

トピックス

- GSユアサによるリチウムイオン電池熱対策技術の開発の歩み（その1）
－モジュールの断熱構造とベント構造－
- GSユアサによるリチウムイオン電池熱対策技術の開発の歩み（その2）
－保護監視機能付き電源装置の熱対策－
- GSユアサによるリチウムイオン電池熱対策技術の開発の歩み（その3）
－車載用リチウムイオン電池の冷却技術－

GSユアサによるリチウムイオン電池 熱対策技術の開発の歩み（その1） －モジュールの断熱構造とベント構造－

近年、リチウムイオン電池は、据置用途および移動体用途を含む産業用途に適用されている。産業用途では、ポータブル機器用途と比較して大容量・大型のリチウムイオンセルを用いて、複数個のそれら大型セルを直列又は並列に接続したモジュールと呼ばれる形態で設置される。このようなモジュールを安定的に運用するためには、様々な熱対策が必要とされる。

2002年から量産出荷されているGSユアサの産業用リチウムイオン電池「LIMシリーズ」は、安全性規格^{※1}に対応し、電力貯蔵設備や無人搬送車、鉄道などの用途に広く採用されている(図1参照)。本稿では、GSユアサが開発した、モジュールにおける断熱構造とベント構造を紹介する。



図1 LIM50EN-12, LIM25H-8^{※2}

1. セル間およびモジュール間の断熱構造

モジュールでは、複数個の大型セルが近接して配置される。一つのセルが何らかの要因で発熱した際、その熱が他のセルに伝搬することを防ぐ必要がある。

「LIMシリーズ」のモジュールケースは、複数の仕切板を用いてセルの配置スペースを区画している(図2参照)。各仕切板は、断熱効果の高い材料からなり、隣接する角形セルの長側面(面積が広い側面)の間に配置される。こうして、仕切板の一方の側に配置されたセルから発せられる熱が、仕切板の他方の側に配置されたセルに伝搬することを防いでいる。

モジュールケースの側壁における、仕切板が設置さ

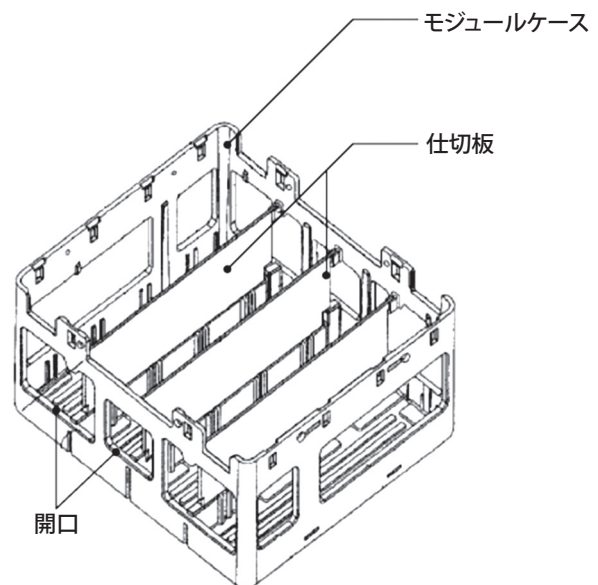


図2 セル間の断熱構造^{※3}

れる箇所には、開口がもうけられている。仕切板とセル長側面との間には断熱のための空気層（隙間）があり、その空気層とモジュールケース側壁の開口とが連通する。モジュールケース側壁の開口を通じて、セル間に空気が流れるため、セルが効率的に冷却される。

セル間を断熱することに加えて、モジュール間にも断熱材を配置すれば、熱の伝搬をより確実に防ぐことができる。図3に示すように、たとえば大規模な電力貯蔵設備では、複数のモジュールが近接して設置される。隣接するモジュールの間に断熱材をもうけることで、一つのモジュールが何らかの要因で発熱した際、その熱が他のモジュールに伝搬することを防止できる。

