

2015年1月18日

太陽光発電用大容量パワーコン ディショナのミニモデルを用いた 試験法の提案

2015年1月18日



一般財団法人 エネルギー総合工学研究所

徳田 憲昭



一般財団法人 エネルギー総合工学研究所

目次

1 背景

2 国内動向

2.1 政策動向

2.2 技術開発動向(太陽光発電に注力)

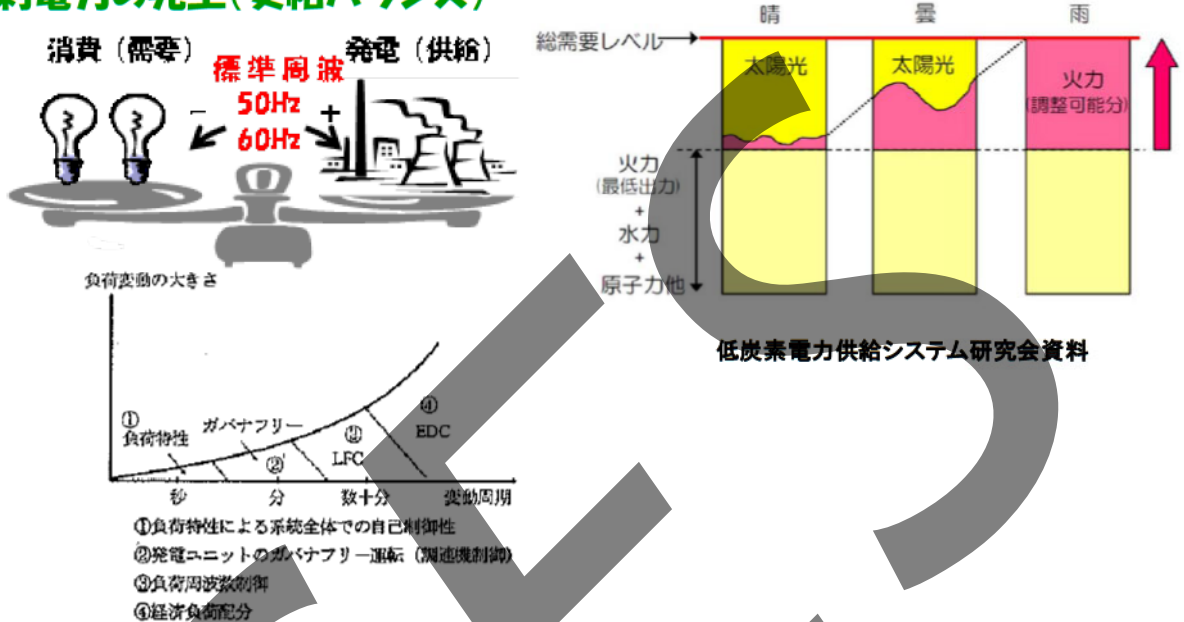
※ミニモデルにおける等価試験の検討

1 背景

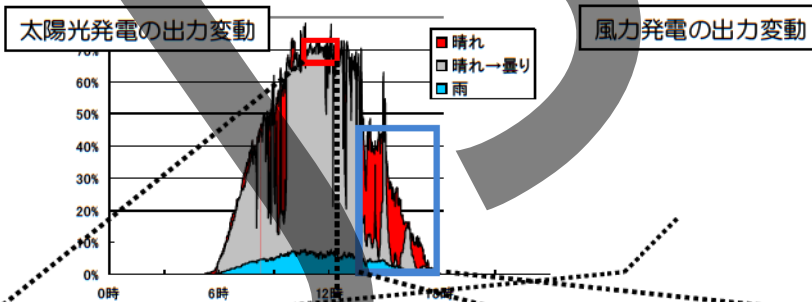
系統連系上の課題

太陽光・風力発電は、自然エネルギーを利用して発電しているため時々刻々と発電量が変動する。それに起因する周波数面、電圧面の課題や、事故時における周波数低下や電圧低下などの系統擾乱に対する発電機の運転継続などが主な課題となる。

