

屋外向け高耐環境性筐体

増田 俊之 松葉 健志
齋藤 久志 新井 宏之

近年、無線通信機能が搭載されたIoT機器を屋外に設置し、監視カメラやセンサーなどを用いて遠隔地にしながら現場の状況をリアルタイムに把握することで、災害・事故を未然に防止したいというニーズが増加している。しかし一般に、IoT機器は高耐環境性をもっていないため、屋外で環境ストレスを受け続けた場合、故障・機能不全の危険性がある。したがって、IoT機器を屋外に設置する際は、IoT機器を筐体(きょうたい)に収容し、環境ストレスから保護する必要がある。しかし、従来の市販の屋外向け筐体は、「耐環境性を長期間維持できない」という問題や「コストが高い」という問題があった。

このような問題を解決するため、二種類の屋外向け高耐環境性筐体を開発した。一方は射出成形筐体であり、他方は真空成形による少額投資型ハイブリッド筐体である。本稿では、最初に屋外向け筐体に必要な耐環境性について述べ、次に開発した各筐体の実現方法及び特長を示す。

験の様子を示す。今回開発した二種類の筐体は、これらの試験を行うことで、高耐環境性が得られていることを確認した。

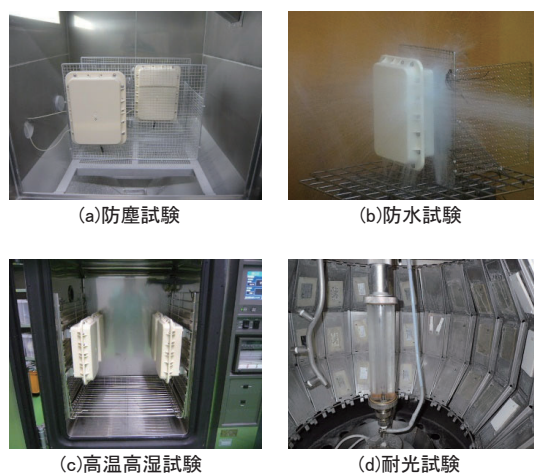


写真1 耐環境性試験の様子

屋外向け筐体に必要な耐環境性

屋外で受ける主な環境ストレスと、それらのストレスからIoT機器を保護するため屋外向け筐体に必要な主な耐環境性を、表1に示す。

表1 環境ストレス及び耐環境性

環境ストレス	耐環境性
塵埃(じんあい)	防塵(じん)
風雨	防水・防錆(せい)
振動	防振
高温低温	耐熱耐寒
湿気	防湿・防錆
ガス	耐食
直射日光	耐光

表1で示した耐環境性を実現する方法は、大きく分けて二つある。一つは高耐環境性材料を選定する方法で、もう一つは筐体形状を工夫して実現する方法である。防錆・耐熱耐寒・防湿・耐食・耐光は前者に該当し、防塵・防水・防振は後者に該当する。

屋外向け筐体の耐環境性は、表1に示すような耐環境性を考慮した試験を実施して確認する。写真1に耐環境性試

射出成形筐体

OKIが開発した射出成形筐体の外観を図1に示す。射出成形筐体の本体は、二種類の樹脂カバー(前面カバー及び背面カバー)で構成される。前面カバーはゴムパッキンを挟んだ状態で背面カバーにねじ固定され、接圧によってゴムパッキンが前面カバー及び背面カバーと密着することで、異物混入・浸水を防いでいる。また、背面カバーには、筐体内部へケーブルを導入するケーブルクランプ、筐体外部と筐体内部を通気するベント及び筐体の固定に用いる打込みナットを設けている。

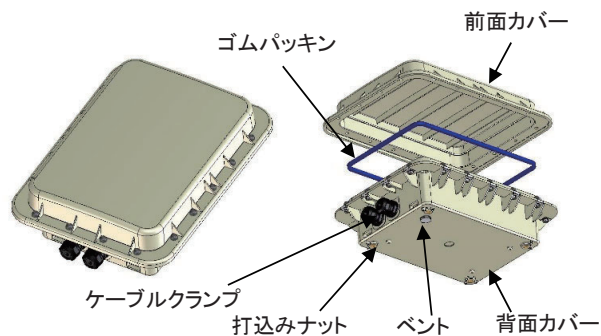


図1 射出成形筐体外観

(1) 射出成形筐体の実現方法

高耐環境性をもつ射出成形筐体の実現方法を以下に示す。

①高耐環境性材料の選定

樹脂カバーの材料を選定するために、まず材料メーカー各社にヒアリングを繰り返し実施し、射出成形向けの樹脂の中で耐候性が高く、屋外使用に向くとされるものを候補として抽出した。さらに、各社から入手した候補材料の物性表と、屋外で受ける環境ストレスを比較検討した結果、低温に強い物性をもつシロキサン共重合ポリカーボネート(Si-PC)を選定した。一般にポリカーボネートは、樹脂の中で耐熱性が比較的高いが、低温時は脆く(もろく)破損しやすい。Si-PCは、低温でも柔軟なシロキサン成分とポリカーボネート分子が組み合わさることにより、高温にも低温にも強いという特長をもつ。

