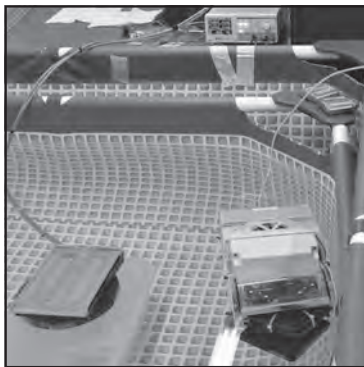


## 第3部 ここまでキタ！次世代無線パワー伝送の研究



### 第1章 淡水と海水で原理が違う 実験サイエンスの世界

# なんと効率90%以上！ 水中ワイヤレス給電の研究

田村 昌也 Masaya Tamura

水中ドローンでは、防水対策が必要で、ワイヤレス給電が期待されています。本稿では、水中で効率90%以上のワイヤレス給電を実現する技術について解説していきます。

#### 水中のワイヤレス給電に 電界結合方式をすすめる理由

図1に示すような水中ドローンへの給電には、ワイヤレス給電の3方式「磁界結合」、「電界結合」、「空間伝送」のうち、どれが適しているか考えてみます(3方式の詳細は本特集イントロダクション2参照)。

水中ドローン設計の難しさの1つに姿勢・浮力制御があります。特に既存のドローンへ何かを搭載する場合、重心がずれないようにできる限り軽量である必要があります。この視点で3方式を比べてみます。

着底したドローンへ給電する場合、空間伝送方式は近傍界領域となり、アンテナはキャパシタとして動作します。つまり、電界方式と同じになります。電界方式は、磁界方式に比べて漏洩電磁界が非常に小さく遮蔽構造が不要です。薄型化・軽量化ができるため、既存の水中ドローンに搭載しやすそうです。一方で弱点もあります。電界方式は水の高周波特性の影響を強く受け、空気中とは異なる挙動を示します<sup>(1)</sup>。

したがって、電界方式を適用するためには、まず①

淡水での設計方針と②水の高周波特性を明らかにする必要があります。次に海水になるとイオンが含まれ導電性も出てくるため、③海水用の設計理論が必要です。

本稿では①、②、③の検討を行い、海水・淡水でも使える水中ドローンの給電ステーション(写真1)の製作を紹介します。

#### 電界結合方式の原理

電界結合方式の動作原理を図2に示します。2枚1組の平板電極を対向配置して使用します。2枚の電極間に高周波電源を接続すると、片側の電極は+の電荷、もう片側の電極は-の電荷が集中します。対向配置された電極には静電誘導によってそれぞれ逆の極性の電荷が集中します。この電荷により電極間に電気力線、すなわち電界が発生します。高周波電源は高速に極性が入れ替わります。すると、対向配置された電極は逆の極性の電荷をよび寄せます。この時、対向配置された電極間を導線で接続すれば、この導線を介して+の電荷と-の電荷が移動することで電流が流れます。

このように、電界結合方式の原理とは、電極間の極性の差(これを差動電極とよびます)を利用して電力を取り出すことです。

#### 「淡水」でのワイヤレス給電の 設計のポイント

##### ● 淡水中での設計方針

ワイヤレス給電の理論最大給電効率(最大電力伝送効率) $\eta_{max}$ は次式で表されます<sup>(1)(2)(3)</sup>。

$$\eta_{max} = 1 - \frac{2}{1 + \sqrt{1 + (k \cdot Q)^2}} \dots\dots\dots (1)$$

この式は送電側と受電側が完全に整合された状態、力率が1になる状態での給電効率を示しています。式(1)に含まれる $k \cdot Q$ は、送電器と受電器からなる結合器(電界方式では、送電側の差動電極が送電器、受電側の差動電極が受電器)の結合係数 $k$ と、結合器や送電する環境の損失を表した無負荷 $Q$ 値との積を示し

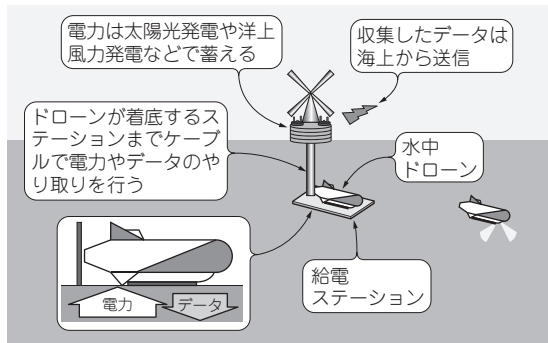


図1 水中での給電はワイヤレスが便利  
作業を終えたドローンが水中に設けた給電ステーションに着底することで電力やデータのやり取りを行う