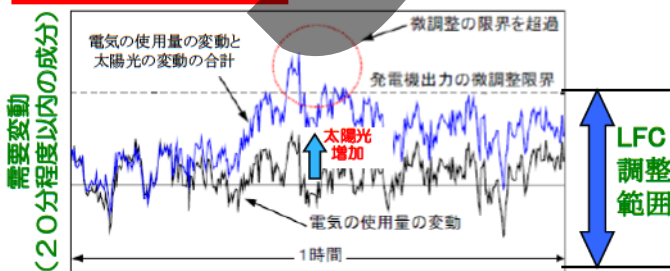
※余剰電力の発生(受給バランス)



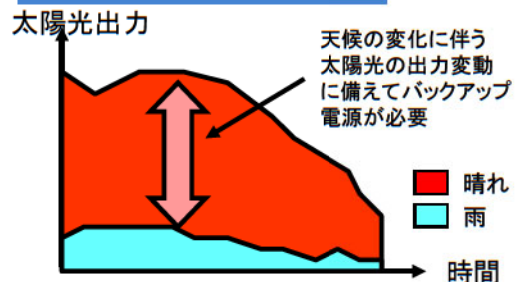
① 周波数調整力の不足



(1) LFC容量の不足



(2) バックアップ電源が必要

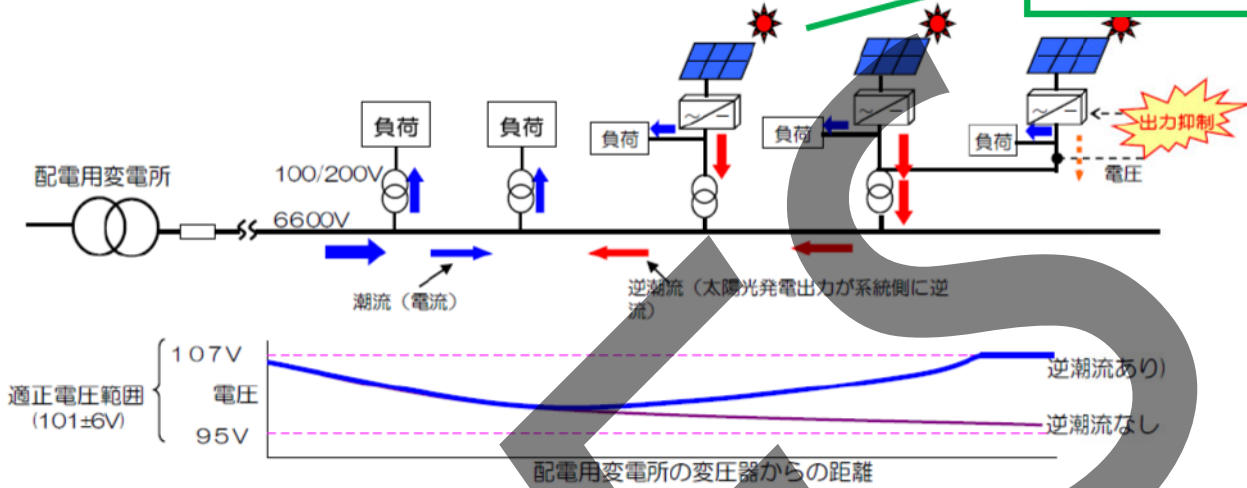


※LFC: 負荷周波数制御

② 電圧面（配電網の電圧上昇による逆潮流の困難化）

太陽光発電の出力が設置箇所の消費電力を上回り、系統に電力が逆流した場合、配電系統の電圧が上昇する。連系点の電圧が電事法第26条に基づく適正值（ $101 \pm 6V$ ）を逸脱しそうな場合、他の需要家の電圧を適正に維持するため、太陽光発電施設の設置者が逆潮流量を自動的に抑制（出力抑制）が必要となる。このため、今後、太陽光パネル増加に伴い、配電系統への逆潮流が困難化する可能性があり、発電電力量が減少する可能性がある。

