

ITER ; TF/PFコイル用絶縁材料の研究開発

Research and Development of Insulating Materials for TF/PF Coils of ITER

1. 会社概要
2. TF/PFコイル用絶縁材料の開発概要
3. 耐放射線性絶縁材料の研究状況
(原型炉プロジェクト)

〈資料枚数：14枚〉



2024/01/15
株式会社 有沢製作所
イノベーション推進本部
成形材料開発部

1. 有沢製作所 会社概要

Arisawa Company Profile

1. 会社名 : 株式会社 有沢製作所 (東証プライム上場)
2. 創業 : 1909年4月8日
3. 資本金 : 784千万円 (2023年3月末)
4. 従業員数 : 1458名

(有沢製作所 ; 599名、国内子会社 ; 370名、在外子会社 ; 489名)



ARISAWA

当社のロゴが
100年ぶりに刷新

皇室へ献上されたバテレース
(当社創業時の製品：約2mΦ)

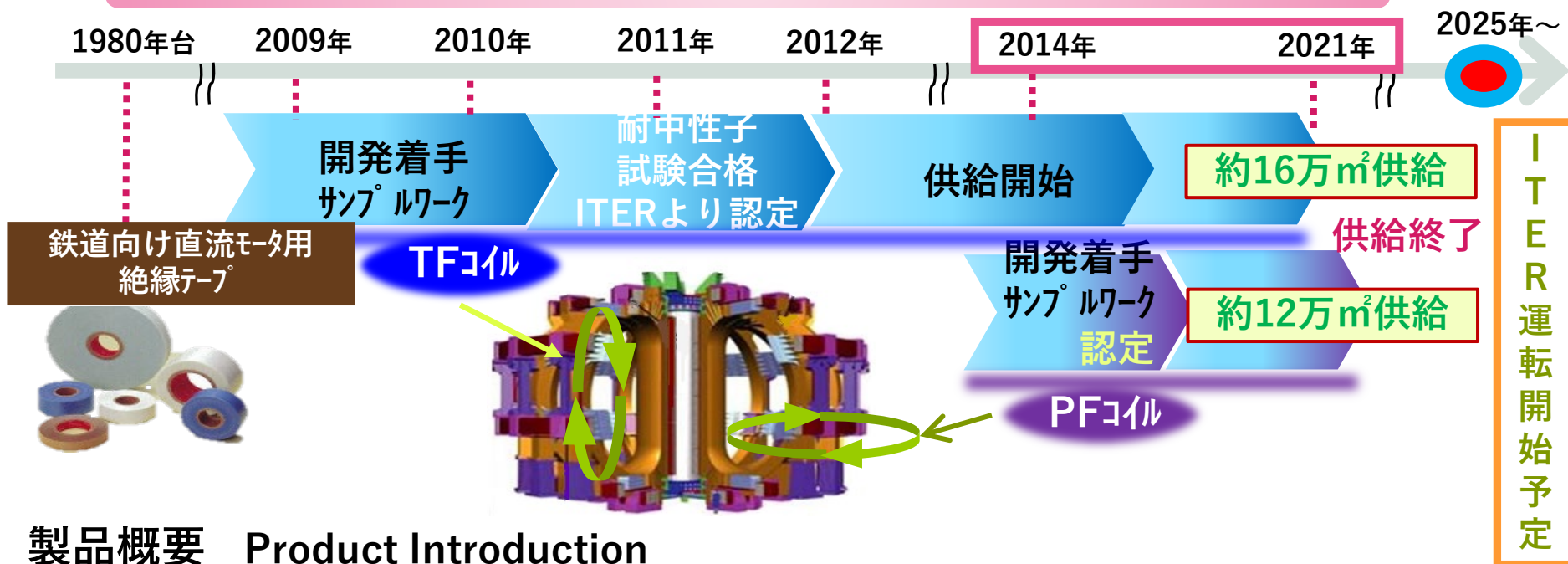
【当社コア技術】



有沢製作所は様々な分野を支える材料メーカー

2. TF/PFコイル用絶縁材料の開発概要 Development of Insulating Tape for TF/PF Coiles

◆1980年台の絶縁テープ製造ノウハウを基盤技術として開発



製品概要 Product Introduction

	TFコイル用絶縁テープ	PFコイル用絶縁テープ
品名	SGK1-5	GKテープ
構成外観	 S2ガラスクロス 樹脂 ポリイミドフィルム	
樹脂	シアネートエステル/エポキシ系	エポキシ系

a. 耐中性子線性

Neutron radiation resistance

b. 導体へのワインディング性

(剥がれずに巻けること)

