



**従来のワクチン冷凍庫の課題を解決し、
新たな世代の冷凍庫を実現する
ロームの最先端パワーソリューション**

概要

一部のワクチンは温度変化に非常に敏感であるため、製造開始の時点から患者に接種する直前まで、超低温で保管する必要がある。例えば、ファイザー社の新型コロナワクチンは、当初-60℃以下の超低温条件での保管が必要だった。製造工場や関連倉庫では、このような温度を維持することは難しくないが、ワクチンが配送拠点に輸送されてから接種対象者への接種直前まで、このような超低温を維持することは非常に困難であり、コストも非常に高くなる。

「コールドチェーン」（低温物流）とは、温度が指定された範囲を超えて変化した場合に劣化または破損してしまう製品や材料を低温輸送する物流方法である。多くの食品や化学薬品・医薬品は、厳密に管理された「コールドチェーン」を必要とする。厳格な温度管理が求められるコールドチェーンにおいて、「ラストマイル」（事業者とユーザーをつなぐ最後の区間）は最も大きな課題であるといえる。超低温で保管する必要のあるワクチンの場合、世界中のすべての接種会場また各地域に、高価かつ高度な技術が求められる超低温冷凍庫が必要となる。



超低温冷凍庫の動作原理

単段圧縮冷凍サイクルを使用する短期保管用の一般的な冷凍庫は、通常、-20℃にしか達することができない。一方、超低温冷凍庫は、多段圧縮式カスケード冷凍サイクルを使用している。ほとんどの超低温冷凍庫は、2段圧縮機を使用しており、-86℃という極めて低い温度に達することが可能である。

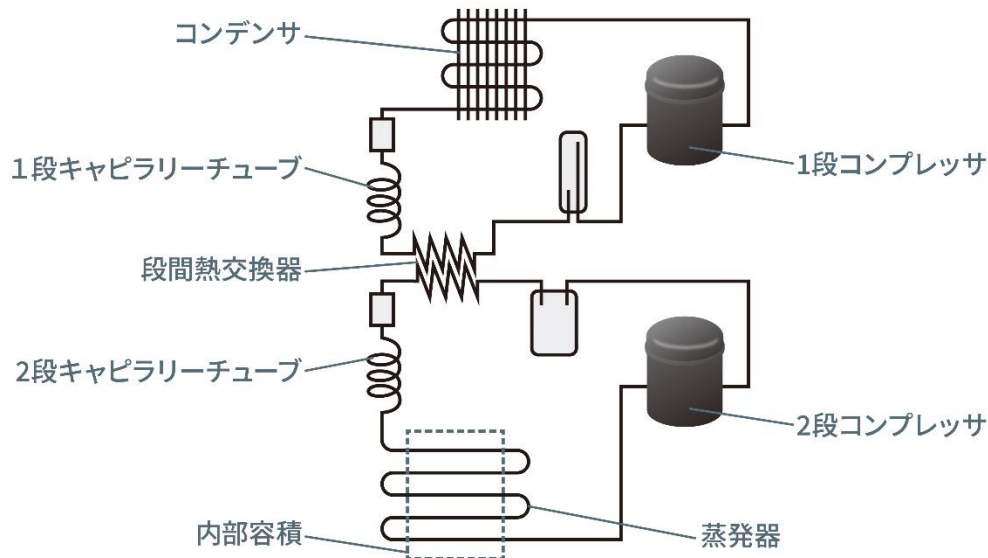


図1：2段カスケード冷凍サイクルの概略図

冷蔵庫/冷凍庫用のコンプレッサは、冷凍サイクルの一部としてコンデンサ配管内の冷媒を圧縮する装置である。この圧縮の工程では、圧力を上昇させ、熱を発生させるため、冷媒からその熱を放出する必要があり、蒸発器配管内の圧力が非常に低くなるため、蒸発が起こる（これが冷凍庫内部の温度が低下する理由である）。蒸発は吸熱工程であるため、この工程では熱が吸収される。そのため、コンプレッサは冷凍システムの「心臓部」とされているのだ。

冷凍用コンプレッサはシンプルで安価な誘導モータを使用して圧縮作業を行うのが一般的である。超低温冷凍庫の場合は、異なる温度に応じた冷凍効果を得るため、使用される冷媒も異なる。搭載されるコンプレッサは通常、誘導モータを2台標準装備する。