2. モジュールのベント構造

図4に示すように、角形リチウムイオンセルには、その上面にガス排出弁がもうけられている。セルは、上方から樹脂製の内蓋によって覆われる。内蓋には、回路基板などの電子部品が搭載されている。内的又は外的な要因によりセルの内圧が上昇し所定値に達した際、ガス排出弁が開いてセル内部のガスを放出する。そのため、内蓋および電子部品が、セルからの放出ガスにさらされないようにする必要がある。

GSユアサは、内蓋の下面に断熱材を取り付けて内蓋および電子部品を放出ガスから保護しつつ、その断熱材によって放出ガスをガイドしてモジュール横方向に排出する構造を考案した。内蓋は、熱硬化性樹脂で形成される。断熱材は、複数のセルのガス排出弁と対向するように配置されて、ガス排出弁から放出される高温のガスや電解液が内蓋に飛散することを防ぐ。

断熱材とガス排出弁との間に、モジュール横方向に延びる隙間（流路）が形成されるように断熱材は配置される。各セルの正極と負極の間の空間を流路として利用することで、モジュール寸法が高さ方向に大きくなることを抑制している。

図5に示すように、内蓋にもうけられた傾斜壁が、放出ガスの流路の出口付近に配置されている。傾斜壁によって開口面積が広がった流路出口には、誤って指や工具が挿入されることを防ぐリップが形成されている。

断熱材に沿った狭い流路を横方向に流れてきたガスは、出口付近で流路が傾斜壁に沿って上方に拡がっているため、斜め上方向に排出される。高温のガスがモジュール周囲に与える影響を小さくするように、ガスの排出方向をコントロールしている。

