

# 超電導電力機器の適用技術標準化

(事後評価)

(2008年度～2012年度 5年間)

プロジェクトの詳細説明(公開)

(公財)国際超電導産業技術研究センター

標準部 田中 靖三 (2008年4月～2010年3月)

三村 正直 (2010年4月～2011年1月)

角田 好喜 (2011年2月～2013年2月)

参画機関: (公財)国際超電導産業技術研究センター、  
中部電力(株)、九州電力(株)、住友電気工業(株)、  
古河電気工業(株)、(株)フジクラ、昭和電線ケーブルシステム(株)、  
九州大学、東北大学

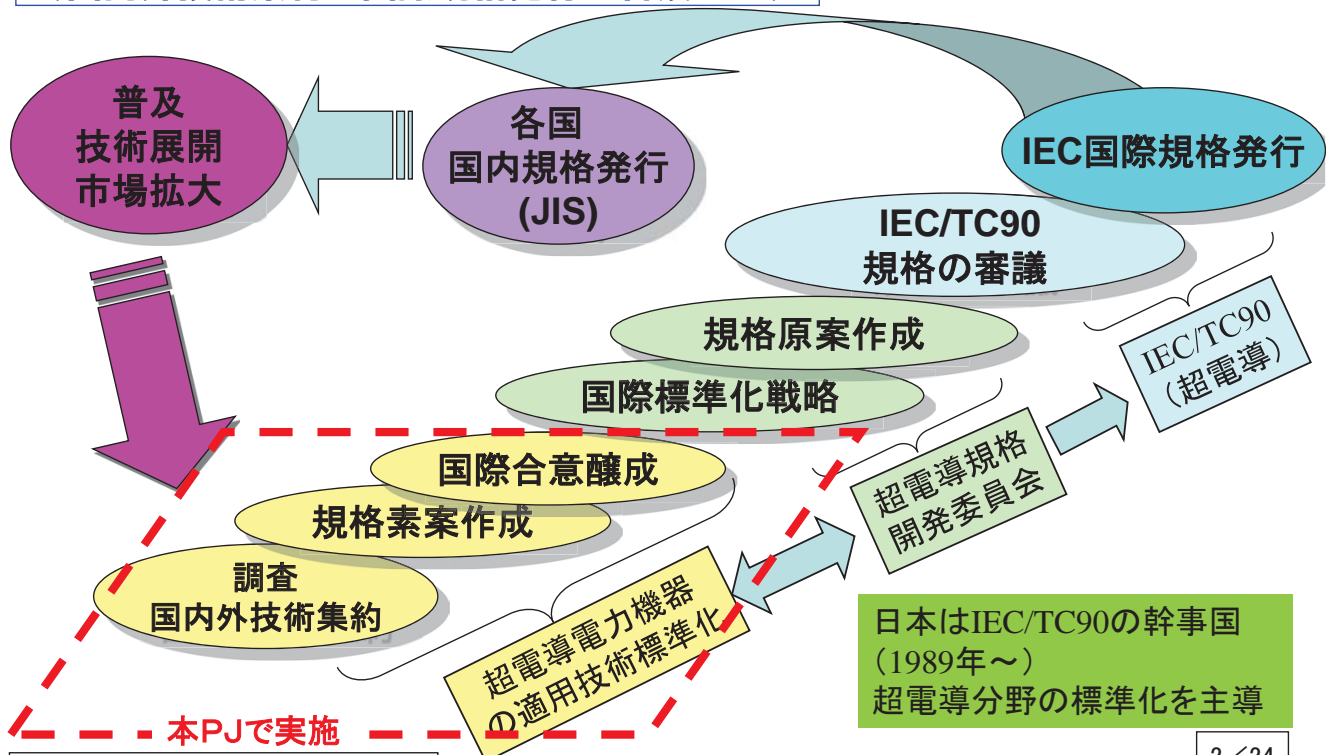
2013年8月9日

1/24

Ⅱ 研究開発マネジメントについて Ⅲ 研究開発成果について

公開

## 超電導電力機器関連の国際標準化 (国内外技術集約～国際規格発行～普及まで)



## 超電導標準化の状況

- 超電導関連用語  
1件(IEC60050-815:2000年発行)
- 超電導線材等(低温超電導、高温超電導)の試験方法の規格を発行  
16件(IEC61788-1~IEC61788-13、IEC61788-15~17)
- 電流リードの試験方法  
1件(IEC61788-14:2010年発行)

