

Weighing Guideline



計量装置設計ガイドライン タンク、ホッパーリアクタ用計量装置

METTLER TOLEDO

目次

1	はじめに	5
2	計量 — 汎用性の高い技術	6
3	一般的なプロセススケール	7
4	適切なバッチプロセスの選択	8
	はじめに	8
	同時並行プロセス.....	9
	単一制御プロセス.....	9
	混合プロセス	9
	まとめ	10
5	技術の基礎を理解する	12
	電磁力補償方式	12
	ひずみゲージ	13
	PowerMount™	14
6	適切な計量センサ / スケールの選択	15
	シングルポイントロードセル	16
	ベンチ / フロアスケール	17
	圧縮型ロードセルおよび計量モジュール.....	18
	引張型ロードセルおよび計量モジュール.....	20
7	スケールの設計および設置についてのヒント	21
	配管	21
	構造支柱	22
	移動式タンクの計量	23
	センサのひょう量.....	23
	校正	24
8	材料およびフィーダが精度にもたらす影響	26
	材料	26
	フィーダ.....	26
9	速度と精度	27

10	プロセスの制御	28
	充填プロセス.....	28
	高速 & 高精度充填.....	29
	スピル.....	29
	ジョグ.....	29
	制御.....	30
	指示計.....	32
	A/D 変換およびフィルタリング.....	32
	デジタル I/O.....	33
	インターフェイス.....	33
	IND780batch.....	33
	IND780Q.iMPACT コントローラ.....	34
11	化学反応容器	35
	リアクタの種類と計量技術への適用性.....	35
	デッドロード.....	36
	マルチ液体システム.....	37
	加熱 / 冷却中の液体.....	37
	大気.....	37
	温度.....	38
	振動.....	39
12	認証要件	40
13	参考文献	41



ガイドラインの目的

このガイドラインは、プロセスタンクや容器の購入を計画されているエンドユーザーおよび機械メーカーの方々を対象として、現在のプロセス設備を評価し、代替ソリューションのご検討に役立てていただけるよう構成されています。

エンドユーザーの方々には、このガイドラインはより一般的な専門用語と技術や、特にそれぞれのメリットとデメリットの概要をご提供するものとなります。購入前に十分な情報と知識を得ることで、候補となるベンダーとの打ち合わせや、見積もり時に専門的な要求を出す際にも役に立ちます。

有益な情報を入手し、プロセス設備の性能を最適化することにお役立ていただけます。また、プロセススケールの全体的な性能に影響を与える速度と精度および他の要因の間の関係についての知識を深めることもできます。

はじめに

重量によるプロセス制御には、容量法に比べて、精度、統計処理の簡単さやトレーサビリティなどの多くのメリットがあります。液体、気体、固体などさまざまな材料の処理で、応用することができ、その対象となるプロセスには限りがありません。計量は、材料に関わらず利用できる汎用性の高い技術といえます。メトラートレドは、グローバルに認められた幅広い製品や3つの計量技術により、どのようなプロセス制御要件の課題にも対応することができます。

計量 — 汎用性の高い技術

製造部門では多くの場合、タンクや化学反応容器が業務における心臓部となります。製品をプロセス容器間で移動させる場合でも、その製品の一貫性、品質、及びプロセスの規制への準拠は、工程管理上重要です。正確に管理することで、不良製品や追加材料の削減を実現し、製造に必要な在庫を正確に維持管理できるようになるため、計量技術を、製造工程で組み込むことは、製造効率に大きく貢献します。



図 1: 一般的なタンクスケール



図 2: 床貫通式タンクスケール

タンクや容器では、充填や排液の制御に流量計やスケールが使用されています。容量法を用いる流量計が直面してきたさまざまな課題は、計量により解決できます。ここで計量の利点をいくつか紹介します。

- 液体、固体、気体やこれらの混合体を同じスケールで計量できる。
- 多くの流量計とは異なり、スケールは密度、粘度、気体の同伴、発泡などの材料特性に影響を受けません。
- 計量機器が材料と接触しないため、材料の腐食や研磨による性能劣化が起こりません。
- タンクスケールにより、常時現状の材料質量を把握でき、出し入れする個別の材料の流量、時間、密度に基づいて、質量を計算したり、流量誤差や、突発的な業務停止でも、タンクスケールでは、常に現在の値を表示します。
- 数値の許容範囲が狭い場合でも、計量はより正確に作用することができます。
- 必要に応じて、計量は商取引適合認定を受けた商業用途に使用することができます。
- 現場で計量機器を校正および確認することができ機器校正を外注する必要がありません。

計量にもいくつかの制限事項はありますが、それについては後のセクションでご説明します。このガイドラインでは、中小規模のプロセスタンクや容器に焦点を当て、計量技術がどのように応用され、成功を導くことができるのかを説明します。プロセスタンクや容器は一般的に液体を取り扱うためのものですが、気体や固体が投入されることもあり、その場合比較的流動性のある液体やスラリーが発生します。

一般的なプロセススケール

図 3 で示すような一般的なタンクスケールでは、タンクは指示計に接続した計量モジュール上に設置されています。

指示計がタンク重量を監視し、充填弁を制御します。このようなスケールはウェイ・インスケールや増量型スケールと呼ばれ、一般的にはバッチ処理操作に使用されます。図のように、タンクスケールはスタンドアロン型での使用や、プログラマブルロジックコントローラ（PLC）などの大規模システムへ統合することも可能です。

図 4 は、指示計が排出弁を制御するという点のみ異なっています。これはウェイ・アウトスケールや減量型スケールと呼ばれます。ここでは、スケールは容器を充填するため可能な限り素早く材料の重量を表示したり、一定の流量を制御しながら材料を下流プロセスへ移動させたりする役割を担います。

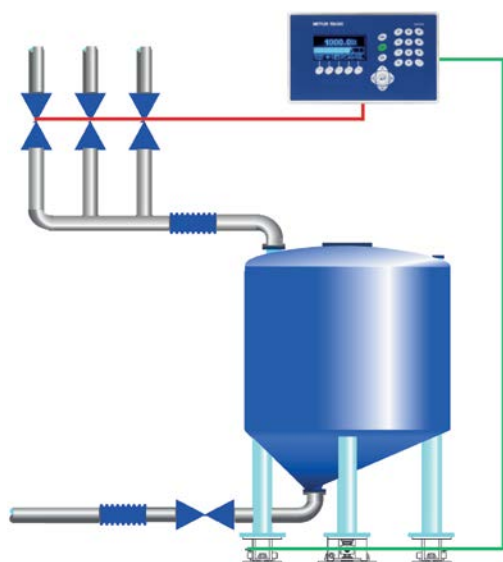


図 3: ウェイ・インタンクスケール

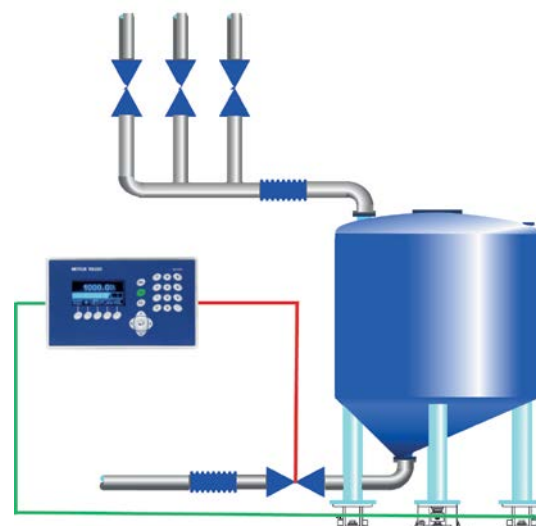


図 4: ウェイ・アウトタンクスケール

指示計を投入フローと排出フローの制御に使用することもできます。一般的な用途では、タンクスケールは計量モードで、さまざまな材料を投入してバッチを作成するのに使用します。そして混合後はウェイ・アウトモードで使用し、容器を充填し出荷できる状態にします。指示計によっては、複数のタンクスケールの充填と排出を同時に制御できるものもあります。しかし単一のスケールでは、一度に移動できる材料は（充填時も排出時も）1 つだけです。これが計量技術における 1 つの制限事項であり、バッチプロセス適合のために最善の対策が必要です。

適切なバッチプロセスの選択

はじめに

製造工程では、連続処理やバッチ処理と位置づけられるアプリケーションが多く存在します。連続製造プロセスは原材料の連続的なフローが特徴で、材料は移動しながら完成品へと成形されていきます。一般的には大量生産を行う業界で、同一の製品を製造する専用プロセスで、多く使用されます。たとえば、セメント製造、石油精製、発電などです。一方、バッチ製造プロセスは原材料の非連続的なフローが特徴で、原材料の成形はバッチ単位で行われ、完成品のフローは連続していません。一般的にさまざまな原材料を組み合わせで多種多様な完成品を製造したり、ラインの変更が多い、少量生産型の業界で使用されます。たとえば、食品業界、製薬業界、化学産業など、バッチ製造を行う業界は数多くあります。計量技術はバッチ処理に適しており、こうした業界で幅広く使用されています。



バッチ処理のメソッドは同時並行型、単一制御型、混合型に分かれます。それぞれ長所と短所があり、以下のセクションで説明するように、システムにおいて達成できる精度に大きく影響します。

同時並行プロセス

同時並行プロセス(水平バッチプロセスとも呼ばれます)は図5に示すように、原材料1種類あたり1つのスケールが必要です。材料ごとに計量を独立して行い、混合タンクや下流プロセスへ排出した後、さらなる加工を進めます。材料ごとにスケールが分かれているため、材料に応じてひょう量を最適化することができ、高精度の計量結果が得られます。全材料を同時に計量するため、最速のメソッドともいえます。その反面、設備費が最もかかるメソッドでもあります。メリットとデメリットの詳細一覧については「まとめ」を参照してください。

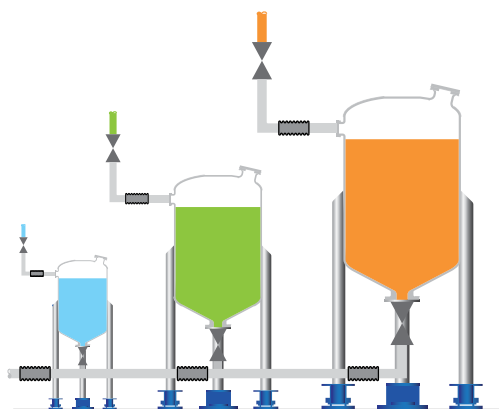


図 5: 同時並行プロセス

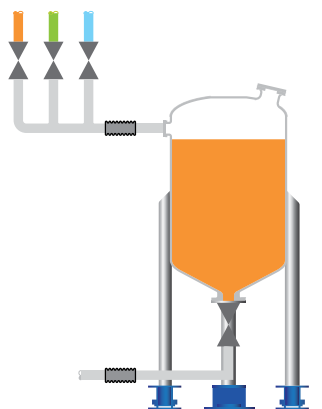


図 6: 単一制御プロセス

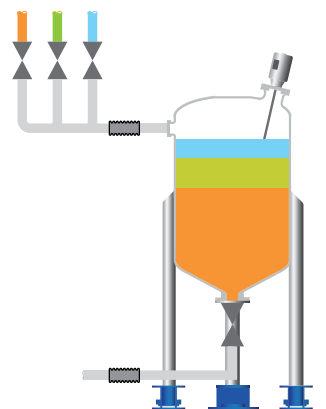


図 7: 混合プロセス

単一制御プロセス

単一制御プロセスでは(図6を参照)、1つのタンクスケールを使用して各成分を連続して計量し、排出します。さまざまな材料を別の混合タンクに蓄積し、下流プロセスへ排出した後、さらなる加工を進めます。設備規模とコストを最小限に抑えることができる一方、制御できるプロセスが限定されるため、業務の規模も、限定される可能性があります。

