電気二重層キャパシタの放電

本号では、『EDLCが電気を放出する原理』について説明します。その前に『電気が流れるとはどんなことなのか』、『なぜ銅やアルミは電気が流れやすいのか』について説明します。

充電されたEDLCから電気を取り出すことを『放電させる』、またEDLCから電気が出てゆくことを『放電する』といいます。

図1はEDLCに電気が貯まっている状態を表しています。＋端子と－端子間には電圧Vが現れます。この端子に抵抗Rを接続すると電流Iが流れます。

[オームの法則]

次に『電流が流れる』ことについて説明します。

充電電圧がV（V）のキャパシタに抵抗値R（Ω）の抵抗器を接続すると流れる電流I（A）は図2に示すようになります。この関係がオームの法則です。

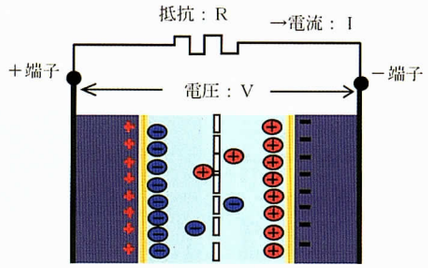

図1　電気二重層キャパシタ放電

[電流が流れる]

電流がどのようにしてながれるのかもう少し詳しく説明しましょう。

銅やアルミニウムなどの金属は『原子』から成り立っています。原子構造はプラスの電気をもった1個の原子核の回りをマイナス電気の持った電子が1個以上まわっています。

通常、この電子は原子核と強く結ばれていて離れません。金属によってはこの結びつきが弱いものもあり、自由に動きまわれる金属もあります。この電子を自由電子又は価電子とも呼んでいます。銅やアルミニウムなど電気を良く通す金属は、この自由電子を持った金属です。

では、銅やアルミニウム金属の中をどのようにして電流が流れるのかを図3で説明します。原子Ⓐの電子㊀が何らかの刺激で外に飛び出したとする（図中①）、原子Ⓐは電子1個不足した形となるので、結果的にプラスの電気を帯びた原子になる。隣の原子Ⓑの電子㊀が飛び出し、原子Ⓐに入り（図中②）、原子Ⓐの電位はゼロになる。同様に原子Ⓑは電子1個不足した形となるので、結果的にプラスの電気を帯びた原子になる。隣の原子Ⓒの電子㊀が飛び出し、原子Ⓑに入り（図中③）、原子Ⓒの電位はゼロになる（図中④）。以後同様の繰り返しが続きます。

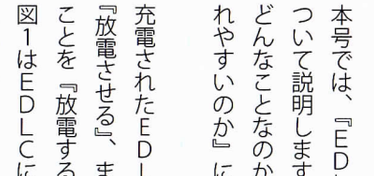

図2　オームの法則

この動作は、見かけ上、電子が右から左へ移動していることになりますので、電流は左から右へ流れることになります。

[電流が流れると熱が発生する]

金属の中を自由電子が移動するとき原子と衝突して、熱を発生します。この衝突現象が電気抵抗の発生です。自由電子が金属の中を移動する時、『衝突する頻度が多ければ多い程、又は衝突熱の発生が大きければ大きい程電気抵抗が大きい』と言う事になります。銅やアルミニウムは衝突がすくないので電気良導体と呼んでいます。鉄などは、電気は通るが、熱が発生するので電気抵抗体と呼んでいます。電気ストーブや白熱電球はこの特性を利用したものです。

では、どのようにどうして電流はEDLCの＋電極から－電極に向かって流れるのでしょう。次にEDLCの放電について説明します。

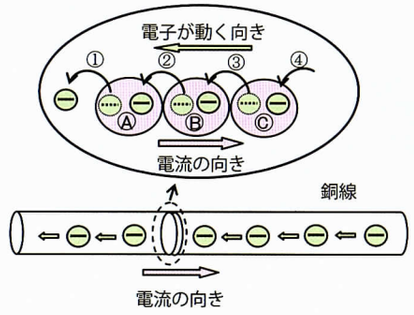

図3　銅線の中の電気の流れ

[クーロンの法則]