- 超電導線材の通則の規格化が進行中  
2件(IEC61788-20、IEC61788-21)
- Nb<sub>3</sub>Sn線材とBi系線材の機械的特性試験方法の規格化が進行中  
2件(IEC61788-18、IEC61788-19)

(本PJで実施)

- 超電導線材の通則の標準化を検討
- Y系超電導線材を含めた試験方法の標準化を検討
- 超電導電力ケーブルの一般要求事項(通則)の標準化を検討
- 超電導電力ケーブルの試験方法の標準化を検討
- SMESの標準化を検討
- 超電導変圧器等の標準化を検討

## 超電導機器の国際規格化の対象

標準化対象製品	海外の 開発状況	国内の 開発状況	標準化 ニーズ (緊急性)	本事業 での対 象	国際規 格の進 捗状況	関連機関
超電導線材	◎	◎	◎	○	●○	IEC/TC90 (試験方法で発行)
超電導電力ケーブル	◎	◎	◎	○	○	CIGRE TF→CIGRE WG →IEC/TC90+IEC/TC20 →J ahTF
SMES	○	◎	○	○	○	IEC/TC90, IEC/TC21, IEC/TC22
超電導変圧器	○	◎	○	○	○	IEC/TC90, IEC/TC14
超電導限流器	◎	△	△	△		IEC/TC90, IEC/TC17
超電導回転機	◎	△	△	△		IEC/TC90, IEC/TC2
電流リード	○	○	○		●	IEC/TC90, IEC/TC9 (IEC61788-14で発行)
超電導センサー	◎	◎	○		○	IEC/TC90, IEC/TC1, IEC/TC47
	◎ ↑ ○ ↑ △ ↑ 活発	◎ ↑ ○ ↑ △ ↑ 活発	◎ ↑ ○ ↑ △ ↑ 高い	○: 標準化 △: 調査	●: 発行 ○: 素案	

### 超電導電力機器の適用技術標準化における体制

	プレーヤー	会議
全体	ISTEC、中部電力、九州電力、古河電工、住友電工、フジクラ、昭和電線ケーブルシステムほか	超電導電力機器技術調査委員会 (松下委員長)
①超電導線材関連技術標準化	ISTEC、住友電工、フジクラ、中部電力、昭和電線ケーブルシステム、古河電工。九州大及び東北大と共同実施	超電導線材小委員会 (中尾委員長) ・超電導線材
②超電導電力ケーブル関連技術標準化	ISTEC、住友電工、古河電工、フジクラ、昭和電線ケーブルシステム	超電導電力ケーブル小委員会 (増田委員長) ・超電導電力ケーブル
③超電導電力機器関連技術標準化等	ISTEC、中部電力、古河電工、九州電力、フジクラ、昭和電線ケーブルシステム	超電導電力機器小委員会 (新富委員長) ・SMES、変圧器、限流器、回転機
関連TCほか	IEC/TC90(超電導)、 IEC/TC20(電力ケーブル)、 CIGRE(国際大電力システム会議)	IEC/TC90アドホックグループ3、WG13 IEC/TC90-20国内リエゾンアドホック会議→「超電導規格開発委員会」 CIGRE SC B1 WG31

### 超電導電力機器の適用技術標準化スケジュール

事業項目	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
①超電導線材関連技術標準化					→
	H20通則素案	H21通則素案	H22試験法素案	H23通則素案 試験法技術調査	H24通則・試験法素案 国内ラウンドロビンテスト(RRT)
②超電導電力ケーブル関連技術標準化					→
	H20通則素案	H21試験法素案	H22素案 国際合意醸成	H23通則・試験法素案 国際合意醸成	H24通則・試験法素案 国際合意醸成
③超電導電力機器関連技術標準化等					→
	技術動向・標準化ニーズ把握	超電導機器別特質 国内規制緩和指針	電力機器規格化マップ 国際規制緩和指針	H23素案骨子 冷却システム技術調査	H24標準化素案 国際合意醸成 規制提案資料