PVに注力！！



出典：第2回低炭素電力供給システムに関する勉強会資料

③ その他（配電網事故時の課題：瞬低／瞬断事故）



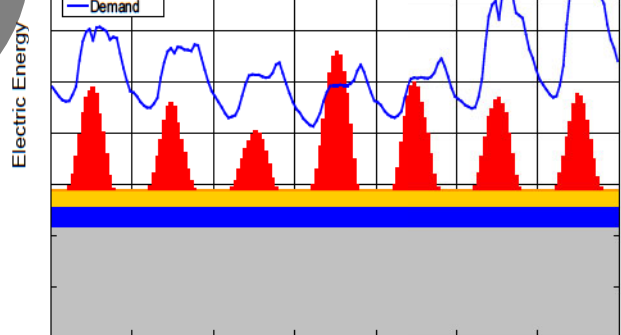
系統事故

電圧低下

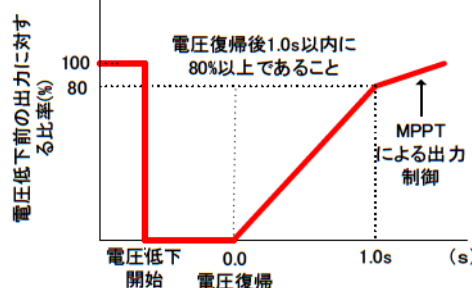
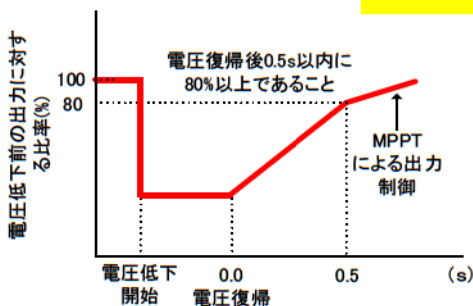
PVは停止
⇒系統不安定に

PVは運転継続
⇒系統を支える

模範的に系統事故を発生させるのは
大きな実験設備が必要



- Low voltage ride though
- Fault ride though

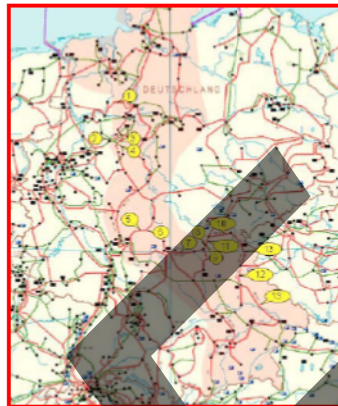


補足

欧州における分散型電源の大量解列について

※2006年 欧州広域
停電の概要

日時	2006年11月4日(土) 22:10
停電電力	約1,700万kW (UCTE史上最も深刻、事故直前のUCTE全系統発電量:約2億7千万kW)
停電地域	ドイツ、フランス、イタリア、オーストリア、スペイン、ベルギー、ポルトガル、オランダなど11ヶ国
復旧時間	最大2時間程度
原因	ドイツ.ONネット社の管内で船の安全通過のため送電線を保安停止。過負荷発生と、推測に基づく対処ミスによる送電線遮断を契機に、連続的な過負荷遮断が発生。UCTE系統が3系統に分離し、大幅な周波数低下となった一つの系統において、自動負荷遮断等による停電発生。

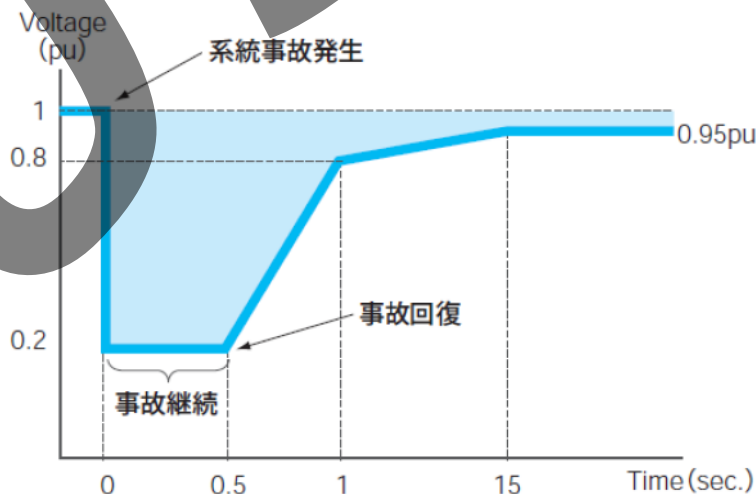


2006年 欧州広域停電における欧州系統の分離
(出典)Final Report System Disturbance on 4 November 2006
電力系統の構成及び運用について(2007年4月)