以上、本稿では、一つのセル又はモジュールからの

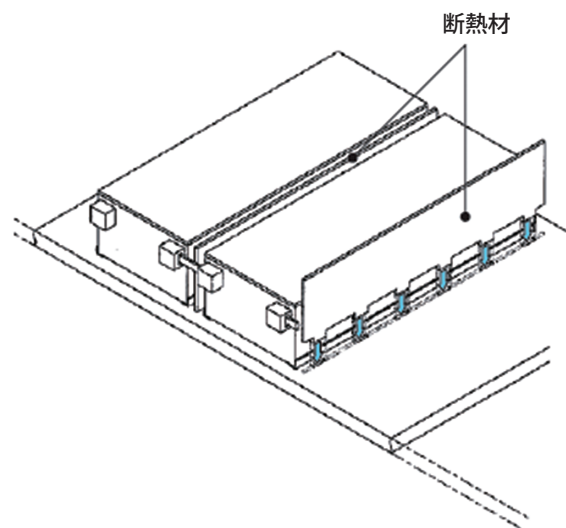


図3 モジュール間の断熱構造※4

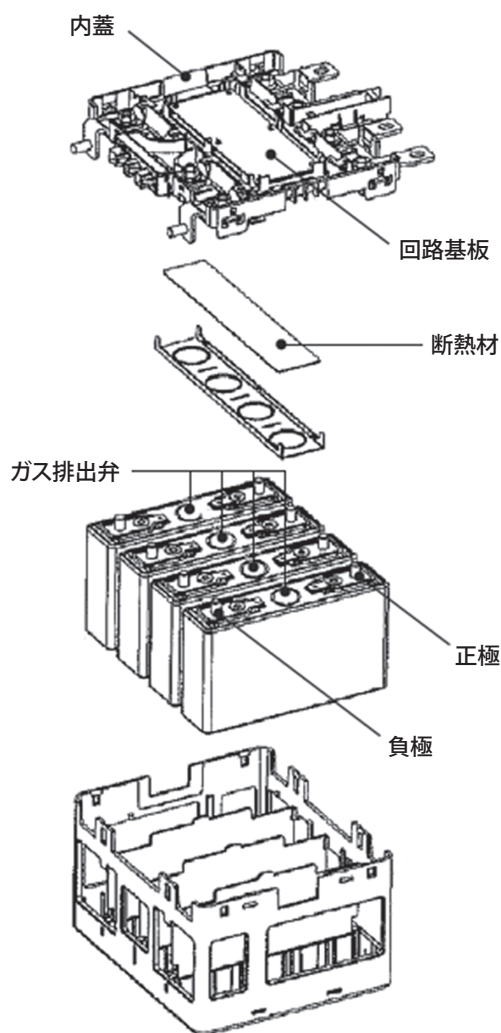


図4 モジュールの分解図※5

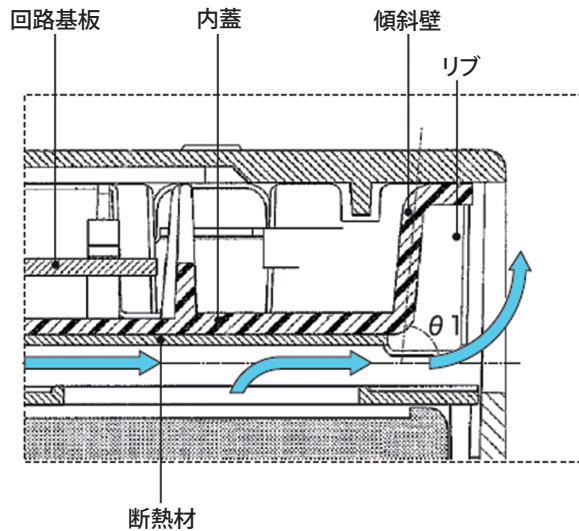


図5 モジュールのベント構造^{※6}

発熱が他のセル又はモジュールに伝搬することを防ぐ断熱構造と，セルのガス排出弁が開いた際に放出ガスを横方向にガイドするベント構造を説明した。「その

2」では，リチウムイオン電池の保護監視機能が一体となった電源装置における熱対策技術を紹介する。

※1 JIS C 8715-2 (2012)

※2 日本意匠登録第 1537163 号，日本意匠登録第 1537164 号，米国意匠特許第 775073 号，中国意匠特許第 ZL 201530001553.4 号，欧州共同体意匠登録第 002608299 号

※3 日本特許第 6236902 号，欧州特許第 2816632 号，米国特許第 9859533 号，オーストラリア特許第 2014203086 号（2013 年出願）

※4 日本特許第 6252313 号，欧州特許第 2927990 号，米国特許公開 2015/0280190（2014 年出願）

※5 日本特許第 6295784 号（2014 年出願）

※6 日本特許公開 2015-195128，欧州特許公開 2927988，米国特許公開 2015/0280189（2014 年出願）

<問合せ先>

(株)GSユアサ 知的財産部

GSユアサによるリチウムイオン電池 熱対策技術の開発の歩み（その2） —保護監視機能付き電源装置の熱対策—

商用電源や発電機が停止したときのためのバックアップ電源として、鉛蓄電池が従来多くの場面で使用されている。たとえば、通信基地局のバックアップのための直流48V電源が、鉛蓄電池で構成されている。近年、省スペース化・軽量化のために、鉛蓄電池に代えてリチウムイオン電池を用いた電源に対するニーズが高まっている。

GSユアサが開発した^{※1}、直流48V対応リチウムイオン電池モジュール「LIMシリーズ」（図1参照）は、通信基地局のバックアップをはじめ、種々の用途に導入されている。本稿では、回路基板による保護監視装置を内蔵するこの直流電源を概観するとともに、このような電源への適用を想定して開発された熱対策技術を紹介する。

1. 「LIMシリーズ」のモジュールケース

通信機器の設置には、フレキシブルに機器の収納・増設が可能な19インチラックが広く用いられている。直流48V対応「LIMシリーズ」のモジュールケースは、19インチラックに搭載可能な形状・サイズに設計されている（図2参照）。

