

# ハイブリッド電気自動車用キャパシタに関する 国際標準化について<sup>\*1</sup>

## Standardization Activities of Capacitors for Use in Hybrid Electric Vehicles

高橋 孝三 <sup>\*2</sup>

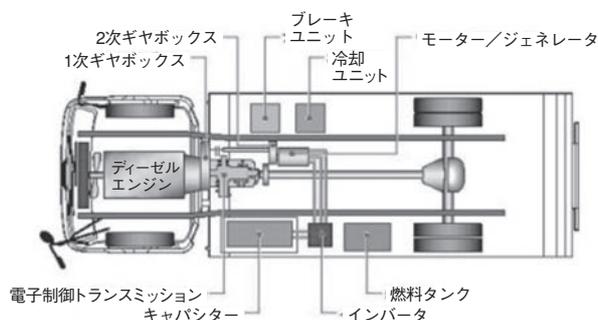
Kozo TAKAHASHI

### 1. はじめに

(財)日本自動車研究所 (JARI) はISO/TC22/SC21 (電気自動車)・IEC/TC69 (電気自動車) の国内審議団体であり, 実験研究によるデータ・研究成果の提供から, ISO, IECの国際標準化案作成・審議まで一連の活動を行うことができる。



ホンダFCX (初代)



日産ディーゼルキャパシタハイブリッド

図1 キャパシタハイブリッド

図1にキャパシタハイブリッドの例を示す。ハイブリッド電気自動車用の二次電池に関する電気的性能の試験方法はJARIが作成している日本自動車規格 (JEVS) D711~D716が存在している。しかしハイブリッド電気自動車用電気二重層キャパシタの試験方法については存在していない。

一方, 電子機器用固定電気二重層コンデンサの試験方法については (社)電子情報技術産業協会 (JEITA) がIECに提案し2006年にIEC62391-1, IEC62391-2, IEC62391-2-1として制定されている。しかしながら, 前記の規格群は, ハイブリッド電気自動車用の電気二重層キャパシタEDLC (Electric Double Layer Capacitor; 以下, 「キャパシタ」という) で必要となる駆動用を想定した急速充放電仕様, かつ容量が500F以上, 内部抵抗が2mΩ以下のキャパシタ単セルの電気的な特性を評価する規格になっていないことが分かった。そのためキャパシタ単セルの評価を的確に行い, また二次電池との比較が可能な試験方法を確立するために性能評価方法及び出力試験方法を作成する必要性が出てきた。

ここでは「ハイブリッド電気自動車用のキャパシタの電気的性能の試験方法」についてその一部を紹介する。

### 2. ハイブリッド車用キャパシタと二次電池の比較

ハイブリッド車の省エネルギーは, 1) 内燃機関の効率低下が著しい低負荷領域での使用を止め, 広い負荷領域で高効率であるモータで代替 2) 制動時のエネルギー回生及び 3) 停車時のアイドリング停止, することによって実現される。これは内燃

\*1 原稿受理 2009年3月3日

\*2 (財)日本自動車研究所 FC・EVセンター

機関を効率の良い状態で間欠運転し、モータが要求される負荷に対応することを意味しており、必然的に短時間で大きな電力の授受を行える高効率な電気エネルギーの貯蔵要素が必要になる。

この貯蔵要素として、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池の二次電池とキャパシタが採用された。図2に各種ハイブリッド車用キャパシタを示した。また二次電池とキャパシタの特性の比較を行うと表1のとおりである。



図2 各種キャパシタ

表1 キャパシタの特徴

	キャパシタ	二次電池
容量	△	○
エネルギー密度	△	○
放電電流	○	△
寿命	◎	△
電極反応	物理的	化学的

容量、及びエネルギー密度について、キャパシタは上記二次電池と比較すると数十分の1であり、放電電流値の大きさについてはキャパシタの方が有利であり、寿命については寿命評価方法により異なると考えられるがキャパシタの方が圧倒的に寿命は長い。このような特性が示されるのはキャパシタの電極反応が物理的であり、一方二次電池は化学的であるためと考えられている。

### 3. 標準化体制

図3に標準化の体制を示した。JARIは、審議体制としてJARI内にキャパシタ特別分科会（分科会長：清水健一／(独)産業技術総合研究所）を設けると共に、標準化規格案作成作業部会としてキャパシタWG（主査：野口 実／(株)本田技術研究所）を設置し活動を行った。