超電導電力機器の適用技術標準化における中間目標と達成状況

	中間目標	達成状況	達成度
①超電導線材関連技術標準化	超電導線材並びにその試験方法の規格素案を作成	各国のコメントを反映して「超電導線材に対する一般要求事項」及び「超電導線材の試験方法」の規格素案を作成	○
	IEC国際標準化合意の醸成	パネル討論会等において各国と意見交換を実施し、日本(JNC)提案の「超電導線材の国際標準化」の合意醸成に努めた	○
②超電導電力ケーブル関連技術標準化	超電導電力ケーブル並びにその試験方法の規格素案を作成	超電導電力ケーブル小委員会において、超電導電力ケーブルシステムに対する一般要求事項」及び「交流超電導電力ケーブルの試験方法」の規格素案を作成	○
	国際大電力システム会議CIGRE、他のIEC/専門委員会TC等とのIEC国際標準化合意の醸成	パネル討論会等において各国と意見交換をするとともに、CIGRE会議やTC20と連携して国際標準化合意の醸成に努めた	○
③超電導電力機器関連技術標準化等	超電導変圧器、SMES等の機器仕様並びにこれらの試験方法の標準化の基礎となるデータ等の体系化	技術動向並びに標準化ニーズ調査を実施し、これを基に規格素案作成を開始	○

事業原簿 Ⅲ-1.59

◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達成

7/24

超電導電力機器の適用技術標準化における最終目標と達成状況

	最終目標	達成状況	達成度
①超電導線材関連技術標準化	超電導線材並びにその試験方法の規格素案を作成	○超電導線材の通則に関する規格素案を作成 ○イットリウム系超電導線材の臨界電流測定に関する規格素案を作成	○
	国際合意を背景にIEC国際規格提案に資する	○イットリウム系超電導線材の短尺臨界電流測定方法に関する国内ラウンドロビンテスト(RRT)を実施、IEC/TC90のWG1に技術情報を提供、国際規格提案に貢献	
②超電導電力ケーブル関連技術標準化	超電導電力ケーブル並びにその試験方法の規格素案を作成	○超電導電力ケーブル並びにその試験方法に関する規格素案を作成	○
	国際合意を背景にIEC国際規格提案に資する	○CIGREの試験方法のガイドラインに関して検討し情報を提供 ○ジョイントアドホックタスクフォース(J ahTF)の設置承認、IEC国際規格化に向けた活動に貢献	
③超電導電力機器関連技術標準化等	超電導変圧器、SMESなどの機器仕様並びに試験方法の標準化素案を作成 国際合意の醸成を行う	○超電導変圧器、SMESの機器仕様並びにこれらの試験方法の標準化素案を作成 ○IEC/TC90とCIGRE D1との間でリエゾン関係を結ぶことになり、国際合意醸成活動	○
	冷却システムの安全性、運用性を考慮した規制緩和に向けた提案資料を作成	○最新の動向調査を行い、規制緩和に向けた提案資料を作成	

事業原簿 Ⅲ-1.60

◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達成

8/24

①超電導線材関連技術標準化の成果

	最終目標	成果	達成度
①超電導線材関連技術標準化	超電導線材並びにその試験方法の規格素案を作成	○超電導線材の通則に関する規格素案を作成 ○イットリウム系超電導線材の臨界電流測定に関する規格素案を作成	○
	国際合意を背景にIEC国際規格提案に資する	○IEC/TC90と連携、パネル討論会の開催等により国際規格提案に向けた国際合意を醸成 ○イットリウム系超電導線材の短尺臨界電流測定方法に関する国内ラウンドロビンテスト(RRT)を実施、IEC/TC90のWGに技術情報を提供、国際規格提案に貢献	

事業原簿 Ⅲ-1.60

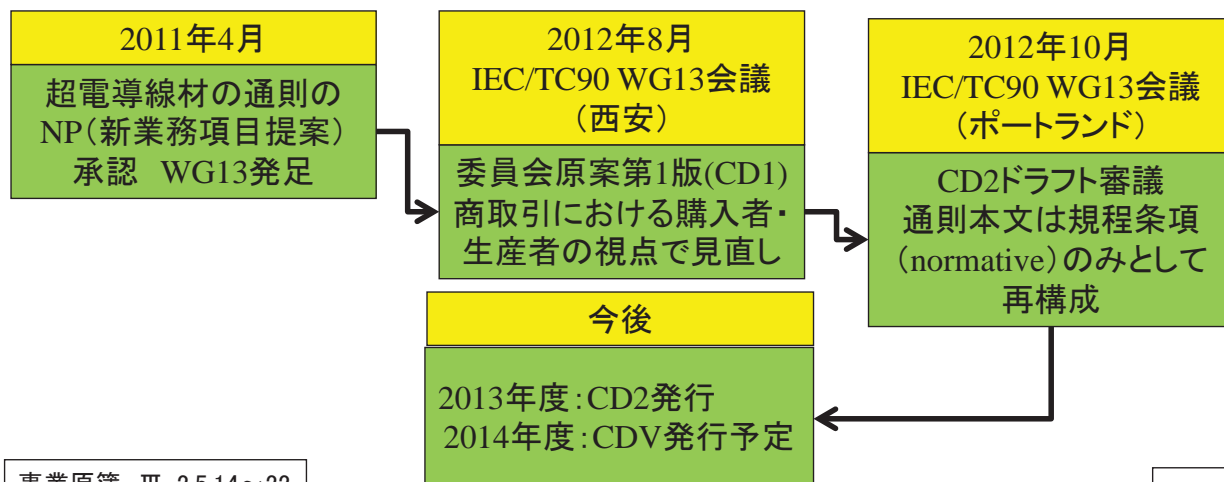
◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達成