各モジュールケース内では、通信機器の入力電圧範囲などの要求仕様・設置環境に応じて、13個または14個の角形リチウムイオンセルが直列接続されている。モジュールケースの底壁の上面には（図3参照）、セルを載置するセル保持部材が片隅にずれて位置し、これにより形成されるL字状の空間に2枚の基板を保持するために、基板保持部がもうけられている。



図1 LIM40E, LIM50EN-13/LIM50EN-14

基板保持部には、基板が、立てた状態で保持される（図4参照）。基板保持部はセル保持部材から離れて位置し、立てた基板とセルとが接触しないようになっている。基板とセルとを離すことで、それらの間での熱の伝達を抑制できる。

19インチラックにフィットするモジュールケースにおいて、内部空間をこのようにセル設置スペースと基板設置スペースとに分けることで、構成をシンプルにしつつ、熱対策を実現している。



図2 ラック搭載例

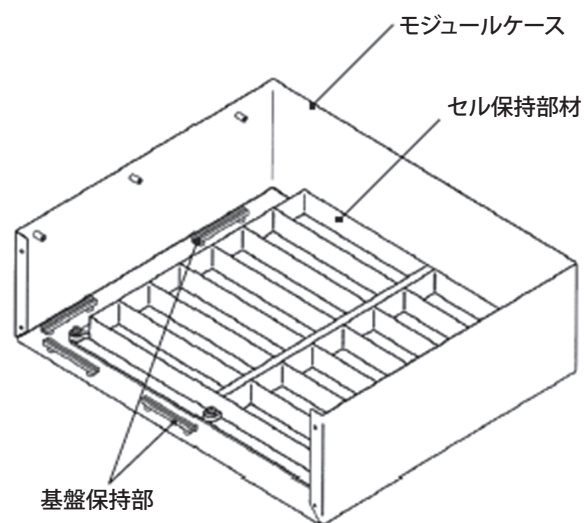
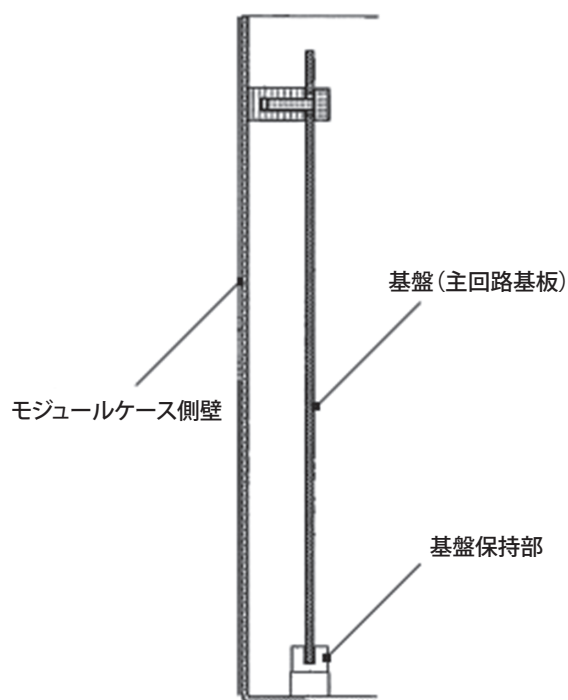


