

【課題名】風力発電等再生可能エネルギー向け低損失アモルファス鉄心を用いた高電圧・大容量変圧器の開発(委託and補助)

【代表者】㈱日立製作所 梶原 祐一

【実施年度】平成27～29年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

電力流通システムに用いられている変圧器は、省エネ法にトップランナー方式が盛り込まれ、配電用向け小容量クラスの変圧器が対象となった。アモルファス鉄心を用いた変圧器は珪素鋼板鉄心を用いた変圧器に比べて待機電力が約1/3に低減でき、6.6kV 2000kVA 変圧器が製品化されている。本応募では、より多くのCO2排出削減が見込める送変電分野における損失低減を図るため、高電圧66/77kV以上大容量30MVAアモルファス変圧器の開発を目的とする。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【大型ハイブリッド・アモルファス 要素モデル(鉄心)検証】

アモルファス鉄心と珪素鋼板鉄心とを組み合わせたハイブリッド鉄心構造を検討し、計算機シミュレーションおよび要素試作により検証する。ハイブリッド構造は、より透磁率の高い珪素鋼板側に磁束が流れることで鉄心の設計磁束密度を上げて製品のコンパクト化を図る狙いであり、アモルファス鉄心変圧器の高磁束密度化に見通しをつける。また構造的な性能面では製作上で必要とされる約2mの長さの鉄心を試作し自立性を確認する。

(実用化レベルに平成27年度到達)

A2.【大型ハイブリッドアモルファス プロトモデル(単相)検証】

巻線を組み合わせた変圧器としての機能検証を目的に、10MVA単相器を試作する。この試作を通じて大容量向けに必要なアモルファス長尺の加工法の検証、変圧器としての巻線の支持構造を検証する。また、試作器の性能試験から、変圧器としての性能を満たすこと、また鉄損値が従来比約50%低減できることを確認する。

(実用化レベルに平成28年度到達)

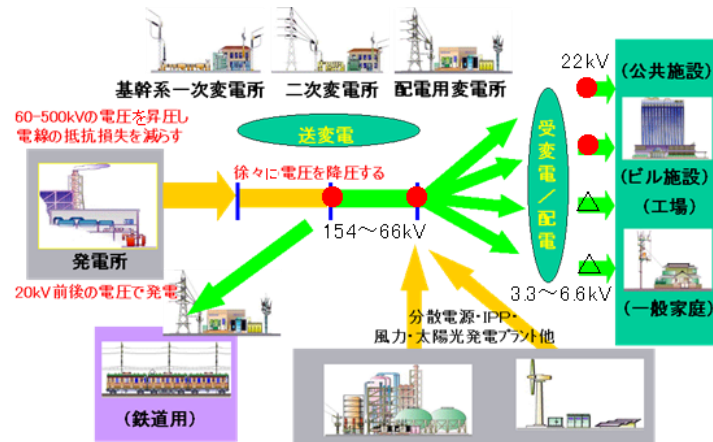
A3.【大型ハイブリッドアモルファス フルモデル(三相)検証】

66kV級30MVAアモルファス鉄心三相器を試作する。試作三相器では単相器と比較してアモルファス鉄心が更に大型化するため、焼鈍炉を構築し製作・供給が可能であることを確認する。また、前年度試作単相器の巻線・鉄心支持構造を基に三相器へ技術展開し、更に再生可能エネルギー特有の高調波に耐える絶縁物を利用した大型アモルファス鉄心三相器を試作する。試作した30MVA三相器を対象に性能試験を実施し、変圧器としての性能を満たすこと、また鉄損値が従来比約50%低減できることを確認する。

(実用化レベルに平成29年度到達)

③【システム構成】

発電所で生産された電力は消費地近傍で順次電圧を下げて送電される。風力発電等再生可能エネルギーを含む送変電分野を対象とした高電圧・大容量アモルファス鉄心変圧器は、多くのCO2排出削減が見込める。



システム構成：試作器

	'15 (要素モデル)	'16 (プロトモデル)	'17 (フルモデル)
試作内容	方向性珪素鋼板 アモルファス材 支持構造 鉄心形状 鉄心質量 1.2t 鉄心構造検証モデル	1900 鉄心質量 6t 巻線質量 3t 単相10MVA変圧器	66kV三相30MVA
開発技術	鉄心支持 損失性能	巻線支持 冷却性能	製品化技術
目標	無負荷損失(鉄損) 珪素鋼板の1/2	同左	同左

④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザ・利用価値:

想定するユーザ: 洋上風力発電システムの運用者
ユーザにもたらす価値: 損失低減による売電電力量の増大

○目標となる仕様及び性能:

仕様: 容量30MVA、66/77kV級、油入三相器
性能: 鉄損(無負荷損失) 約50%低減(従来器比)