クーロンの法則とは［マイナスの電気（電子）とプラスの電気（電子が欠けた原子）はお互いにひきつけあう］現象です。この引き付け合う力には一定法則があります。この法則が『クーロンの法則』です。

図4は充電されたEDLCの中のイオンの状態を示しています。プラス側の分極性電極には既にマイナスイオンが吸着しているのでクーロンの法則で、アルミ材の集電極にはこのマイナスイオンに対応する量のプラスの電気（電子が欠けた原子：正孔（図参照））が引き寄せられ、充満しています。銅線の中もプラスの電気が充満し、プラス側端子Pにはプラスの電気が充満しています。同様にマイナス側の端子Nはマイナスの電気（電子）が充満しています。プラス側の端子Pとマイナス側の端子Nには電気を流す回路が繋がっていないので電流は流れません。即ち放電はありません。

それでは、図5の示すようにPとNの端子に負荷（例えば、電気ストーブのようなもの）を接続してみます。

図5のP側の充満していたプラスの電気とN側に充満していた電子は『クーロンの法則』に従い引き合う力によって抵抗体を流れて、反対側へ移動し、そこで反対の電気と結合して消滅（電気的に中立となること）します。P端子部（又はN端子部）で電気が結合してプラス電気（又はマイナスの電気）1個が消滅すると、この消滅した電気を補充すべく、分極電極から電気1個が集電極に移動します（EDLC内の白い丸印で示された電気が白い矢印の方向に移動します）。分極電極でイオンに対向していた電気が無くなってしまったので、そのイオンはクーロンの吸引力が消滅して分極性電極から離れ、電解液の中へ出て行きます（EDLC内の黒い○印で示され電気が黒い矢印の方向に移動します）。この動作でEDLC内に蓄電されていた電気が1個なくなることになり、この現象がEDLCの放電のメカニズムです。この動作はEDLC内の蓄えられた電気がなくなるまで続きます。

次号では、EDLCの内部抵抗とセパレータについて解説します。

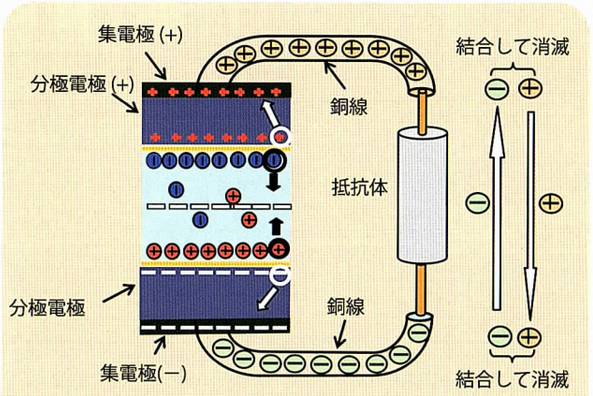

図5　電気二重層キャパシタの放電

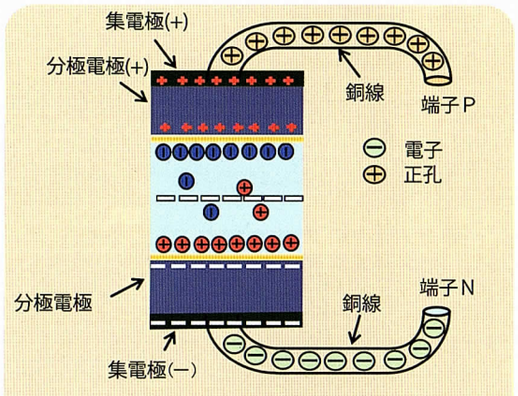

図4　充電された電気二重層キャパシタの電気の状態
（端子には何もつながっていない状態）

～ 猫でもわかる？　わかりやすい ～

連載 第3回

電気二重層キャパシタ解説シリーズ

キャパシタフォーラム　キャパシタ応用マニュアルワーキンググループ　副主査　木下 繁則