

Waters™



RUBOTHERMシリーズ
IsoSORP® SA

磁気浮上型高温高圧熱重量分析装置

Sorption Analysis
Under Extreme
and
Real-World Processing
Conditions

High
Pressure

Wide
Temperature
Range

Gases, Vapors
and Mixtures

RUBOTHERM SERIES ISO SORP® SA

IsoSORP SAは、特許*を取得した磁気浮上式天秤を搭載した先進的な重量測定機で、高圧または真空環境下での吸着測定を可能にします。試料は-196 °Cから400 °Cまでの広い温度範囲で、さまざまなガスや蒸気の下で測定できます。柔軟なガス投入および混合デバイスにより反応雰囲気組成と圧力を正確に制御することができます。20年以上の経験を活かして設計・製造され、数百の顧客によって現場で実証済みのRubotherm Series IsoSORP SAは、重量測定吸着分析装置の中で最も広い圧力範囲を提供し、関連するアプリケーション解析の業界基準となっています。

* German Patent no. 10 2009 009 204.8



MODULAR DESIGN can be configured to match **SPECIFIC REQUIREMENTS** of your **APPLICATIONS**

特徴と利点

- 非接触の試料重量測定システムにより、試料セルと天秤の間の完全な遮断が可能となり反応ガス、圧力、試料セル内の温度による天秤の損傷のリスクを排除します。
- 金属製の密閉試料反応セルにより、腐食性、爆発性、有毒な反応ガスでの測定や低温から高温、真空から高圧での測定にも対応します。
- 独自の自動試料切り離し機能により、実験中に天秤の相殺(ターリング)が可能となり、競合他社の装置で必要な手動の天秤キャリブレーションを必要とせず、最も正確な測定および優れた長期のベースライン安定性を提供します。
- 反応ガスによって湿潤する試料セル全体を加熱できるため、水蒸気、CO₂、アンモニアなどの反応ガス蒸気の凝結を、高圧または高湿度でも防ぎます。試料セル内の反応ガス密度の重量測定により、すべての圧力および温度条件、および反応ガス組成における重量測定データの浮力補正を自動的かつ正確に行えるほか、反応ガスの組成にも対応します。
- 大きな動的計量範囲と試料容積により、代表的な大きな試料や重い試料を用いた測定が可能です。



IsoSorp® SA

TECHNOLOGY | MAGNETIC SUSPENSION BALANCE (MSB)

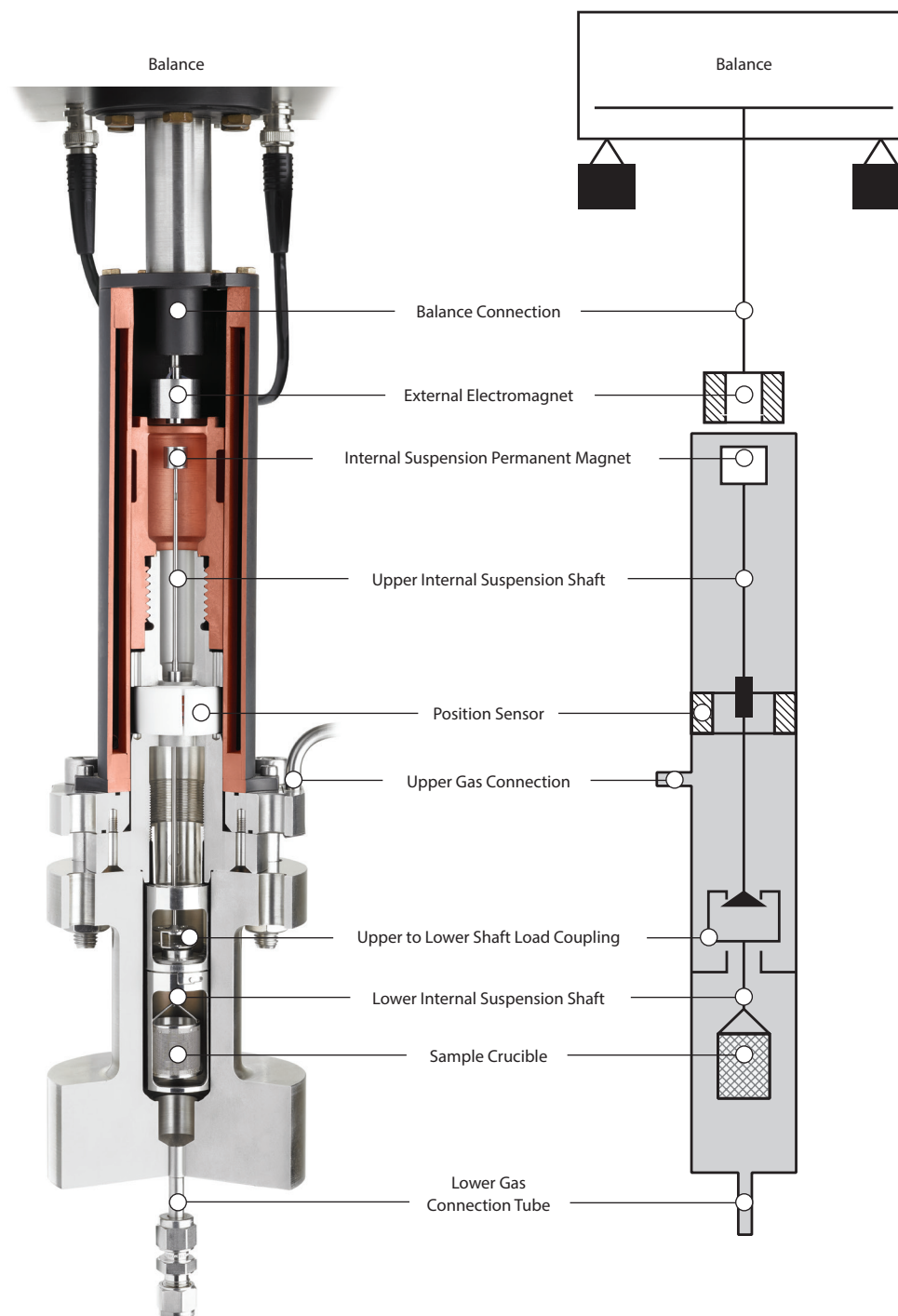
独自の磁気浮上式天秤技術

すべてのRubothermの分析装置の中心には、特許を取得した磁気浮上式天秤(Magnetic Suspension Balance、MSB)があります。この技術は、外部のマイクロバランスを使用して閉じられた反応セル内の試料の重さを測定します。これは、磁気浮上結合を介して試料セルの壁を通じて重力を伝達することによって実現されます。

このデザインでは、永久浮上用磁石が上部の内部浮上シャフトに取り付けられています。下部の内部浮上シャフトは、試料材料を保持するつぼに接続されています。上部と下部の浮上シャフトの間には荷重結合メカニズムがあります。上部および下部のシャフトと試料つぼは試料セル内に封じられています。

外部の電磁石は内部の永久磁石を引き寄せるように制御されます。これにより、内部の浮上磁石が上昇し、荷重結合が作動し、その結果、試料つぼが上昇します。電磁石の制御は、システムが一定の測定ポイントの高さに達するまで引き寄せ続けます。