補足

FRT要件 (事故時における運転継続)

FRT機能については2006年11月に発生した欧州広域停電を契機、欧州管内が3つの系統に分離し、広域停電に至ったことが発端に、各分散電源が一斉解列しないように運転継続要件が検討された。一例として、EWIS(European Wind Integration Study 2007-01-15)の報告では、風力発電の系統連系要件について図に示すような改善が必要。



欧州のFRT要件例

(出典)P.O. 12.3 Requisitos de respuesta frente a huecos de tensión de las instalaciones eólicas から作成

風力発電が大量に導入された 電力系統の設計と運用

第1期
(2006~2008年)
最終報告書

IEA Wind Task 25

2.1.4 風力発電所に対するグリッドコード（系統連系規程）の要件

グリッドコードとは、送電網に連系する場合に発電所に求められる要件を定めたものである。多くにおいて、風力発電所に新たに定められた要件には、系統故障の際の瞬低時運転継続（LVRT、もしくは故障時の運転継続：FRTとも呼ばれる）が含まれる。発電機は、3相・単相地絡の際、およびある範囲の系統周波数の条件に対して系統との接続を保たねばならない。故障除去時間、電圧低下の要件、および故障中の電圧維持要件は、これまで設定されたコード毎にさまざまである（図15）。またグリッドコードに無効電力制御要件（例えば連系点で力率0.95）および系統運用者の合意を得た上でのSCADAデータ提供といった要件が含まれていることもある。要請に応じて準拠すべき他の要件には、電圧制御、有効電力と周波数の制御（例えば出力変化速度の制御）がある。また系統解析のため検証済みの発電所モデルの提供を求められることもある（Smith et al., 2007）。

グリッドコード要件は、設置されている風車に固有の技術的能力、あるいは静的・動的並列補償の組み合わせといった適切な端末設備を付加することで、現在運転開始している商用風力発電所において満たされている。

今後は風力発電所の性能改善がさらに求められることとなる。例えば、風車の特性を従来型発電機のような故障後の機械的応答性（例えば慣性応答、調速機反応等）により近づけるといったことが要求される可能性がある。