混合プロセス

混合プロセス(垂直バッチプロセスとも呼ばれます)では、スケール配置は単一制御プロセスと同様ですが、全バッチを累積するのに十分なサイズが必要です(図7を参照)。各材料の充填を順番に行い、バッチが完了するまでタンクへの累積を続けます。最大のメリットは、全材料がタンクに収容されるため、混合や溶解などのさらなるプロセスが、設備を別に追加することなく行える一方、ひょう量の大きいスケールを装備しておく必要があり、少量の成分計量では精度が確保できなくなる可能性が高まります。

まとめ

これら 3 つの方法のメリットとデメリットを次の表にまとめました。

バッチ処理メソッドの比較

パラメータ	メソッド		
	同時並行型	単一制御型	混合型
材料ごとのスケールひょう量の最適化 ¹	+++	++	+
精度 ²	+++	++	+
業務の速度	+++	+ ³	++
スケールのコスト削減	+	+++	++
制御のしやすさ	+	+++	+++
スケールのサイズ削減	+	+++	++
二次汚染の少なさ ⁴	+++	+	+
スケールでさらなる加工を行える可能性	対象外	対象外	+++
混合タンク追加の必要性	? ⁵	? ⁵	+++
バッチ処理を行うまでの材料の隔離 ⁶	+++	いいえ	いいえ
スケール校正精度の必要性 ⁷	はい	いいえ	いいえ

表 1

注：

- 1: レシピにおいて原材料の比率に大きくばらつきがある場合、精度に大きく影響します。
- 2: レシピにおいて原材料の比率に大きくばらつきがある場合、特に影響します。
- 3: 排出サイクルが複数あるため、連続バッチ処理では最も低速になります。
- 4: すべての原材料をすべてのレシピにおいて使用するとは限らない場合。
- 5: 下流プロセスによります。
- 6: バッチ処理中に異常が発生した場合、トラブル対応、バッチ処理のやり直し、または（最終バッチ処理の許可まで原材料が隔離される場合）原材料の再利用をお勧めします。
- 7: 単一制御プロセスでは、全スケールを適切に校正し、スケール間の比率を正確にする必要があります。単一制御プロセスや混合プロセスでは、スケールを適切に校正しなかった場合、直線性や再現性に異常が出て正しく機能しなくなるため、各成分の比率が正しくても、最終製品の絶対重量に誤りが出る場合があります。



図 8: 手作業で投入した材料のオフライン計量

実際の現場では、ご紹介したメソッドとその他のメソッドを組み合わせで使用されます。たとえば、あるシステムに主成分を計量する混合プロセス用タンクが装備されており、それとは別の単一制御プロセス用タンクが少量の成分を計量して、それを混合プロセス用タンクに排出するといったケースです。



電磁力補償技術を搭載した K シリーズ
プラットフォームスケール

フレーバー、精油、着色料などの少量成分が適切なスケールでオフライン計量され、手作業で投入される場合、全バッチ処理のメソッドにおいて精度が向上します。さらに、固体を取り扱う場合は、タンクに固体充填システムを装備する必要がないためバッチ処理は最適です。メトラー・トレドの高精度 WMH / K シリーズプラットフォームスケール(後ほど説明します)は、計量が重要となる用途でよく使用されます。

技術の基礎を理解する

電磁力補償方式

メトラー・トレドが提供する高性能の電磁力補償 (MFR) 方式は、後のセクションで説明する他の計量センサに比べて約 10 倍の精度を誇ります。図 9 では MFR 方式の一部を示していますが、アナログロードセルとの比較および説明については参考文献 4 を参照してください。

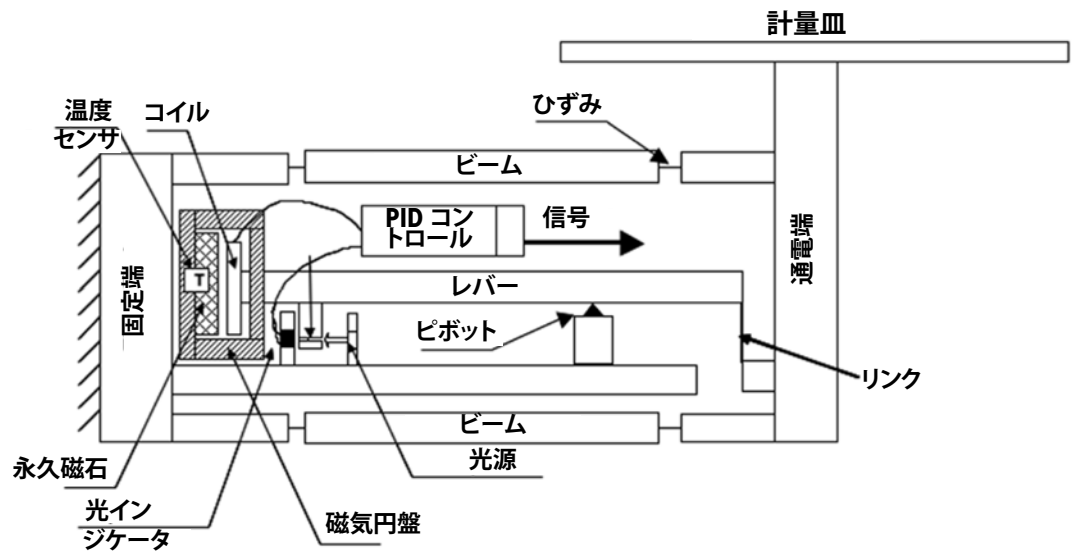


図 9: メトラー・トレドの電磁力補償技術に基づいたセンサ



高分解能を持つ電磁力補償方式 (MFR) のセンサは最高の精度を誇ります。



防塵防水構造 IP66/67 のハウジングに収容された電磁力補償方式センサ。

ひずみゲージ

ひずみゲージ技術に基づいたロードセルは、業務用スケールの中では最も一般的に使用されている計量センサであり、3 kg から 600 トンを超えるひょう量まで使用でき汎用性が高いスケールです。単一での使用や、大規模スケールでの複数の使用も可能です。メトラー・トledoの計量モジュールは、組み込みが容易で精度、安全性、堅牢性を重視して設計され、今日の設置環境や動作環境を考慮しています(参考文献 3 を参照)。計量学的性能は OIML C6 および NTEP class IIIM の 10,000 区分の適合するレベルです。

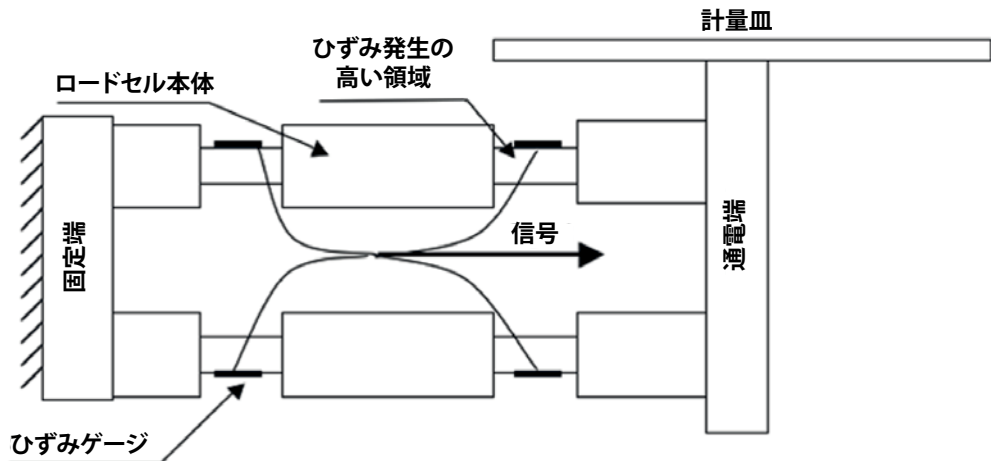


図 10: ひずみゲージに基づいたセンサ



ひずみゲージ技術を使用したシングルポイントロードセル。一般的には 3 kg~2000 kg に対応します。



ひずみゲージ技術を使用した密封型ビームロードセル。一般的には 5 kg~5 トンに対応します。



ひずみゲージ技術を使用した S 型引張ロードセル。一般的には 50 kg~10 トンに対応します。



ひずみゲージ技術を使用した、大ひょう量対応小型ロードセル。一般的には 7.5 トン~600 トンに対応します。

PowerMount™

メトラー・トレドのデジタルロードセルは数多くの業界で代表的なスタンダードとなっています。アナログ / デジタル (A/D) コンバータやマイクロプロセッサを内蔵したひずみゲージロードセルは、従来のアナログロードセルと比較して性能や機能性が向上しており、現在、メトラー・トレドではこのPowerCell技術をPowerMount™ 計量モジュールに採用しています。プロセス計量でのメリットが数多くあります。



PowerMount™ の計量モジュール

1. 予防的メンテナンス。スケールが各ロードセルを個別に監視し、システムの一部にトラブルの兆候が現れたら、ユーザーへ通知します。
2. 和算箱がいらす、ケーブルは着脱式です。PowerMount™ システムはデージーチェーンのネットワークケーブルをロードセル間に配線して動作させます。アナログシステムで一般的に使用され、故障の原因となりがちな和算箱は不要です。さらに、ロードセル間のケーブルは着脱式で、損傷した場合は個別に交換可能です。
3. 部品交換の際、再校正が必要ありません。デジタルロードセルの出力精度が非常に高く、ロードセル、ケーブル、指示計などを交換する際、再校正を行う必要がありません。
4. 無線周波干渉や電磁界干渉へ耐性の高いデジタル信号。アナログ信号の強度は非常に弱いため、指示計ディスプレイの分解能は、約500万分の1V (5 μ V) の信号変化の検出に依存してしまいます。PowerMount® はデータ転送に自動車業界でも通用する非常に安定した+/-5Vのデジタル信号をCANバスを使って検出します。
5. 性能の向上。各ロードセルにマイクロプロセッサを搭載しており、デジタル補正により OIML C10 および NTEP 10,000 III M に適合するレベルの高い性能を発揮できます。

