

第1部 無線パワー伝送 実験入門



第1章 まさに磁石の威力で科学の力!

実験で学ぶ! 無線パワー伝送のしくみ

岡田 芳夫 Yoshio Okada

無線による電力の給電…無線パワー伝送(以降、ワイヤレス給電)技術が注目されています。デジタル端末として欠かせなくなってきたスマートフォンやタブレット、さらには家庭におけるお掃除ロボット、EV(Electric Vehicle)などへと徐々に大パワーへの対応も射程に入ってきています。

しかし、この興味あるワイヤレス給電の仕組みは、電磁気の基本法則を利用していますが、これまでの電気感覚から見るとわかりにくいところが多々あります。第1部ではそのわかりにくい部分にスポットを当て、実験を交えながら要素技術を解明していきます。

〈編集部〉

第1部でやっていくこと… 主流の電磁誘導方式の実験&解説

表1に、近年よく議論されているワイヤレス給電方式の概略を示します。大きく分けると、

- (1)電磁誘導方式
- (2)磁界共鳴方式
- (3)電界結合方式
- (4)マイクロ波方式

表1 ワイヤレス給電方式のいろいろ

方式	磁界結合方式		電界結合方式	空間伝送 マイクロ波方式
	電磁誘導方式	磁界共鳴方式		
動作モデル	結合係数 k の大きなコイル	コイル性能 Q の大きなコイル	電界を誘電体により変位電流として流す	アンテナ・レクテナ
周波数	10 k ~ 500 kHz	数百 k ~ 数十 MHz	数百 k ~ 数 MHz	数 GHz ~
伝送距離	~数十 cm	~数 m	~数 cm	長距離
出力電力	数 W ~ 150 kW	数 W ~ 数 kW	—	—
変換効率	~90%	~60%	~90%	低い(70%)
規格団体	WPC, AirFuel	AirFuel	—	—
実績	家電・工業用・EV	EV充電・搬送車	工業用の試験レベル	研究レベル

があります。ここでは大きな電力変換と伝送効率が高いといわれ普及しつつある、いわゆるトランス(Transformer:変圧器)の原理を応用した電磁誘導方式について取り上げます。

中高校生の物理教科書の数式を使い、ファラデーやレンツの法則をもとに電磁誘導と共振回路の直列と並列共振回路の基本原理を説明します。教科書などでは触れられていない、しかし、ワイヤレス給電でもとても重要なパラメータとなる「結合係数」や「コイルの性能指数」については具体的な実験例で詳しく紹介します。なお、実験における各種測定は、読者においても容易に準備できる計測器や道具を使用します。

基本はファラデー 電磁誘導の法則

● コイルに電流が流れると磁束ができる

図1に示すように、棒磁石をコイルに入れると誘導電流が流れ、コイルを貫くように磁束 ϕ (実線)をつくります。そして、この磁束は棒磁石によって増加した磁束(点線)を打ち消すような向きに生じます。これをレンツの法則といいます。磁石の磁場が強いほど、また、その出し入れ速度が速いほど大きな誘導起電力が生じます。

ファラデーは、誘導起電力の大きさはコイルを貫く磁束の時間的変化に比例することを発見しました(図2)。図2(a)に示すように、1巻き線のコイルを貫く磁束の Δt [s]間での増加分を $\Delta\phi$ [Wb]とし、図2(b)のように ϕ を増す向きを起電力の正の向きにすると、回路に生じる誘起電力 v [V]は次のようになります。

$$v = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \dots\dots\dots (1) \text{註1}$$

また、コイルが N 回巻きの場合は図3に示すように磁束 ϕ が N 回鎖交していると考えられるので、そのときの起電力は(1)式の N 倍となり次式で表されます。

$$v = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \dots\dots\dots (2)$$

式(1)と図1に示すようなレンツの法則やコイルの