9

欧州各国のFRT要件

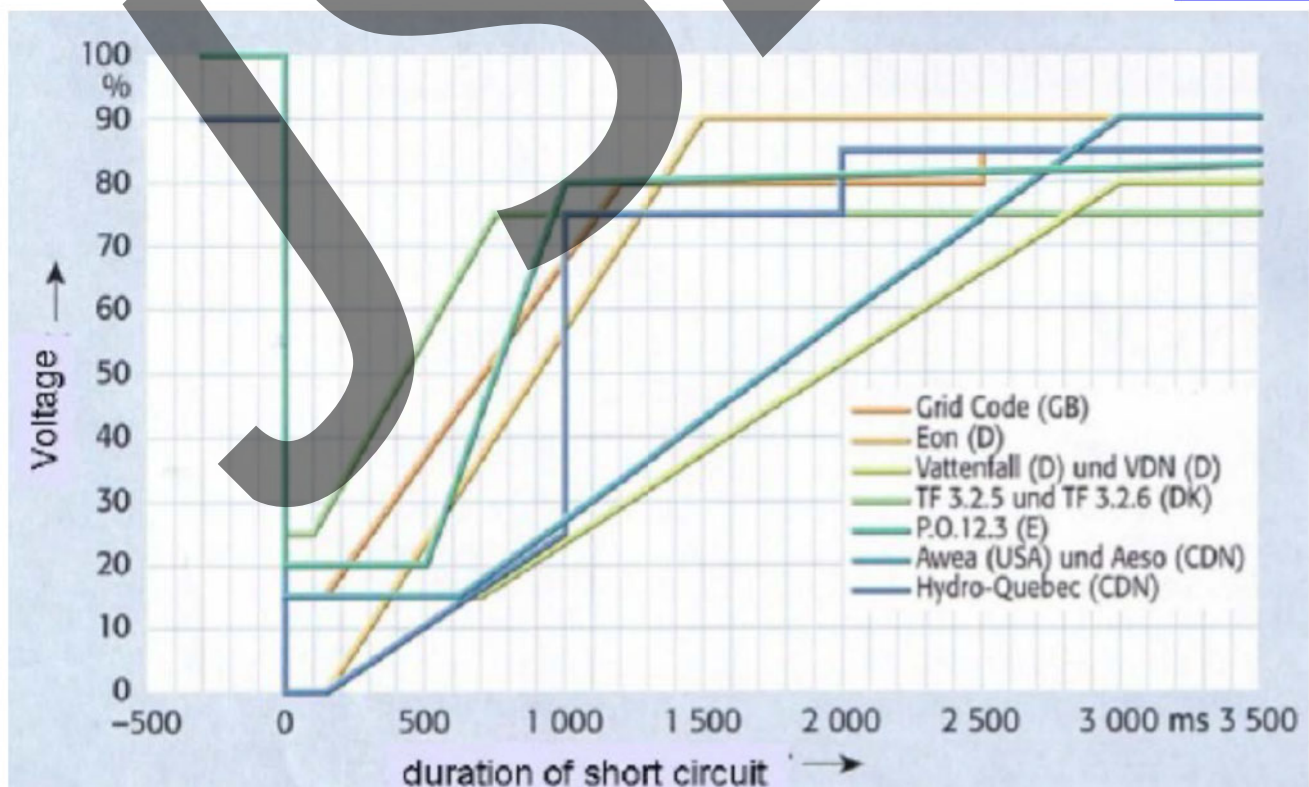


図15 FRT要件の比較

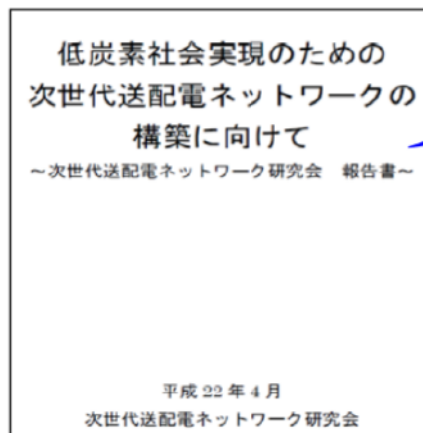
(資料：Elektrizitätswirtschaft, 2006)