セル内の試料の重さは、外部のマイクロバランスによって決定されます。このマイクロバランスには、高い分解能と精度があり、電磁石が接続されています。



UNRIVALED LONG-TERM MEASUREMENT ACCURACY

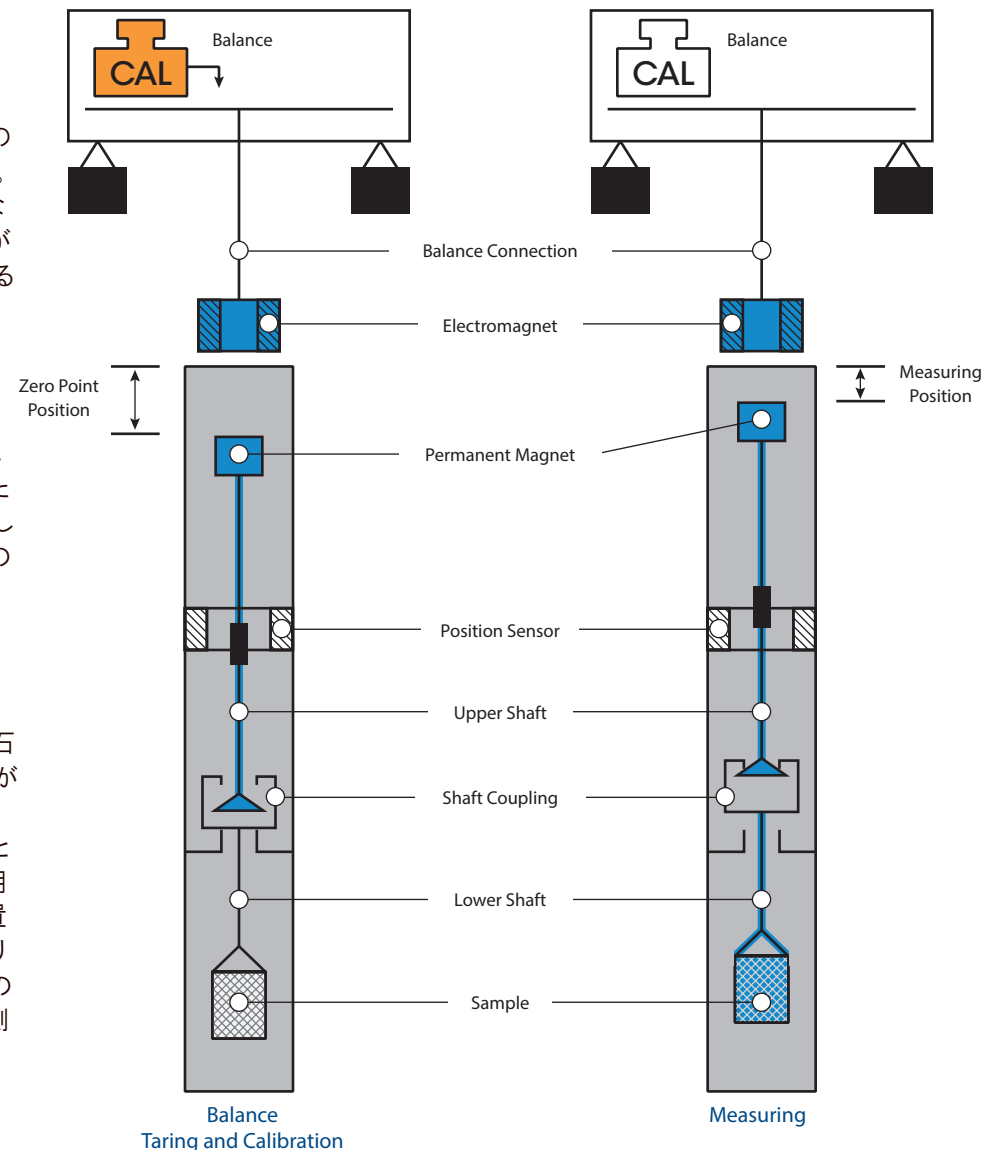
自動試料切り離し機能(ASD)

重量測定試験の開始時に、天秤は自動的にテアおよび校正を行うことで重量測定の「ゼロポイント」を確立します。このゼロポイントは、すべての後続の測定に使用されます。ただし、実験の時間枠は数時間から数週間にわたるため、長時間にわたる小さな重量変化を正確に測定する能力は、ゼロポイントのドリフトによって減少する可能性があります。ドリフトは、通常、実験室の温度や気圧、湿度の変動などの外部要因によるものです。

信号の精度を向上させる試みは従来、空のるつぼでのベースライン測定を行い、それをサンプル測定結果から差し引くという方法でした。ただし、この方法は実験時間を2倍にするため、理想的ではありません。また、二つの実験は決して完全に同じではないため、本質的に欠陥があります。特許を取得したMSB技術を備えたTAのIsoSORP SAだけが、リアルタイムのドリフト補正を行う独自の自動試料切り離し(ASD)機能を提供し、特に長期測定においてこれまで達成できなかったレベルの重量測定精度を提供します。

ASDの仕組み:

右の図に示すように、MSBの設計にはシャフト荷重結合が組み込まれています。電磁石が励磁されると、上部シャフトに接続された永久磁石を引き寄せます。上部シャフトが上昇し、結合が作動し、るつぼを計測点まで上昇させて重量測定を行います。測定中の任意の時点で、永久浮上用磁石を下方に移動して試料るつぼから切り離すことができます。この下方移動中、シャフト荷重結合はサポート上に置かれます。浮上用磁石は自由浮遊状態にあり、重量のみを天秤に伝達します。新しいゼロポイント位置に移動することでアンロードされた天秤に対応し、測定中にテアと校正が可能となります。これは、試料セル内のプロセス条件(圧力、温度)によらず実現します。このユニークな自動ソフトウェア制御による天秤の校正は、TA Instrumentsの重量計測分析装置のみで提供されます。



IsoSORP[®] | MAGNETIC SUSPENSION BALANCE

二重試料の重量および気相密度測定

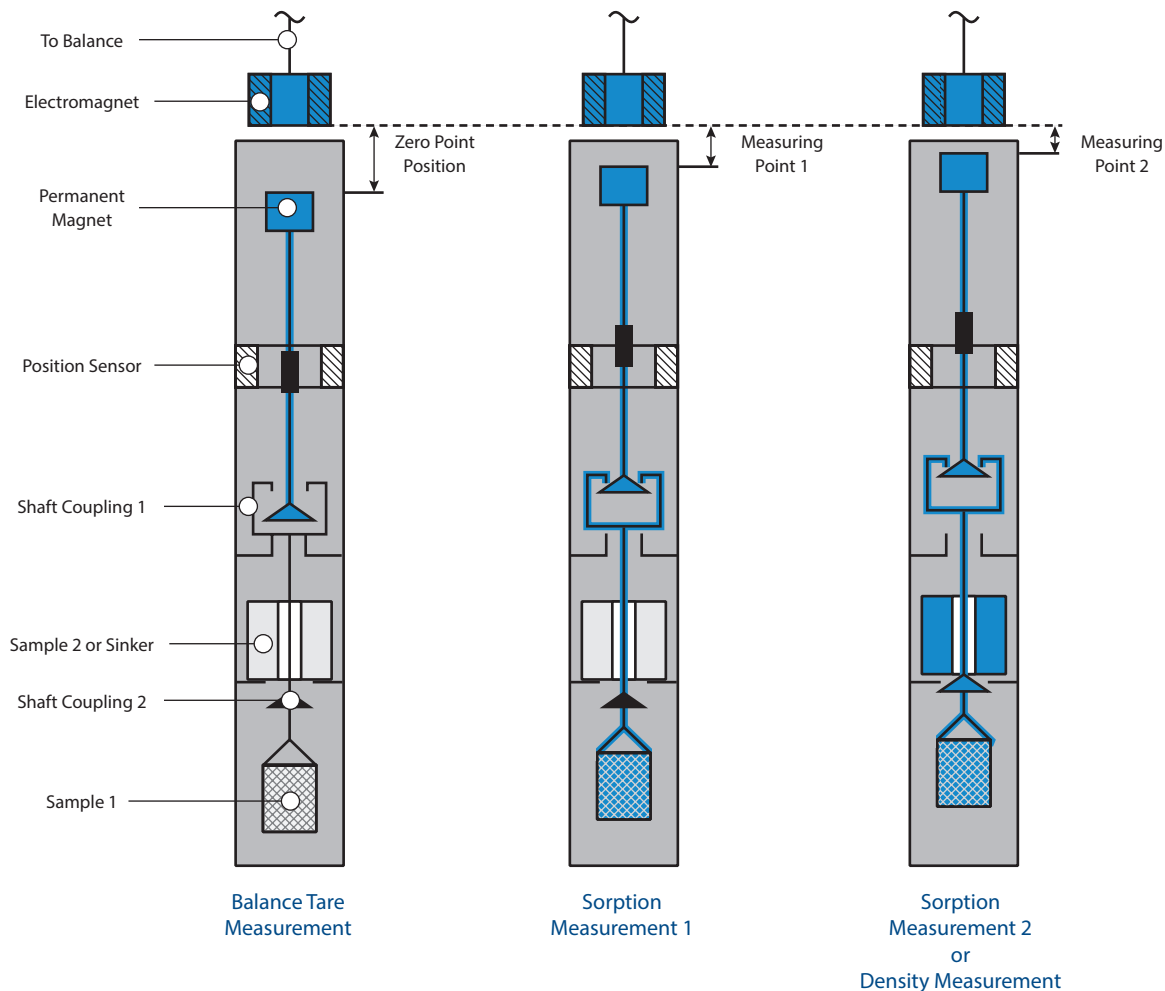
IsoSORPは、第2の荷重結合と試料位置を構成することで、単一の実験中に2つの試料の重量測定を可能にするように設定できます。この機能により、2つの試料の比較測定（反応性試料と基準試料の比較など）や、リアクタ内の気相の吸着および密度の測定が可能になります。

