

縦磁界効果を利用した高電流密度 超伝導電力ケーブル

九州工業大学 松下照男

九州工業大学新技術説明会
2009年12月11日

1. はじめに

地球環境問題: **CO₂削減**

- ・CO₂排出を伴わない**自然エネルギー**
太陽光発電、風力発電
→ 新たな**長距離**に及ぶ電力網(主として直流)の整備
- ・CO₂の削減
エネルギー利用の高効率化
発電ロス、**送電ロス**の低減

長距離送電(1.2 GW)を高電圧(400 kV)で行った場合
距離が1000 kmであれば、損失は**10%** (ABB)

超伝導体の特長

- ・電気抵抗なしに直流電流を流せる。→ エネルギー損失なし
(冷却のために多少の電力を必要とする)
- ・大電流を流すことが出来る
 - 銅線: 20~30 A/mm²
 - 超伝導線: 500 A/mm²

超伝導電力輸送のメリット

- ・CO₂削減効果
- ・大電流(低電圧)送電が可能
 - 変電設備の簡略化、絶縁が容易

クールアース21の一つの技術課題

現在、世界中で多くの超伝導電力輸送プロジェクトが実施、計画されている。

現状

超伝導線材が高価

現在： 10 円/Am程度

NEDOプロジェクト(H20-24)で3 円/Am

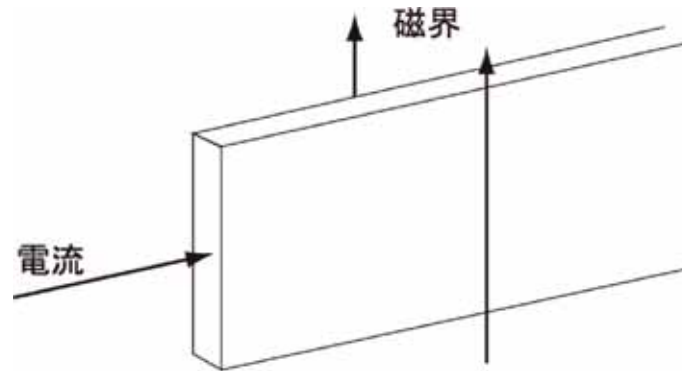
→ 一層の価格低下が必要

今回、新しい技術により、使用線材量の低減を可能にし、
実質的な超伝導線材の価格低下を実現する
(いつでも使える技術)

2. 新技術の背景

通常の状態

超伝導体に電流を流したとき、磁界は電流に垂直となる
(横磁界)