PowerMount とアナログ計量モジュールの比較については、参考文献 5 を参照してください。

適切な計量センサ/スケールの選択

タンクや容器のひょう量や精度要件は多様なため、計量技術の応用にあたってはいくつかのアプローチがあります。これについては表 2 にまとめていますが、後のセクションでさらに詳しく説明します。

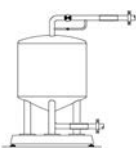
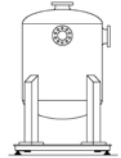

						
列		1	2	3	4	5
MFR ロードセル使用製品		シングル ポイント ロードセル	ベンチ スケール	フロア スケール	圧縮ロード セルまたは計 量モジュール	引張ロード セルまたは計 量モジュール
ベンチ スケール、 MFR	最大スケールひょう量: kg	-	32	-	-	-
	最大スケールサイズ: cm	-	28x35	-	-	-
	認定: OIML/NTEP	-	II 32、III 6.4 / II 32、III 10	-	-	-
フロア スケール、 MFR	最大スケールひょう量: t	-	-	3	-	-
	最大スケールサイズ: m	-	-	1.5x1.5	-	-
	認定: OIML/NTEP	-	-	III 6 / -	-	-
ひずみゲージロードセル使用製品						
シングル ポイント ロードセル	ロードセル / スケール数	1	-	-	-	-
	最大スケールひょう量: t	1	-	-	-	-
	最大スケールサイズ: cm	以下を参照	-	-	-	-
	認定: OIML/NTEP	C3 / III 5	-	-	-	-
圧縮ロード セルまたは計 量モジュール	ロードセル / スケール数	-	-	-	3+	-
	最大スケールひょう量: t	-	-	-	1000	-
	最大スケールサイズ: cm	-	-	-	制限なし	-
	認定: OIML/NTEP	-	-	-	C10 / III 10	-
引張ロード セルまたは計 量モジュール	ロードセル / スケール数	-	-	-	-	1+
	最大スケールひょう量: t	-	-	-	-	25
	最大スケールサイズ: cm	-	-	-	-	制限なし
	認定: OIML/NTEP	-	-	-	-	C3 / III 5
ベンチ スケール	最大スケールひょう量: kg	-	600	-	-	-
	最大スケールサイズ: cm	-	60x80	-	-	-
	認定: OIML/NTEP	-	III 6 / III 10	-	-	-
フロア スケール	最大スケールひょう量: t	-	-	12	-	-
	最大スケールサイズ: m	-	-	2x2	-	-
	認定: OIML/NTEP	-	-	III 6 / III 5	-	-

表 2

シングルポイントロードセル

図 11 および 12 は、シングルポイントロードセルに設置されるタンクを示しています。これらのロードセルは個別での使用を前提として開発され、タンクの重心が片側に偏っても許容範囲内で計量できるようになっています。通常、シングルポイントロードセルは、図 13 に示すようにベンチスケール内で使用されます。計量部の下部中央にロードセル 1 個が置かれ、データシートではこのときの「最大天板サイズ」が指定されます。図 11 および 12 に示すようなケースの使用法では、タンクの重心をロードセルの縦軸に合わせて配置するのが最も適切ですが、寸法 L はロードセルの最大天板サイズ仕様の半分を超えることはできません。

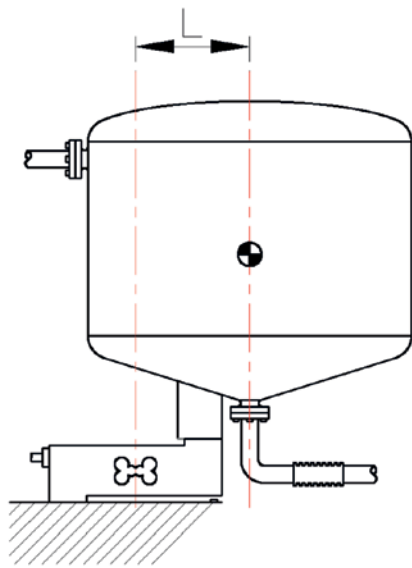


図 11: シングルポイントロードセルの上で計量する小規模タンク / 容器

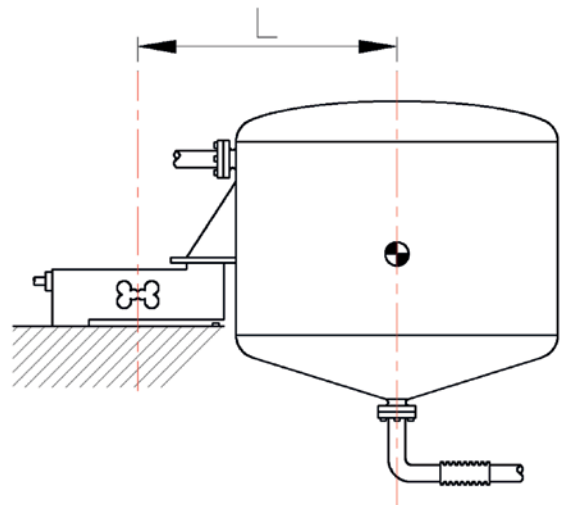


図 12: 片側にずらしたシングルポイントロードセルの上で計量する小規模タンク / 容器

たとえば、MT1241 ロードセルは最大天板サイズ仕様が 40 x 40 cm で、これは、このセルで寸法 L が最大 20 cm でなければならないことを示しています。寸法 L がこの限界に近づくにつれて、ロードセルのひょう量をより慎重に選択することをお勧めします。タンクの重心をロードセルのちょうど上に持ってきて、寸法 L をゼロにするのが理想的ですが、これは現実的には難しい状況です。ロードセルの損傷を防ぐために、過負荷防止機構を使用してください。このようなシングルポイントロードセルとスケールの設置を行う場合、ロードセルやハードウェアが故障しても損傷やけがを防げるよう、スケールを補強してください。

メトラー・トレドが提供するシングルポイントロードセルは 3 kg~2,000 kg のひょう量に対応し、さまざまな材料を使用可能で、あらゆる保護等級や認定に適合しています。



シングルポイントロードセル (MT1241)

ベンチ / フロアスケール

図 13 は一般的なベンチスケールに設置された小規模タンク、図 14 はフロアスケールに設置された大規模タンクを示しています。

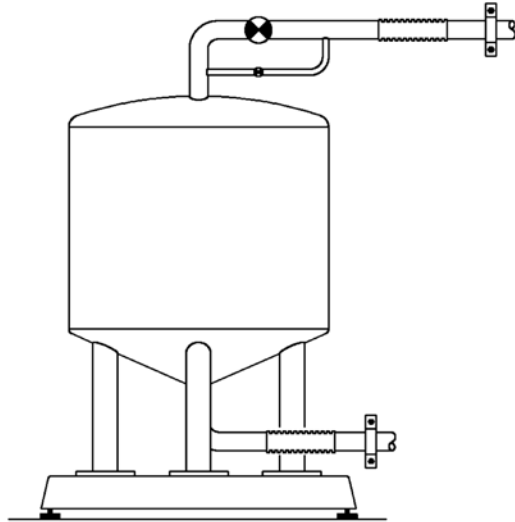


図 13: ベンチスケールの上で計量する小規模タンク / 容器。

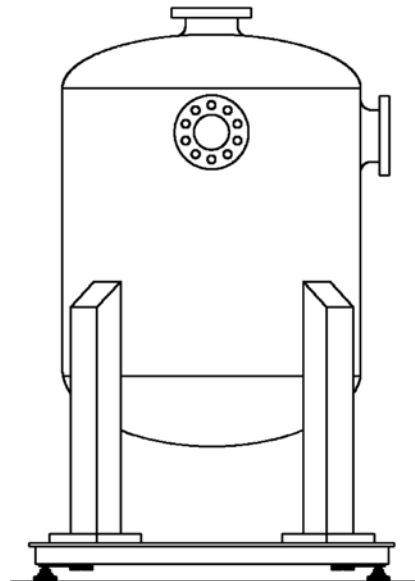


図 14: フロアスケールの上で計量するタンク / 容器。

フロアスケールは地面または図 21 に示すように、ピット内に設置できます。ベンチスケールやフロアスケールを使用する場合、スケールには浮き上がり防止機構がないため、安定した構造のタンクが必要です。タンクの脚部を計量部のどこへ配置するべきかお悩みの場合、当社へお問い合わせください。

適切な製品として WMH / K シリーズ計量部があります。20 cm 角で 3 kg から 1.5 m 角で 3,000 kg のひょう量まで対応しています。OIML および NTEP class II 32,000e に基づく商取引適合認定を受けたこれらの製品は、ひずみゲージベースの製品よりも約 10 倍高精度で、タンク計量で実現できる機能に新たな次元を切り開きます。これらの製品は、溶融めっき加工またはステンレス製で、日常校正用に内蔵分銅を装備しています。



優れた電磁力補償方式を採用した K シリーズのベンチスケール



優れた電磁力補償方式を採用した K シリーズのフロアスケール

メトラー・トレドが提供する標準的な業務用スケールはひずみゲージ技術に基づき、600 kg までのひょう量に対応しています。フロアスケールはサイズが大きく、12 トンまでのひょう量に対応しています。



ベンチスケール (PBD655)



フロアスケール (2256 VLC)

圧縮ロードセルおよび計量モジュール

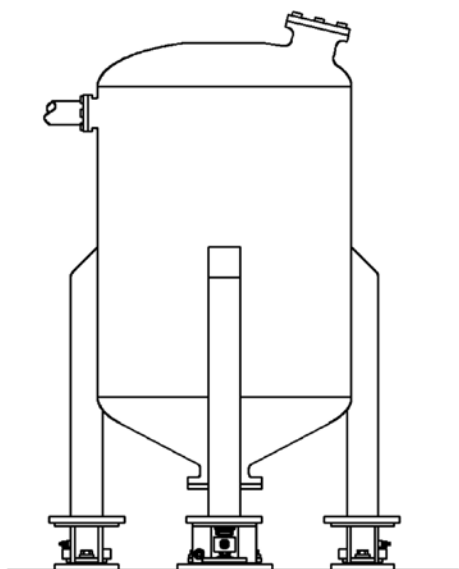


図 15: 圧縮計量モジュールの上で計量するタンク

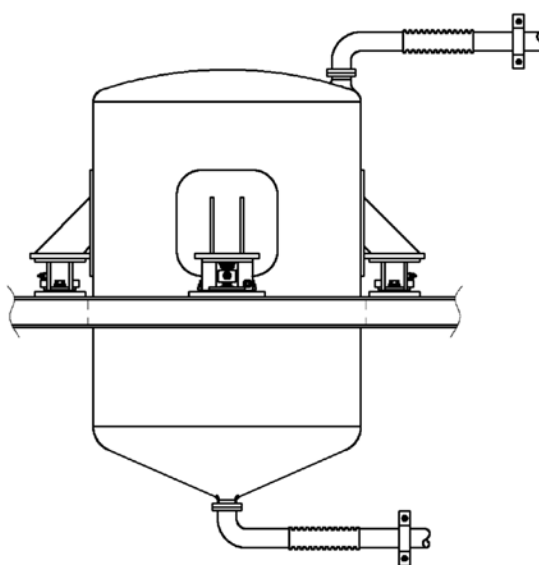


図 16: 「床貫通式」で圧縮計量モジュールの上で計量するタンク

圧縮ロードセルや圧縮計量モジュールは、タンクや容器への計量技術の応用について非常に高い汎用性を持ちます。10 kg~1,000 トン以上のひょう量を持つタンクに、同じ基礎構造を応用できます。スケールを