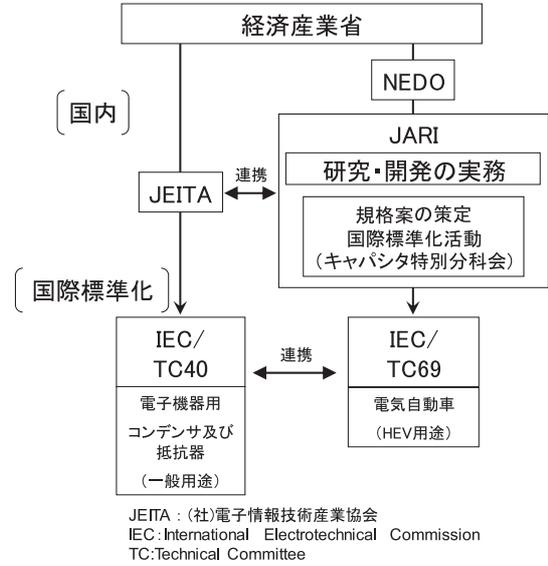


図3 標準化の体制

ハイブリッド自動車用キャパシタに関する規格は、先に述べた如く現在のところ存在していないがパワー用電気二重層キャパシタに関する規格はJEITAよりIEC/TC40（電子機器用コンデンサ及び抵抗器）に提案しIEC62391-2：2006, IEC62391-2-1：2006として存在している。本ハイブリッド電気自動車用キャパシタの標準化においてはJEITAと連携し規格案を作成しIEC/TC69（電気自動車）に提案した。

標準化当初は、IECへの提案を主体としたがIECの規格化までに長期間かかるため、その間、日本に公開される標準化規格が無いことになる。この問題点を解消するために、IECの規格化と同時にJIS化を図ることとなった。ただし、IEC規格とJISとの間に相違が出た場合には、JISを整合化することを前提とした。JISはJIS D 1401として制定される（図4）。

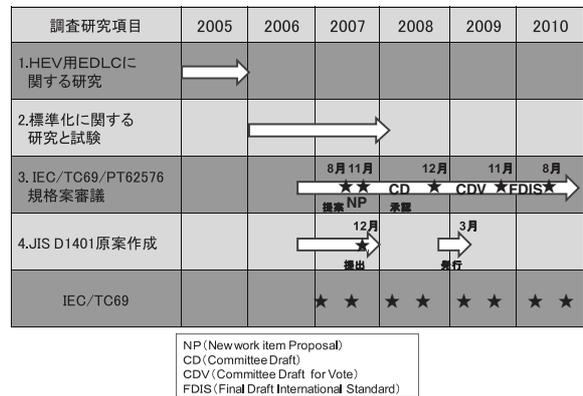


図4 標準化のスケジュール

#### 4. 規格の構成

IEC「ハイブリッド電気自動車用電気二重層キャパシタの電氣的性能の試験方法」の構成は次のとおりである。

序文

- 1 適用範囲
- 2 引用規格
- 3 用語及び定義
- 4 試験方法

- 4.1 容量及び内部抵抗並びに最大出力密度
- 4.2 電圧保持特性
- 4.3 充放電効率試験

附属書A (参考) 耐久性 (高温連続定格電圧印加) 試験

附属書B (参考) キャパシタの熱平衡時間

附属書C (参考) 充電効率及び放電効率並びに測定電流について

附属書D (参考) 公称内部抵抗が不明確な場合のキャパシタ測定電流の設定手段

#### 5. 標準化規格を作成する上で特に議論となった事項

標準化規格を作成するにあたって特に議論し、方向付けを行った項目は次のとおりである。

- 1) 電子機器用固定電気二重層コンデンサの規格をそのまま用いることができるか

この用途のキャパシタが、そのまま既存の規格を用いることができるかを検討したが、あまりにも、急速で、かつ、大容量の充放電を行うために、既存のキャパシタ規格では対応することが困難であることが分った。このため、新しい規格の作成が必要となった。

- 2) 用語の定義を検討するか

自動車メーカー各社とキャパシタ製造メーカー各社では、同一の意味の言葉が異なった言葉で用いられて混乱してきた。この規格の標準化の妨げになる用語の不整合を無くすため、自動車メーカー、キャパシタ製造メーカーで用いている用語の現状を調査した上で基本的な用語に絞り、その用語を定義した。

- 3) キャパシタ単セルに絞るか、又は、組み立てモジュールも含めて検討するか

この規格の中では、単セルを直並列接続したモジュールについては自動車メーカー各社のノウハウに係ることがあるため、キャパシタの単セルのみを対象とすることとした。

- 4) 製品規格に踏み込むか、又は、試験方法に限定すべきか

この規格の中では、自動車メーカー各社の仕様が固まっていない段階で、製品仕様を規定する事は早計であるとして、各社キャパシタの性能を比較できる電氣的性能の基本的な測定方法に限定した。