図3 セル保持部材と基板保持部^{※2}

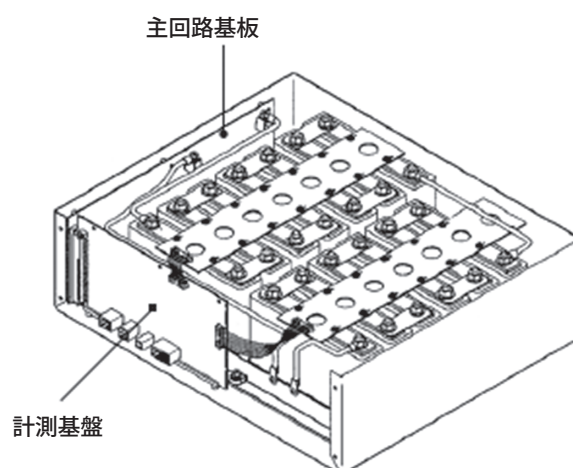
図4 基板のモジュールケースへの固定^{※3}

2. 計測基板と主回路基板の配置

リチウムイオン電池は、鉛蓄電池と比較して、エネルギー密度や充放電特性に優れる反面、過充電や過放電などに対して安全性の観点からより慎重に取り扱う必要がある。具体的には、セル電圧・温度・電流の計測情報により各セルを常時監視し、異常を検出した際は主回路のスイッチを遮断することにより、モジュールを商用電源や通信機器から切り離して保護する。

一般にリチウムイオン電池システムにおいては、セル監視ユニット（CMU）と呼ばれる計測基板と、電池管理ユニット（BMU）と呼ばれる主回路基板のうち、主回路基板をモジュールケースの外部に配置する場合が多い。これに対し直流48V対応「LIMシリーズ」は、図5に示すように、計測基板と主回路基板の両方をモジュールケース内に収容し、保護監視機能を内蔵している。主回路基板を外付けする必要がないため、既存の鉛蓄電池と同様にシステムを構築することができる。

計測基板には電圧や温度の計測のための比較的小さい電流が流れるのに対し、主回路基板には大きい電流

図5 計測基板と主回路基板の配置^{※4}

が流れるため発熱しやすい。これら2枚の基板に囲われるリチウムイオンセルは、通常使用範囲の充電・放電ともなって発熱する。角形セルの場合、特にその長側面（面積が広い側面）からの発熱が大きい。

GSユアサは、あまり発熱しない計測基板を、セルの長側面に対向するように配置し、発熱しやすい主回路基板をセルの短側面（面積が狭い側面）に対向するように配置することを考案した（図5参照）。こうすることで、主回路基板が発熱した際、セルからの熱で主回路基板がさらに熱せられることを回避でき、角形セルの発熱による2枚の基板への影響を抑制できる。そのため、モジュールを安定的に運用することができる。

以上、本稿では、リチウムイオン電池の保護監視機能が一体となった電源装置における熱対策技術を説明した。「その3」では、車載用リチウムイオン電池の冷却技術を紹介する。

※1 GS Yuasa Technical Report 第12巻 第2号 2015年

※2 日本特許公開 2017-016885（2015年出願）

※3 日本特許公開 2017-016888（2015年出願）

※4 国際特許公開 WO2017/002584（2015年出願）

<問合せ先>

(株)GSユアサ 知的財産部

GSユアサによるリチウムイオン電池 熱対策技術の開発の歩み（その3） —車載用リチウムイオン電池の冷却技術—

温暖化対策の枠組み「パリ協定」の発効を背景に、世界的に燃費規制・CO₂排出量規制が導入されている。今後、内燃機関車（ガソリン車、ディーゼル車）と電動車の割合が大幅に変化し、車両の電動化が進むことが確実視される。

車載用途では、リチウムイオン電池は高密度で設置されるため、限られたスペースで効率良くそれら電池を冷却して電池の耐久性を確保することが求められる。

GSユアサは、世界に先駆けて量産電気自動車に採用されたりチウムイオン電池セル「LEV50」を2008年に開発し^{※1}、車載用電池セルおよび電池モジュールの開発に継続的に取り組んでいる。本稿では、GSユアサが考案した、車載用リチウムイオン電池を冷却するための技術コンセプトを紹介する。

1. 角形セルの底面冷却

電池の冷却システムには、空冷タイプと液冷タイプとがある。空冷タイプは、構成をシンプルにできる傾向があるのに対し、液冷タイプは、より高い冷却能力を発揮できる傾向がある。