従来のひずみゲージロードセルを統合したマルチマウント圧縮計量モジュール。



ひずみゲージロードセルとオンボードのマイクロプロセッサを統合した PowerMount 圧縮計量モジュール。

安定させるには少なくとも 3 個の圧縮ロードセルや計量モジュールが必要で、四角形や長方形のスケールでは、通常、4 個使用されます。タンク脚部の下に使用したり (図 15 を参照)、床貫通式の用途に使用したり (図 16 を参照) することができます。ロードセルは使用できますが、取り付けおよび負荷の導入は、自由な熱膨張 / 収縮を許容できるように注意して設計する必要があります。作業を簡単にするために 設置用アクセサリが用意されていますが、水平および垂直方向の固定はすべて外部から行う必要があります。様々な作業課題に対応するには、設置や調整が容易で、多くの付加機能を搭載した PowerMount™ 計量モジュールを使用することで、あらゆる懸念に対して予防的メンテナンスの体制を整えることができます。



SLB215 ビームロードセル (ねじ穴付き)



SLB215 ロードセルを正しく設置するアクセサリ



0745A ビームロードセル (脚取り付け穴付き)



最適な性能を実現するための 0745A ロードセルのアクセサリ

引張ロードセルおよび計量モジュール

図 17 に示すように、タンクは 1 個の引張ロードセルまたは計量モジュールから吊り下げることができます。図 18 では、タンクを 3 個の計量モジュールから吊り下げる、より一般的な状況を示しています。

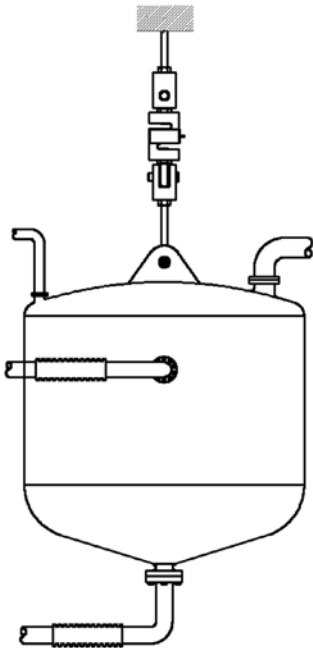


図 17: 引張型計量モジュールの下で計量する小規模タンク / 容器

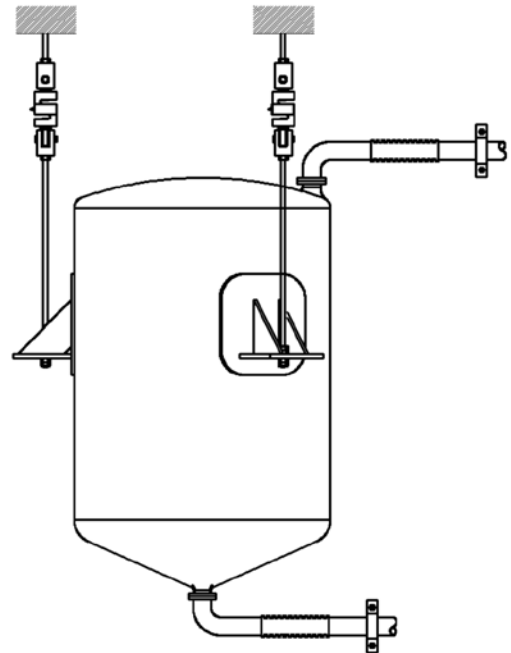


図 18: 引張型計量モジュールの下で計量するタンク / 容器

これは、すでに上部構造が存在する場合や、スケールの下を空けておかなければならない場合に便利な設置方法です。約 20 kg~30 トンのスケールひょう量に対応しています。

揺れを防ぐため、水平スタビライザーが必要となる場合が多いです。達成される精度は、圧縮システムと同じです。この場合も、ロードセルを直接取り付けるか、組込が容易な SWS310 などの計量モジュールで理想的な取り付けを行ってください。

吊り下げるスケールは吊り下げシステムが故障した場合、保護のために必ずチェーンやロッドで安全を補強する必要があります(図 17 および 18 には示していません)。



SWS310 引張型計量モジュール

スケールの設計と設置のヒント

配管接続

タンクスケールによってはパイプが接続されておらず、スケール精度の観点からは、理想的な設計です。図 19 に示すスケールでは、タンクの上部を開口し、本来接続されていた、4 本の吸込パイプが接続されていない状態です。排出パイプも接続されておらず、それらは、必要に応じて接続されます。このような状態にあるタンクスケールは、精度を計量技術のほぼ限界まで近づけることは可能になりますが、危険性や毒性の高い材料で、スケールに圧力をかける必要がある状況では、接続されないパイプは実用的ではありません。



パイプが接続されていないタンク

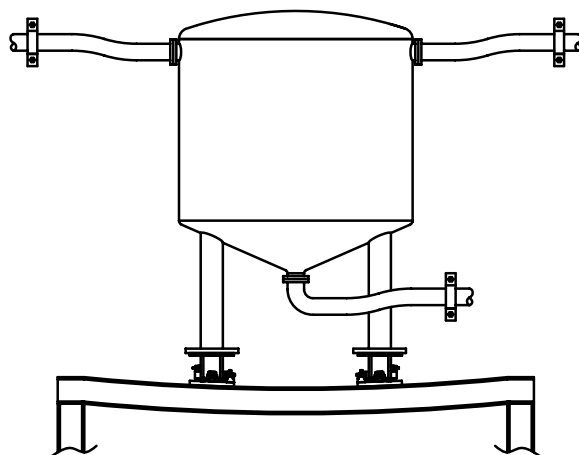


図 19: タンクが荷重されパイプが接続されている場合のたわみ

パイプが接続された直後に、計量精度が低下する可能性があります。荷重したタンクを支える構造が下に向かってたわみ(図19を参照)、結果的にパイプにもたわみが生じ、パイプは板ばねのように動作し、スケールに負荷が加わって下方へたわむときに制動力をもたらします。パイプの剛性によっては、制動力が非常に大きくなり、スケールに加わる重量に著しく影響する場合があります。パイプが理想的なばねのような動作を示す場合、影響が校正により補正され、問題がなくなる場合があります。しかしパイプのクランプにずれが生じる場合、パイプは理想的なばねと認識できず、結局、スケールの直線性、ヒステリシス、再現性が低下し、ゼロの状態に戻ります。このような状況に対応するヒントをいくつか紹介します。



複数のパイプが接続されたタンク

1. スケールのたわみを低減します。構造支柱を強くするか、さらに良いのは、タンクを固いコンクリートの土台上に床面設置することです。ただしロードセルは多少たわみます。一般的には定格ひょう量で0.25 mm たわみますが、設計仕様であり避けられません。
2. パイプの強度を低減します。水平パイプのみを接続し、柔軟性の高いホースまたは延長ジョイントを使用します。
3. 分銅で校正します。スケールに負荷を加えるいずれかの方法でスケールを校正します。これによりパイプを伸縮させ、指示計で、計量信号への影響を「確認」し補正できるようにします。

つまり、まずはパイプを妥当な範囲で伸縮させ、数値が直線的になるまでパイプの影響を低減し、残った影響を緩和するために分銅による校正を行うのです。詳細については、参考文献 1 を参照してください。

構造支柱

タンクや容器の構造支柱を検討することは、安全性および精度のために重要であり、スケールのひょう量が増加するにつれ、より大きな懸念事項となってきます。理由は次のとおりです。

1. 上記図19のとおり、負荷が加わったスケールの縦方向のたわみは、パイプの効果に悪影響を与えます。
2. 支柱ポイントの強度にばらつきがあるために、ロードセル間での重量が変動し、精度が損なわれてロードセルが損傷してしまいます。
3. 複数のスケールが同じ構造上に設置されているためにたわみが生じ、充填や廃液のたびに相互干渉の原因となります。
4. 日常および例外的なすべての条件下で安全な設置を維持できるよう、スケールを制御する必要があります。

詳細については、参考文献 1 を参照してください。

移動式タンクの計量

移動式タンクは、ピット内設置型フロアスケール上で計量でき(図 20 を参照)、計量を単一のワークステーションのみで行う必要がある場合に便利です。複数の場所で使用するにあたり、移動式タンクをオンボードスケール上に設置する必要がある場合、ロードセルや計量モジュールをフレーム内に組み込むことができます(図 21 を参照)。ただし、キャストが不安定になるのを避けるため、フレーム上に計量モジュールのベースプレートを配置する必要があります(参考文献 1 を参照)。

高い精度を維持するために、移動式タンクへの配管や配線は、再現性の高い方法で行う必要があります。

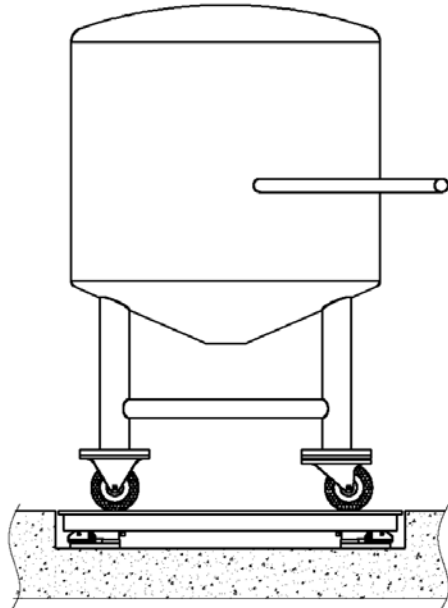


図 20: フロアスケールの上で計量する移動式タンク

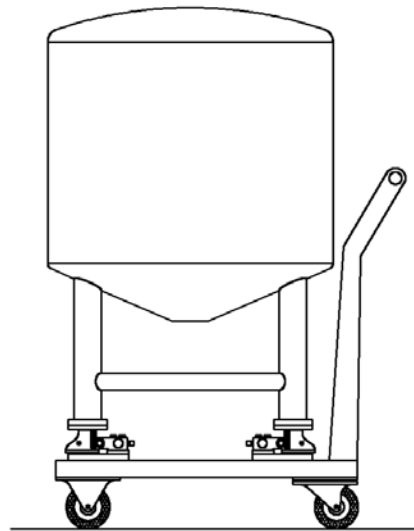


図 21: オンボードスケール上に設置した移動式タンク

センサのひょう量

用途に応じて適切なひょう量のセンサを選択することが重要です。ひょう量が少なすぎるとセンサが損傷し、多すぎると精度が損なわれます。一般的な対策としては、荷重およびデッドロードを含め、センサに加わる全負荷を合計し(「化学反応容器」のセクションを参照)、これに安全係数(通常は1.25)を掛け、ロードセル数または計量モジュール数で割ります。ひょう量がこの値か、最も近くて大きいセンサを選択します。しかし選択を慎重に行うべきケースもあります。それは次のような場合です。