また、一般にポリカーボネートには直射日光に含まれる紫外線によって黄色く変色する黄変と呼ばれる性質があり、Si-PCも同様の変化を示す。黄変を防ぐには、直射日光が当たる前面カバーを塗装して保護する必要がある。屋外使用に向くとされる塗料を調査した結果、遮熱塗料が最適であることが分かった。遮熱塗料は紫外線から保護するだけでなく、赤外線を跳ね返して直射日光による熱が筐体内部へ伝わるのを抑えるという特長がある。遮熱塗料には、図2に示すように二種類のタイプがあり、一つは反射層のみで構成されるタイプで、もう一つは反射層及び断熱層で構成されるタイプである。一般にIoT機器は熱に弱いため、IoT機器から発生した熱を筐体外部へ逃がす必要があり、OKIが開発した射出成形筐体では、断熱層に妨げられることなく放熱できる前者を選定した。

上述のとおり、本稿では主に樹脂カバーに関する材料について述べたが、ゴムパッキンやねじなど他の部材も、耐環境性に優れた材料を選定した。

タイプ① :反射層のみ

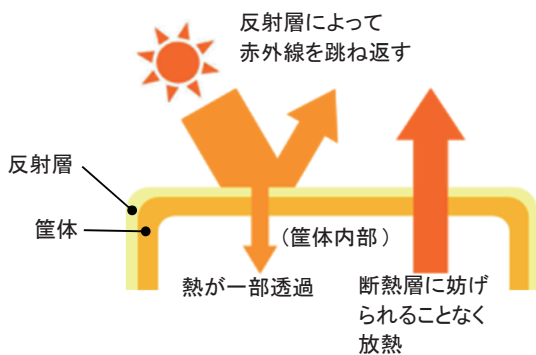


図2-1 遮熱塗料のタイプ

タイプ② :反射層+断熱層

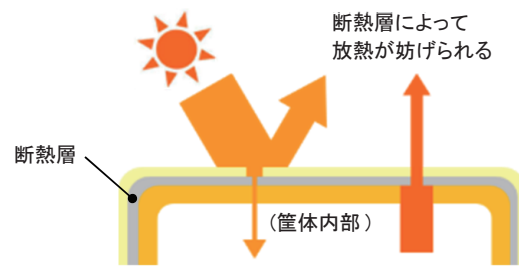


図2-2 遮熱塗料のタイプ

②筐体形状の工夫

複雑な形状を実現できる射出成形の特長を活かし、OKIが開発した射出成形筐体で工夫した箇所を二つ述べる。

一つは、ゴムパッキンが水流を直接受けないようにしたことである。図3に筐体の断面図を示す。前面カバーに複数の曲げを設けることで、外部から侵入した水は流路が曲がるごとに勢いを失い、ゴムパッキンに到達しても容易に止水できる。

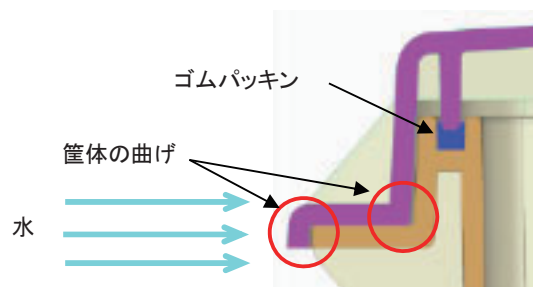


図3 筐体断面図

もう一つは、ゴムパッキンから受ける反力を抑えたことである。前面カバーの材料であるSi-PCの耐熱性は樹脂の中で比較的高いが、高温環境下に長時間放置された場合、ゴムパッキンから受け続けた反力により前面カバーが変形し、ゴムパッキンとの接圧が下がることで異物混入・浸水するおそれがある。そこで、前面カバーに補強用のリブを複数設け、ゴムパッキンからの反力を抑えるようにした。また、ゴムパッキンの反力を抑えるには、前面カバーを固定するねじの間隔を狭くすることも有効である。実験の結果、図4に示すように補強用のリブ及びねじを配置すれば、異物混入・浸水を防げることが分かった。