従来の超低温冷凍庫の課題

超低温冷凍庫に誘導モータを用いたコンプレッサを搭載する場合には、いくつかの大きな課題があるが、一番の課題は効率が低いということだ。誘導モータの効率はかなり低く（一般的には約70%以下）、熱が発生しやすいため、冷凍システムにおいて誘導モータによる熱はすべて、冷凍サイクル自体によってシステムから除去する必要がある。これは、冷凍システムで行っている作業の大部分が、冷凍コンパートメントから熱を除去しているのではなく、ただシステム自体から生じた熱を除去しているだけであることを意味する。

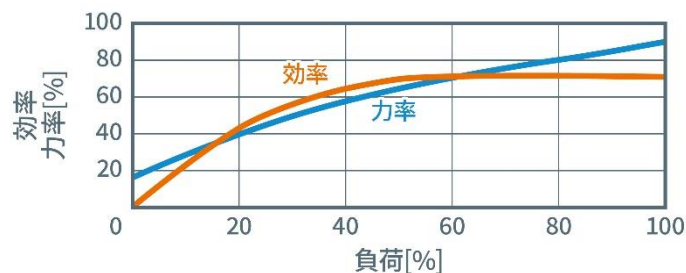


図2：誘導モータの力率と効率

誘導モータのもう1つの課題は、力率である。誘導モータは高い応答性を持つが、力率が低く、負荷の変化に応じて変化してしまう。理想的な環境条件・負荷条件下でも、最高で約90%の力率にしか到達できない。これは、回路から得られる皮相電力が、負荷に印加される実電力よりも高いことを意味している。そのため、EUや日本（IEC 61000-3-2に準拠）を含む一部の地域では、法律によって、送電のバランスを保つための力率改善回路（PFC）の搭載が義務付けられている。

ブラシレスDCモータが解決策になり得る

ブラシレスDC（BLDC）モータは、肝心の原理面で誘導モータとは異なる。最も明らかな相違点としては、ブラシレスDCモータがDC電圧によって直接駆動されるのに対して、誘導モータはAC電圧で駆動されることである。誘導モータには磁界を生成するためのコイルがあるが、BLDCモータには永久磁石が使用されている。誘導モータの制御は容易（電源を入れるだけ）だが、ブラシレスDCモータの制御は、より高度な電子制御が必要である。これらの相違点があるため、BLDCモータソリューションのコストは、誘導モータソリューションのコストより高い。

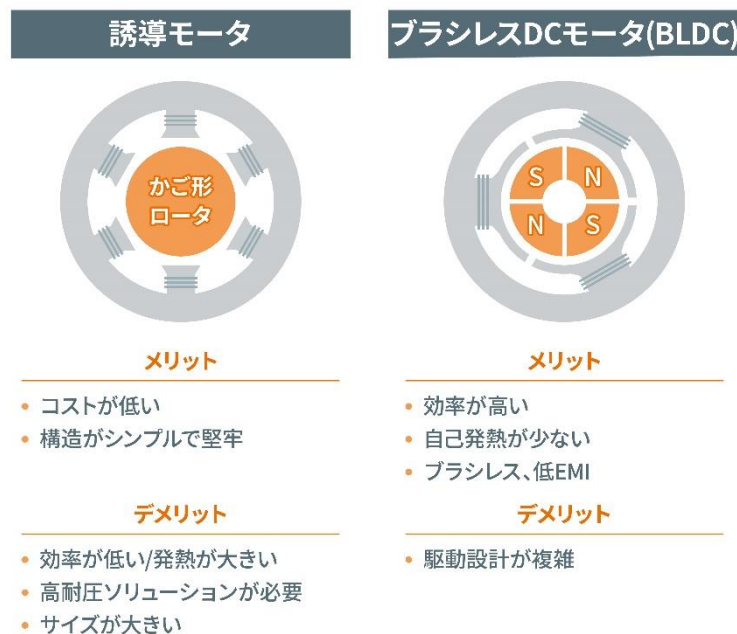


図3：誘導モータとBLDCモータ

コストが高く、設計や実装が複雑で高度な技術が求められるため、BLDCモータは超低温冷凍庫のコンプレッサへの応用はまだ実現されていない。しかし、新型エアコンに搭載されている一部のコンプレッサには、すでにBLDCモータが使用されており、このコンセプト実現の可能性が検証されている。ロームグループの技術の進歩および市場環境の変化によって、超低温冷凍庫へのBLDCコンプレッサ搭載が見直される時期に来ているのではないだろうか。

