

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リ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。

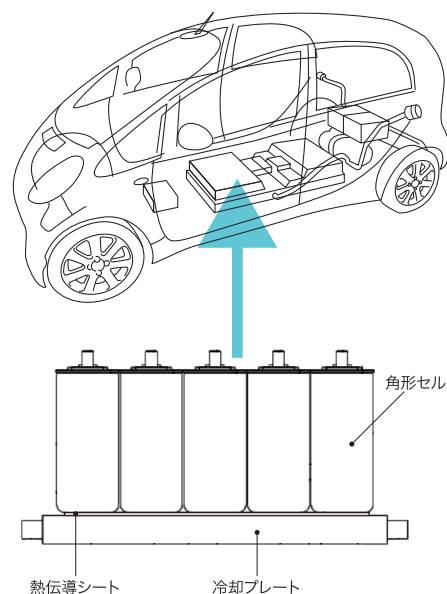
電気自動車（EV）では、航続可能距離を伸ばすために、限られたスペースに車両駆動用の電池を高密度で配置する必要がある。角形リチウムイオンセルは、そのような高密度での配置に適している。

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）。

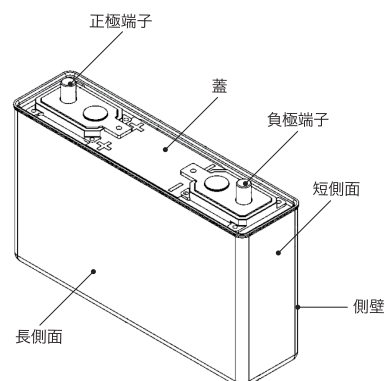
角形リチウムイオンセルは、一般的に、ケースの蓋に正極端子および負極端子がもうけられている（●図2参照）。ケースの蓋と、蓋に対向する底壁は、それぞれ長方形に形成され、それらは側壁によって接続される。側壁は、一对の長側面（面積が広い側面）と、一对の短側面（面積が狭い側面）とを有する。

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、面積が広い側面のため、セルの充電・放電にともなう、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。

●図1 熱伝導シートを介した冷却^{※2}



●図2 角形セルの外観

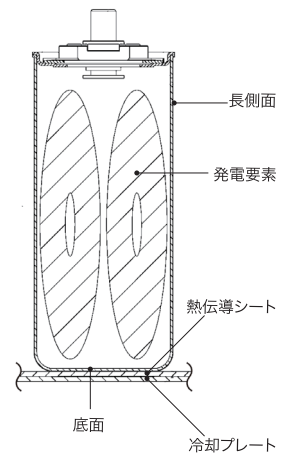


そこで、●図1のように長側面が隣り合うように並べた複数の角形セルの底面（または短側面）に、熱伝導シートを介して冷却プレートを接触させる構成が考案された。熱伝導シートは、空気よりも熱伝導率が高い材料（例えば合成樹脂）から形成する。より高い冷却能力を得るべく、冷却プレートの内部に液体を流してもよい。

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。

●図3 角形セルの内部構造



2. 底面冷却に適したモジュールケース

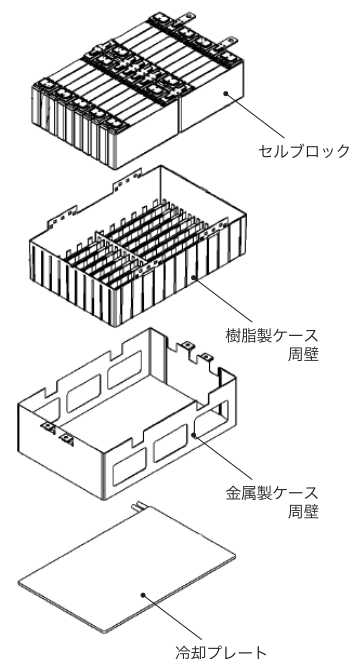
実際に電池モジュールを構成するために、複数の角形セルを樹脂製のケースで覆ってそれら角形セルの電氣的絶縁性を確保し、さらにその樹脂製のケースを金属製のケースに收容する場合があります。金属製ケースは、樹脂製ケースより高強度であり、電池モジュールを車両へ固定するのに適している。この場合、耐振動性や耐衝撃性の観点から、金属製ケースの中で樹脂製ケースが動かないようにする必要があります。

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）。

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。

●図4 底面冷却モジュールケース※3



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）

<問い合わせ先>

(株)GSユアサ 知的財産部