

虚空の先へ：真空技術が切り拓く宇宙科学



地球を包む大気の薄い層を越えると、そこには魅力的でありながらも過酷な宇宙環境が広がっています；微小重力、極端な温度変化、そして超高真空に達する低圧環境。研究者にとって、これらは障害ではなく、新たな科学や工学の原理を発見するための貴重なフィールドです。実験がロケットや国際宇宙ステーション（ISS）に搭載されるはるか以前から、その成功はすでに地上で左右されています。地球上で宇宙空間の真空環境を再現できるラボがあるからこそ、すべての変数を事前に検証し、あらゆるプロセスを理解したうえで本番となる宇宙へ送り出すことができるのです。この「地上で宇宙をつくる」ための中心にあるのが、目には見えないが不可欠な存在、真空技術です。

地上から軌道へ

国際宇宙ステーション（ISS）で行われている実験を監視するコントロールルームを思い浮かべてみてください。モニターには次々とデータのストリームが映し出され、導電性金属のサンプルが微小重力下で熔融し、冷却され、その挙動が観察されていく様子がリアルタイムで追跡されています。

地上で同じ実験を行おうとすると、重力があらゆる場面で影響を及ぼします。対流が熔融金属をかき混ぜ、重い成分は沈み、軽い成分は浮き上がる。その結果、本来の材料が持つ純粋な挙動は重力によって隠されてしまいます。一方、軌道上の微小重力環境では、これらの影響が一切排除されます。そのため、材料がどのように熱

を伝え、どう流動し、どのように凝固するのかを、より正確に観察することができます。こうして得られる知見は単なるデータの集積ではありません。航空宇宙分野の高性能部品、効率的なタービン、さらには高度なアディティブ マニユファクチャリングの基盤となる、貴重な材料科学の理解につながっています。

旅は地上のラボからはじまる

どんな実験であっても、宇宙へ送り出される前に、その旅はまず地上の研究室から始まります。研究者たちは、実際の宇宙空間を想定しながら、超高真空（UHV）領域である 10^{-8} hPa (mbar) レベル、あるいはそれ以上の厳しい条件下で実験セットアップをテストします。こうした環境を生み出すためには、真空技術が欠かせません。宇宙研究向けの統合ソリューションでは、高性能ターボ分子ポンプ、精密な制御システム、そして軌道上の環境を高精度かつ長期間にわたって再現できる専用設計の真空チャンバーが組み合わされています。宇宙で得られる極めてクリーンな真空環境を地上で再現し、実験条件を正確に整えるためには、細かな要素まで徹底した管理が欠かせません。ガスリークの極限までの低減、均一な圧力の維持、温度変動の制御、そして高感度な機器が安定して動作できる環境づくり。これらすべてが実験の成功を左右します。そのため、使用される真空機器には、超低レベルのバックグラウンド汚染に最適化されていることが求められます。さらに、宇宙空間で発生する大きな温度変化を再現できるよう、加熱 冷却機能を組み合わせることも重要です。また、軌道上の“暗黒”を地上で模擬するために、高品位な表面仕上げと光吸収コーティングが施されることもあります。このような真空環境を用意することで、研究者は実際の宇宙空間という「ほぼ完全な無の世界」に挑む前に、確信を持って実験の準備を進めることができます。真空技術によってこうした条件が再現された後、実験で使用される金属サンプルなどを UHV 下の真空チャンバー内に設置し、想定した計測が正しく行えるかどうかを事前に検証します。

真空がなければ、地上でのこれらの試験は意味を成しません。空気中の分子が干渉し、計測結果を歪めてしまうからです。真空下では、物質はその最も真の挙動を明らかにします。

わずか数十分の静止

一部の試験では、ISS（国際宇宙ステーション）に数か月滞在する必要はありません。必要なのは、ほんの数十分。正確には約 20 分だけです。これは、サウンディングロケットが地球へ戻ってくるまでに、微小重力状態を保つ時間です。サウンディングロケットとは、短時間のサブオービタル飛行で科学観測を行うために設計された専用の研究ロケットのことです。衛星や宇宙カプセルのように地球周回軌道に乗るわけではなく、宇宙空間まで上昇し、そのまま落下してきます。この特徴から、短時間だけ微小重力が必要な実験、たとえば 本格的な軌道実験や惑星間ミッションに送る前の機器テストに最適な手段となっています。コンパクトな実験モジュールの

内部には、引き出しのように密に収納された装置が並び、その中で材料は溶融し、固化し、さらには 3D プリントされることもあります。ロケットは大気圏を抜け、高度 250km を超える地点まで弧を描き、数十分だけ微小重力に包まれます。まさに宇宙の入口まで駆け上がる科学のエレベーターのような存在です。地上に向かって落下してくる頃には、研究者たちの手元にはすでに テラバイト級のデータが集まっています。