電気自動車（EV）では、航続可能距離を伸ばすために、限られたスペースに車両駆動用の電池を高密度で配置する必要がある。角形リチウムイオンセルは、そのような高密度での配置に適している。

GSユアサは、複数の角形セルを隣り合うように並べてモジュールを構成し、それらセルの底面を、熱伝導シートを介して、冷却プレートで冷却することを考案した（図1参照）。

角形リチウムイオンセルは、一般的に、ケースの蓋に正極端子および負極端子がもうけられている（図2参照）。ケースの蓋と、蓋に対向する底壁は、それぞれ長方形に形成され、それらは側壁によって接続される。側壁は、一對の長側面（面積が広い側面）と、一對の短側面（面積が狭い側面）とを有する。

このような角形セルを冷却するために、長側面に冷却プレートを接触させることが考えられる。しかし長側面は、面積が広いいため、セルの充電・放電にともなって、外側に膨らむ変形（膨張）・元の形状に戻る変形（収縮）を生じやすい。このような変形により、セルと

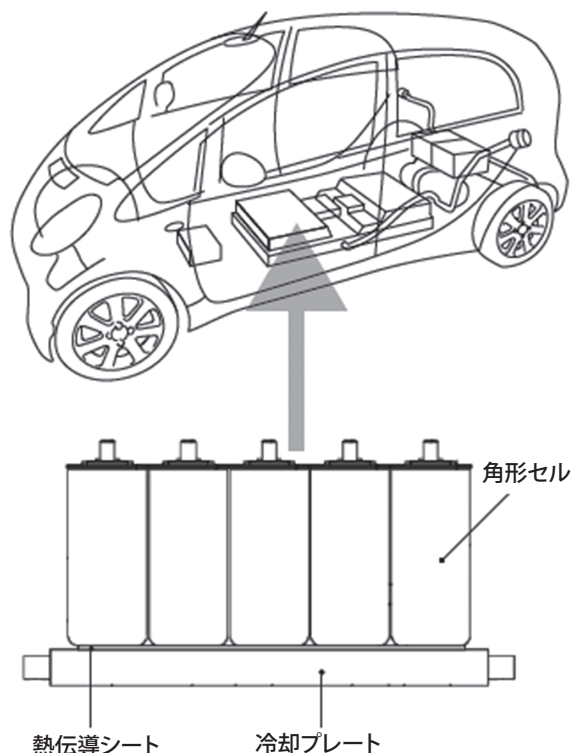


図1 熱伝導シートを介した冷却^{※2}

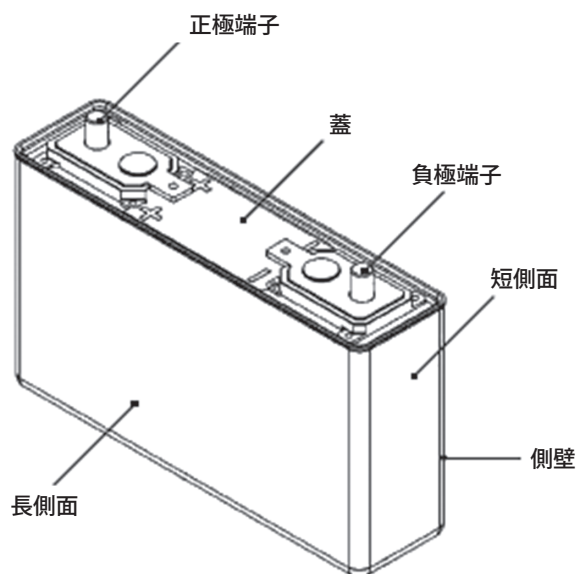


図2 角形セルの外観

冷却プレートとの間に隙間が生じると、空気による断熱効果でセルから冷却プレートへの熱伝達が阻害され、冷却効率が低下する。また、セルの長側面に冷却プレートを接触させる構成では、セル配置のスペース効率およびエネルギー密度を高めることがむずかしい。