1. 負荷(荷重およびデッドロード)が不明である。
2. (ミキサーなどの場合) 集中デッドロードが均等に分布されない。
3. たとえば支柱ポイントが3点以上あるなど、負荷の均等な分布が難しい状況である。
4. 強風や地震の影響が見込まれる。
5. スケール上で負荷のかかるポイントにばらつきがある。
6. スケールが衝撃荷重を受けやすい。

詳細については、参考文献 1 を参照してください。

校正

校正方法は数多くありますが、それぞれ精度のメリットと難度およびコストのデメリットを合わせ持っています。ここでは代表的な校正方法をいくつか紹介しますが、その精度は高いものから低いものまで多岐にわたります。

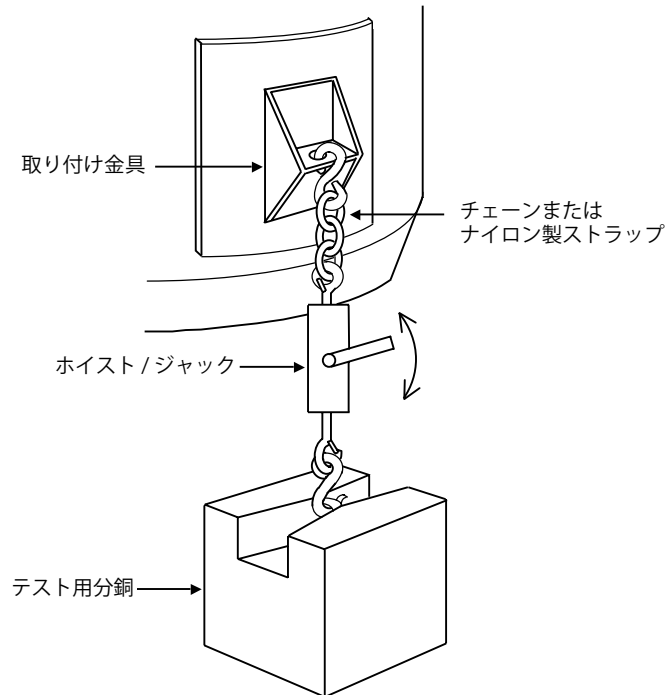


図 22: テスト用分銅を吊り下げたタンク校正

- 1. テスト用分銅。**テスト用分銅の使用は最も高精度な方法ですが、(商取引適合認定済みの)商業スケールを校正する必要があります。スケールが小さい場合、計量による校正は容易ですが、スケールひょう量が増加するにつれ、困難かつ非実用的になってしまいます。タンクや容器には分銅を搭載する平らな天板がないため、あらかじめ搭載方法を検討する必要があります。たとえば図 22 に示すように、分銅を吊り下げられるようタンクの側面に金具を装着します。
- 2. 材料置換。**この方法では、軽量のテスト用分銅(スケールひょう量の 5%~10%)が必要です。分銅をスケールへ搭載すると、スケールに数値が表示されます。分銅を取り外し、スケールが同じ数値を表示するまで材料を「補充」(スケールへ投入)します。分銅を再度追加し、新しい数値(先ほどの約 2 倍の数値)が表示されるようにします。分銅を取り外し、もう一度材料を置換して、同じ数値が表示されるまで繰り返します。このプロセスを、スケールに校正用の十分な材料が存在するまで続行します。これは 1. のテスト用分銅を使用する方法よりも精度が低く、手間がかかります。

3. 材料の移動。この方法では、材料（水など）を別の基準スケール上で計量し、校正の対象となるタンクや容器に移動します。この方法は、基準スケールの精度に依存するため、移動時に材料が損失しないように注意する必要があります。基準スケールとして、メトラー・トレドのMFR技術に基づいた高精度スケールを使用し、図 23 に示すようにパイプの効果を最小限に抑えると、高い精度を得ることができます。

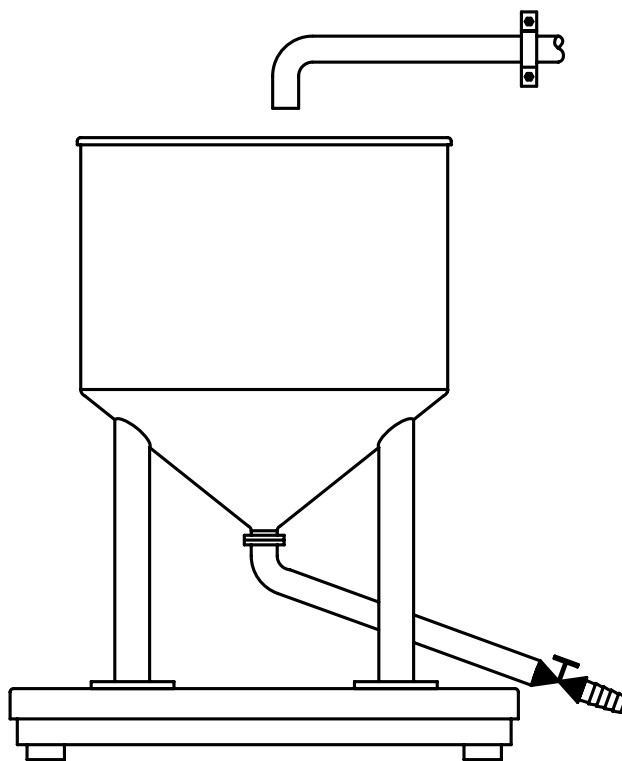


図 23: 基準タンクスケール

4. CalFree™。これは、メトラー・トレドの指示計で使用できる理論的な校正方法です。ロードセル出力値（アナログロードセルから取得）の平均値が算出され、指示計に入力されて自動的に校正が実行されます。この方法は単純かつ迅速に行えますが、いくつか制限事項があります。配管などの機械的効果や、ケーブル、和算箱、回路内の安全バリアなどに起因するロードセル信号の減衰を補正することはできません。これにより、CalFree では一般的に 0.2 % の精度誤差が出ます。

PowerMount に使用されるデジタル PowerCell 技術と組み合わせて、CalFree™ Plus では理論的校正により精度を最大限向上させることができます。指示計がロードセルの出力値を直接読み取り、自動的に校正を行います。回路に和算箱が存在しないため、ケーブル類がデジタル信号に影響を及ぼすことはありません。また、数値計算において g (重力加速度) の局地的変動も考慮されます。この方法ではボタンを一度押すだけでシステムが補正され、精度を最大限まで向上できます。配管などの機械的効果がない場合は、精度誤差は 0.1 % まで抑えることができます。

詳細については、参考文献 1 を参照してください。

材料とフィーダが精度にもたらす影響

材料

タンクと容器による計量プロセスでは、主に液体材料を取り扱いますが、気体や固体が追加されることもあります。そのような場合、通常は流動的なペーストやスラリーのままの最終製品が得られます。精度をさらに高めるには、以下のように材料の問題を検討する必要があります。

1. 大容量の保管容器からフィーダ装置への材料移動は、中断なく一貫して行う必要があります。これは製造が断続的である場合、十分な量のバッファストックが必要になるということです。
2. 重量によるバッチ処理は、他の技術に比べた場合、材料特性の大きな影響を受けませんが、システムの精度を最高にするには、粘度、密度および粒度などの材料特性の変化を最小にする必要があります。フロー特性に大きな影響を与える材料の温度と水分率を制御します。
3. 充填弁の液体の上流の圧力を制御します。機械的な方法で行うことは難しく、貯蔵タンク内で静的な圧力を維持する方が簡単です。
4. スライドやクラムシェルゲートなど、フィーダの上に固体材料の一定の上限を維持します。
5. 材料のフローが散発的な場合、バッチプロセスを停止します。十分な量のバッファが再構築されてからバッチ処理を再開します。

フィーダ

フィーダは、非常に広い意味で使われ、ステッパーモーター駆動式回転ギアポンプのように材料フローの移動と制御を行う装置や、弁のようにフローの制御のみ行う装置を意味します。これらの装置の動作方法は、バッチ処理の安定性と精度に大きな影響を与えます。これらの装置は材料のフローに瞬時に反応してシャットオフするのが理想ですが、最低限、その反応と動作時間が一定で粘度や粒子サイズ / 硬さなどの材料の特性に影響されない必要があります。仕様上、他より精度の高いフィーダもありますが、フィーダの種類は材料特性により決定づけられることが多いため、選択肢は限られたものとなります。精度をさらに高めるには、以下のようにフィーダの問題を検討する必要があります。

1. モーター駆動式の装置は材料特性の変動や設備の具合に影響を受け、瞬時に停止しない傾向があります。停止をより安定させるために、ブレーキ付きのモーターが最適です。
2. 空気で作動する装置への空気の供給は一定の反応と動作時間を保証するように制御し、圧力を維持させる必要があります。
3. 2 速度充填の場合、通常、フィーダを調節することによって、この充填を実行できれば、さらに便利になります。それ以外の場合、複数のフィーダを並行して動作させて、個別に作動させる必要があります。
4. ジョグ機能には、フィーダは損傷を与えることなく一時的な動作を繰り返すために適しています。

速度と精度

充填は動的な操作で、図 24 に示すように、速度と精度の間に逆の関係があります。充填速度が高速な場合、精度は低くなり、精度が高くなれば、充填速度は低下します。このグラフの正確な形状とスケールは一連の環境ごとに異なり、使用する計量および充填機器、全体的な設計、材料および環境に左右されます。充填速度がゼロに向かって低下するにつれて、計量精度はスケールが持っている静的な計量性能に近づきます。

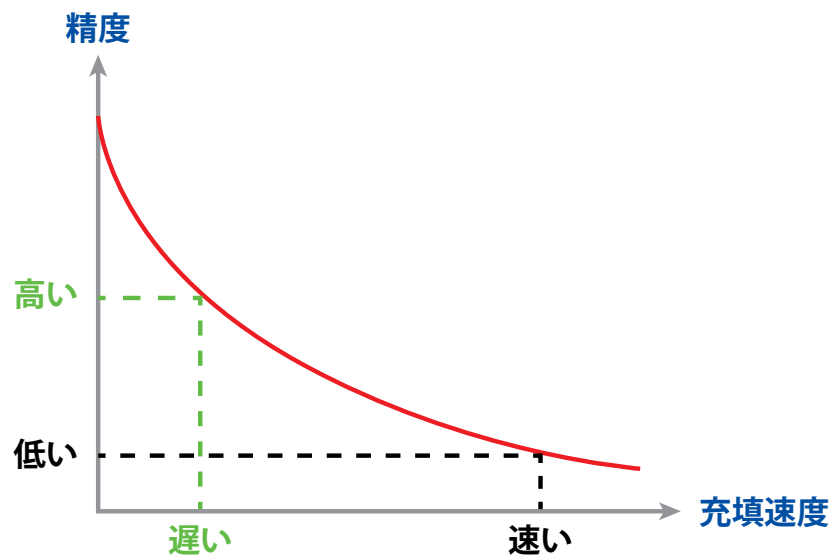


図 24: 充填速度と精度

この特性がわかると、一方では高精度、他方では高い充填速度のベストバランスを取ることができます。本書の全体を通して、精度を向上させる方法についての提案が行われていますが、高速で精度の高いバッチ処理を求める場合の主なポイントは以下のとおりです。