この短い宇宙でのチャンスを最大限に活かすため、すべての実験は事前に地上の真空ラボで徹底的にテストされるのです。

未来への準備：宇宙でつくる

そして今、最も期待が高まっている分野のひとつが 宇宙でのアディティブ マニファクチャリング（積層造形）です。火星へ向かうような長期ミッションを想像してみてください。宇宙飛行士たちは、地球からの補給を待つ代わりに、必要な部品を船内でその場で作り出す――金属粉末を材料に、層を積み重ねて成形していくのです。補給の遅延も、積載量の制限もない、“自給自足の宇宙製造” が可能になる未来。

その実現に向けて、いま研究者たちは地上の真空チャンバーを使い、こうした製造プロセスをひとつひとつ検証しています。軌道上で行われることが当たり前になるかもしれない、複雑で資源効率の高い部品を宇宙で直接つくる未来を地上で先取りしているのです。テストがひとつ成功するたびに、宇宙船が自らを修復し、さらに地球外の資源から居住空間がつくられる未来に近づいていきます。

目に見えない縁の下の力持ち

宇宙研究の大きな成果において、真空技術が脚光を浴びることはほとんどありません。ロケット打ち上げのように輝くわけでも、船外活動のように人々を魅了するわけでもありません。それでも、あらゆる成果の背後には必ず真空技術が存在しています。衛星システムを打ち上げ前に検証する段階から、軌道上で行われる繊細な実験を支える場面まで、

真空はすべての発見の“静かなパートナー”です。その役割は地上にとどまりません。ISS で行われる実験でも真空ポンプや真空システムが使われ、精密な科学が求める真空環境を常に確保し続けています。もしこれらの技術がなければ、今日の多くのブレークスルーは日の目を見ることはなかったでしょう。

最終的に、宇宙研究の物語はロケットや宇宙飛行士、遠い惑星だけの話ではありません。地上で築かれる見えないステージの物語でもあるのです。真空が物質の秘密

を明らかにし、未来の宇宙探査が静かに形づくられていく場所。それが、私たちの地球上の真空実験環境なのです。

宇宙研究に最適な真空テクノロジー

Pfeiffer Vacuum+Fab Solutions は、ラボでの実験セットアップから宇宙機の認証試験、推進系試験に至るまで、宇宙研究アプリケーションに不可欠なクリーンで安定した、再現性の高い真空環境を実現するテクノロジーを提供します。

クリーンでオイルフリーな粗引き真空の生成には、新製品の **HiScroll 46** をはじめとするドライスクロール真空ポンプが最適です。スクロール技術をベースとしたこれらのポンプは、 10^{-3} hPa (mbar) までの中真空領域で安定した排気性能とドライ圧縮を提供します。また、完全に密閉された構造により、コンタミネーションやオイルの逆流を防止し、宇宙研究環境の厳しい清浄度要件をサポートします。

HiScroll 46 は、コンパクトな設計、低振動、および低騒音を特長としており、設置スペースや静粛性が重視されるラボや分析環境に最適です。温度管理機能や内臓センサーを備えたエネルギー効率の高いドライブコンセプトにより、信頼性の高い連続運転と制御されたプロセス条件を実現します。

さらに、上位制御システムへの統合用インターフェースに加え、圧力センサーやガスバラストバルブなどのオプションにより、**HiScroll 46** は特定の研究要件に合わせたカスタマイズが可能です。高真空ポンプと組み合わせることで、過酷な宇宙関連アプリケーションにおいて、再現性が高くコンタミネーションのない環境を可能にする、最適な真空ソリューションを構築します。

Busch Group について

Busch Group は、真空ポンプ、真空システム、ブロワー、コンプレッサーおよびガス除害装置を扱うリーディングカンパニーの1社です。グループ傘下には、Busch Vacuum Solutions と Pfeiffer Vacuum+Fab Solutions の2社が名を連ねます。以前 Busch グループのブランドであった centrotherm clean solutions のガス除害装置は、現在 Pfeiffer の製品ラインアップに含まれています。

幅広い製品およびサービスには、食品、半導体、分析、化学、プラスチックなど、あらゆる業界における真空、加圧、および排出ガス処理アプリケーション向けのソリューションが含まれます。また、テーラーメイドの真空システムの設計施工も行っているほか、グローバルなサービスネットワークも完備しています。

Busch Group は、Busch 家によるファミリーカンパニーです。世界 44 か国に 8,000 人以上の従業員を擁しています。Busch の本社はドイツ、フランス、スイスの国境地帯、バーデン＝ヴュルテンベルク州のマウルブルクにあります。

Busch Group は、中国、チェコ、フランス、ドイツ、インド、ルーマニア、韓国、スイス、イギリス、アメリカ、ベトナムにある 23 の自社工場で生産を行っています。

Busch Group の年間連結売上高は約 20 億ユーロに達します。

メディアお問い合わせ先

Pfeiffer Vacuum + Fab Solutions

Sandra Thirtle Hoeck

コミュニケーション責任者

Berliner Straße 43

D-35614 Asslar, Germany

+49 (0) 6441 802 - 1223

sandra.hoeck@pfeiffer-vacuum.com

www.pfeiffer-vacuum.com

www.buschgroup.com