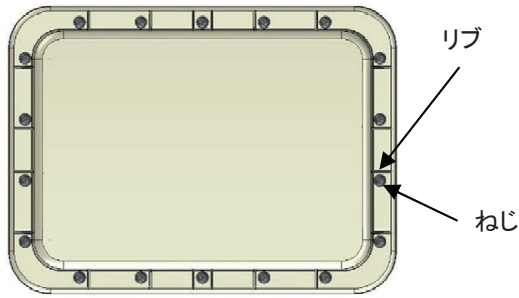


図4 リブ及びねじの配置

(2) 射出成形筐体の特長

OKIが開発した射出成形筐体の三つの特長を以下に示す。

①大量生産に向いている

射出成形筐体は、その名前が示すとおり、樹脂カバーを射出成形で製造する。射出成形は複雑な形状を短時間で大量生産することに向いた製法で、これを樹脂カバーに採用したことにより、市販されている屋外向け板金筐体の約1/2～1/3の部材費で製造できる。

②無線特性に与える影響が少ない

射出成形筐体は、カバーを樹脂で製造するため、無線特性に与える影響が少ない。したがって、無線機能をもつIoT機器を筐体に收容する場合、板金筐体のように筐体外部にアンテナを取り付ける必要がない。

③樹脂筐体だが高耐環境性である

一般に樹脂は高温低温及び直射日光に弱く、樹脂筐体を屋外に設置した場合、経年劣化による異物混入・浸水の危険性がある。これに対し、OKIが開発した射出成形筐体は、IP66・IP67の防塵防水性を10年間維持できることが耐環境性試験によって確認されている。

少額投資型ハイブリッド筐体

上述した射出成形筐体は、大量生産に向いているが、金型費が高額なため、少量生産には向いていない。また、樹脂は金属より熱伝導率が低いので、射出成形筐体に高発熱のIoT機器を收容する場合、筐体サイズを大きくして外部へ放熱させる必要がある。

これらの問題を解決するため開発したのが、少額投資型ハイブリッド筐体である。少額投資型ハイブリッド筐体の外観を図5に示す。射出成形筐体との大きな違いは二つあり、一つは樹脂カバーを射出成形ではなく真空成形で製造すること、もう一つはアルミ合金ボディを使用することである。少額投資型ハイブリッド筐体の「ハイブリッド」は、二種類の異なる材料（樹脂及びアルミ合金）で筐体本体が構成されていることによる。

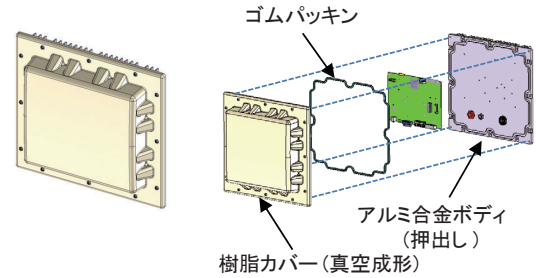


図5 少額投資型ハイブリッド筐体外観

(1) 少額投資型ハイブリッド筐体の実現方法

高耐環境性をもつ少額投資型ハイブリッド筐体の実現方法を以下に示す。

①高耐環境性材料の選定

射出成形と比べて真空成形は使用できる樹脂の種類が少なく、その中で比較的加工性が良い材料との理由で、一般にポリ塩化ビニル(PVC)のプレートが使用されている。しかし、PVCは高温に弱く熱変形しやすいため、高耐環境性を実現することが難しい。そこで、限られた選択肢の中から物性だけでなくコストや入手性も考慮した結果、ポリカーボネートとABSの混合樹脂(PC/ABS)のプレートを樹脂カバーの材料に選定した。射出成形筐体で選定したSi-PCと同様に、PC/ABSも紫外線によって変色するため、樹脂カバーを遮光塗料で保護する。また、PC/ABSは低温時にSi-PCより脆いが、真空成形で製造する樹脂カバーは形状がシンプルで衝撃に強い。なお、Si-PCは射出成形用の材料で、真空成形に使用するには特注でプレート状の材料を手配する必要があるため、少額投資型ハイブリッド筐体には採用しなかった。

また、押出成形用のアルミ合金材料を用いて表面をアルマイト処理することで、防錆性・耐食性を付与した。

②構造シミュレーションの導入

射出成形筐体と同様に、少額投資型ハイブリッド筐体も樹脂カバーの端面を曲げて、ゴムパッキンが水流を直接受けないように加工した。射出成形筐体では補強用のリブを樹脂カバーに設けて、ゴムパッキンからの反力を抑えたが、製法の違いから、真空成形は同じ形状のリブを設けることができない。そこで、真空成形ベンダーも交えて代替方法を検討した結果、凹凸によるリブを設けることにした。射出成形筐体のリブ形状と少額投資型ハイブリッド筐体のリブ形状の違いを図6に示す。