第2の結合と試料位置により、MSBが制御される縦位置が合計で3つ生成されます。これには、ゼロポイントまたはテア位置、測定ポイント1、測定ポイント2が含まれます。この機能は、以下に示す図の一連の模式図を用いて次のように実証されます：

・**ゼロポイント位置**：永久磁石だけが浮上し、マイクロバランスのテアや校正が行われます。

・**測定ポイント1**：永久磁石が上昇し、第一の結合が作動し、第一の反応性試料（吸着剤、触媒、有機材料など）の重量が測定され、吸着測定1が行われます。

・**測定ポイント2**：第一の結合が作動した状態で、永久磁石がさらに上昇して第二の結合が作動し、両試料の合計質量が持ち上げられて計量されます。測定ポイント1で測定された重量を合計重量から差し引くことで、吸着測定2のための第二の試料の重量が求められます。リアクタ内の流体相の密度を測定する場合、既知の体積を持つ不活性なシンカーが第二の試料として使用されます。アルキメデスの原理を用いて、シンカーに作用する浮力からリアクタ内の気相の密度が精確に求められます。



自動浮力補正による無比の真の質量精度

吸着測定では、試料は制御された温度と圧力で反応ガスに曝露されます。通常、圧力は段階的に増加し、試料内のガスの吸着または吸収による試料質量の変化が測定されます。試料質量とともに、ガス相密度も圧力や温度によって変化し、試料に作用する浮力効果も変化します。浮力効果は試料によって置換される反応ガス雰囲気ガスの質量であり、これによって「見かけの試料質量」および「見かけの試料質量損失」が観測されます。浮力効果は「真の試料質量」を得るために補正する必要があります。

どの天秤も、真の試料質量と試料に作用する浮力効果、またはいわゆる表面的質量の差を測定することができます。浮力効果を試料質量から補正するには、バランスで計測される表面的な試料質量 (Δm) に置換ガスの質量 (m^G) が加えられる必要があります (式1)。置換ガスの質量を正確に求めるには、試料の体積 (V) とガスの密度 (ρ^G) の両方が知られている必要があります (式2)。

Equation 1

$$m = m + m^G$$

m = true mass

Δm = balance reading (apparent mass)

m^G = mass of displaced gas

Equation 2

$$m^G = V \cdot \rho^G$$

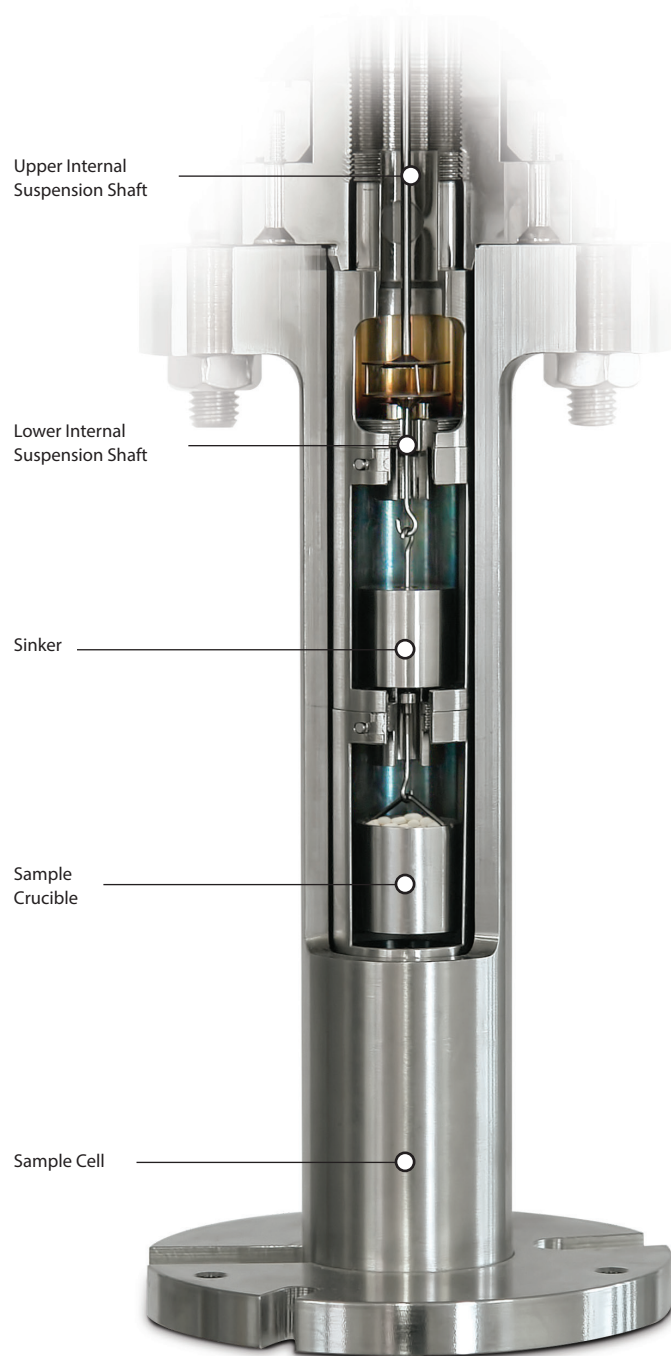
m^G = mass of displaced gas

V = volume of sample

ρ^G = density of the gas phase

圧力と温度データを含む状態方程式から ρ^G を計算している従来の吸着分析装置とは異なり IsoSORP は直接重量測定を行います。このユニークな設計には、既知の質量と体積を持つ不活性な「シンカー」を配置する第二の計量位置が組み込まれています。この「シンカー」の簡単な重量測定により、実際の ρ^G が直接現地で決定されます。これは計算方法よりもはるかに正確であり、密度の直接測定であるため、反応ガスが純粋な流体でない場合でも正しい結果を提供します。

さらに、IsoSORP はヘリウムを反応ガスとして使用して浮力測定を行うことで、試料の体積を正確に決定します。IsoSORP は ρ^G と V の両方を直接かつ高精度で測定できる唯一の装置であるため、置換ガスの質量も直接的に決定され、試料の真の質量の測定において優れた精度を提供します。