10

2 国内動向

2.1 政策動向

※ FRT機能について



VI. 次世代送配電ネットワークの構築に向けた今後の課題
1. 短期的課題(2020年までの対応として検討が必要なもの)

分散型電源への
FRT機能の搭載

「電力品質に係る系統連系技術要件
ガイドライン」、「系統連系規程」の改定

11

※ FRT要件の整備について

【背景】

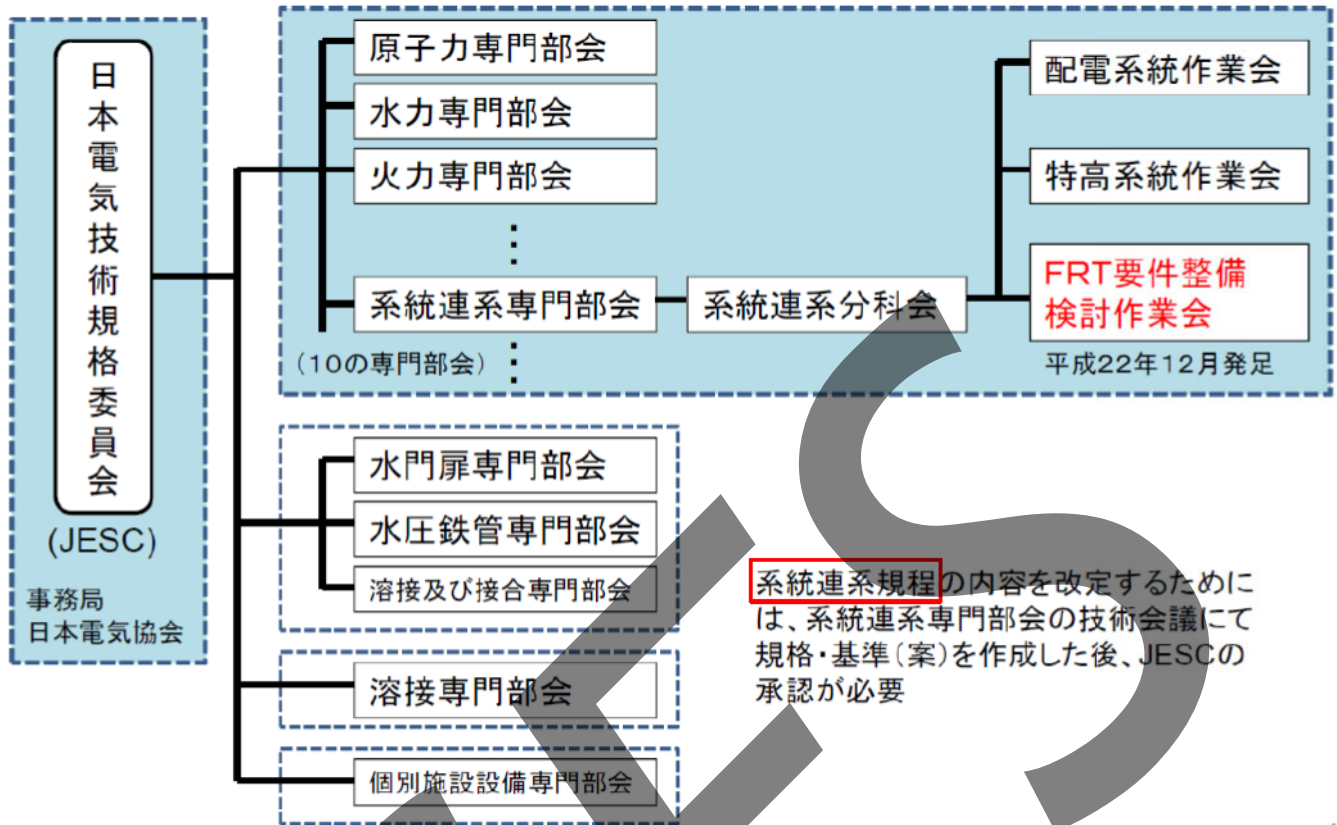
太陽光発電等の分散型電源が電力系統に広域かつ大量に連系された場合において、電力系統の擾乱によりこれらの分散型電源が一斉に解列すると、電力品質に大きな影響を与えるおそれがある。

現行のガイドラインにおいても「不要解列の防止」についての記載はあるが、どの程度の擾乱に対して運転継続すべきか具体的な記載がなく、現状導入されている分散型電源においては、その性能が一様でない。