1. 採用するバッチ処理の方法は慎重に選択します。これは特に、レシピにおいて成分の重量差にばらつきがある場合に重要なことです。ハイブリッドシステムで、重要な成分は手作業で追加することを検討します。「適切なバッチプロセスの選択」のセクションを参照してください。
2. 高品質の A/D コンバータを備え、高い内部更新率を提供する指示計を選択します。特に、充填サイクルの重要なポイントでタイムリーに対応する場合は、高精度の重量情報が必要です。高い更新率で生データだけを送信するよりも、プロセス設備や環境に採用されているメトラー・トレドの TraxDSP などのフィルタアルゴリズムで処理された重量データを低い更新率で提供する方が優れています。一般に、計量機器メーカーによって開発されたフィルタアルゴリズムは、PLC やその他のコントローラのアルゴリズムよりも優れています。
3. 高い入出力 (I/O) バス更新率を備えた指示計や、迅速かつ高い再現性で反応し、動作するフィーダを選択します。
4. 環境（機械および電気ノイズ）を制御し、特定の条件に合わせて微調整できる高度なフィルタ機能を備えた指示計を選択します。

5. 図 25 は、速度と精度のジレンマを改善する方法の 1 つを示しています。大半のタンクを高速 / 低精度で充填し、終わりに向かって、低速 / 高精度に切り替えることができます。2 つの速度による充填を実行など速度を落とすことで、ほとんどのタンクへの高精度の充填が可能です。これは、充填において速度と精度のバランスを保つための伝統的なアプローチで、現在、広く利用されています。
6. 充填のたびに自動的に学習して補正するリアルタイムの数学モデルを構築する高度な制御アルゴリズムを備えたコントローラを使用できます。これらの高度なコントローラにより、速度と精度を向上させて、より簡単なシングルスピードの充填プロセスを利用できます。以下の「IND780Q.iMPACT コントローラ」のセクションを参照してください。

プロセスの制御

充填プロセス

図 25 は、充填重量と従来の 2 速充填動作の時間を対比したグラフです。このグラフに表示された要素の一部または全部を必要な精度に応じて、標準の充填動作に組み込むことができます。上部には、充填重量の目標値と最大許容誤差が表示されます。充填サイクルは図に示すように複数の段階に分けることができます。フィーダ装置がまず作動すると、材料のフローはしばらくして、充填時間と重量の大半を占める高速充填段階の安定したフローに上昇します。その後は、充填重量を調整して、許容範囲内にあることを保証する追加の段階になります。各種の用語については、以下で詳細に説明しています。

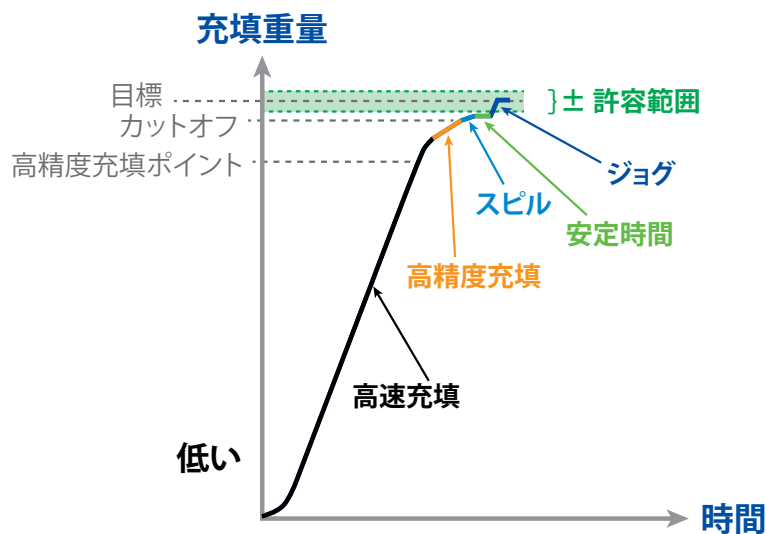


図 25: 2 速充填操作

高速 & 高精度充填

高速充填と高精度充填の組み合わせは2速充填と呼ばれ、充填の速度と精度を同時に向上させるために使用されます。この方法では、高速充填期間中に大半の材料が非常に高速に充填され、その後、フィーダの速度が低下して、最終段階での制御の向上のために、高精度充填が行われます。たとえば、高速充填中に目標充填重量の97%が充填され、次にフィーダは10分の1の速度(高精度充填)で残りの3%を充填するように調整されます。

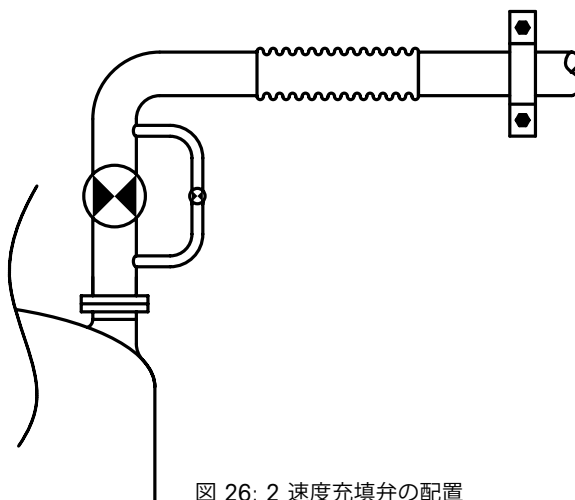


図 26: 2 速度充填弁の配置

2速充填は、たとえば、スクリーまたはロータリフィーダでモーターの速度を変えることによって実現できます。液体を扱う場合、2個の単純なオン/オフ切替弁を平行に配置すると効果が上がります(図26を参照)。1つの流量が、もう一方の流量の10倍になる場合があります。動作時には、高速充填中は両方の弁が開き、次に片方の弁が閉じて、高精度充填を行います。

スピル

充填装置がフローを遮断すると、一定量の材料(フィーダを離れスケールには荷重されていない)が落下し、これらにはスピル、落下量、などさまざまな呼び名があります。

スピルの量は明らかに、充填される材料の表面とフィーダの間がどれだけ空いているか、および充填時の速度によって異なります。指示計によってはスピル補正機能を備え、フィーダは早期に停止しますが、スピルが変動やエラーの発生源になるため、最小限に抑えられます。スピルを最小化し、精度を向上させるためのヒントをいくつか、以下に示します。

1. 弁やフィーダとタンクの距離を最小限に抑えます。
2. 2速充填を使用して、遮断時の流量を最小限に抑えます。

ウェイ・アウト操作を行う際、フィーダが完全に閉じるまでに、スケールから落下する材料の量を考慮する必要がありますが、この方式ではスピルは検討事項とはなりません。

ジョグ

ジョグ機能は、フィーダを一時的に作動させて、充填不足のタンクに少量の追加材料を充填します。動作時には、充填は遮断まで通常どおりに行い充填重量を目標値の直前に終了します。充填量が必要な重量以下の場合、ジョグ機能を使用して修正します。これは充填不足の場合にのみ効果があります。

制御

手動充填操作では、スケールはタンク重量を計量して、フィーダを制御するオペレータに表示し、必要に応じて最終充填重量を調整して、タンク内が許容値内にあることを通知します。オペレータは成分ごとにこれを行い、全体バッチを許可するかどうか判断します。指示計を使用すれば、このような操作で入出力は不要となり、成分やバッチ重量は他のシステムへ通信して伝わるため、在庫管理やトレーサビリティへ役立てることができます。



図 27: 手動充填操作

さらに一般的なケースではスケールがフィーダを制御しますが、自動化のレベルはさまざまで、中には全自動のものもあります。このような場合、スケールが成分ごとに許容範囲のチェックを行い、バッチを許可するかどうか判断します。図 27 はアナログ計量モジュールを使用して構築されたタンクスケールです。この場合、ロードセルは和算箱に接続され、次に和算箱が指示計に接続されます。充填制御の 3 つの可能性を以下に示します。

1. スタンドアロン型システムには、メトラー・トレドの IND560、IND690 または IND780 などの指示計で低度から中度の複雑なバッチングシステムを制御でき、PLC やプログラマブルオートメーションコントローラ (PAC) は不要です。これらの指示計には、充填アプリケーション用に特別に設計されたオプションのアプリケーションソフトウェアがあり、先の項で説明したすべての機能を処理できます。



IND560Fill 充填指示計

2. IND131 などのシンプルな指示計は、すべての制御機能を実行できる PLC/PAC にのみ重量を提供できません。



IND131 DIN レール取付型指示計

3. 図28にはハイブリッドシステムを示しています。充填制御はIND560、IND690またはIND780などの指示計で実行され、PLC/PAC が全体のプロセスを制御します。PLC/PAC は充填のタイミングやバッチ処理のパラメータ（目標重量や成分ごとの許容範囲など）を判断します。この情報は指示計にダウンロードされ、自動的にバッチプロセスを実行します。バッチ処理完了後、指示計は記録の維持、在庫管理などのために PLC/PAC にレポートできます。

このアプローチには、いくつかのメリットがあります。指示計はバッチ処理操作の中心プロセスである重量の読み取りとフィーダの制御専用になります。非常時のフィーダのシャットオフは重要な操作であり、指示計がこの操作を最も速く、妨害なく実行できます。また、指示計には充填操作やバッチ処理操作の高度な制御用に特別に設計されたソフトウェアが搭載されています。先のアプローチ 2 では、より多くの装置がループしており、シャットオフをトリガーする必要があるときに別の動作が行われていると、PLC/PAC で遅延が発生する可能性があります。