IsoSORP® | SAMPLE TEMPERATURE CONTROL

すべてのIsoSORP分析装置は、液体循環温度制御システムを搭載しており、室温から150 °Cまでの範囲で温度制御を提供します。LT構成では、-20 °Cから100 °Cまでの低温で利用可能です。

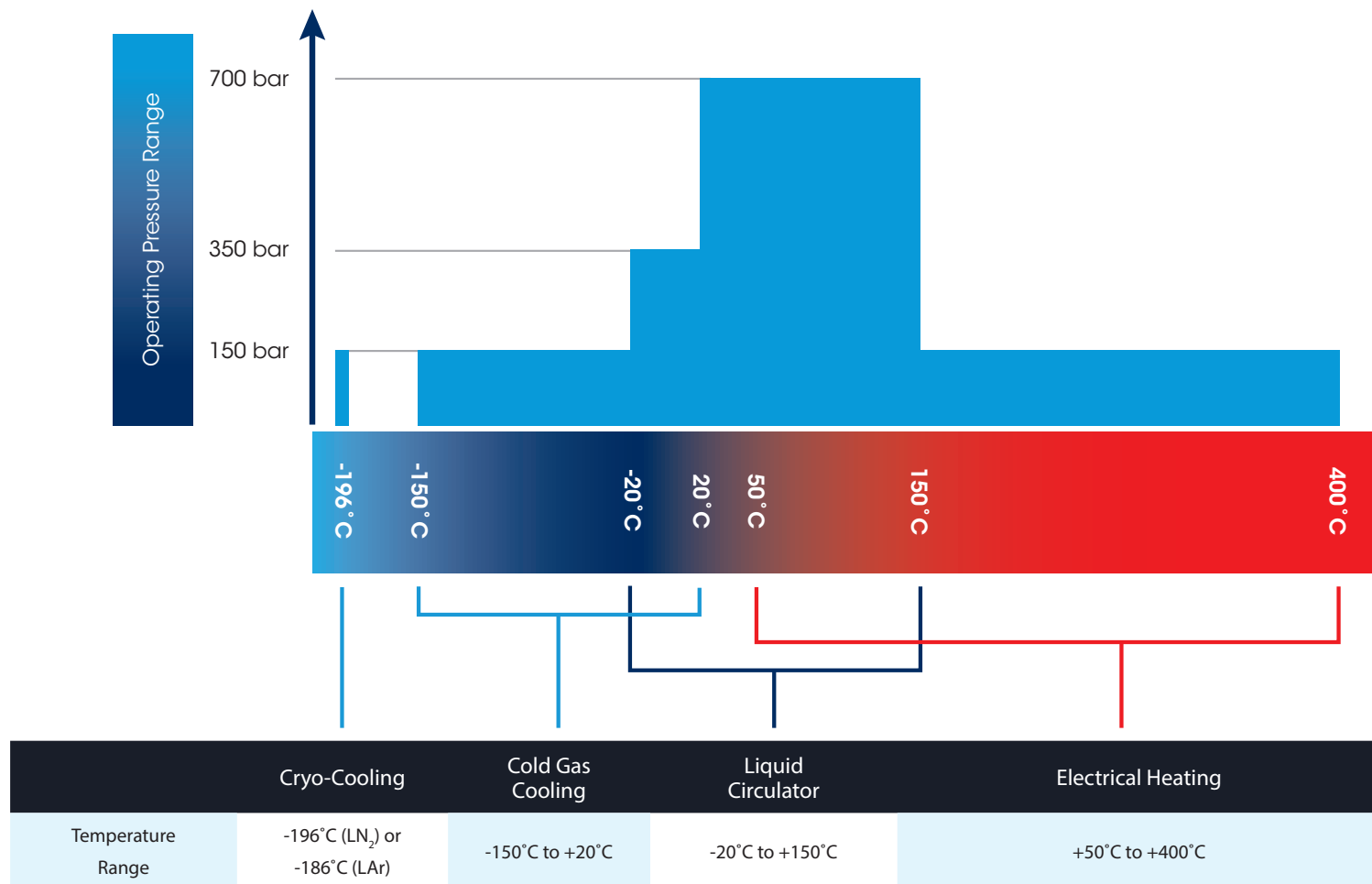
Cryo構成では、液体窒素を使用した場合には-196 °C、液体アルゴンを使用した場合には-186 °Cで等温試験を行うためのクライオ冷却が可能です。オプションのCold Gas Cooling Systemにより、Cryo構成では-150 °Cから最大20 °Cまでの広範な低温制御が可能です。

IsoSORP分析装置のほとんどの構成には、電気的な試料加熱システムが含まれており、液体循環温度制御システムの温度制御範囲を拡張します。電気加熱により、試料温度を約100 °Cから最大400 °Cまで制御できます。350 barの最大圧力を持つシステムでは圧力が150 barを超える場合、最大温度は150 °Cに制限されます。

IsoSORP SAのモデルは20以上用意されており、顧客のアプリケーション要件に合わせて事前に設定されています。詳細は18ページの分析装置仕様をご覧ください。



IsoSORP SA Instruments are available
in configurations offering a
MAXIMUM TEMPERATURE RANGE
of **-196°C to 400°C**



IsoSORP® | DOSING SYSTEMS

ガス&蒸気の投与,ブレンドिंग,圧力制御システム

吸着測定精度は、圧力と反応雰囲気組成の正確な制御に依存します。IsoSORP SAIには、データ品質を最大化しつつ、幅広いアプリケーションに対応する柔軟性を提供するための、3つの洗練されたガスおよび蒸気の投与およびブレンドングシステムが備わっています。

純粋なガスや蒸気に使用する静的圧力コントローラーは、設定ポイントに到達するまで試料チャンバに反応雰囲気を充填し、その後ガスや蒸気は流れなくなります。純粋なガス、ガス混合物、およびガス&蒸気混合物に使用する流量投与および圧力コントローラーシステムは、出口に動的圧力コントローラーを使用して、連続的な反応雰囲気の流れを試料セルに生成します。Mix Dosing Systemsは、ガス混合物とガス&蒸気混合物に使用されます。これらのユニットは、選択的な測定のための制御された組成混合物の混合と体積投与を可能にします。

静的圧力コントローラーは、蒸気（水、炭化水素、溶剤など）および凝縮性の液体（CO₂、NH₃、ブタンなど）を含むアプリケーション向けのユニークな加熱バージョンも利用可能です。加熱により、高圧でも凝縮を防ぎます。他の吸着分析装置における圧力制御範囲の制限がなくなり、無類の広範なアプリケーション範囲が実現されます。

ガスおよび蒸気の投与システムには、IsoSORP分析装置内の反応雰囲気の実際の状態と圧力を表示するためのタッチスクリーンが装備されています。自動操作およびデータ収集はRSCSソフトウェアによって制御されます。

利用可能なガスおよび蒸気の投与システムと仕様の一覧は、右側の表にまとめられています。



Dosing System Model	Flow / Static	Maximum Pressure ^[1]	Anti-Condensation Heating	Pure Gas, Vapor, Sub-Critical Fluid	Mixing of Gases ^[2] , Gases ^[2] + Vapor
50 F-G	Flow	50 bar	----	G, SC ^[3]	G
50 F-G+V		50 bar	200°C	G, SC ^[3] , V	G, G+V
150 F-G		150 bar	----	G, SC ^[3]	G
150 F-G+V		150 bar	200°C	G, SC ^[3] , V	G, G+V
50 S-G+V	Static	50 bar	150°C	G, SC ^[4] , V	----
150 S-G		150 bar	----	G, SC ^[3]	----
150 S-SC		150 bar	100°C	G, SC ^[5]	----
350 S-SC		350 bar	100°C	G, SC ^[5]	----
700 S-SC		700 bar	100°C	G, SC ^[5]	----
50 M-F-G		50 bar	60°C	G, SC ^[6]	G
50 M-F-G+V		50 bar	60°C	G, SC ^[6] , V	G, G+V
50 MS-G+V		50 bar	60°C	G, SC ^[6] , V	G, G+V
150 MS-SC		150 bar	60°C	G, SC ^[6]	G

