

直流超伝導送電システムの開発

1. まえがき

中部大学では2000年から文部科学省の援助を得て超伝導送電システムの基礎研究と関連技術の開発をはじめた。そして、2006年には高温超伝導体(HTS)を用いた長さ20m級の直流超伝導送電システムを複数の企業や大学の協力を得て製作した。幸いにしてこの装置は世界初のHTSを用いた直流超伝導送電実験装置となった。そして、これを用いて色々なアイデアを試し、当初予定した目標を達成できる実験結果を得た。このため、より長いシステムのための検討を行ってきた。その後、2008年になり、ナノオプト社(代表は藤原洋氏)からの援助で200m級の実験装置を建設することになった。設計は2008年中に完成し、機器の発注を行った。そして、2009年8月から装置建設を始め、12月末には完成した。その後、2010年1月からクライオスタット及び断熱2重管の真空排気を行い、冷却を開始した。1月末にはケーブル全体が超伝導に転移し、2月から液体窒素循環実験を開始した。そして、2月中旬からは通電実験を開始し、3月上旬まで実験を行った。現在(2010年9月)は、第2回目の冷却通電実験中である。実験装置写真を図1に示す。

2. 直流超伝導送電の特長

今までは交流送電が一般的であるため、多くの国では交流超伝導送電プロジェクトが実施されてきた。しかし、超伝導は大電流・直流が得意な技術である。交流では「交流損」と言われる実効抵抗が発生すると同時に3本ケーブルが必要である。一方、直流では原理的には抵抗はゼロであり、1本ケーブルで送電可能であるため、損失が少なくコストを下げる事ができる。更に、小型になるため冷凍機への熱負荷が下がり、冷媒循環のための圧力損が低下するなどの特長がある。即ち、直流にすることによって超伝導技術普及で最大の障害の一つである高価格をかなり低減できる。

更に、電力需要の80%以上直流であり、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーでは、直流の技術的合理性が高いため、今後は両者を結ぶ送電ケーブルに直流が導入されることが予測されている。このため、2010年8月の米国電気電子学会(IEEE)の応用超伝導学会では、複数の直流超伝導送電プロジェクトが報告された。

中部大学では、以上の直流超伝導送配電の一般的な特長を生かすために、低温機器への熱侵入を低減する技術開発を行ってきた。一つは、端末部で常温部と接続するため、ここでの熱侵入は大きくなるが、ペルチェ材料を用いて低減を行っている。更に、液体窒素循環動力を低減するために、コルゲート管ではなくて直管を多用すると同時に

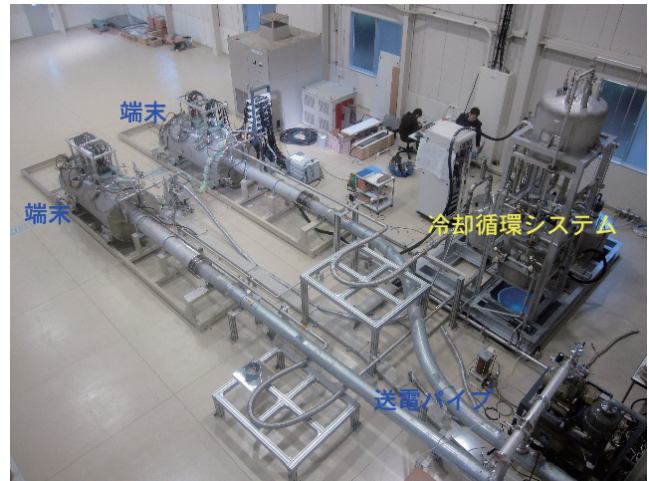


図1 200m級直流超伝導送配電実験装置

サイホン現象の利用を念頭に検討を進めている。そして、断熱2重管での熱輻射シールド性能を向上するためステンレス内管には亜鉛メッキをしている。そして、コストを下げるために外管には鉄管に亜鉛メッキをして使っている。また、超伝導ケーブルの熱応力を最小にする支持構造を採用している。

実験装置の仕様は、電圧±10kV、電流>2kA@80Kであり、同軸ケーブルである。また、冷媒循環量としては10L/min程度を標準値としている。

3. 今後の研究課題と応用

超伝導技術が広く使われるためには、安価で安定な超伝導線材が必要である。幸いにして長年の技術開発によって解決されつつある。このため、実際の応用を目指した技術開発が必要となる。このため、主な研究課題は、低熱侵入システムの構築となる。特に、長い距離を安定に冷媒を循環することが重要となる。このためには、ケーブル構造や支持方法なども重要な研究課題である。

応用先は、大電力を使う工場・データセンターなどがまず上げられるであろう。長距離化の目標としては、10kmから20km程度ができれば完成であると考えている。つまり、その程度の距離毎に冷却ステーションを設置するからである。そして、最終的には地球規模の送電網の構築があり、技術的に完成すれば21世紀最大のインフラ投資になると考えている。これによって、再生可能エネルギーや原子力の効率の利用が可能となり、同時に世界平和にも貢献できると信じている。

山口 作太郎 (中部大学)

(平成22年9月22日受付)