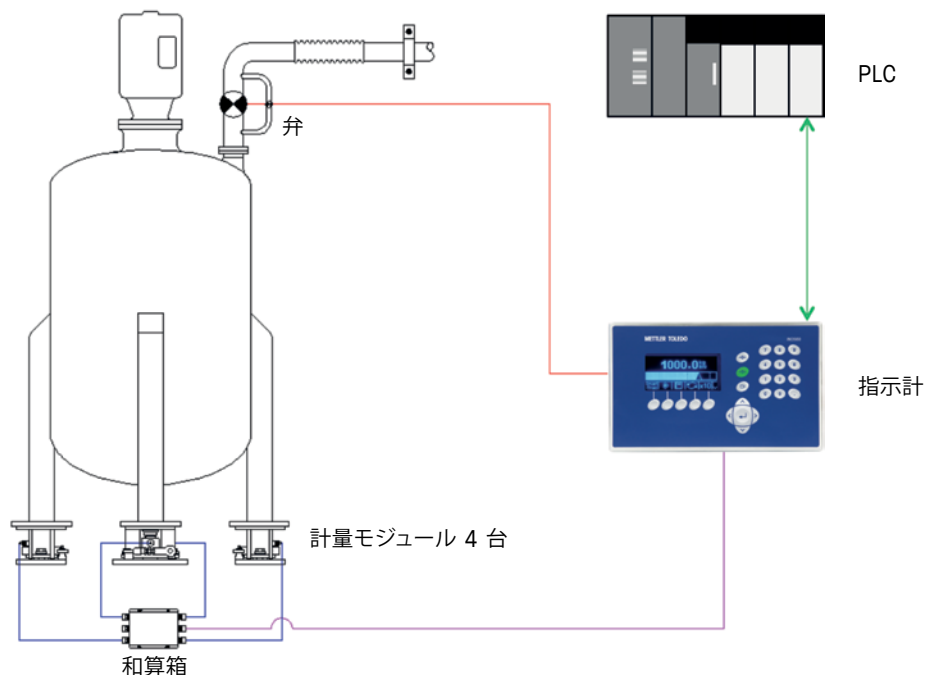


図 28: PLC と計量指示計を使用したハイブリッドバッチ制御システム

指示計

指示計はスケールシステムの要となる重要な構成要素です。アナログロードセルに印加電圧を加え、アナログ出力信号を受けます。A/D 変換、フィルタリング、演算を行って、校正された計量の数値を表示します。直接プロセス制御を行う場合も、他の装置へ転送する場合があります。



IND560
指示計

A/D 変換およびフィルタリング

A/D コンバータは操作の中心であり、変換は充填の進捗をトラッキングし、適切な瞬間にシャットオフをトリガーするために非常に迅速に実行する必要があります。残念ながら、アナログ信号の場合、ミキサー、ポンプ、コンパクトなどの他の機械や充填操作そのものからの機械ノイズ、さらには周辺機器からの電気ノイズにさらされ瞬間的な動きが阻害される可能性があります。

メトラー・トレドの TraxDSP™ システムは、超高速 A/D 技術と最大 366 Hz の変換レート、調整可能なマルチステージデジタルフィルタおよび特許を取得した補正アルゴリズムを使用して、ロードセル信号の本当の重量部分をコンスタントかつ迅速にトラッキングします。機械および電気ノイズは、設置条件によって異なります（たとえば、周波数や振幅など）。このため TraxDSP™ は、特定の条件に合わせて調整し、速度、安定性および精度を最適化し、50 Hz の超高速内部目標比較を達成し、クラス最高の充填やバッチ処理の精度を保証することができます。TraxDSP™ は、IND131、IND560 および IND780 などのプロセス指示計に標準で搭載されています。



ARM100 外部 I/O モジュール

デジタル I/O

高度な指示計では、内部および外部の I/O 性能はさまざまです。内部 I/O には制限がありますが、充填やバッチ処理操作が単純である場合は十分です。複雑なシステムでは、メトラー・トレドの ARM100 のような外部 I/O モジュールを指示計に使用することができます。

インターフェイス

近年、接続性は重要な検討事項であり、指示計は表 3 にまとめたように、RS232/422/485、イーサネット TCP/IP、PLC インターフェイスなどの標準およびオプションのシリアルインターフェイスを提供しています。

PLC インターフェイス
• 4~20 mA のアナログシグナル
• AB RIO
• ControlNet
• DeviceNet
• イーサネット / IP
• Modbus RTU
• Modbus TCP
• Profibus DP
• Profinet
• CC リンク

表 3

IND780 batch

複数の制御オプションと、最大 4 つのスケールを同時に使用でき簡単に設定が可能です。特長と利点は次のとおりです。

- ISA S88 準拠により、バッチ処理操作に一貫性のあるプロトコルを提供
- 最大 40 件の入力と 56 件の出力によって、柔軟性の高いコントロール設定が可能
- 最大 1,000 件のレシピ (レシピあたりのステップ数は 99 個、制御可能な自動材料充填は 42 個) のメモリ
- 調整可能なレシピ再計量機能とレシピループ機能
- ユーザー定義のメッセージと簡素化されたデータ収集が可能な、手動、半自動、および自動モード
- BatchTool 780: PCベースの設定ユーティリティがレシピとオーダーの作成、遡及の記録、セキュリティセットアップ、使用状況の報告、設定のバックアップと復元を簡素化
- 装置の表示画面にはシステムステータスが表示され、詳細な診断が可能



IND780 指示計

またIND780batch には、単一スケールの操作と、それに伴う次の付加機能および利点があります。

- バッチアプリケーションのための自己完結型のスタンドアロンコントローラ
- 10 件のメモリ、1 つの充填と排出制御、1 つのコントローラーのロジック制御
- 開始・再開および中断・中止の押しボタン
- ライトによる状態確認



IND780batch 指示計のバッチパッケージ

IND780Q.iMPACT コントローラ

先進の材料充填ソフトウェア Q.iMPACT を装備した IND780 指示計は、充填コントローラおよびバッチコントローラの最新モデルです。特許取得済みの予測型制御アルゴリズムは、原材料の充填ごとにリアルタイムの数学モデルを構築し、原材料充填操作のたびに自然に発生するプロセス量の変動を自動的に学習し、補償します。このシステムは単純なシングルスピードのオン / オフ制御を使用して、システムの複雑さおよび設備費用とメンテナンス費用を大幅に軽減します。単純なシングルスピードの充填プロセスを使用して、充填は高速になり、従来の構成に比べてはるかに高精度になります。企業は設備費用を全体的に削減しながら高いスループットを実現でき、より高く一貫した製品品質を得ることができます。PC 用設定ツールにより、設定と校正を容易にします。



IND780 Q.iMPACT 指示計

化学反応容器

計量の観点から、化学反応容器は数多くの課題に直面します。条件によってはタンク計量にも該当しますが、ほとんど大きな課題とはなりません。



図 29: 化学反応容器の計量

化学反応容器の種類および計量技術への適用性

図 29 に示すように、バッチリアクタは化学反応容器ですが、化学反応が始まる前に反応物、触媒、試薬などの全原料をこの中へ投入します。これはたとえば吸熱により反応混合物の温度が上昇する可能性があるためです。反応中は投入や排出ができません。製品や廃液は、反応の完了後に取り出します。

セミバッチリアクタがバッチリアクタと異なるのは、1 種類の反応物を除く全原料を最初にバッチへ組み込む点です。残った反応物は反応率を制御しながら添加されます。別のモードでは、セミバッチリアクタにはバッチリアクタと同様に全原料を最初に投入しますが、反応が進み、反応率がある一定のレベルに制御されたところで製品を取り出します。あまり一般的ではありませんが、セミバッチリアクタ使用時には、反応が完了する前に反応物を添加し、製品や廃液を取り出します。

計量により制御する 1 つの方法として、先に説明した同時バッチ処理や連続バッチ処理によってスケールからリアクタへの直接排出を行い、タンクスケール内の原料比率を調和することができます。

もう 1 つの方法として、スケールをリアクタそのものに固定し、累積バッチ処理によって全原料をバッチに組み込むこともできます。セミバッチリアクタの場合、スケールを使用して追加反応物の添加や製品の取り出しを制御することもできます。ただし、添加と排出を同時にする必要があり、これらを交互に行うことができない場合には問題があります。

連続フロー攪拌タンクリアクタ (CFSTR) は、バッチリアクタやセミバッチリアクタと物理的には同様ですが、全原料を投入し、製品や廃液を連続的に取り出すという定義において異なります。CFSTRや、常に連続したフロープロセスを使用するその他のリアクタへは、計量技術を応用することができません。

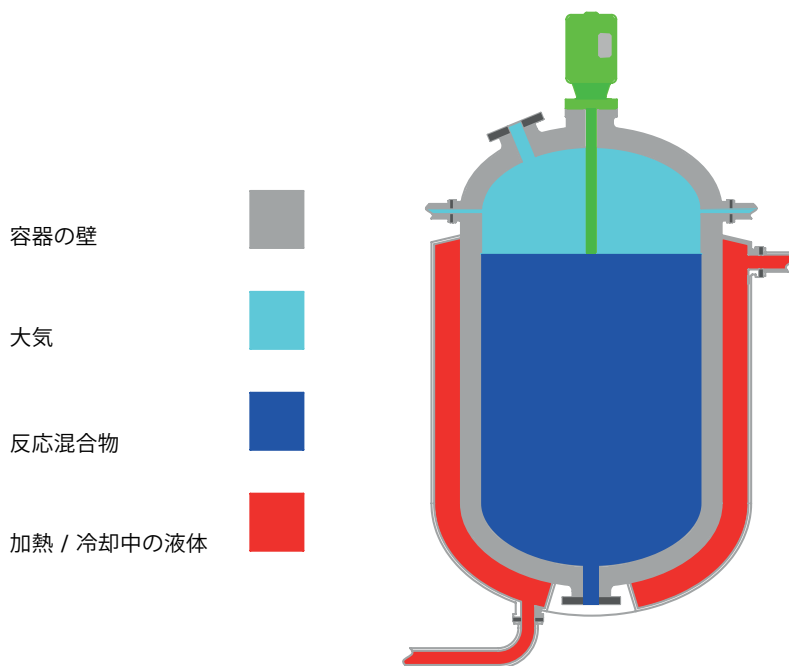


図 30: 一般的なバッチリアクタの断面

デッドロード

図 30「一般的なバッチリアクタの断面」を参照してください。精度の観点から、リアクタにとって好ましくない影響を与えるデッドロードの要因となるものは数多くあります。こうした要因について以下で簡単に説明します。

1. 動作中に圧力が上昇することが多いため、リアクタ容器の壁面は一般的なタンクに比べてとても厚くなってしまいます。ガラスやセラミックでコーティングされた鋼鉄製であることも多く、デッドロードが多くなります。
2. ほとんどの場合、ミキサーが容器へ直接設置されています。これはフランジ、弁、その他の附属設備などと共に、デッドロードの大きな要因となります。
3. 多くのリアクタには、加熱/冷却用のコイルやジャケットが搭載されています(図 30を参照)。その重量だけでなく、その中に含まれる液体の重量がさらに大きなデッドロードの要因となりえます。こうしたリアクタには通常、ステンレス製の外装で保護した絶縁体が搭載されており、これもデッドロードを引き起こします。

容器の載荷重量が、少量ずつ使用する試薬の重量だけでなく、合計バッチ重量よりもはるかに大きくなる場合があります。メトラー・トレドの提供するロードセルや計量モジュールのひょう量は最大 600 トン以上ですが、重量自体よりも、少量ずつ使用する試薬の計量精度が低下してしまうのが問題です。

必要なスケールや、ロードセルや、計量モジュールのひょう量を検討する際、デッドロードの計算には先に述べた要因をすべて含める必要があります。

マルチ液体システム

たとえば、最初に全原料をリアクタ計量のバッチに組み込む場合、リアクタ計量の対象となるのは反応混合物の重量です。しかし、スケールでは他の液体システムも計量されるため、計量プロセス中に質量が変化した場合、エラーが発生します。