図6 リブ形状の違い（断面図）

筐体にリブを設けるには、リブの形状及び配置を決める必要がある。このため、射出成形筐体では、これまで培ったノウハウを設計に活かしたが、少額投資型ハイブリッド筐体では、構造シミュレーションを設計プロセスに導入し、樹脂とアルミの線膨張係数の差分による影響を確認した。図7に少額投資型ハイブリッド筐体で実施した構造シミュレーションの例を示す。図7に示すシミュレーションを繰り返すことにより、試作を繰り返すことなく短期間・低コストで、リブの最適な形状及び配置を実現することができた。

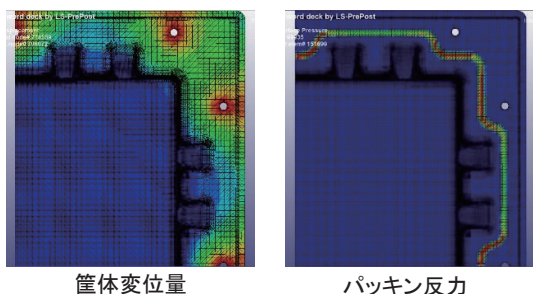


図7 構造シミュレーション例

(2) 少額投資型ハイブリッド筐体の特長

OKIが開発した少額投資型ハイブリッド筐体の四つの特長を以下に示す。

① 設備投資が少額で少量生産に向く

少額投資型ハイブリッド筐体の樹脂カバーは、真空成形で製造する。射出成形と異なり真空成形は、複雑な形状を短時間で大量生産することができない。しかし、金型費が射出成形の約1/6と少額で、少量生産に向いている。

また、一般にハイブリッド筐体のアルミ合金ボディは、ダイカストで製造されているが、少額投資型ハイブリッド筐体では押出成形で製造する。理由は、ダイカストは複雑な形状の鋳物を短時間に大量生産することに向いているが、金型費が射出成形以上に高額なためである。これに対し、押出成形の金型費は真空成形と同等以下であり、設備投資を抑えることができる。

② 無線特性に与える影響が少ない

射出成形筐体と同様に、少額投資型ハイブリッド筐体も樹脂でカバーを製造するため、無線特性に与える影響が少ない。

③ 放熱性が高い

少額投資型ハイブリッド筐体のボディは、熱伝導率の高いアルミ合金で製造するため、IoT機器から発生した熱を効率的に筐体外部へ逃がす。したがって、射出成形筐体より筐体サイズを小さくできる。

④ 射出成形筐体と同等レベルの高耐環境性を実現

射出成形及びダイカストとは製法が異なるため、真空成形及び押出成形は、複雑な形状をつくることができない。これに対し、OKIが開発した少額投資型ハイブリッド筐体は、射出成形筐体と同等レベルの高耐環境性を実現したことが、耐環境性試験によって確認されている。

おわりに

本稿で述べた射出成形筐体及び少額投資型ハイブリッド筐体によって、今後も増え続けるIoT機器の屋外設置に関するニーズに幅広く対応し、OKIが目指す「つながる社会」「つながる生活」「つながるモノづくり」の実現を通じて、社会に貢献していきたい。

● 筆者紹介

増田俊之:Toshiyuki Masuda. ソリューションシステム事業本部 システムセンター ハードウェア基盤技術部

松葉健志:Takeshi Matsuba. ソリューションシステム事業本部 システムセンター ハードウェア基盤技術部

齋藤久志:Hisashi Saitou. ソリューションシステム事業本部 システムセンター ハードウェア基盤技術部

新井宏之:Hiroyuki Arai. ソリューションシステム事業本部 システムセンター ハードウェア基盤技術部

【基本用語解説】

射出成形

米粒状の樹脂(プラスチック)を加熱して溶かし、射出圧を加えて金型内に充填した後、冷却・固化することで目的とした形状を得る製法。

真空成形

プレート状の樹脂(プラスチック)を加熱して軟化し、真空吸引することで金型に密着させた後、冷却・固化することで目的とした形状を得る製法。

押出成形

耐圧性の型枠に入れられた素材に高い圧力に加え、金型を通して押し出すことで、目的とした断面形状を得る製法。

ダイカスト

溶融した金属を金型に圧入して鋳物を製造する方法。射出成形に似ているが、材料が樹脂(プラスチック)ではなく金属である点が異なる。

ABS

合成樹脂の一種で、アクリロニトリル(Acrylonitrile)、ブタジエン(Butadiene)、スチレン(Styrene)共重合合成樹脂の総称工業製品で最も汎用性が高い。