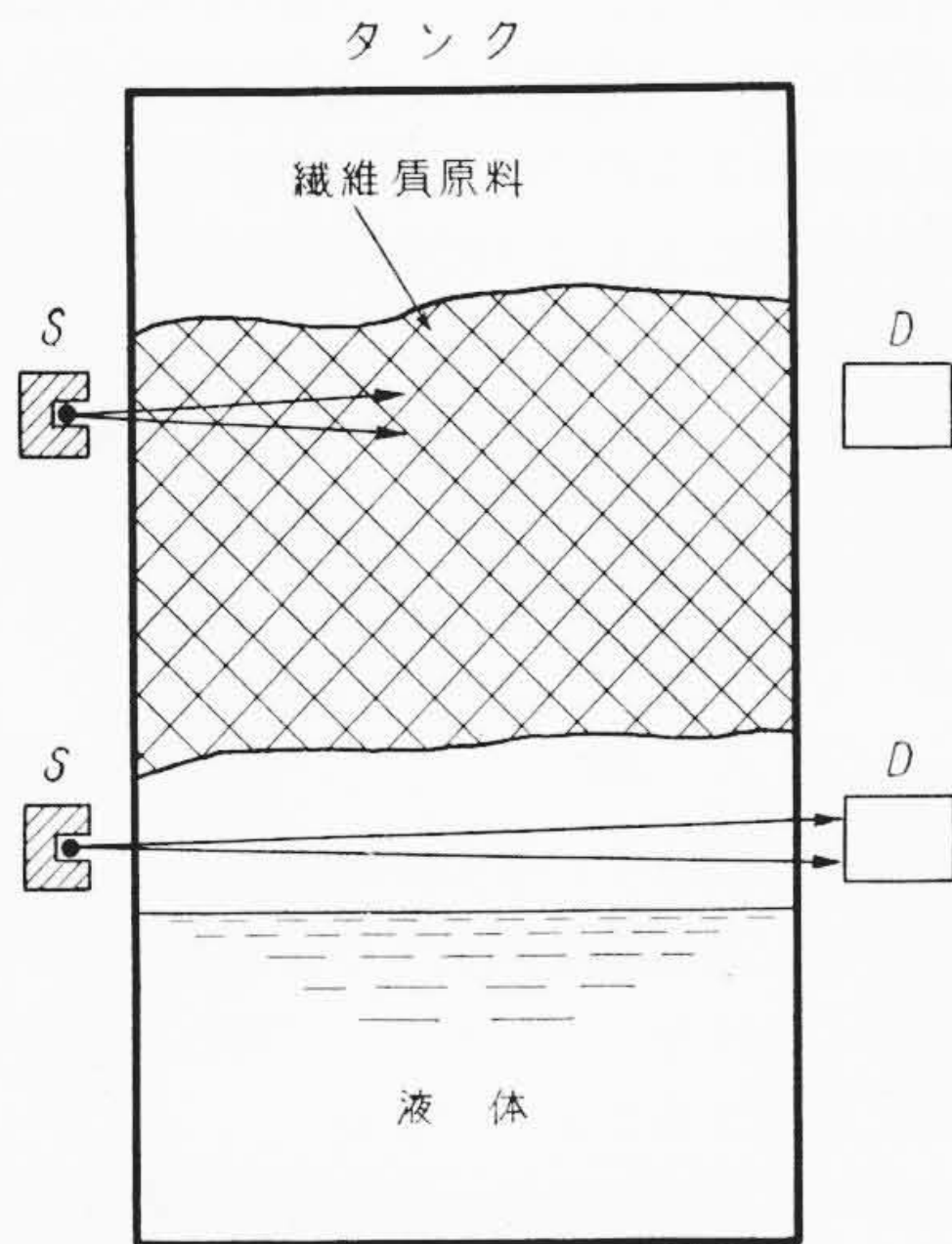


(a)



(b)

第19図 高温タンク取付け時の対策例



第17図 繊維質原料レベルの検出

関係を示すもので、(a)に示すような配置ではタンク2の線源から後方にもれる γ 線をタンク1の検出器が検出して誤動作するおそれがある。したがって、第8図(b)のような相互干渉の少ない配置が適当である。

(2) タンク壁厚が一様でない場合

第9図に示すとおり、タンク壁の一部がフランジ接続、溶接などで厚くなっている場合は、 γ 線の吸収が増すため、 γ 線通路をその場所からずらすのが望ましい。

(3) タンク壁が特別に厚い場合

タンク壁が厚くなると壁による γ 線の吸収が増加し、線源として使用すべき ^{60}Co の量が増大するので、その対策として第10図に示すとおり、 γ 線通路のみ γ 線の吸収を少なくする方式が有効である。