この状態では超伝導体の中の量子化した磁束にローレンツ力が働く

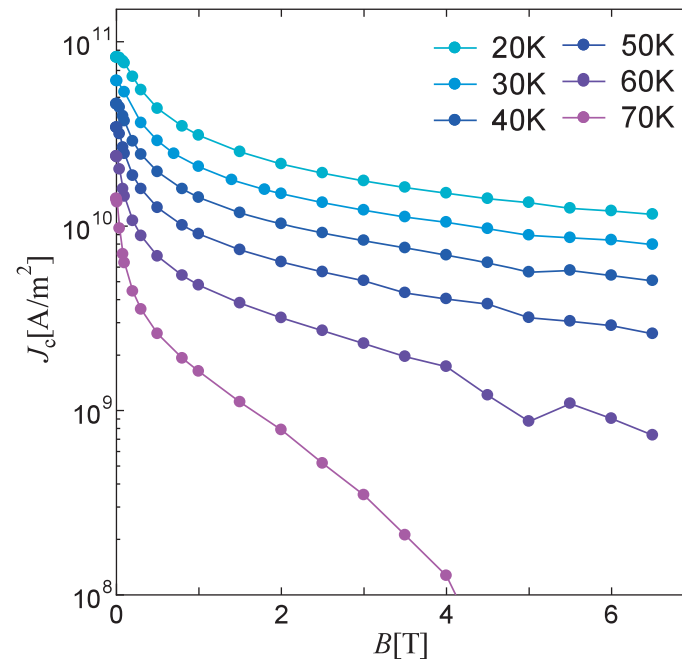
その力で磁束が動けば(速度 v)、電界が生じ、**抵抗が発生**

$$E = B \times v$$

実際の超伝導体内では内部の欠陥(ピン)が磁束の動きを止めるため、**電気抵抗なし**に電流を流せる。

最大電流密度：**臨界電流密度 J_c**

磁界が強まると超伝導性が弱くなり、臨界電流密度は低下

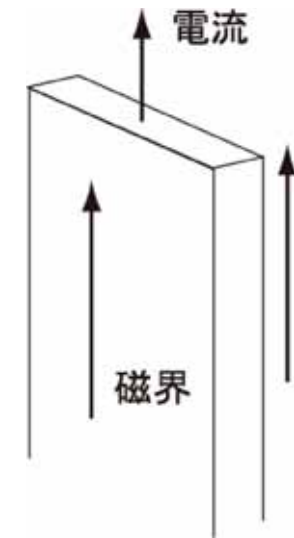


このため、大きな電流は自己磁界が強まるので流せない。

縦磁界下ではローレンツ力が働かない

$$\mathbf{J} \times \mathbf{B} = 0 \text{ (force-free状態)}$$

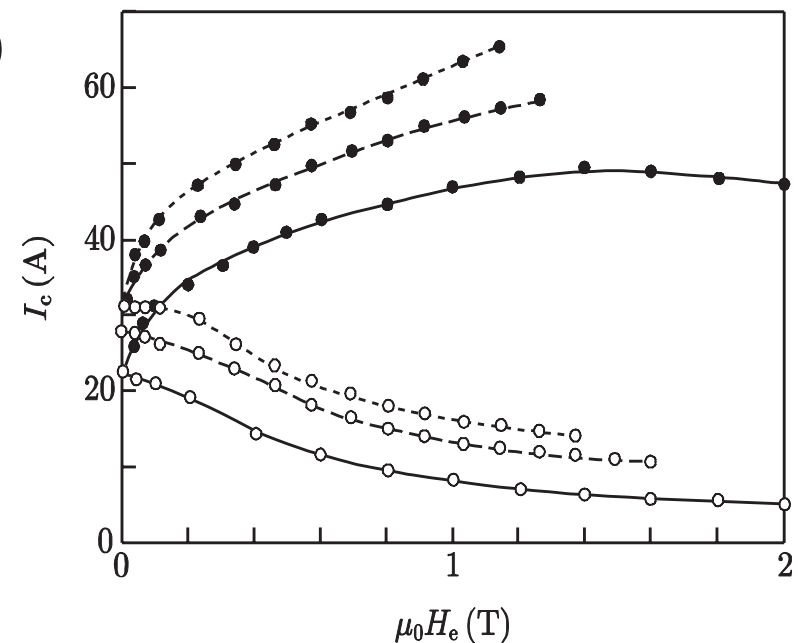
(\mathbf{J} と \mathbf{B} が平行)



このため、臨界電流密度は減少することなく、むしろ磁界の増加とともに増加 (縦磁界効果)

したがって、

故意に縦磁界を生じるように、ケーブル構造を考案



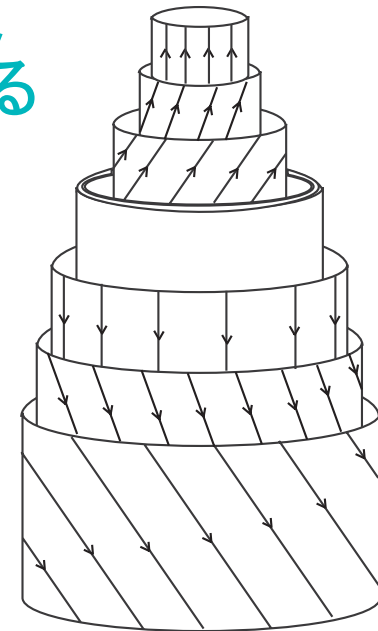
3. 新技術の紹介

往復ケーブルの場合

往路と復路では**逆方向に捩り**、生じる**縦磁界が強まる**ようにする。(通常は、往路、復路ともに平均捩れ角を0とし、縦磁界を生じないようにする)

このとき、とくに内側導体では電流と磁束が互いに平行なforce-free状態が実現する超伝導線の配置にする。

捩れ角は導体径等の形状と電流容量により決定される



3相交流等の場合(外側は遮蔽用)

