ISABELLENHÜTTE

宇宙機向けフレキシブルヒーターによる熱制御

熱制御は、宇宙機の設計要件において最初に注目される項目ではないかもしれません。しかし、ミッションの寿命や性能を左右する極めて重要な要素です。宇宙空間では、直射日光による加熱と深宇宙の極低温環境が繰り返されるため、あらゆる機器を所定の温度範囲内に維持する必要があります。バッテリーの性能劣化、推進剤配管やバルブの凍結、さらには光学機器のアライメントずれなど、温度管理の不備はミッション全体に深刻な影響を及ぼしかねません。こうしたリスクを防ぎ、機器の安定した動作を確保するうえで、熱制御は不可欠な役割を果たしています。

熱制御部品は受動的な手法によって熱負荷の一部を軽減できますが、それだけでは十分ではありません。日食による長時間のシャドウフェーズや月面の夜、あるいは太陽光が限られる巡航フェーズにおいて、サブシステムの温度を許容下限以上に維持するには能動的な加熱が不可欠です。この重要な役割を担うのがフレキシブルヒーターです。フレキシブルヒーターは、搭載ペイロード全体に占めるコストこそ僅かですが、宇宙機の信頼性とミッション成功を支える最も重要なコンポーネントの一つとなっています。

システム要件としての柔軟性

人工衛星、ロケット、ローバーは決して小型のシステムではありませんが、その内部にはアビオニクス（電子制御機器）、推進系機器、通信機器など、さまざまな技術が高密度に搭載されています。そのため、熱制御機器に割り当てられる実装スペースは極めて限られており、ヒーターは残されたわずかな空間に収まる必要があります。さらに、加熱が必要な対象物の表面は決して平坦とは限りません。推進剤タンクのような円筒形状や、複雑な曲面を持つバッテリーケース、小さな曲率半径の流体配管など、多様で立体的な形状への密着性が求められます。フレキシブルヒーターは、優れた柔軟性と高い追従性によって、こうした厳しい課題に応えます。複雑な形状の部品や限られたスペースにも容易に適合できるため、過酷な極限環境下での高い信頼性を保ちながら、宇宙機の高度な熱制御において不可欠で重要な役割を果

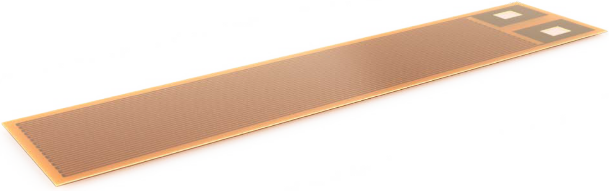
しかし、柔軟性は課題の一側面にすぎません。宇宙機はそれぞれ異なる設計やレイアウトを持つため、あらかじめ決められた形状の標準ヒーターでは対応が難しい場合があります。ある衛星プラットフォーム向けに設計されたヒーターを、そのまま別のプラットフォームへ適用できるケースは多くありません。そのため、宇宙機メーカーやプロジェクトに求められるのは、用途に応じて形状や寸法、さらには電気抵抗値まで最適化できることです。これらの要件に柔軟に対応できるヒーターは、限られたスペースや個別の熱設計条件に適合しやすく、システム設計の自由度を高めます。また、認定取得済みの同一構造の中で、形状・寸法・抵抗値のすべてをカスタマイズできる供給元があれば、熱設計エンジニアは既製品の仕様に合わせて設計を変更する必要がなくなります。その結果、開発効率の向上と設計最適化の両立が可