そこで、図1のように長側面が隣り合うように並べた複数の角形セルの底面（または短側面）に、熱伝導

シートを介して冷却プレートを接触させる構成が考案された。熱伝導シートは、空気よりも熱伝導率が高い材料（例えば合成樹脂）から形成する。より高い冷却能力を得るべく、冷却プレートの内部に液体を流してもよい。

セルのケース内部には、発電要素が、ケースの長側面には接触し、底面からは間隔をあけた状態で收容されている（図3参照）。ケースの底面は、長側面より面積が小さいため、膨張・収縮を生じにくい。

ケースの底面に、熱伝導シートを介して冷却プレートを接触させると、セルと冷却プレートとの間に隙間が生じることがなく、セルの熱が冷却プレートへ円滑に伝達される。また、一つの冷却プレートの上に、熱伝導シートを介して、複数の角形セルを高密度で配置することが可能である（図1参照）。そのため、セルの冷却を確保しつつ、高エネルギー密度を達成することができる。

2. 底面冷却に適したモジュールケース

実際に電池モジュールを構成するために、複数の角

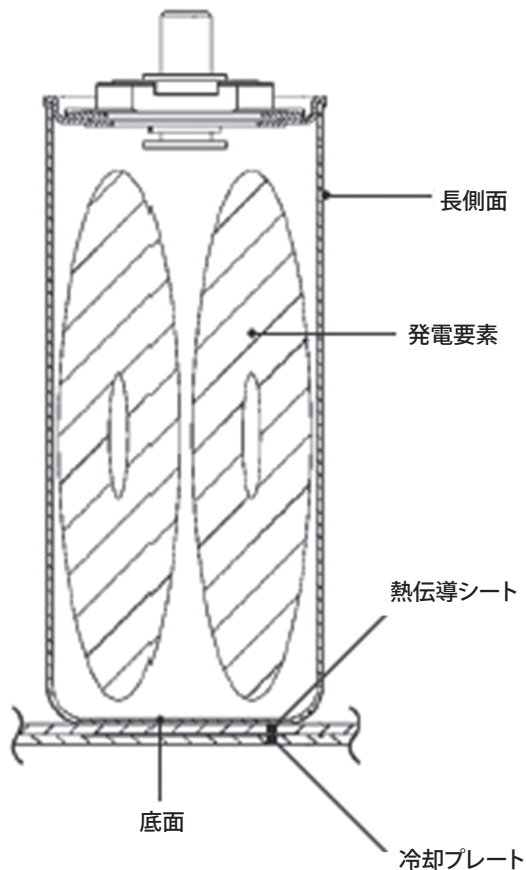


図3 角形セルの内部構造

形セルを樹脂製のケースで覆ってそれら角形セルの電氣的絶縁性を確保し、さらにその樹脂製のケースを金属製のケースに收容する場合がある。金属製ケースは、樹脂製ケースより高強度であり、電池モジュールを車両へ固定するのに適している。この場合、耐振動性や耐衝撃性の観点から、金属製ケースの中で樹脂製ケースが動かないようにする必要がある。

GSユアサの上述のコンセプトのように、複数の角形セルの底面を冷却する場合、セルの周りやセルの間に冷却のためのスペースをもうける必要がない。そこで、樹脂製ケースの周りをフレーム状の金属製ケースで隙間なく覆い、セル底面は金属製ケースで覆うことなく冷却プレートで冷却することが考案された（図4参照）。