^[1] Vacuum specification: 0.0075 Torr possible (requires adequate vacuum pump)

^[2] Including sub-critical fluids (SC) up to below specified maximum pressure limits

^[3] maximum pressure for sub-critical fluids limited to ca. 40% of condensation pressure at RT

^[4] maximum pressure for sub-critical fluids limited to ca. 40% of condensation pressure at 150°C

^[5] maximum pressure for sub-critical fluids limited to ca. 40% of condensation pressure at 100°C

^[6] maximum pressure for sub-critical fluids limited to ca. 40% of condensation pressure at 60°C

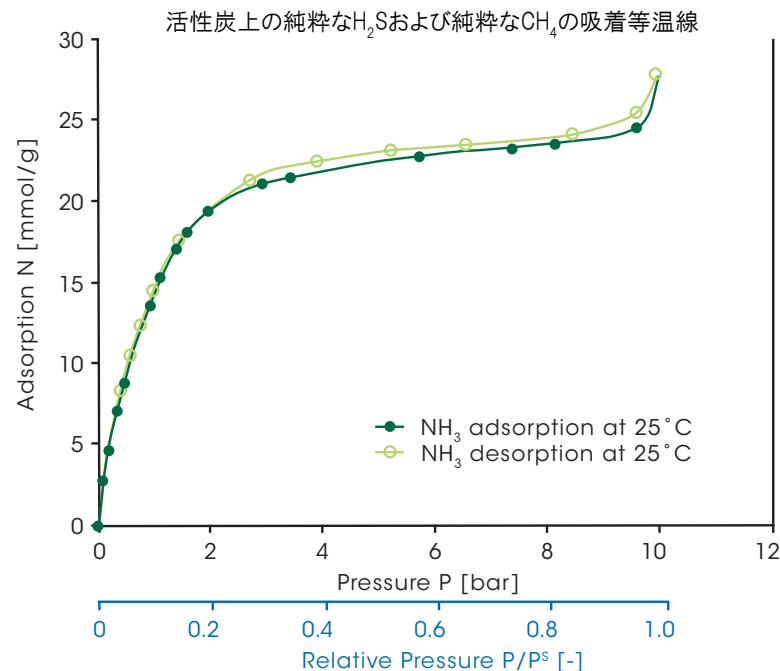
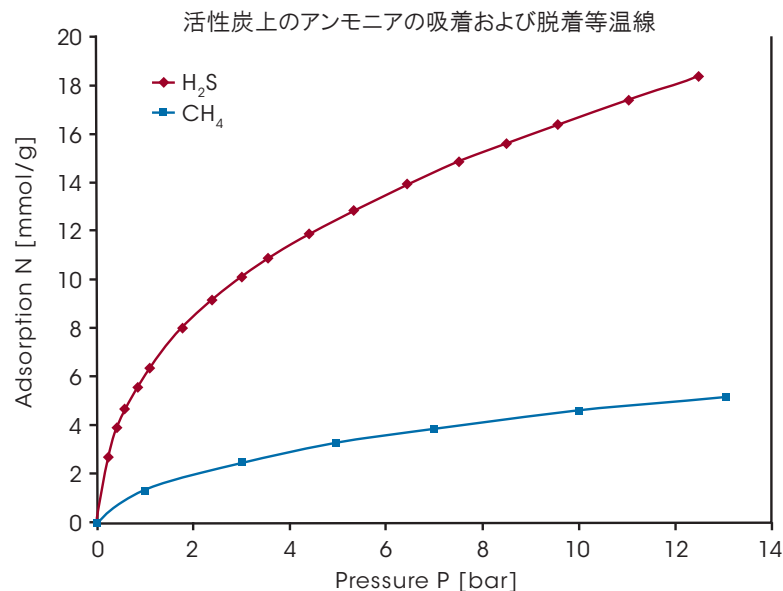
腐食性 & 有毒ガス吸着測定

多くのアプリケーションでは、有毒および/または腐食性のあるガスが使用されるか生成されます。これらのガスを含む混合物を分離または浄化するために、しばしば吸着が選択されます。関与するすべてのガスの吸着等温線は、吸着浄化プロセスと材料の適切な設計の基盤となります。IsoSORP SAの設計は、反応雰囲気周囲から完全に分離するため、腐食性および有毒ガスを使用して吸着測定を行うことができ、プロセスと材料の開発のための吸着等温線を提供します。

天然ガスおよびバイオガスには、 H_2S という有毒かつ腐食性のある汚染物質が比較的高濃度で含まれることがあり、使用前にガスから除去する必要があります。天然ガス混合物から H_2S を選択的に吸着除去することで、この浄化プロセスに使用できます。天然ガスおよびバイオガスの主成分である CH_4 に比べて、 H_2S は優先して吸着される場合があります。左下の図では、活性炭上の純粋な H_2S と純粋な CH_4 の吸着等温線が比較されています。測定は25 °Cで行われ、 H_2S の蒸気圧範囲の70 %以上がカバーされました。 H_2S の吸着は、 CH_4 の吸着の約3倍高いことがわかりました。

アンモニアは、臭気のある有毒かつ腐食性の物質です。そのため、畜産および廃水処理の換気など、さまざまな種類の排ガスからアンモニアを除去する必要があります。さらに、アンモニアを作動流体とする吸着冷凍サイクルは、例えば空調の提供において環境に優しい代替手段とされています。これらすべてのプロセスにおいて、アンモニアの吸着および脱着等温線は必要な基本情報です。右下の図では、25 °Cでのアンモニアの吸着および脱着等温線が圧力の関数として示されています。アンモニアは132.4 °C以下の温度では蒸気であり、表示されている等温線は実際には蒸気の吸着および脱着です。プロットの2番目のx軸に表示されている相対蒸気圧範囲は、この測定範囲で0.999まで含まれています。

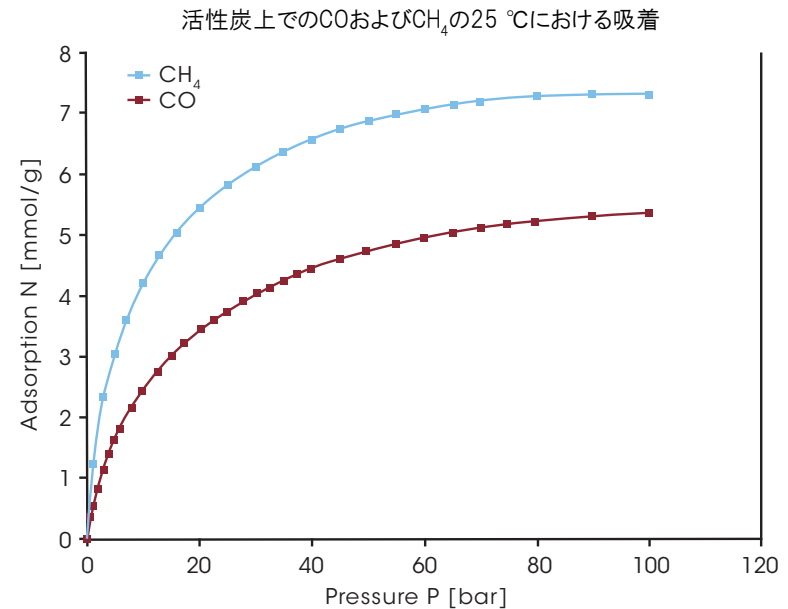
以下の例の測定は、加熱圧力コントローラーを備えたIsoSORP SA(400-150、S-SC)装置で行われました。加熱圧力コントローラーにより、亜臨界蒸気である H_2S と NH_3 を高圧まで使用することができ、凝縮が発生しません。