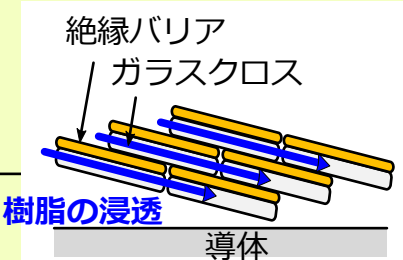
Winding to conductor

c. 注型時の真空含浸性

Vacuum impregnation during casting

特性比較

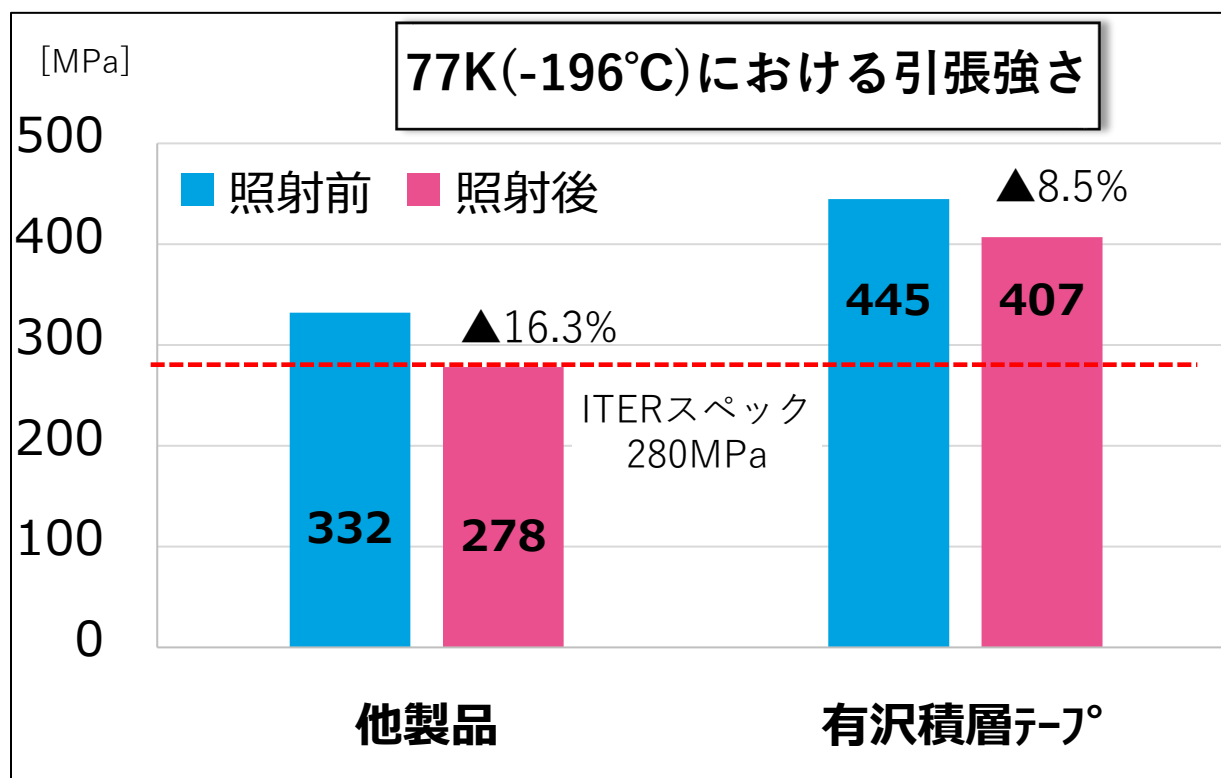
Comparison of characteristics

		当社開発品	他社品
S2 ガラスクロス 樹脂 ポリミドフィルム	基材	S2ガラスクロス 0.13 基材設計、製織	S2ガラスクロス
	樹脂	シアネートエステル/エポキシ 樹脂設計	?
	ポリミドフィルム	A社 基材+樹脂+PI の貼合せ、加工	B社?
	特性		
	Tg [°C]	150	—
ユーザー評価	a 耐中性子線性	○	×
	b ワインディング性	○ 	×
	c 真空含浸性	○ 	剥がれやすい
			— ?