超低温冷凍庫にブラシレスDCモータを用いたコンプレッサを使用することは、追加コストと同等のメリットが得られる。さらに、近年の技術の進歩に伴い、BLDCモータソリューションの制御に必要なコストや複雑さが大幅に改善された。

ロームは、多くのモータ制御に適用可能なDIPモジュールを含み、業界をリードするBLDCモータドライバソリューションを提供している。さらに、ロームのBLDCモータ制御に精通した担当者による課題解決のためのサポートも提供可能である。

BLDCコンプレッサを使用した超低温冷凍庫設計のメリット

新しい超低温冷凍庫の設計向けに、BLDCを用いたコンプレッサを使用するメリットとして、電力効率の向上、自己発熱の低減、および力率改善が挙げられる。BLDCモータは、電気エネルギーを機械的エネルギーに変換する面では、誘導モータより効率的である。BLDCモータの発熱が大幅に少ないため、冷凍システムに入る熱が少なく、より効率的な冷却が実現できる。BLDCモータは、力率改善技術を使用することにより、力率が1という条件で動作できるため、皮相電力損失を削減することが可能である。

重要なアプリケーションでの非効率性を取り除く

コンプレッサに誘導モータを搭載すると効率が低下する。超低温冷凍庫に2つの誘導モータを使用すると、効率がさらに低下し、電力の面でも、熱/冷凍サイクルの面でも、非効率的である。ブラシレスDCモータはコストや技術的な複雑さが増す代わりに、誘導モータに対極する効果を提供することができる。また、BLDCを用いたコンプレッサの追加コストは、エネルギー効率と規制遵守によって相殺することができる。ロームは、BLDCモータシステム向けの豊富な製品ラインアップやBLDCモータ制御に関するノウハウを持っており、技術上の複雑な問題を解決することが可能である。

誘導モータからBLDCモータへの置き換えは効率面で有利である。コストが高くなり、設計も複雑になるが、ロームならBLDCモータ向けのソリューションを備えており、複雑な設計を容易にすることが可能である。