- 5) キャパシタの電氣的性能の測定条件を決定する上で、どの程度のものを性能領域に絞るか

この用途で予想される要求性能範囲があるため、容量500F以上、内部抵抗 $2\text{m}\Omega$ 以下を想定し、検証試料を用いて実際に測定して決めた。

- 6) この規格の試験方法の範囲をどこまでにするのか

当初、実際の用途に近い、耐久性、貯蔵、振動などの環境試験も含めるべきとの意見があったが、各自動車メーカーの仕様が異なり時期尚早であり、また、この規格では、キャパシタ単セルだけを取り扱うため、電氣的性能を求める試験方法に限定した。

- 7) 解析電圧範囲を何処に設定するか

抵抗値の算出及び容量の算出は、放電電圧の時間依存性から算出するがどの範囲で計算するかが議論となった。 $U_R$ はキャパシタの定格電圧を示す。内部抵抗の電流依存性では $0.8 U_R \sim 0.5 U_R$ で、容量の算出方法及び内部抵抗の算出方法では $0.8 U_R \sim 0.4 U_R$ で議論を進めた。これは、それぞれの項目を議論する上で、最も変化が強調されやすい電圧範囲を採用したためであり、最終的には、すべての特性を同一の解析電圧範囲とするために、安全性及び再現性を重視し、算出開始電圧を $0.9 U_R$ とし、算出終了電圧を $0.7 U_R$ とした。

## 6. 試験条件の設定の例（測定電流の設定）

電子機器用固定電気二重層コンデンサのパワー用では、容量測定のための電流は、定格容量 $C_R$ と定格電圧 $U_R$ との積の $4C_R \times U_R$ を規定しているが、このハイブリッド車用キャパシタは、定格容量が大きく、かつ、内部抵抗が小さいために、そのまま採用することはできなかった。この対応策として定格電圧 $U_R$ 及び公称内部抵抗の大きさに応じて、電流値を規定する必要がある。

電流値を規定するため、実際には、試料を用いて検証しながら、ハイブリッド車用キャパシタの用途を考え電気的性能を求めた。その結果、キャパシタを充電効率95%によって充電し、放電効率95%で放電することによって測定されたデータを基に、算出することが最も有効であることが分った。

電流値を決めるには、電流による自己発熱によってキャパシタの温度が変化し測定の実験性が悪くならないことを考慮して決める必要がある。

上記設定電流に基づき、放電電流の容量依存性を測定した結果を図5に示した。提供されたキャパシタの容量が様々であったため、縦軸を公称容量を100とした容量比率で示した。横軸は表2により設定した測定電流値であり、測定電流の1番目に小さい値が10Aであり、2番目に小さい値が放電効率95%の電流値である。電流値が大きくなった場合には放電波形の直線性が低下して、算出した容量は小さくなる傾向がある。放電電流50A付近（放電効率95%）では、検証したどのキャパシタも比較的安定した値を示した。この結果容量を測定する電流値を95%に設定した。

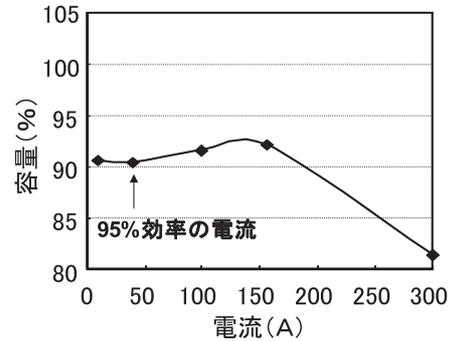


図5 測定電流と容量の関係（例）

表2 測定電流値

設定電流値	根拠
10A	キャパシタメーカーで標準的に使用している電流値
充電 $U_R/38R$ 放電 $U_R/40R$	キャパシタの充電、放電効率が95%になる電流値 乗用車用途で通常使用される電流値
100A	乗用車用途で最大出力に相当する電流値
充電 $U_R/8R$ 放電 $U_R/10R$	キャパシタの充電、放電効率が80%になる電流値 使い方を想定した最大出力に相当する電流値
300A	大型用途で最大出力に相当する電流値

## 7. まとめ

JARIは（社）電子情報技術産業協会と連携し「ハイブリッド電気自動車用電気二重層キャパシタの電気的性能の試験方法（IEC62576 Electric Double Layer Capacitors for use in Hybrid Electric Vehicles—Test Methods for Electrical Characteristics）」の規格原案を作成した。その規格案はIEC/TC69PT（プロジェクトチーム：リーダー 野口 実／（株）本田技術研究所）に於いて審議され、現在CDV（投票用委員会原案）として各国に回付中で、日本として2010年にはIS（国際規格）を目指している。

また並行して日本工業規格案として提出し2009年3月末にはJIS D 1401として制定される。

なお、これらの成果は、（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託により当研究所が実施している「自動車用キャパシタに関する標準化調査研究」の一部である。