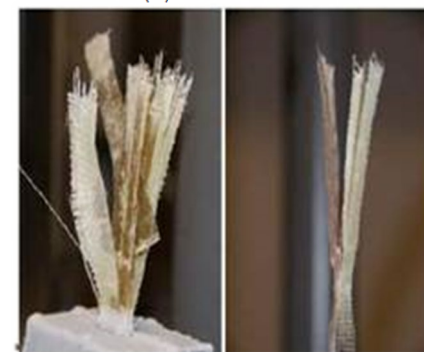
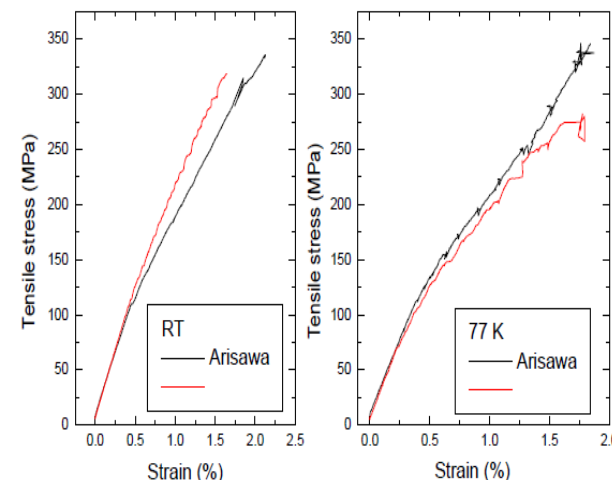
耐中性子線性 Neutron radiation resistance

- ◆当社貼合せテープの耐中性子線性は、
 - 照射前後、最大引張強さ（UTS）
 - 照射後、UTS低下率を10%以下に抑制

ITER要求をクリア



※照射中性子線量： $2 \times 10^{22} / \text{m}^2$



他社

ARISAWA

TF/PFコイル用絶縁テープとして採用



コイル導線



GKテープ

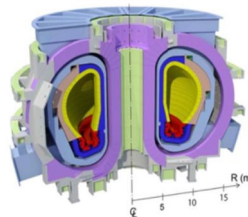
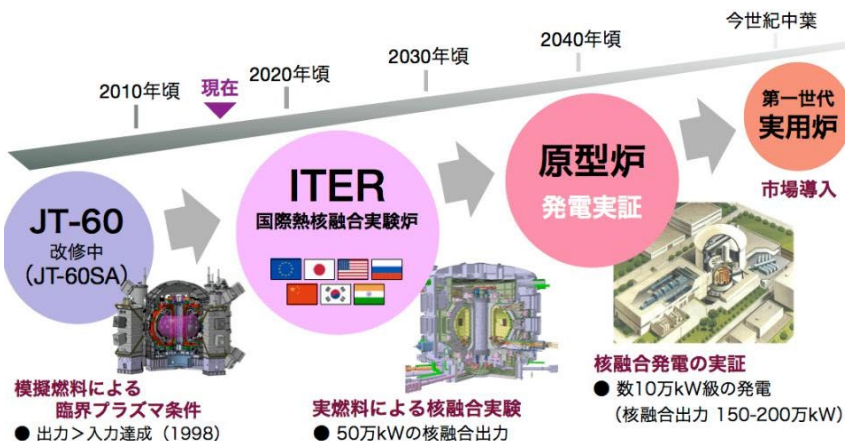


フランス/カダラッシュで建設中



【原型炉プロジェクト】 DEMO reactor project

・現在のITER計画と並行して、21世紀中ごろに発電実証を目指す



【原型炉設計特別チーム】



耐放射線性絶縁材料の特性データの取得

研究代表者：福井工業大学 西嶋 茂宏

福井工業大学 ; 砂川武義 野村直希
 大阪大学 ; 秋山庸子
 名古屋大学 ; 山中淳彦
 核融合科学研究所 ; 岩本晃史 高畑一也 今川信作
 (株)有沢製作所 ; 戸田 良彦 平井正明
 昌立工業(株) ; 遠山喜克
 量子科学技術
 研究開発機構 ; 坂本宜照 宇藤裕康

【研究目的】 Purpose of Research

耐放射線性絶縁材料の選択の方向性を示す。

基本的にポリイミドフィルムを配置した、ITERで採用のTF/PFコイル用絶縁テープ(GKテープ、SGK1-5)あるいは、それをベースにした改良



【原型炉のコイル用絶縁テープとして解決しておく事項】

A；実用的側面

ポリイミドフィルムが層間せん断強度を低下させる可能性の検証

→ 絶縁特性は改善できるが機械特性の低下の恐れ

B；基礎的側面

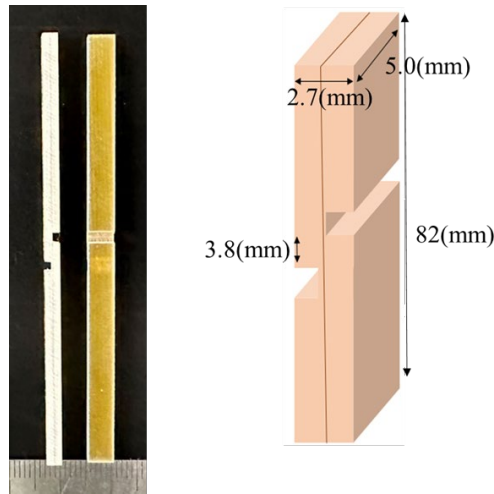
GFRPの応力下での絶縁特性の解明(ポリイミドフィルム無)