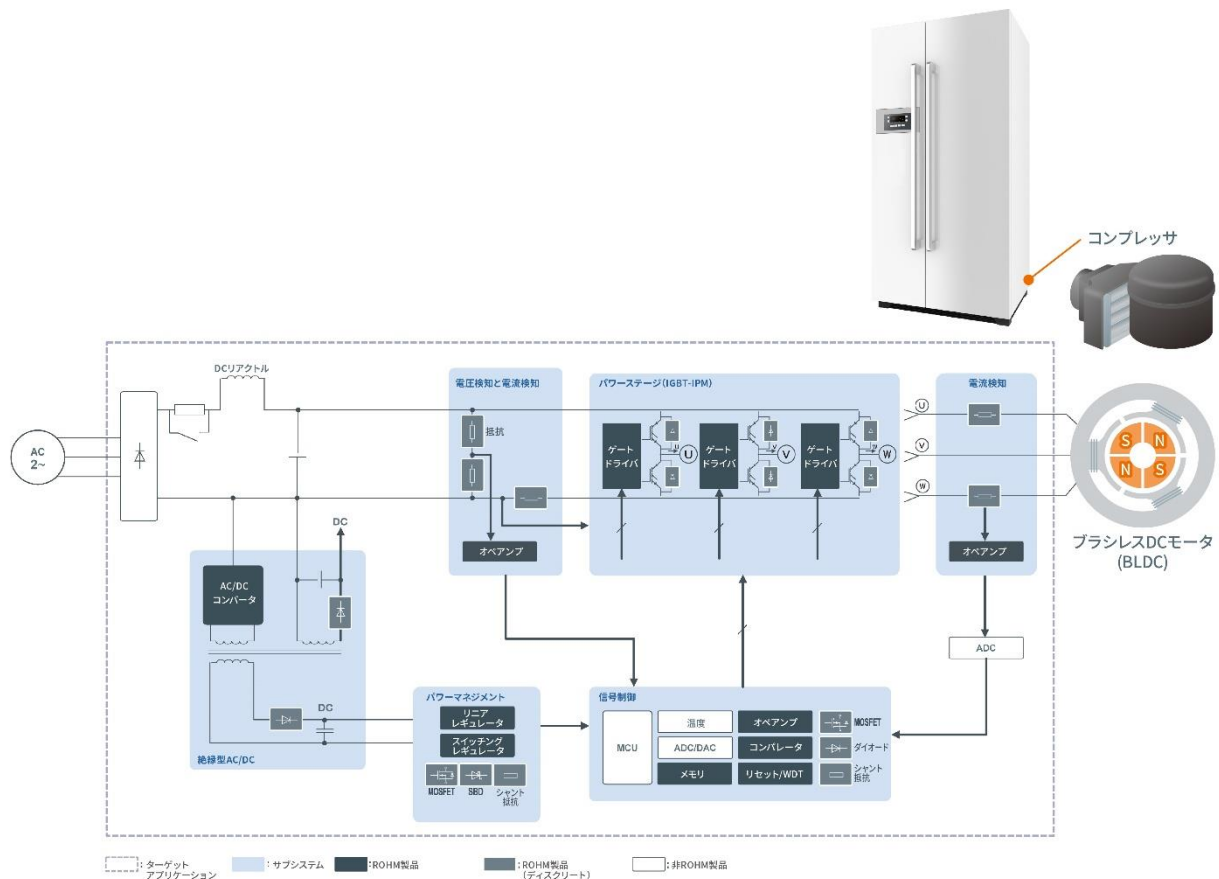


図4：ロームBLDCモータソリューションのリファレンスデザイン

出典：[モータドライバ - Single Phase Non-Isolated AC240V | モータ | 産業機器 | ソリューション | ローム株式会社 - ROHM Semiconductor](#)

図4の通り、ロームのリファレンスデザインは、優れたエネルギー効率を備えた超低温冷凍庫の構築に貢献することが可能である。

高度に集積化されたロームのIGBT IPMシリーズを選択する場合でも、ディスクリート製品にて最高のコストパフォーマンスを目指す場合でも、IGBT、MOSFETおよびゲートドライバはさまざまな組み合わせで貢献できるよう設計されており、消費電力が低く、部品点数が少ないシステムの構築が可能になる。

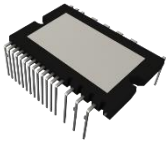
ロームIGBT IPMシリーズは、優れたパワーマネジメントシステムを備えており、高集積化超低温冷凍庫に最適なソリューションを提供する。

BM6337x/6357xシリーズの600V IGBT IPMは、内蔵するIGBTの特性と、それに最適化された内蔵FRD（ファストリカバリダイオード）のソフトリカバリ特性より、業界トップ（2021年11月 ローム調べ）の低ノイズ特性を提供する。

基板レイアウト、熱設計の自由度を求める場合、**ロームのField Stop Trench型IGBT、RGT / RGSシリーズ**、または**SiC MOSFET、SCTシリーズ**が最適な選択肢である。これらのディスクリート製品は、最適な**ゲートドライバ製品**と組み合わせで使用することができる。

超低温冷凍庫向け ローム最先端パワーソリューション White Paper

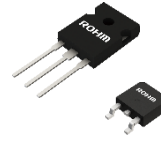
電源に関しては、**ロームの絶縁型AC/DCシリーズ**はより高い性能と堅牢性を提供する。



IGBT IPM

[BM6337xシリーズ](#)

[BM6357xシリーズ](#)



IGBT

[RGT/RGS](#) シリーズ

SiC MOSFET

[SCTシリーズ](#)