有毒および爆発性ガスの吸着測定

しばしば技術的な燃焼プロセスでは、燃料が完全に酸化されないことがあります。その結果、COが生成される可能性があります。さらに、石炭およびバイオマスのガス化プロセス、水蒸気改質、高炉ガスなどで、相当量のCOが生成されることがあります。この有毒ガスは、一部の触媒を毒化することが知られており、下流のガスクリーニングプロセスでのさらなる利用前に除去する必要があります。吸着は一般的にガスの分離と浄化のための信頼性のあるプロセスです。適切な吸着剤材料を選択または開発するために、吸着等温線が必要です。右の図に示されているように、活性炭上でのCOおよびCH₄の25 °Cにおける吸着が、高圧まで比較されています。この吸着材料は、明らかにCH₄が優先して吸着されるため、CH₄からCOを除去するためには適していません。

右の図に示されているように、固定ガスの測定は、静的圧力コントローラーや流量ガス投与システムを備えたすべてのIsoSORP SA分析装置で行うことができます。



高圧ガスおよび亜臨界流体の吸着

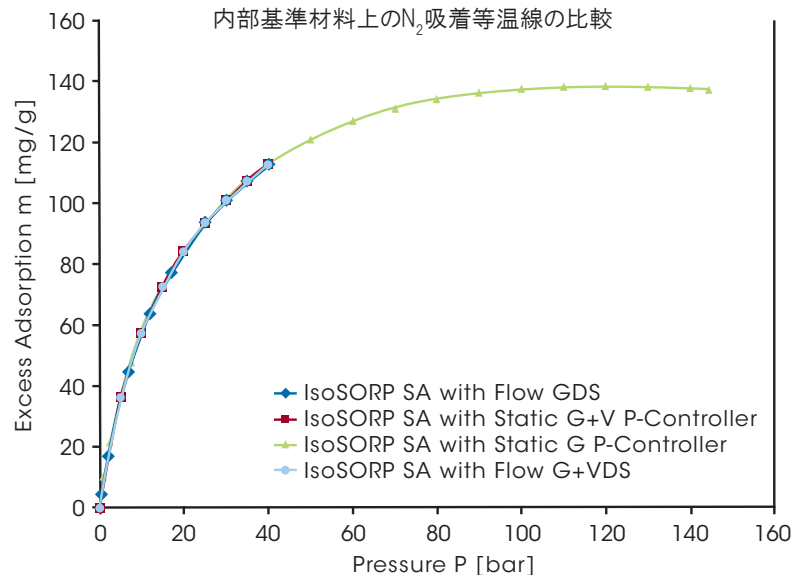
多孔性の吸着材料における高圧ガス吸着測定は、固体とガスの相互作用を理解するための重要なプロセスおよびアプリケーションに関連する指標を提供します。高圧吸着解析は、吸着および脱着の定量的な質量変化や運動速度だけでなく、実世界のアプリケーションに関連する吸着容量、孔のアクセス性、および吸着の等温熱についての情報も提供します。一般的に研究される材料には、活性炭、ゼオライト、金属水素化物、金属有機フレームワーク(MOF)、およびシリカが含まれます。

Rubotherm Series IsoSORP SA装置を使用すると、高精度で再現性のある高圧ガス吸着測定が行えます。測定の再現性を示すために、さまざまな構成のIsoSORP SA装置を使用して、内部基準材料上で高圧窒素(N_2)吸着測定を行いました。右上の図では、静的または流量構成を持つ4つのIsoSORP SA装置間で、最大150 barの圧力範囲内での N_2 吸着測定の結果を比較しています。異なる構成の異なる装置で行われた測定の再現性は優れています。

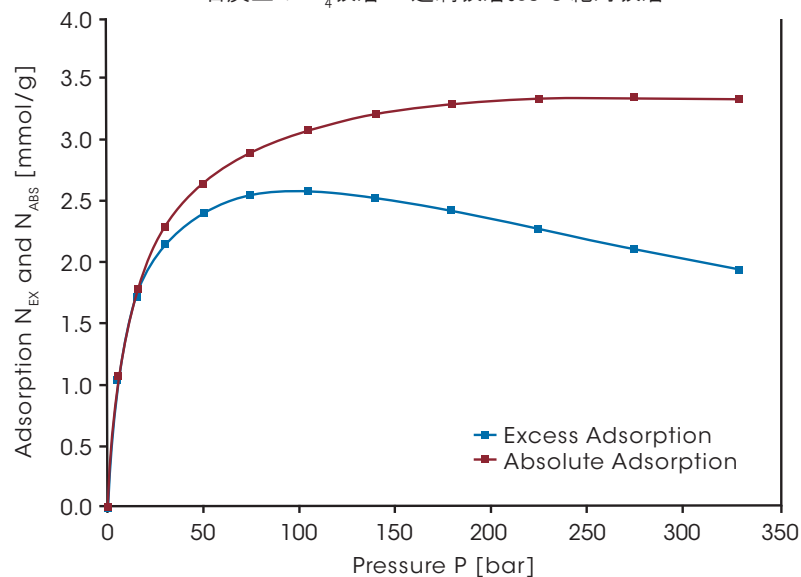
IsoSORP装置は、ギブズ余剰吸着データを提供します。余剰吸着データは、ヘリウムを基準ガスとして、吸着材料の骨格体積を用いて浮力やデッドボリウムの補正が行われます。吸着剤によって占有される孔の増加した体積は無視されます。その結果、余剰吸着等温線は、高圧で最大値を通過した後に減少します。高圧および通常高吸着および孔占有度の状態では、余剰吸着と絶対吸着との差はかなり大きくなる可能性があります。これは、右下の図で示されています。ここでは、30 °Cでの石炭サンプル上の CH_4 の余剰吸着を330 barまでの圧力で、絶対吸着と比較しています。

Rubotherm Series RSCSソフトウェアは、実験データに基づいて余剰吸着から絶対吸着への変換を簡単に行います。吸着剤の密度は、余剰吸着等温線の減少部分から決定され、データ処理の結果として提供されます。

4つの異なるIsoSORP分析装置で測定された
内部基準材料上の N_2 吸着等温線の比較



石炭上の CH_4 吸着 - 過剰吸着および絶対吸着



高圧ガスおよび亜臨界流体の吸着

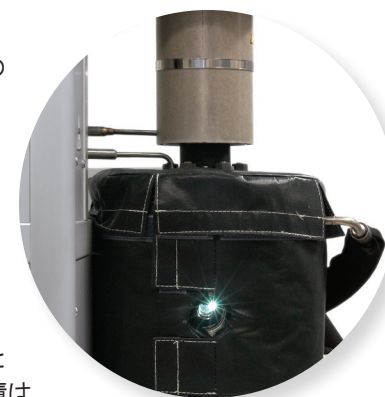
最も高い圧力は、地下の地質的な層で定期的には発生します。天然ガスは、数千メートルの深さにある石炭やシェールの層に吸着することがあります。これらの非伝統的なガス貯蔵庫を利用するためには、これらの材料中のガス量を同じ圧力と温度条件下で測定する必要があります。IsoSORP SA装置は最大700 barおよび150 °Cまでの測定に使用できるため、深さ5000メートルの条件にほぼ相当します。左の図は、さまざまな温度および最大700 barの圧力でシェールの1トンあたりのCH₄容量を立方フィートで示しています。これらのデータにより、地質的なシェールガス貯蔵庫の容量に関する結論を導くことができます。