9/24

超電導線材の通則

超電導線材の通則に関する規格素案について議論用語の定義等を検討、規格素案を作成、IEC/TC90のWG13に情報を提供

2件に分割して審議  
 ■ IEC 61788-20(超電導線材分類・ラベリング)  
 ■ IEC 61788-21(試験方法)



事業原簿 Ⅲ-2.5.14~22

10/24



## Y系超電導線材の臨界電流試験方法 規格検討

Bi系超電導線材の臨界電流試験方法(IEC 61788-3)をベース

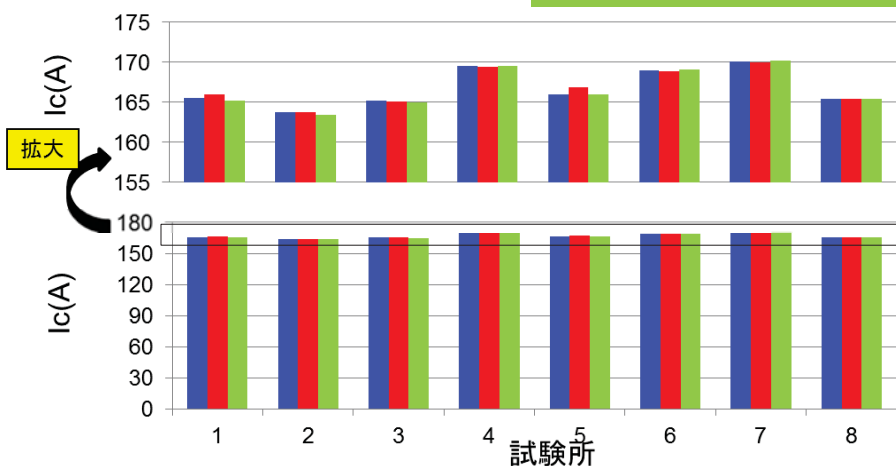
ページ	節	パラグラフ	IEC 61788-3 の内容	coated conductor に焼き直す際の 問題点	検討結果
6	1	2	$I_c < 500A, n > 5$	適当か	このまま
6	1	2	liquid He	必要か	不要
8	5	2	current transfer correction	どうするか	実験または数値解析
9	6.1	4	When a conductive material is used ……	holder に導体を使うことがあるか	不要
9	7.2	2	total cross-sectional area	どうするか	抵抗値をクライテリオンとする方式は不要
9	7.2	3	shall be soldered	ハンダ付け以外の方法は？	半田付に限らない、押付けでも可
10	7.2	7	L3 shall be larger when current transfer voltage cannot be neglected.	具体的には？	とりあえずこのまま
10	7.2	9	$90 \pm 9$	数字の根拠は？	不確かさと関連して検討
10	7.2	10	$\pm 7, \pm 3$	数字の根拠は？	不確かさと関連して検討
11	8	5	30s	数字の根拠は？長過ぎないか	測定精度との兼ね合い、今後の課題
12	9.2	2	To convert the pressure observed ……	LiqN2の場合も圧力で温度を測定する？	今後の課題
12	9.4	1	if it allows additional determinations of critical current with a precision of 2%.	意味？	不確かさと関連して検討
12	10.1	1	the total cross-sectional area S	適当か	不要
12	10.1	3	When it is difficult to measure ……	どういう状況が想定されているか	二つの基準電圧で $I_c$ を定義する方式は維持、クライテリオンの値については今後検討

Bi系とY系の構造の違い。臨界電流読取は電界を基準とする方式採用。液体窒素中の自己磁場中測定に限定。不確かさの検討必要⇒国際規格案を作成する段階で議論

## イットリウム系超電導線材 短尺臨界電流試験 ラウンドロビンテスト (RRT) 結果



- PLD法サンプル、10mm幅線材を3等分 (ISTEC)
- NEDOプロジェクトに参加している機関内で実施
- 測定条件 (第2シリーズ)
  - ・液体窒素中の4端子法、電界基準 $1\mu V/cm$
  - ・サンプルを治具に固定、巡回・測定
- 試験所間の偏りは2.6%程度
- 本格的な国際試験所間比較のプレ評価