→ 樹脂あるいは織物の選択基準の明確化

A,Bを総括したうえで耐放射線特性の解明

A ; 実用的側面

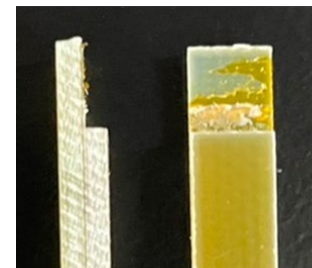
ポリイミドフィルムが層間せん断強度(ILSS)を低下させる可能性の検証



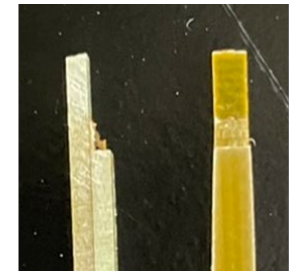
NAL治具 by JAXA
National Aerospace Laboratory of Japan

Number	Temperature	Average(MPa)	Standard deviation
GFRP	RT	56.4	0.3
GKG	RT	45.8	2.0
GFRP	LNT	96.3	2.1
GKG	LNT	79.9	22.9

フィルムの挿入でILSSが20%程度低下



RT



LNT

(試験機の容量不足で細くしている)

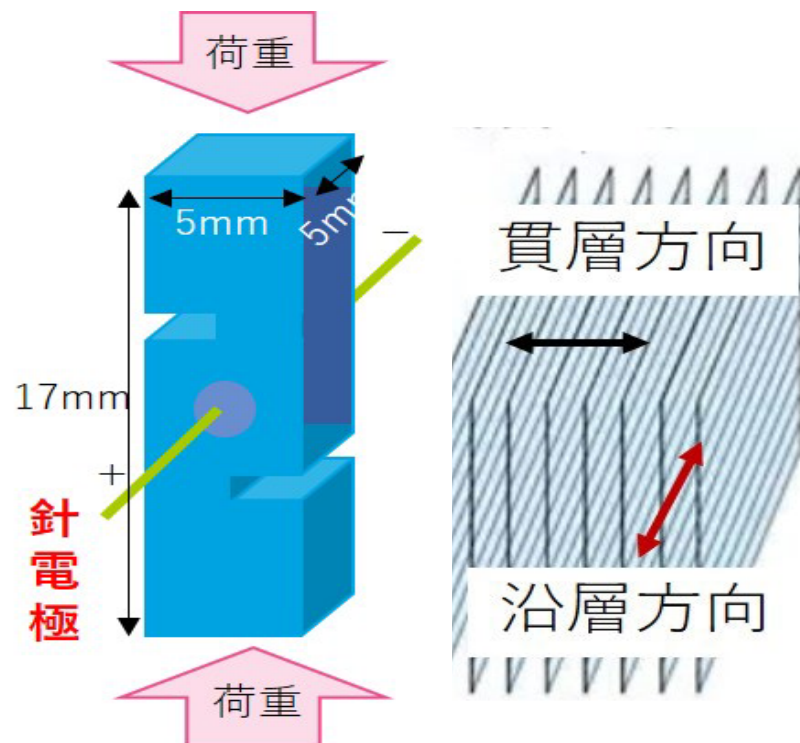
貼合せ材を使用する際はGFRPより低いILSSを想定する必要がある

B ; 基礎的側面

GFRPの応力下での絶縁特性の解明(ポリイミドフィルム無)