室温で亜臨界状態にある流体で高圧吸着を測定するには、完全に加熱された装置が必要です。装置内の湿った部分に冷たい箇所があると亜臨界(SC)流体が凝縮して系の圧力が低下します。

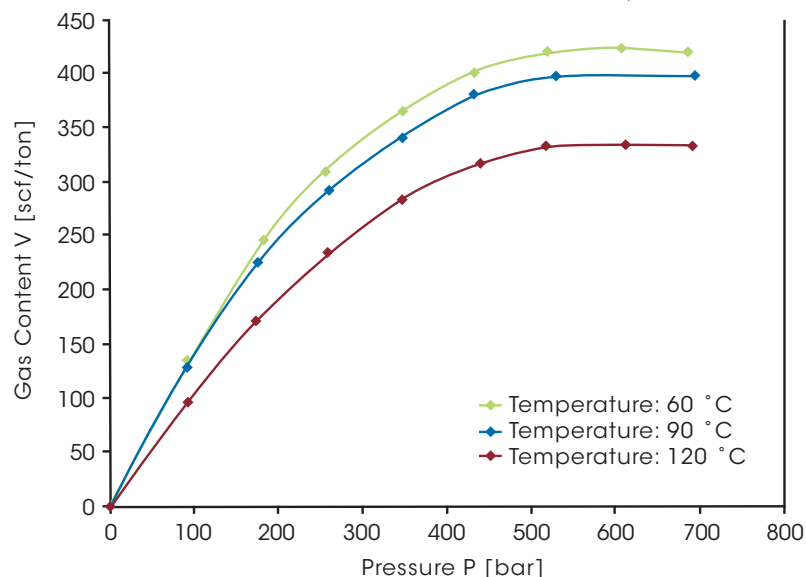
IsoSORP SA装置は、高圧測定に加熱された圧力制御装置を装備することができ、多くの技術的に関連する亜臨界流体(例: CO₂、ブタン、NH₃)の臨界温度よりも高い温度を保持することができます。これにより、高圧下で亜臨界流体を使用した測定が可能となります。

右下の図は、35 °Cおよび最大80 barの圧力でポリエーテルポリオール中のCO₂吸収を示しています。ポリオールは硬質ポリウレタンフォームを製造に使用され、発泡はCO₂の放出によって行われます。プロセスおよび材料開発では、制御された圧力と温度でのCO₂の溶解度を知る必要があります。IsoSORP SA装置は、このデータを生成するために理想的に設計されています。

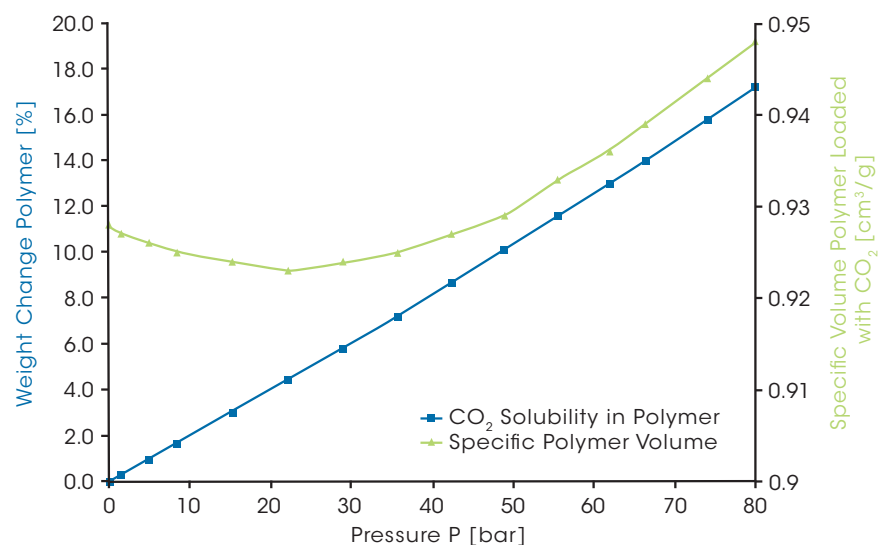
非剛性の吸着材料(例: ポリマー、イオン液体)は、吸収されたガスとともにその体積/密度が変化します。この体積変化はプロセス設計とデータ処理に非常に重要です。IsoSORP SAは、テスト材料の体積変化を光学的に検出するための窓を備えた高圧サンプルセルを備えることができます。右の図には、窓付きの高圧サンプルセルを備えたIsoSORP SAの画像が示されています。吸収されたCO₂を含むポリマーの体積は下の図の緑のデータとして示されています。



地質学的なPおよびT条件下でのシェール材料のCH₄貯蔵容量



ポリエーテルポリオール中のCO₂の溶解度と吸収による膨張



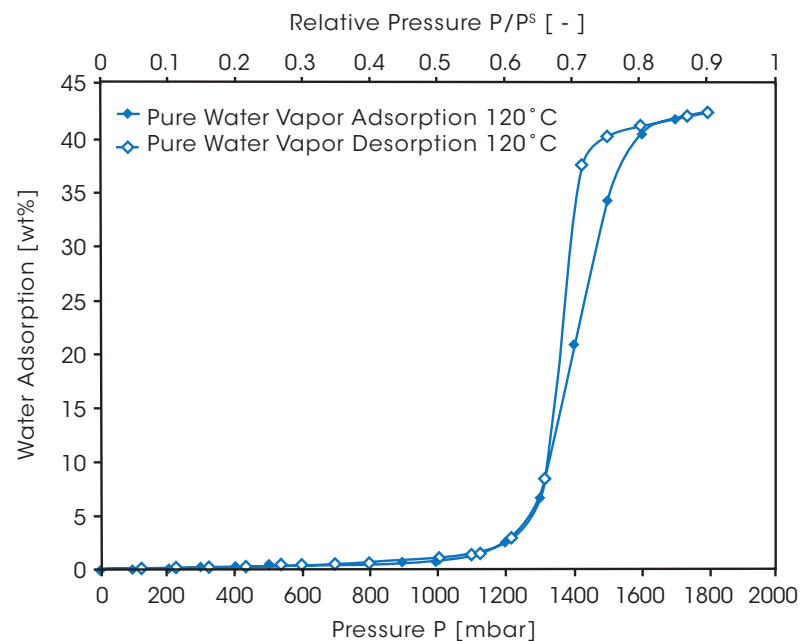
* Data taken from: M. R. Di Caprio, et al. : Polyether polyol/CO₂ solutions: Solubility, mutual diffusivity, specific volume and interfacial tension by coupled gravimetry-Axisymmetric Drop Shape Analysis; Fluid Phase Equilibria; 425 (2016), 342-350

蒸気吸着

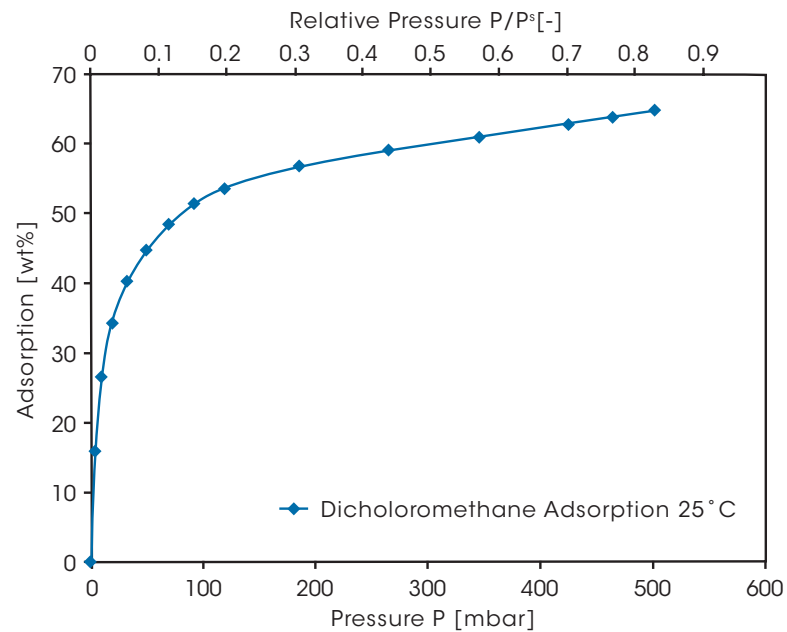
多くの基本的な化学工学および材料科学のアプリケーションでは、蒸気吸着の基本的な理解が必要です。いくつかの例には、ガスや空気の乾燥、煙道ガスの浄化、製油所ガスの分離、製薬品や食品の湿潤および乾燥プロセスなどがあります。これらの例や無数の他の例では、水や有機溶媒蒸気の吸着・脱着等温線図と動力学は、適切な材料の形成および/またはプロセス設計において重要です。