IEC/TC90に情報を提供  
TC90の関連するWGから西安会議にて報告  
⇒  
今後、市販の線材を使って国際的なRRTを行うことが確認

②超電導電力ケーブル関連技術標準化の成果

	最終目標	成果	達成度
②超電導電力ケーブル関連技術標準化	超電導電力ケーブル並びにその試験方法の規格素案を作成	○Biケーブル実証プロジェクトの試験項目、CIGREで検討されている試験方法のガイドラインを受けて、超電導電力ケーブル並びにその試験方法に関する規格素案を作成	○
	国際合意を背景にIEC国際規格提案に資する	○CIGREの試験方法のガイドラインに関して検討し情報を提供 ○ジョイントアドホックタスクフォース(JahTF)の設置承認、IEC国際規格化に向けた活動に貢献	

◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達成

超電導電力ケーブルシステムの一般要求事項 規格素案

1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 用語及び定義
4. 使用条件
5. システム構成
6. 性能
7. 試験
8. 表示
9. 付帯事項
附属書A(参考)超電導電力ケーブルシステムの基本構成概念
附属書B(参考)超電導電力ケーブルの構成概念
附属書C(参考)交流超電導電力ケーブルの試験項目

CIGREにおける検討状況等新しい情報を取入れ  
・用語及び定義  
・超電導電力ケーブルの構成概念

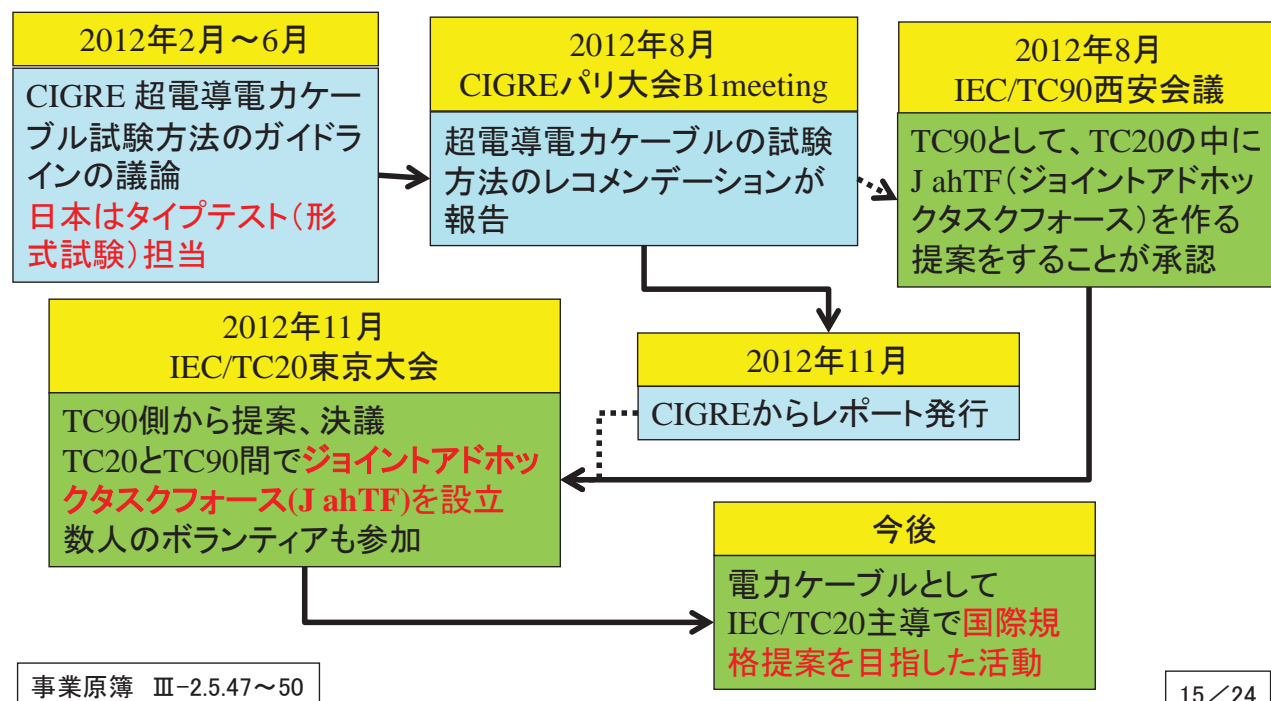
超電導電力ケーブルの試験方法 規格素案

1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 用語及び定義
4. 一般要求事項
4.1 一般試験条件
4.2 超電導固有試験条件
5. 試験
5.1 試験の種類
5.2 試験対象
5.3 試験項目
5.4 超電導固有試験方法
6. 性能
6.1 基本諸元明示事項
6.2 固有性能明示事項
6.3 交流超電導電力ケーブル性能事例
附属書A(規定)交流超電導電力ケーブルの固有試験方法
附属書B(参考)CIGREで検討したタイプテストの内容
附属書C(参考)交流超電導電力ケーブルの試験事例