○開発工程のリスク・対応策: 大容量高電圧化に伴うアモルファス鉄心製作上の大型化でのリスクを想定。発生した場合は、現行品珪素鋼板との組合せにより対処。

(2) 実施計画等

①【実施体制】

技術開発代表者

(株)日立製作所
電力ビジネスユニット
電力生産統括本部 送変電生産本部

共同実施者

(株)日立産機システム 事業統括本部
受配電・環境システム事業部

(高電圧・大容量アモルファス鉄心変圧器の製造、販売)
高電圧・大容量変圧器について
60年以上の製造実績あり

(高電圧・大容量アモルファス鉄心変圧器のアモルファス鉄心の製作)
中・小型容量のアモルファス鉄心変圧器の製造実績あり

②【実施スケジュール】

		H27年度	H28年度	H29年度	合計
委託事業費 (間接経費含) ①	大型ハイブリッド アモルファス 要素モデル (鉄心)検証	26,147千円			26,147千円
補助金事業費	プロトモデル (単相)検証		69,299千円		
	フルモデル (三相)検証			178,493千円	165,702千円
補助金所要額 (1/2) ②			34,649千円	89,247千円	123,896千円
経費合計 (①+②)		26,147千円	34,649千円	89,247千円	150,043千円

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者 (株)日立製作所

- ・2018年度 量産化検討
- ・2019年度 66kV製品化

○事業展開における普及の見込み

- ・実用化段階コスト目標:従来品の1.1倍以内
- ・負荷率想定:30%程度

○年度別販売見込み

年度	2020	2025	2030
目標販売台数(台)	176	240	240
目標累積販売台数(台)	264	1464	2664
目標販売価格(p.u.)※従来比	1.5	1.1	1.1

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・66kVクラス以上でのトップランナー適用といった政府主導のCO2削減強化が必要。
- ・鉄心の更なるコスト低減で、新たなマーケットの掘り起こしが必要

④【エネルギー起源CO2削減効果】

開発品(装置/システム)1台当たりのCO2削減量(t-CO2/台・年) 38.54

年度	2020	2025	2030
CO2削減量(万t-CO2/年)	1.02	5.65	10.27
累積CO2削減量(万t-CO2)	1.36	20.35	62.45
CO2削減コスト(円/t-CO2) (2020年度は不要) =環境省から受ける補助総額(円)÷当該年度までの累積CO2削減量(t-CO2)		737	240

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・30MVA三相アモルファス鉄心変圧器の試作器を作成
- ・無負荷損(鉄損)が従来の珪素鋼板鉄心変圧器に比べて66%低減を確認(目標50%低減)

②【CO2削減効果】

○2020年時点の削減効果 (試算方法パターン B-a, II - i)

- ・国内潜在市場規模: 265台
- ・2020年度に期待される最大普及量: 265台
- ・開発機器1台当たりのCO2削減量: 38.54t/年
(従来型の同様システム: 72.27t/年)
- ・年間CO2削減量: 1.02万t-CO2

○2030年時点の削減効果 (試算方法パターン B-a, II - i)

- ・国内潜在市場規模: 2665台
- ・2020年度に期待される最大普及量: 2665台
- ・開発機器1台当たりのCO2削減量: 38.54t/年
(従来型の同様システム: 72.27t/年)
- ・年間CO2削減量: 10.27万t-CO2

③【成果発表状況】

- ・小林 他, “ハイブリッドアモルファス鉄心の鉄損解析技術の開発”, 平成29年 電気学会 電力・エネルギー部門大会, (11-3変圧器 I -353), 2017/9/6
- ・小木 他, “ハイブリッドアモルファス鉄心変圧器の開発に関する基礎検討”, 平成29年 電気学会 電力・エネルギー部門大会, (11-3変圧器 I -354), 2017/9/6
- ・Naoyuki Kurita, et al., “Magnetic Properties of Simultaneously Excited Amorphous and Silicon Steel Hybrid Cores for Higher-Efficiency Distribution Transformers”, 2018 IEEE international magnetics conference (Intermag 2018), presentation No. GU-03, (2018/4/27, Singapore)
- ・"技術革新 電力・エネルギー 研究開発 2.高効率を実現する大容量アモルファス変圧器", 日立評論, Vol.100, No.1, 2018, pp.106-107

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- ・2018年度 量産化検討
- ・2019年度 66kV製品化

○事業拡大シナリオ

年度	2018	2019	2025	2030 (最終目標)
低コスト化 技術開発	→			従来比 1.1倍
小型化 技術開発	→			三相3脚 構造
環境対応 技術開発	→			植物油 適用

○シナリオ実現上の課題

- ・66kVクラス以上でのトップランナー適用といった政府主導のCO2削減強化が必要。
- ・鉄心の更なるコスト低減で、新たなマーケットの掘り起こしが必要。

○参考資料 30MVA試作器製作手順



CO₂排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 7.3点（10点満点中）
- 評価コメント

[技術開発として優れている点]

- 30MVA変圧器の開発において、当初の目標値を上回り鉄損が従来品に比べて約1/3になることを確認し、洋上風力への適用を想定して波動に対する耐性や特有の電流波形への対応に関しても十分検証しており、洋上風力計画が軌道に乗ってきた場合に採用されうる技術として高く評価できる。

[今後の課題]

- さらなる性能向上、量産技術の開発、コンパクト化、更なる低コスト化とともに、積極的なプレス発表や特許取得など外部への発信により製品の早期普及を望む。

[その他]

- 日本の材料技術の強みを生かすことで国際的な市場での展開の可能性もあるため、継続した開発を期待する。