加熱 / 冷却中の液体

オンボードで加熱 / 冷却中である液体の重量が変化した場合、計量中のスケールは計量精度の影響を直接受けます。これは、リアクタ内で温度変化が生じた場合に起こりうる事象です。温度変化により生じる液体密度の変化だけでなく、コイルやジャケットの容積が変化する可能性も考慮する必要があります。蒸気加熱式システムの場合、計量操作中に水分が蓄積し続けることに注意してください。

大気

リアクタ内では、圧力が上がることで反応率が上昇する場合があります。計量プロセス中にこのようなことが起こる場合、反応混合物の上にある大気の重量が変化することを考慮する必要があります。たとえば、常温が21°C (70°F) で、密度がゲージ圧0Pa (0psi) のとき1.2kg/m³ (0.075lb/ft³)、ただし6895kPa (1,000psi) のとき83 kg/m³ (5.18 lb/ft³)となる条件で空気を取り込んだ場合、気体の密度は温度と共に変化します。さらに、システムに圧力がかかると、装着されたパイプに関連する固有の問題が生じる可能性が高くなるため、タンクや容器へ接続する際は、柔軟性の高いホースや拡張ジョイントの使用をお勧めします。しかし、このホースやジョイントは、圧力の変化があると空気圧シリンダーのように作用し、スケールへ不要な力を加えます。それらがスケールへ縦方向につながったパイプに取り付けられている場合は、特に悪影響を与えます。詳細については、参考文献 1 を参照してください。



十分なスペースを確保し、次の階に達しているリアクタの上部



柔軟性の高い圧縮計量モジュールへ設置されたリアクタの下部

気体の発生を引き起こす反応が起こる場合、通風した際にスケール重量が減少する可能性があります。

また、化学反応中に気体混合物の気泡が反応混合物へ入りこみ、セミバッチプロセスへ及ぼす影響についても考慮する必要があります。この場合、一般的には過剰な気体が発生して通気し続けます。このとき反応混合物の重量は、発生した気体の重量から通気する気体の重量を引いたのと同じ量だけ増加することがわかります。

温度

ロードセルは温度変化の影響を受けやすく、ゼロ出力と感度の両方に影響が及びます。この欠点は製造中に補正され、商取引適合認定を受けたロードセルは、最も厳しい許容範囲にも対応できるように調整されます。しかし、それでも欠点が完全にカバーされるわけではなく、あらゆる用途でロードセルの温度変化が制限されるのは、精度の観点から当然のことです。さらに、ロードセルには「使用温度範囲」という仕様があり、これを超えると性能の低下やロードセルの損傷を招くおそれがあります。したがってロードセルへの過剰な温度変化を制限することは重要です。

特に、室温に対して極端に温度変化しやすいリアクタにとって重要な検討事項となります。図 31 はロードセルへの熱電動経路が短く、最も避けるべき設置方法であり、図 32 および 33 は、この経路が長く設計されており推奨できる設置方法といえます。

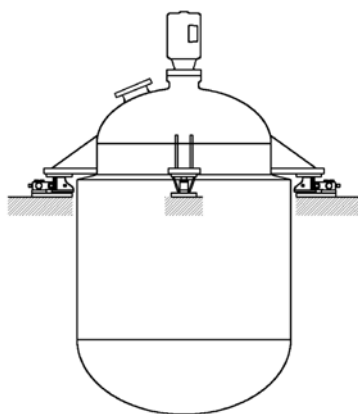


図 31: 「床貫通式」メソッドを用いて圧縮型設置を行ったリアクタ

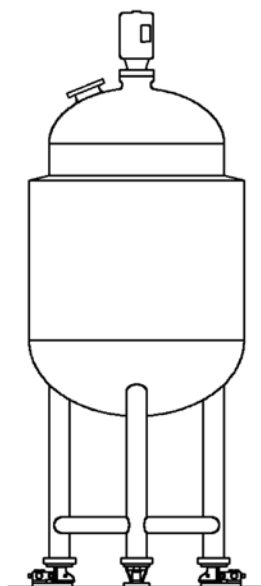


図 32: 補強用脚部を使用して圧縮型設置を行ったリアクタ

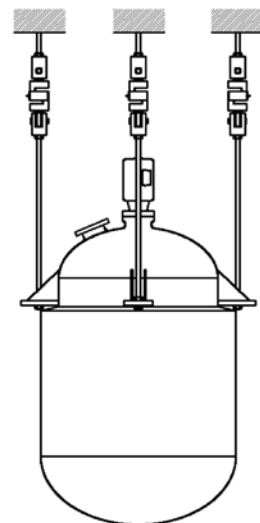


図 33: 引張型計量モジュールで吊り下げ型設置を行ったリアクタ

図 31 に示すような設置方法を回避できない場合、メトラー・トレドが提供する熱分離パッドを計量モジュールへ使用することが可能です。計量モジュールの天板と容器の間に設置し、熱電動を緩和することができます。また、加熱 / 冷却中の液体が通る注入口は、容器の中で温度が最も高くまたは低くなりやすいため、ロードセルから最も遠ざける必要があります。

ロードセルが放射加熱を受けやすい場合、ロードセルと熱源の間に金属製のシールドを挿し込んで保護することをお勧めします。

振動

図 34 に示すように、リアクタは常にミキサーで固定されますが、これが容器のひょう量に対して相対的に大きくなる場合があります。これによりスケールがぐらついたり、振動したりして電気信号にノイズが発生すると、精度に影響します。こうした問題を軽減できる対策は数多くあります。

1. 可能であれば、計量操作中はミキサーを停止しておきます。
2. 計量モジュールが自動調整できる吊り下げ型の場合、水平スタビライザーを使用してスケールを安定させます。
メトラー・トレドの計量モジュールでは、スタビライザーをオプションとして提供できるものもあります。
3. 計量モジュールの天板とスケールの間に、メトラー・トレドのほとんどの計量モジュールに対応する衝撃 / 振動パッドを使用し、振動を減衰させます。
4. 先で説明したように、TraxDSP を搭載したメトラー・トレドの指示計を使用します。

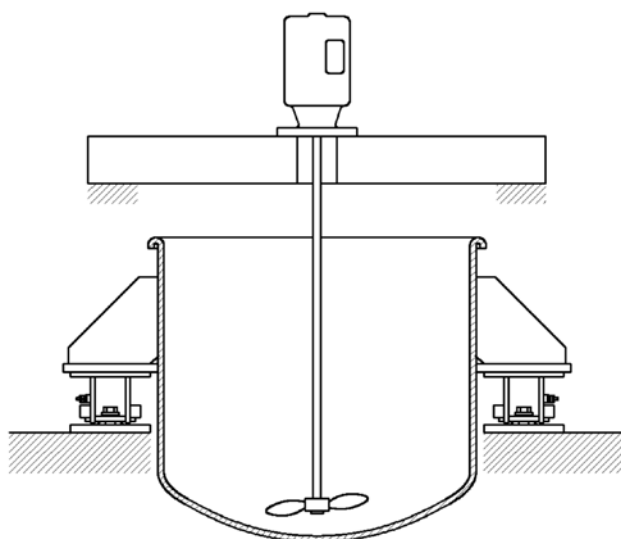


図 34: タンクと、外部設置されたミキサー

タンク（一般的にはリアクタ容器以外）が、図 34 に示すように、独立して設置されるミキサーを使用する場合、タンクに大きな回転トルクが伝わり、精度に大きく影響します。そのため、スタビライザーでスケールを安定させることが重要です。

振動やミキサーなどへの対策の詳細については、参考文献 1 を参照してください。

認証要件

バッチングシステムの近辺は多くの場合、バッチプロセスから生じる蒸気や粉じんにより危険場所に分類されます。メトラー・トレドでは、危険場所で使用される電気機器の各種グローバル要件に適合する広範囲の製品を提供しています。このような適合認定は、メトラー・トレドの多くのロードセルで得られています(参考文献 6 を参照)。さらに、計量モジュールおよびロードセルアクセサリの多くは、標準で危険場所で使用される電気以外の機器の EN 要件に準拠しています(参考文献 10 を参照)。メトラー・トレドでは、危険場所で使用する機器の選択に役立つ多数のリソースも提供しています(参考文献9、11、12および13を参照)。ウェビナーはこちらです。www.mt.com/webinar および www.mt.com/hazardous

特に、管理輸送の場合など、スケール機器の性能を国内規格および国際規格に準拠させる必要のあるケースはさまざまです。メトラー・トレドが提供する豊富な製品ラインは(商取引適合認定済みの)商業用途に対応し、国際的に認定されています。これらの認定はロードセルの基準として与えられたものです(参考文献 6 または www.mt.com/weighing-component-catalog を参照)。

参考文献

1. 計量モジュールシステムハンドブック、METTLER TOLEDO AG.
www.mt.com/ind-system-handbook
2. タンクスケールの計量精度、METTLER TOLEDO AG.
3. 現代の計量モジュール、METTLER TOLEDO AG.
4. 計量テクノロジー、METTLER TOLEDO AG.
5. PowerMount™ とアナログ計量モジュールの比較、METTLER TOLEDO AG.
6. 計量コンポーネントカタログ、METTLER TOLEDO AG.
7. 高度なバッチ制御、METTLER TOLEDO AG.
8. バッチングシステムの理解、METTLER TOLEDO AG.
9. 危険場所カタログ、METTLER TOLEDO AG.
10. EN 13463-1、爆発性雰囲気で使用する非電気機器 — 第 1 部: 基本的な方法と要件、CEN.
11. 本質安全防爆構造の計量ソリューションによるプロセス安全性、METTLER TOLEDO AG.
12. ウェビナー、危険場所での計量 — 基礎、METTLER TOLEDO AG.
13. ウェビナー、危険場所での計量 — 上級、METTLER TOLEDO AG.

計量コンポーネント カタログ

11 グラムから300トンまでの範囲に対応した、さまざまな計量セルをご用意しています。最小表示が一番小さいものでは0.001 mgとなります。また、多彩な電子機器は、コントロールパネルで使用できる指示計から、制御キャビネットのDINレールに固定できる機器にまで豊富にご用意しています。バージョンに応じて、電子機器はアナログまたはシリアルインターフェイス、Profibus DP、Profinet IO、イーサネット IP、Modbus、DeviceNet または ControlNet、および CC-Link を使用して通信システムに統合できます。

200ページにわたって図面や設置に関する詳細説明を掲載しています。



カタログのご依頼、ダウンロードはこちらから
▶ www.mt.com/weighing-component-catalog

www.mt.com

詳細はウェブサイトをご覧ください

メトラー・トレド株式会社
産業機器事業部
TEL: 03-5815-5513
FAX: 03-5815-5523

製品の仕様は予告なく変更することがありますので、
あらかじめご了承ください
30220335
© 09/2014 Mettler-Toledo AG
MarCom Industrial