附属書C見直し 実証ケーブル、Y系ケーブルの試験例追加

## 超電導電力ケーブル

CIGREの試験方法のガイドラインに関し、特に日本担当のタイプテスト(形式試験)について検討、CIGREに情報提供



## Recommendations for Testing of Superconducting Cables (CIGRE WG B1.31)

1.0 Introduction
2.0 Tests for Engineering Information
3.0 Type Tests on Cable Systems
4.0 Factory / Routine Tests
5.0 After Laying Tests
6.0 Bibliography / References
Annex A Abbreviations
Annex B Critical Current (I <sub>c</sub> ) Measurement
Annex C Cryogenic System Considerations



③超電導電力機器関連技術標準化の成果

	最終目標	成果	達成度
③超電導電力機器関連技術標準化等	超電導変圧器、SMESなどの機器仕様並びに試験方法の標準化素案を作成 国際合意の醸成を行う	○超電導変圧器、SMESの機器仕様並びにこれらの試験方法の標準化素案を作成 ○IEC/TC90とCIGRE D1との間でリエゾン関係を結ぶことになり、国際合意を醸成	○
	冷却システムの安全性、運用性を考慮した規制緩和に向けた提案資料を作成	○最新の動向調査を行い、規制緩和に向けた提案資料を作成	

事業原簿 Ⅲ-1.60      ◎：大幅達成、 ○：達成、 △：達成見込み、 ×：未達成      17/24

SMESの標準化素案

1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 用語及び定義
4. 原理
5. 特性試験項目
6. 特性試験方法
7. 報告
8. 付帯事項
附属書A(参考)代表的SMESシステムの入出力と貯蔵容量
附属書B(参考)超電導磁気エネルギー貯蔵装置の基本的要素の概念構成
附属書C(参考)SMESシステムの推奨試験方法
附属書D(規定)SMESデバイスの試験方法
附属書E(参考)超電導磁気エネルギー貯蔵装置の概念図および仕様例