(4) 球形タンクあるいは横形タンクの場合

第11図に示すとおり球形あるいは横形タンクでは液面の上下限を検出する場合、位置が端部に近づくと、 γ 線がタンク壁を斜に透過するようになり、 γ 線の吸収が増加するので注意を要する。

(5) 屋外タンクに取付ける場合

タンクが屋外にある場合は線源および検出器は屋外取付けとなる。線源、検出器は普通防水性の構造となっている。しかし直接風雨にさらすことは損傷を早めるので、第12図のように簡単な雨よけ屋根を取付けて対策するのがよい。

(6) 線源の取付け

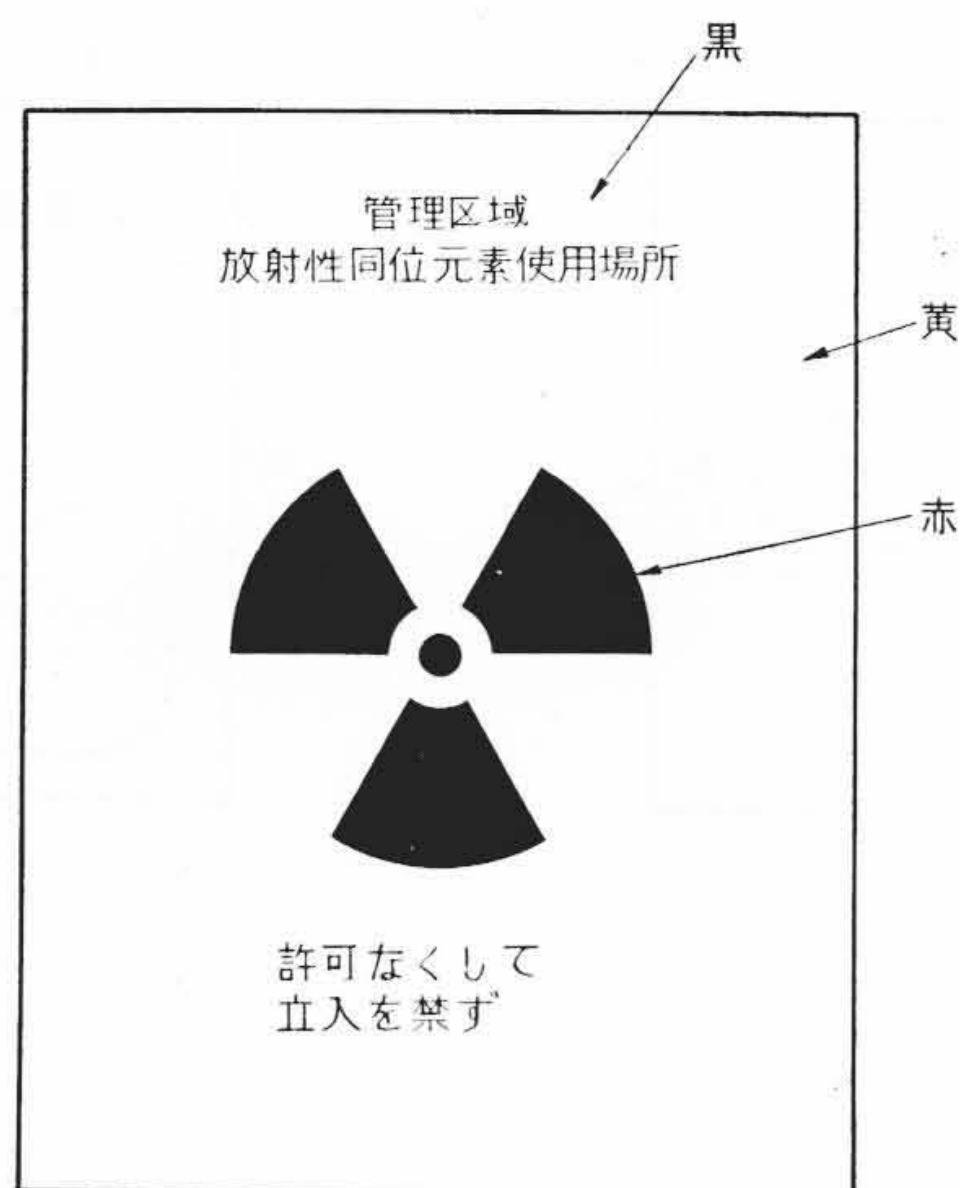
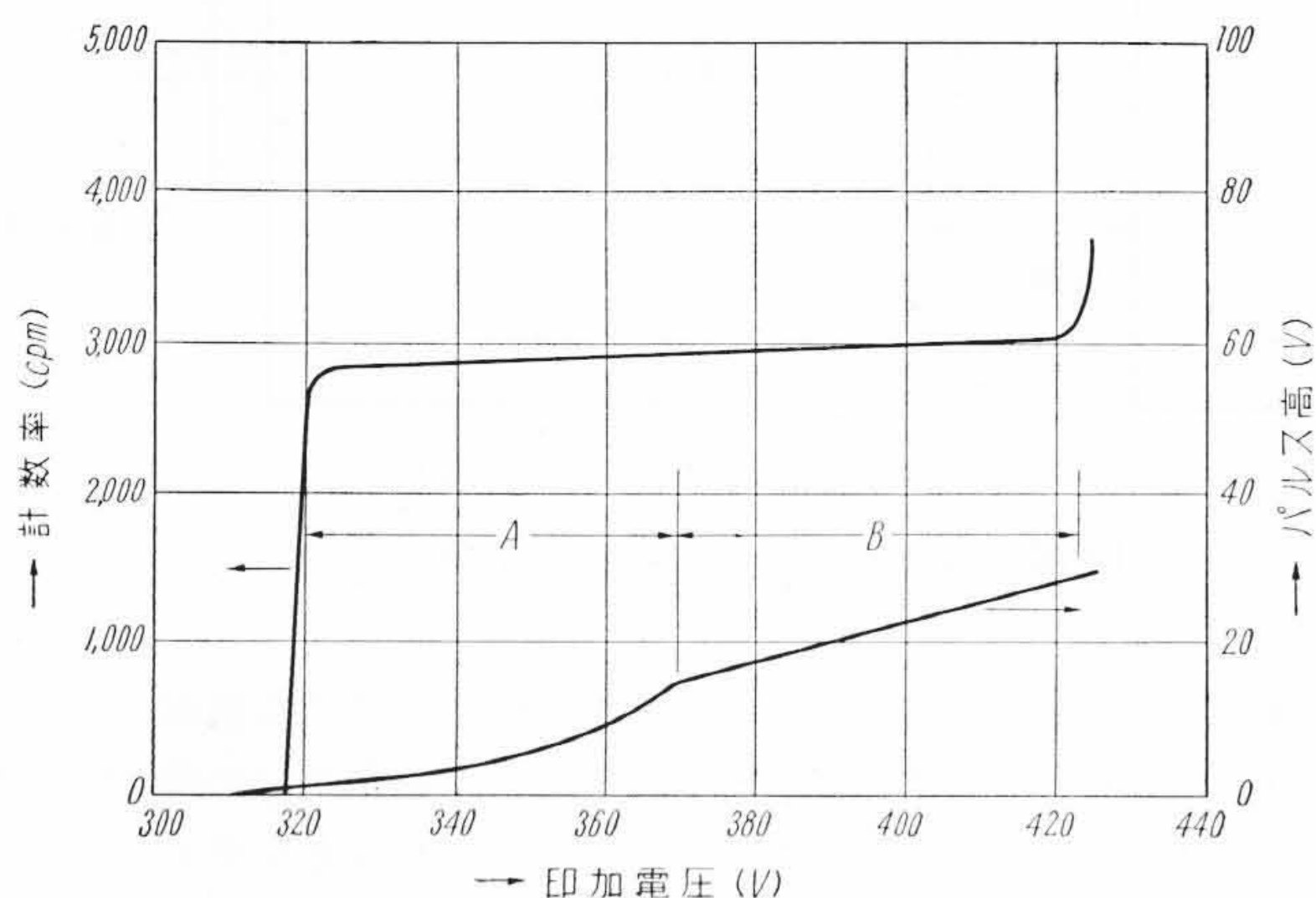
^{60}Co を収納したしゃへい容器からは γ 線は細いビーム状に放射される。しゃへい容器の取付けが不適当であると第13図に示すとおり、 γ 線が検出器取付位置からはずれて動作不能となる。しゃへい容器の取付けに際してはサーベイメータなどで検出器取付位置における γ 線強度分布をあらかじめ測定して、 γ 線放射方向が正しく検出器の方向を向いていることを確認するのが望ましい。