供給体制の強化が欧州宇宙産業の課題に

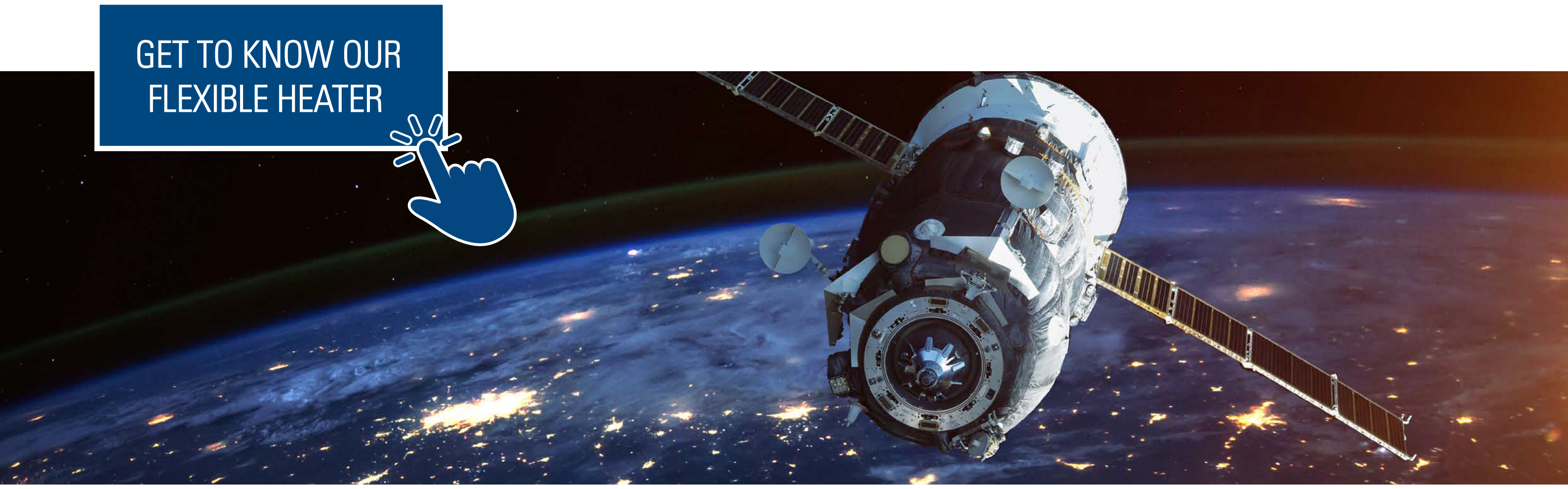
現在、ESCC認定を取得したフレキシブルヒーターのサプライヤーは限られており、案件によっては実質的に単一の供給元に依存せざるを得ない場合があります。こうした単一調達先への依存は、供給能力の不足や製造プロセスの変更といった予期せぬ事象が発生した際に、宇宙プログラム全体へ直接影響を及ぼすリスクを伴います。

この課題は、近年拡大する衛星コンステレーション計画によってさらに顕在化しています。従来の単独衛星ミッションでは数十枚規模だったヒーター需要も、現在では数百から数千枚規模へと拡大し、安定した品質で継続的に供給できる体制が求められています。

また、ESA（欧州宇宙機関）が自ら調達を行う場合も、プライムコントラクターが調達を担う場合も、ESCC認定は採用の前提条件となります。認定サプライヤーが複数存在することで、特定メーカーへの依存を避けられるだけでなく、公正で競争力のある調達・入札プロセスの実現にも繋がります。そのため、ESCC認定を取得したフレキシブルヒーターの供給元が増えることは、プログラムリスクの低減だけでなく、宇宙サプライチェーンの強靭化と健全な市場競争の促進という点でも重要な意味を持っています。



イザベレンヒュッテのフレキシブルヒーター

サプライヤーベース拡大への取り組みの一環として、イザベレンヒュッテは、ESCC詳細仕様書 No. 4009/006 に適合するフレキシブルヒーターの認定を取得しました。このヒーターは、MANGANIN®箔のエッチング素子をポリイミド（Kapton）フィルムでラミネートした構造を採用しています。主な用途は、宇宙機および地球外探査車両の熱マネジメントです。特に、人工衛星、ロケット（ランチャー）、ローバーなどでの使用を想定しています。これらのプラットフォーム内部では、燃料の凍結防止、バッテリーの許容温度範囲の維持、さらには高感度光学システムの正常な動作確保などに貢献します。