SMESの規格骨子素案を見直し  
機器仕様例を追加

超電導変圧器の規格骨子素案を見直し  
機器仕様例を追加

超電導変圧器の標準化素案

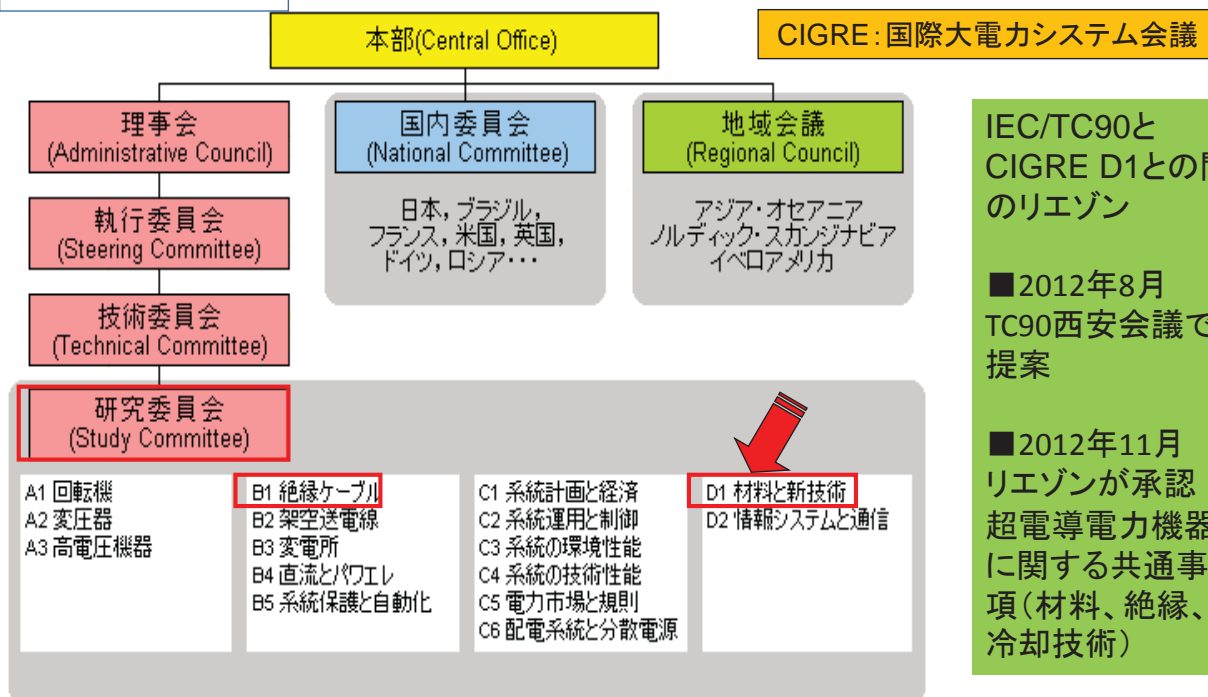
1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 用語及び定義
4. 構成
5. 使用条件
6. 定格及び一般要求事項
7. タップ
8. 接続
9. 温度上昇
10. 絶縁
11. 短絡強度
12. 表示
13. 安全、環境及びその他の要求事項
14. 裕度
15. 試験
16. 付帯事項
附属書A(参考)超電導変圧器概念図
附属書B(参考)超電導変圧器の照合並びに注文の際の指定事項
附属書C(規定)超電導変圧器の超電導固有の試験方法

事業原簿 Ⅲ-2.5.65～69      18/24

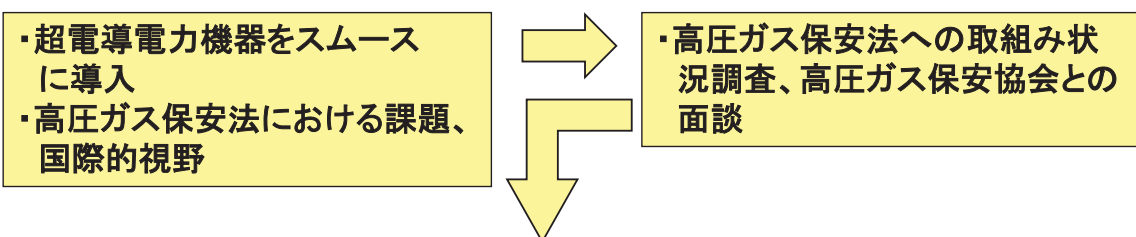
## CIGRE D1とのリエゾン

### CIGREの組織

Conseil International des Grands Réseaux Electriques (1921)



## 規制緩和に向けた提案



- ① 冷凍保安規則で定義される不活性ガスは、二酸化炭素、フルオロカーボン、ヘリウムの3種類であるが、**ネオン、アルゴンなどの不活性ガスも含める**
- ② ヘリウム、ネオンなどの不活性ガスを用いた**冷凍機の冷凍能力判定基準**に関して、**フルオロカーボンと同様の判定基準を適用**
- ③ 不活性ガスを用いる全種類の**圧縮機で冷凍能力算出方式**を見直し、**圧縮入力1.2 kWを1冷凍トンと定義**
- ④ ヘリウム、ネオンなどの不活性ガスを用いる**冷凍機の1日1回以上の目視による設備点検義務を適用除外**し、**遠隔監視による日常点検の下で装置が稼働可能**

## 超電導電力機器の適用技術標準化 成果の意義

開発項目	開発成果	成果の意義
①超電導線材関連技術標準化	○超電導線材の通則に関する規格素案を作成 ○イットリウム系超電導線材の短尺臨界電流測定方法に関する国内ラウンドロビンテスト(RRT)を行い、IEC/TC90のWGにその技術情報を提供	○日本発の規格素案でIEC/TC90のWG13を牽引 ○ONEDOプロジェクトに参加している機関内で <b>世界に先駆けて実施</b> IEC/TC90会議で報告、 <b>国際規格化の端緒</b>
②超電導電力ケーブル関連技術標準化	○超電導電力ケーブル並びにその試験方法に関する規格素案を作成 ○CIGREの試験方法のガイドラインの検討、J ahTFが設置	○日本技術をベースに規格素案を作成 ○CIGREのガイドライン作成で <b>日本は重要な形式試験について検討</b> 。日本発の提案により <b>J ahTFが設置</b>
③超電導電力機器関連技術標準化等	○超電導変圧器、SMESの機器仕様並びにこれらの試験方法の標準化素案を作成 IEC/TC90とCIGRE D1との間でリエゾン関係、国際合意醸成活動	○国内外の開発状況を踏まえて <b>世界に先駆けて標準化素案を作成</b> 。日本が幹事国を務めるIEC/TC90の提案を基にCIGRE D1とリエゾン関係が締結