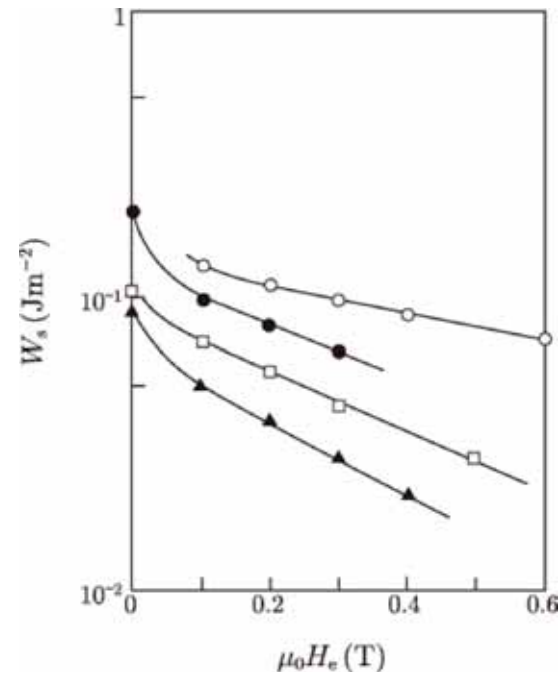
自身で縦磁界を作ることができるので、**内側だけでもforce-freeに近い状態とすることが可能**

(外側は縦磁界を補助的に作ることにより多少貢献)

したがって、**内側導体の構造が重要で、これでほとんど特性が決定**

交流電損失も低減

(臨界電流密度の増加が影響)



振らなかった場合とforce-free状に振った場合の使用超伝導線材量の比較(外側の貢献も考慮)

仮定したパラメーター(77 K)

超伝導コート線材テープ(0.1 mm厚)

$J_e = (5.0 + 4.0B) \times 10^8 \text{ A/m}^2$ (縦磁界下の工業的臨界電流密度)

横磁界下については実測値と同様な磁界依存性

内側半径: 40mm、外側半径: 50mm

| 層数 | 電流容量 [kA] | 内側使用線材* |
|----|-----------|---------|
| 4 | 51 | 82% |
| 5 | 68 | 71% |
| 6 | 88 | 61% |
| 7 | 110 | 53% |

* 振らなかった場合を100%とする

縦磁界効果を利用した本提案方法を採用することにより使用する**超伝導線材量を大幅に削減**でき、今後急速に実現されてゆく**線材コストの低下**と合わせて、超伝導電力送電の実現が加速されると期待される。

プラス要因

省エネルギー

自然エネルギーの利用促進

グリッド

CO₂削減目標達成

将来の市場

全国

環日本海エネルギー・ループ

サハラ・ソーラー・ブリーダー計画



今後の方針

- 縦磁界下の超伝導線材の臨界電流特性測定
(ケーブル設計の基礎データの収集)
(Bi, Pb)-2223線材、RE-123コート線材
- 高特性線材の開発
- 超伝導ケーブルの設計
- 実証試験

超伝導技術の重要性

エネルギー関係だけでなく、輸送、医療、産業、その他に広く
関わる**国家戦略的な基幹技術**

現在、世界をリードしているわが国の超伝導技術を結集して、
超伝導送電を実現し、日本の技術として世界に広めてゆく必
要性

この機を逃すと日本の超伝導技術が埋没してしまう可能性が
ある

4. まとめ

- ・CO₂削減が強く求められている現在、省エネルギー、自然エネルギーの利用促進の両面から、超伝導電力輸送の実現が期待されている。
- ・今回、縦磁界効果を利用して使用する超伝導線材量を大幅に削減できる、新しいタイプの超伝導ケーブルを提案。これと近い将来に予測される超伝導線材の価格低下とにより超伝導ケーブルの経済性の問題が克服できると予想される。
- ・以上の二つの効果により、超伝導電力送電の実現が期待されるとともに、超伝導応用産業の急成長が期待される。

本技術に関する知的財産権

出願人： 九州工業大学
発明者： 松下照男
発明の出願番号： 特願2009-227295
名称： 超伝導ケーブル及び交流送電ケーブル

お問い合わせ先

国立大学法人九州工業大学
産学連携推進センター 知的財産部門
TEL **093-884-3499**
FAX **093-884-3531**
e-mail **chizai@jimu.kyutech.ac.jp**