

# 変圧器高効率化の技術と変遷

白坂 行康 (シラサカ ユキヤス) (株)日本 AE パワーシステムズ 変圧器事業部 設計部 主管技師

棚次 亮太 (タナツグ リョウタ) (株)日本 AE パワーシステムズ 変圧器事業部 モールド変圧器部 技師

**要約** 変圧器は、効率的な大電力輸送のための昇圧、使用し易い電圧への降圧、また電力ネットワークの構築など、電力送配電システムの要である。本稿では、変圧器が1885年に発明された由来からその技術変遷および変圧器で発生する無負荷損失や負荷損失など各種損失項目の詳細内容と低損失化技術を説明している。また、省エネ法の特定機器に指定され、省エネ基準のトップランナー対象製品であるモールド変圧器の低損失化技術とその効果を記述した。電力用変圧器の効率は一般に99%を超えて非常に高効率の製品であるが、より一層の低損失化が図られている製品でもある。

## 1. はじめに

変圧器は、送配電系統の中であって、交流電源による交番磁界での電磁誘導作用によって、送電電圧の昇圧、降圧を行っている。この送電電圧を高くすることにより、送電線で発生する損失を大幅に低減し、長距離・広範囲の大電力送電を可能にしている。従って、変圧器の適用自体が送配電システムの省エネを担っており、変圧器が発明されたことによって、交流送配電システムが成り立っていると言っても過言では無い。

変圧器は、直流による電力送電が常識であった1885年に発明された。発明されて直ぐに国際博覧会の照明に活用され、電灯回路の並列結線による安定的な電源供給など、その技術的優位性は直ぐに発揮された。当時は、電気の利便性に対する認識が高まって来ている時代であり、エジソンを筆頭に直流による電力事業も開始され始めていた。一方、拡大する需要に対し、直流による配電では、その電流値の増大に対する送電範囲の限界も表面化して来た。その後、1889年開催のシカゴ国際博覧会での会場照明システムに交流システムが採用される経緯などに代表される、直流システムと交流システムの戦いを経て、一気に交流システムが世界へ適用拡大されると共に、電力需要の急激な増大に従って、送電電圧の高電圧化が進み、その系統連係に必要な変圧器の高電圧化、大容量化も急激に進んで行った。

現在の電力用変圧器では、一般にその効率は99%以上になっていると考えられており、機器全体から見ると基本的には非常に高効率な製品であると思われるが、拡大した送電システムでは更なる高効率化が追

求され、更に最近特に重要となっている損失低減によるCO<sub>2</sub>削減など環境性能向上が必要となっており、変圧器においてもその材料面、構造面、運用面など多角的に低損失・高効率化の開発が進められている。

本稿では、まず電力用変圧器の損失に関する一般的な内容、変圧器自体の低損失化技術、その概略開発内容などと、低損失変圧器の代表としてのトップランナーの対象となっているモールド変圧器の低損失化の概要などを主体に紹介していきたいと考える。

## 2. 変圧器の変遷<sup>1)~4)</sup>

変圧器は、1885年にハンガリーで発明された。当時は空気絶縁、空気冷却方式で、電圧は1、2kV程度、容量は10kVA以下であった。現在の変圧器は、電圧で1000kV超、バンク容量で3000MVA級の開発にまで進み、電圧で3桁、容量で2桁の高電圧、大容量化が進められて来た。

変圧器の電圧変換の原理は電磁誘導作用で、1836年にファラデーによって発見された。その試験で使用された電磁誘導試験コイルを図1に示す。磁路を介したAおよびBのコイル間で電磁誘導作用が検証された。

1885年に発明された、閉路式磁気回路の鉄心が初めて適用された変圧器の写真を図2、3に示す。図2は、内鉄形変圧器で、図3は外鉄形変圧器の写真である。現在鉄心の材料として一般に使用されている珪素鋼板がまだ開発される前の時代であったが、変圧器の発明当時から、内鉄形(Core type)と外鉄形(Shell type)の両方があった事になる。