## 超電導電力機器の適用技術標準化の成果の普及

#	Date	Site	Conference	Subjects
1	Oct. 25, 2005	Tsukuba, Japan	ISS2005	Activity of superconductivity standardization The necessity to promote international standardization
2	Aug. 30, 2006	Seattle, USA	ASC2006	Proposal for IEC/TC90 WG13 SC cables
3	Oct. 31, 2006	Nagoya, Japan	ASS2006	Technical session on SC power cables
4	Aug. 28, 2007	Philadelphia, USA	MT-20	Technical session on SC power cables
5	Nov. 6, 2007	Tsukuba, Japan	ISS2007	Technical session on SC power cables
6	Oct. 27, 2008	Tsukuba, Japan	ISS2008	Technical session on SC power cables including HTS power cables
7	Sep. 15, 2009	Dresden, Germany	EUCAS 2009	Technical session on SC power cables
8	Aug. 1, 2010	Seattle, USA	ASC2010	Technical session on superconducting wires
9	Oct. 25, 2011	Tokyo, Japan	ISS2011	Need of international standardization for superconducting power devices Current progress of IEC 61788-20 concerning superconducting wire Current status of superconducting wires, cables and electric power devices Current status of superconducting sensors
10	Oct. 10, 2012	Portland, USA	ASC2012	IEC/TC90 Xian meeting Wire general characteristics IEC 61788-20 & -21 Superconducting wires, cables and power devices related topics

＜国際的なパネル討論会＞  
超電導標準化に関する現状報告、議論、国際合意の醸成

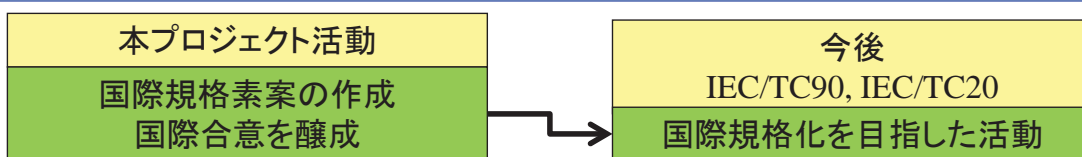
- ・超電導線材
- ・超電導電力ケーブル
- ・超電導電力機器
- ・超電導センサー

## 超電導電力機器の適用技術標準化 成果の波及効果

<超電導電力機器の国際標準を提案・獲得することによるメリット>

- 国際貢献
  - 超電導技術分野における日本のリーダーシップ発揮
  - 超電導機器のグローバルな普及に伴う国際貢献  
(超電導機器は地球規模でCO<sub>2</sub>削減及び省エネにとって不可欠でグローバルな展開が必須)
- 経済効果
  - 市場導入の待機時間の短縮、市場の活性化  
産業・輸送機器、診断・医療機器への波及効果も期待
  - 日本の超電導産業界の国際競争力の強化

## 国際標準化を目指した標準化事業の積極的展開



開発項目	今後の展開
①超電導線材関連技術標準化	IEC/TC90において、超電導線材の通則についてCD2(委員会原案の第2版)発行、平成26年度にCDV(投票用委員会原案)提案予定。Y系線材の国際RRTにより臨界電流試験方法に関する国際規格化が進められる。
②超電導電力ケーブル関連技術標準化	ジョイントアドホックタスクフォース(J ahTF)が設置、国際規格提案をめざしIEC/TC20主導で活動。
③超電導電力機器関連技術標準化等	IEC/TC90とCIGRE D1との間でリエゾン関係。材料、絶縁及び冷却技術分野における高温超電導電力機器の共通事項について連携して活動。
④超電導分野の国際標準化活動	従来、基盤的規格である超電導材料の試験方法規格を提案、今後は、超電導関連産業競争力、超電導関連市場創成拡大の観点から、本プロジェクトで得られた成果を基に高温超電導技術に関連した製品規格の標準化を目指すことにシフトしていく必要がある。また、超電導エレクトロニクス素子等に関して国際標準化をめざした活動を継続。

終わり