(7) 検出器の取付け

検出器の取付けはタンク寸法が大きい場合はほとんど問題はないが、タンク寸法が検出器の大きさと同程度の場合、注意を要する。第14図は検出器にハロゲンカウンタを使用した場合の取付例で、(a)の取付けが正しく、(b)のように取付けるとタンク端を通る γ 線は液体を通過する距離が短いため、 γ 線吸収の差が少なくなり特性が悪くなる。また第14図(c)のような取付けをすれば広範囲カウンタ形と似た特性となり、液面通過の際、急しゅんな γ 線強度変化が現われない。

(8) 山形レベルの場合

第15図に示すように山形となった粉体レベルなどの検出では、液面の場合と多少様子が異なる。図示のとおり、 γ 線通過長が半価層(γ 線が $1/2$ に減衰する厚さ)付近で検出されるが、レベルが変化しても γ 線強度は液面の場合のように急激に変らないため検出精度は低下する。

第20図 γ 線液面計設置場所に必要な標識

第21図 ハロゲンカウンタの特性

(9) ホッパ内の粉体レベルの検出

ホッパ内の粉体レベルの検出に際しては、ホッパが空になっても第16図のとおり内側に粉体が付着して残る場合がある。この残留粉体が厚い場合はレベル検出は困難になる場合があるので、あらかじめ調査しておく必要がある。

(10) 繊維質原料のレベル測定

繊維質原料と液体の混合物のレベル検出では第17図に示すように繊維質原料のみタンク内に残り、液体のみ空になって途中で空間ができ、これにより計器が動作することがある。粉体あるいは粒体の原料の場合も同様な現象が起ることがある。

(11) タンク内の状況が変化するもの

第18図(a)に示すように、液面に泡立ちがある場合、あるいは長期間運転中に、(b)のようにタンク内面に固形物が付着する場合は計器の動作が変化する。

(12) 高温の場所に設置する場合

高温タンクではタンク周辺も温度が高くなる場合がある。 γ 線検出器は温度が上れば機能を喪失するので、 50°C 以上になるときは水冷などの対策が必要である。第19図に示すとおり、タンク壁から離して取付けるか、または中間に遮熱板を置くことにより、検出器温度を 50°C 以下にすることもできる。 ^{60}Co などの線源自体は温度に対して問題はないが、しゃへい容器に使用されるパッキングなどの保護のため 100°C 以下に保つのがよい。

(13) 信号伝送用ケーブル

検出器から信号をケーブルで引出す場合、インピーダンスをさげるため検出器回路をカソードフォロアにする場合が多い。真空管方

式の場合はこの真空管のヒータはケーブルで供給されるので、規定ケーブル長をむやみに切断することはヒータ電圧の変化をもたらし、寿命の面で好ましくない。

(14) 電子管部の取付け

電子管部の取付けは一般工業計器の取付けと同様な注意を払って行えばよい。

(15) 放射能標識の取付け

γ 線液面計用しゃへい容器の周辺の γ 線強度は1mの距離において、 $0.5\sim 1\text{ mrem/h}$ 程度である。したがって設置に際してはしゃへい容器から2m以内の範囲に関係者以外が立入らないよう簡単な柵を設けて、第20図のように標識をつけよう(5)(6)。

6. 運転上の注意

γ 線液面計の運転保守に当って、特に一般工業計器と異なる点のみ列記する。

(1) 線源の交換

線源として普通使用される ^{60}Co の半減期は前述のように約5年である。計器は、通常半減期まですなわち線源強度が $1/2$ になるまで動作を保証するように設計されるので、半減期を経過した線源は確実な動作を維持するためには交換を必要とする。この交換はメーカーに依頼すれば便宜がはかられる。

(2) ハロゲンカウンタの使用法

γ 線の検出器としてハロゲンカウンタを使用する場合、ハロゲンカウンタはその印加電圧によって寿命が大幅に変わる。第21図はハロゲンカウンタの特性を示すものであるが、印加電圧がBの範囲にあるときはAの範囲にあるときよりも寿命ははるかに短くなる。第21図の特性は温度によっても変化し、温度上昇とともに電圧の低いほうへ移動する傾向があるので、季節による温度変化に対しても常に印加電圧がAの範囲にあるように監視する必要がある。

(3) 指示の校正

長期間運転中、線源の経年的減衰、検出器の感度変化などに対して校正が必要である。校正方式としては種々の方式があるが、これらはそれぞれの取扱説明書に詳細に記されている。

7. 結 言

以上述べた γ 線液面計はその歴史が浅いため、一部の利用者を除いてなじみが浅いが、放射線を利用すること以外は一般の工業計器と大して異なるところはなく、したがって特色を理解すれば一般の工業計器と同様に使用することができる。

なお γ 線液面計のような放射線応用計器を使用する場合、わが国では許可制がとられ、また放射線取扱主任者の選任が必要であったが、昭和35年10月より法律が改正になり、その結果普通の γ 線液面計は届出のみで使用でき、放射線取扱主任者も従来より資格取得の容易な第2種で十分となった。このように法律上の手続も従来よりゆるめられたので、利用可能な分野に γ 線液面計がますます広く利用されることを希望してやまない。

参 考 文 献

- (1) 木内、鷺見：計測，9，6 (1959)
- (2) 鷺見、諏訪：計測，7，7 (1957)
- (3) 鷺見、諏訪：制御工学，2，2 (1958)
- (4) 三輪：原子力工業，5，2 (1959)
- (5) 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（昭和32年6月10日 法律第167号）
一部改正 昭和35年5月21日法律第162号
昭和35年5月2日政令第78号
- (6) 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行令（昭和35年10月1日政令第259号）