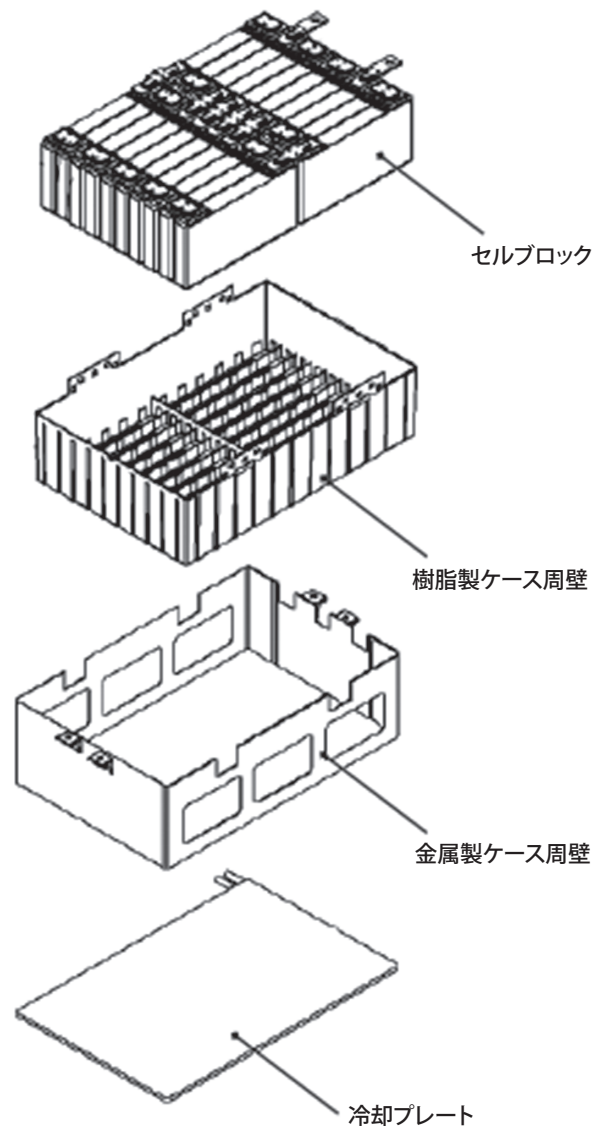


図4 底面冷却モジュールケース^{※3}

具体的には、複数の角形セルを1列ないし複数列並べてセルブロックを構成し、そのセルブロックの周囲を樹脂製ケースの周壁で覆う。さらに樹脂製ケース周壁を、金属製ケース周壁で覆う。金属製ケースは底壁が無く、冷却プレートによって底が塞がれる。冷却プレートとセル底面との間には、熱伝導シートがもうけられてもよい。

このようなモジュールケースでは、金属製ケースが樹脂製ケースを支持する構造のため、金属製ケースの中で樹脂製ケースが動くことがない。そのため、金属製ケースの中で樹脂製ケースが動かないようにするための作業や、固定構造が不要である。急速充電時などの発熱時のセルの冷却を冷却プレートにより確保しつつ、コンパクトな電池モジュールを構成できる。

以上、本稿では、車載用リチウムイオン電池の冷却技術を紹介した。車両電動化の実現に貢献するべく、電池セル技術と電池モジュール技術の長年の蓄積をベースに、GSユアサはさらなる技術開発に励んでいる。

※1 GS Yuasa Technical Report 第5巻第1号 2008年

※2 日本特許第 5804323 号, 日本特許第 6020942 号, 欧州特許第 2475025 号, 米国特許第 8846226 号, 米国特許第 9509022 号, 中国特許第 201210003942.6 号, 中国特許第 201510738725.5 号, 韓国特許第 101736886 号, ドイツ実用新案登録第 202012013288 号, ドイツ実用新案登録第 202012013315 号 (2011 年出願)

※3 日本特許第 5796785 号, 日本特許第 6011950 号, 日本特許第 6020974 号, 米国特許第 9252406 号, 米国特許第 9515306 号, ドイツ実用新案登録第 202013012270 号 (2012 年出願)

<問合せ先>

(株)GSユアサ 知的財産部

本シリーズのバックナンバー

http://www.gs-yuasa.com/jp/making_history/