ゲートドライバ

[BM61M41RFV-C](#),

[BM60212FV-C](#) など

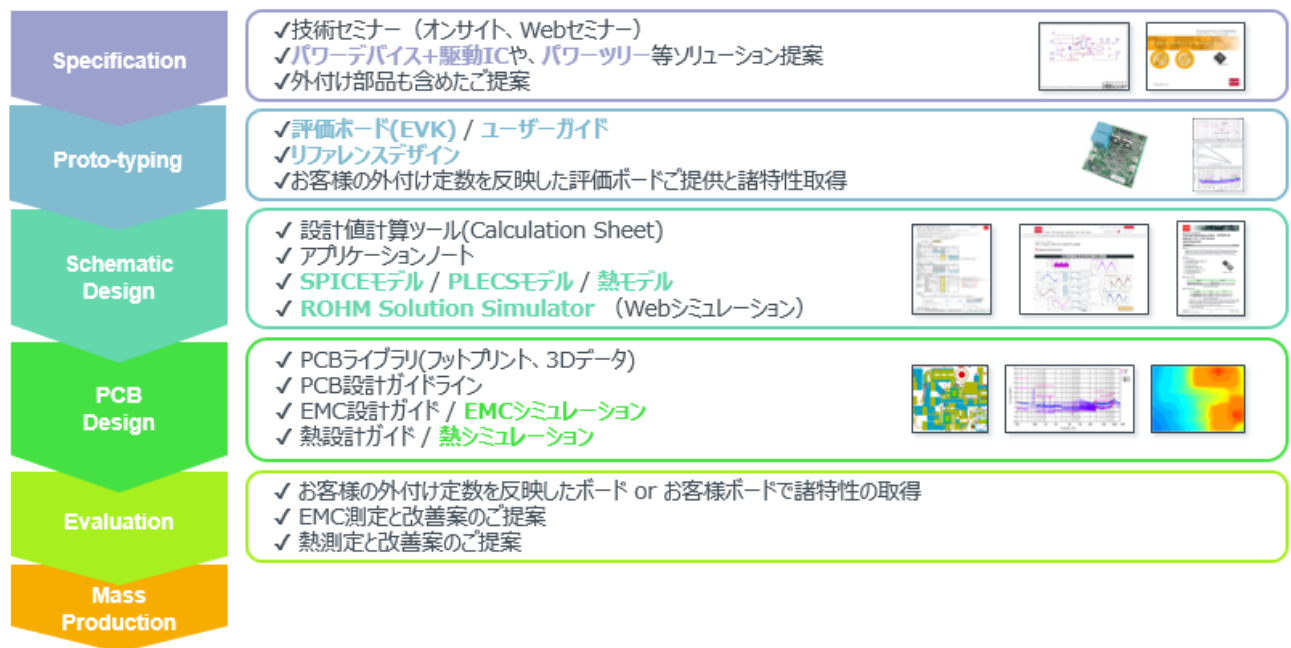


AC/DC

[BM1PxxFJ](#),

[BM2Pxx](#) など

ユーザーの設計工数を最小限に抑えて、最高のパフォーマンスを実現するために、ロームは豊富なノウハウを活かしユーザーの開発において、さまざまなアプリケーションサポートを提供できる。



まとめ

超低温冷凍庫用のBLDCコンプレッサの設計を、真剣に検討するときがきた。新型コロナウイルス感染症（COVID-19）のパンデミックで、多くの業界関係者は、ワクチンの効率的な保管と流通に備えるべきだということに気が付いた。BLDCを用いた超低温冷凍庫は近い将来の実現に向け緊急に強化する必要があり、ロームは、この重要な課題を解決することが可能である。

本資料に記載されている内容はロームの製品（以下「ローム製品」といいます）のご紹介を目的としています。ローム製品のご使用にあたりましては、別途最新の仕様書およびデータシートを必ずご確認ください。本資料に記載されております情報は、何ら保証なく提供されるものです。万が一、当該情報の誤りまたは使用に起因する損害がお客様または第三者に生じた場合においても、ロームは一切の責任を負うものではありません。本資料に記載されておりますローム製品に関する代表的動作および応用回路例は、一例を示したものであり、これらに関する第三者の知的財産権およびその他の権利について権利侵害がないことを保証するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。ロームは、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。本資料に記載されております製品および技術のうち、「外国為替及び外国貿易法」その他の輸出規制に該当する製品または技術を輸出する場合、または国外に提供する場合には、同法に基づく許可が必要です。本資料の記載内容は 2021年 11月 現在のものであり、予告なく変更することがあります。