Gas & Vapor Dosing Systemsを備えたIsoSORP SAシステムは、優れた蒸気吸着測定に適しています。IsoSORPの抗凝結加熱機能によるユニークな設計により非常に高い湿度/蒸気圧での測定が可能であり、技術的に関連性のある加湿ガスおよび純粋な蒸気雰囲気を使用することができます。右の図には、120 °Cでの活性炭上の純水蒸気(キャリアガスなし)の吸着・脱着等温線図の例が示されています。この測定の圧力範囲は最大1.8 barであり、これは120 °Cでの約90 %の飽和圧です。等温線図は、ほとんどの吸着が50 %飽和以下でほとんど存在せず、それから急激にほぼ45 %の重量増加に向かって吸着が増加する典型的な形状を示しています。脱着等温線図は、吸着等温線図と比較して履歴ループを示しています。

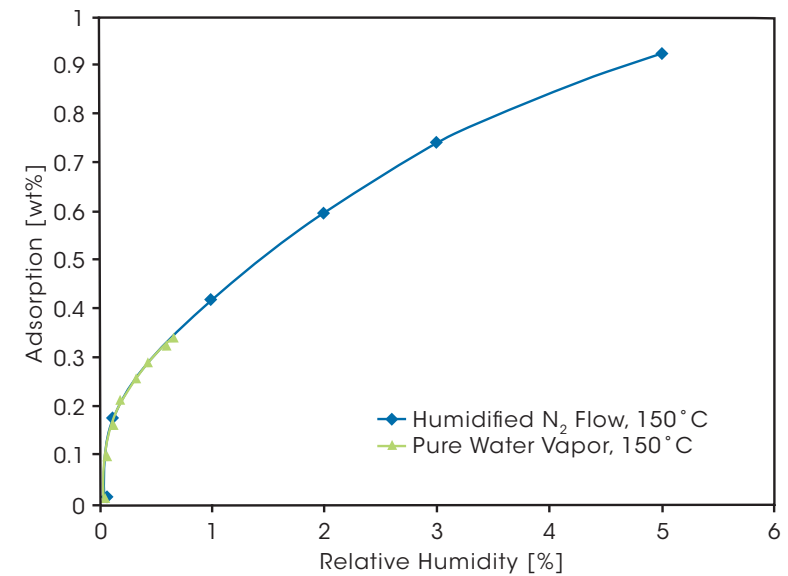
活性炭上の純水蒸気の吸着および脱離等温線



25 °Cにおける活性炭上の純ジクロロメタン蒸気



異なる方法による水蒸気の吸着の比較



別の例として、上記の左図に示されているのは、25 °Cでの活性炭上の純ジクロロメタン蒸気の吸着です。ジクロロメタンは、洗浄剤や溶媒として広く使用されている物質です。この物質は有毒であり、環境に排出してはなりません。ジクロロメタンおよび他の有機溶媒の除去には、活性炭への吸着が標準的な方法です。結果は、有機蒸気の等温線図が65 wt%までの吸着量で、活性炭上で典型的なタイプ1の吸着等温線図を示しています。

IsoSORP® | SPECIFICATIONS

	Magnetic Suspension Balance (MSB)		Pressure ^[1]	Temperature		Dosing System Type
IsoSORP SA Model	Resolution (µg)	Mass Range (g)	Max. Pressure (bar)	Min (°C)	Max (°C)	
400-150, S-G	10	25	150	RT	400°C	Static Gas (S-G)
400-150, S-G XR	1	10	150	RT	400°C	
400-150, S-G Cryo	10	25	150	-196°C ^[2]	400°C	
400-150, S-G LT	10	25	150	-20	400°C	
400-150, S-G XR LT	1	10	150	-20	400°C	
400-50, S-G+V	10	25	50	RT	400°C	Static Gas & Vapor (S-G+V)
400-50, S-G+V XR	1	10	50	RT	400°C	
400-150, S-SC	10	25	150	RT	400°C	Static Sub-Critical Fluids and Gas (S-SC)
400-150, S-SC LT	10	25	150	-20	400°C	
150-150, S-SC Visi	10	25	150	RT	150°C ^[4]	
150-350, S-SC	10	25	350	RT	150°C ^[3]	
150-350, S-SC LT	10	25	350	-20	150°C ^[3]	
150-350, S-SC Visi	10	25	350	RT	150°C ^[4]	Flow Gas (F-G)
150-700, S-SC	10	25	700	RT	150°C ^[4]	
400-50, F-G	10	25	50	RT	400°C	
400-50, F-G XR	1	10	50	RT	400°C	
400-150, F-G	10	25	150	RT	400°C	
400-150, F-G XR	1	10	150	RT	400°C	Flow Gas & Vapor (F-G+V)
400-50, F-G+V	10	25	50	RT	400°C	
400-50, F-G+V XR	1	10	50	RT	400°C	
400-150, F-G+V	10	25	150	RT	400°C	Volumetric Mixing and Dosing (M)
400-50, MF-G	10	25	50	RT	400°C	
400-50, MF-G+V	10	25	50	RT	400°C	
400-50, MS-G+V	10	25	50	RT	400°C	
400-150, MS-SC	10	25	150	RT	400°C	

^[1] Vacuum specification: 0.0075 Torr possible (requires adequate vacuum pump)

^[2] Sample can be cooled to -196°C or -186°C, continuous temperature controlling range -150°C to 400°C

^[3] Up to 400°C at pressures not exceeding 150 bar

^[4] Not equipped with electrical heater

NOTES

AMERICAS

New Castle, DE USA
Lindon, UT USA
Wakefield, MA USA
Eden Prairie, MN USA
Chicago, IL USA
Irvine, CA USA
Montreal, Canada
Toronto, Canada
Mexico City, Mexico
São Paulo, Brazil

EUROPE

Hüllhorst, Germany
Bochum, Germany
Eschborn, Germany
Wetzlar, Germany
Elstree, United Kingdom
Brussels, Belgium
Etten-Leur, Netherlands
Paris, France
Barcelona, Spain
Milano, Italy
Warsaw, Poland
Prague, Czech Republic
Sollentuna, Sweden
Copenhagen, Denmark

ASIA & AUSTRALIA

Shanghai, China
Beijing, China
Tokyo, Japan
Seoul, South Korea
Taipei, Taiwan
Guangzhou, China
Petaling Jaya, Malaysia
Singapore
Bangalore, India
Sydney, Australia



ティー・エイ・インスツルメント・ジャパン株式会社

本社 〒141-0031 東京都品川区西五反田5-2-4レキシントン・プラザ西五反田6F
TEL(03)5759-8500 FAX(03)5759-8508

大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-14-10新大阪トヨタビル10F
TEL(06)6303-6550 FAX(06)6303-6540

www.tainstruments.co.jp

*製品の仕様は予告なく変更される場合があります。ご了承ください。