これまで静的な状態での絶縁耐圧(BDV)中心に材料選択
→応力下でのBDVはどうか？

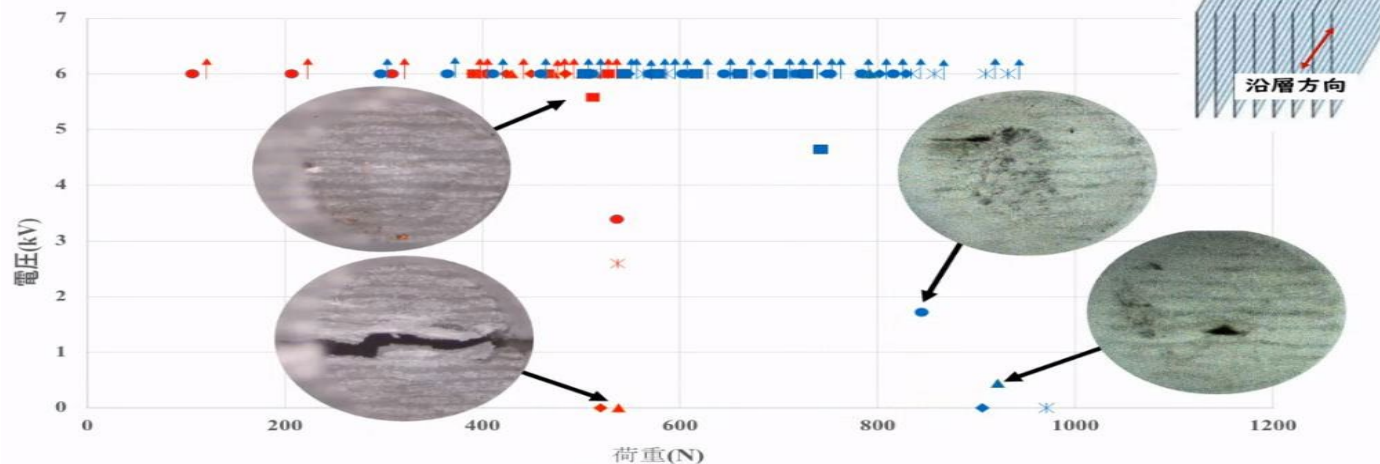
圧縮せん断応力下BDV



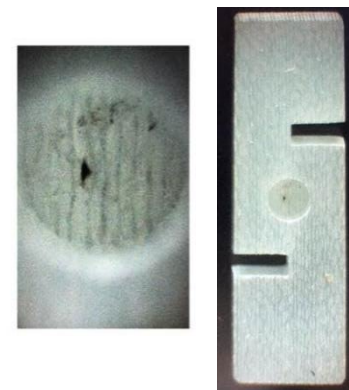
巨視的欠陥の導入が無い状態にも関わらず、BDVが低下

圧縮せん断応力下GFRP(沿層方向)のBDV

BDV in along layer under shear stress



試験体への荷重と電圧の関係(赤：室温(RT)、青：液体窒素温度(LNT))



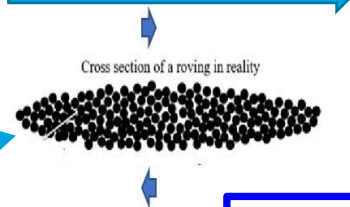
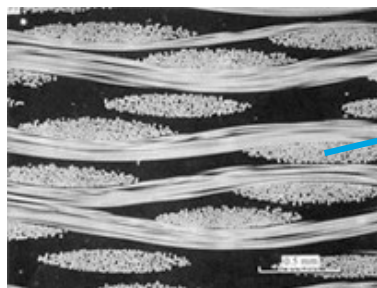
LN2下も同様

ヤーン(繊維束)/マトリックス間
フィラメント/マトリックス界面

応力により
微子欠陥導入

印加電圧時に

微子欠陥を連結して絶縁破壊経路が形成

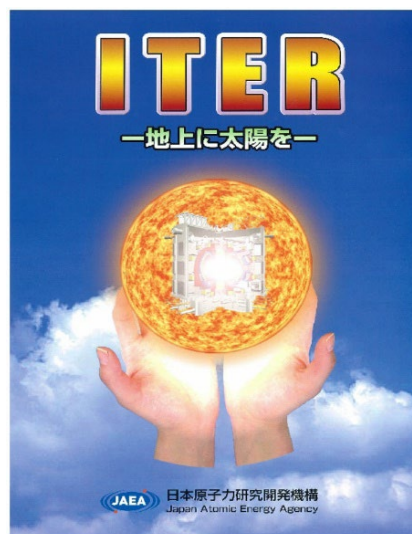


- ある応力を越えると絶縁性能の劣化
- 絶縁破壊は機械破壊に先行

【考えられる対策】

極低温下でも き裂導入が起こりにくいような繊維と樹脂の界面処理の工夫

- ・ 有沢製作所は、『**織る**』 『**塗る**』 『**形作る**』
のコア技術を用い、ご要望に応じた材料を
ご提供できます。
- ・ ITER、原型炉プロジェクトなど、超伝導分野における
絶縁性、耐放射線性、断熱性等に優れた材料設計及び
材料提供が可能です。



ご清聴ありがとうございました。

株式会社有沢製作所
平井 正明

m-hirai@arisawa.co.jp

TEL:025-524-1081