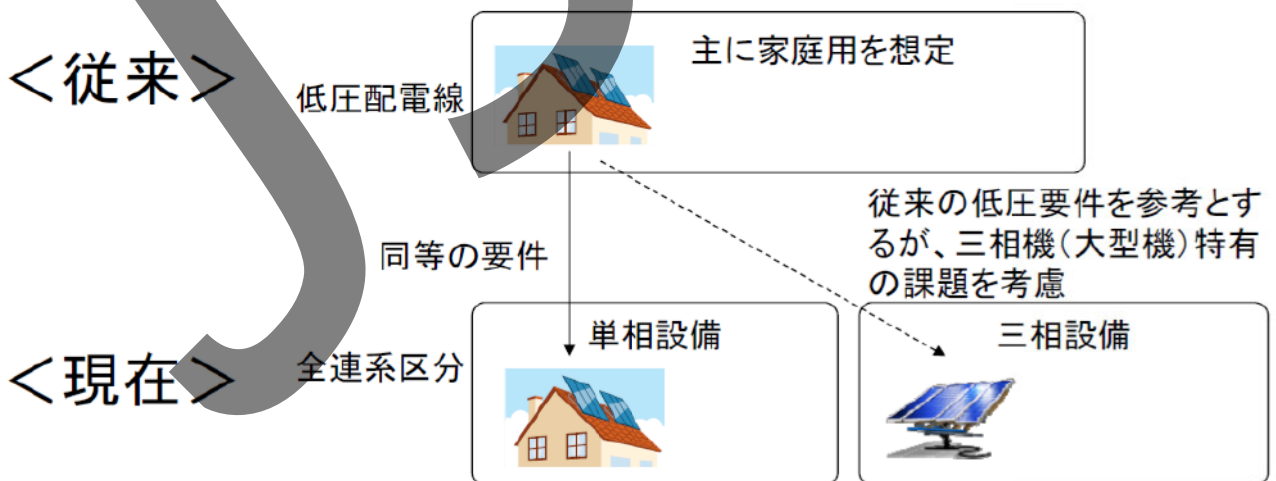
今後、太陽光発電などの分散型電源が急速に普及することが予想されている。このため、事故時の運転継続性能(FRT: Fault Ride Through)の明確化について、各発電設備別に検討を進め、ガイドラインおよび系統連系規程の改定に取り組んでいる。

12

※ FRT要件整備検討作業会の設立



※ 太陽光発電のFRT要件整備の経緯



発電設備等を連系するための要件は、原則として連系する系統の電圧により区分されるが、家庭用に設計された太陽光発電設備を高圧や特別高圧の需要家が導入する例もある。

FRT要件は個々の発電設備等の不要脱落を防止することが主な目的であるため、連系区分ではなく発電設備自体の特性に応じて現実的に達成可能な基準を規定。

標準形単独運転検出方式開発の経緯

出典：JEMA資料

現行パワーコンディショナ単独運転検出課題

1) 単独運転検出方式の非干渉化

日本国内において太陽光発電システム等の分散型電源を導入する際、同一柱状トランス下に他のパワーコンディショナが存在する場合、単独運転検出機能が干渉し、検出遅延あるいは不検出となる可能性がある。現在は実案件に応じた試験を事前に行うことにより検出遅延・不検出を回避しているが、分散型電源の導入量が増すに従って、試験数が増大するため、現実的ではない対応となっている。

2) 高速化

大量導入が進むに従い、これまでの検出方式では高低圧混触事故における機器の損傷を回避できないことが想定されるため、これをクリアするための高速検知・遮断が必要である。

3) FRTとの両立

システムの瞬時電圧低下による分散型電源の一斉脱落が生じないように、系統連系規程にてFRT要件が規定されている（一部は次回改訂で掲載予定）。この要件と干渉しない単独運転検出方式の採用が必要である。

4) 大容量機器の試験法

試験コストのみならず試験実施自体が困難である。簡易試験法か代替機による試験法などの策定が必要である。

標準形単独運転検出方式開発の経緯

出典：JEMA資料

平成14～19年度NEDO委託（関電工）
集中連系型太陽光発電システム実証研究

- 1) 電圧上昇抑制問題解決
 - 2) 系統安定化
- 上記を主目的に群馬県太田市にて実証試験開始

単独運転検出機能の干渉に対応するため、新型単独運転検出機能の実証を行い、代表機を作成

平成22, 23年度 NEDO委託（JEMA）
分散電源用パワコンの国際標準化に係る研究開発

- 1) 上記NEDOプロジェクトで作成した機器を参照しつつ、機器に必要な最小限の要求仕様案を作成
- 2) 要求仕様案に合致したPCS作成を複数メーカーへ発注

JEM1498：ステップ注入付周波数フィードバック方式（太陽光発電用パワーコンディショナの標準形能動的単独運転検出方式）の作成

単相、PV用

三相機対応へ

平成20, 21年度NEDO委託（関電工・JET）
単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究

- ・左記NEDOプロジェクトで作成した機器を参照しつつ、機器の要求仕様を決定
- ・FRT要件との両立の検討

・既作成機器に加え、2社2機種のPCSを追加して実証試験を行い、試験方法を確立

認証・系統連系規程（JET・JEA）

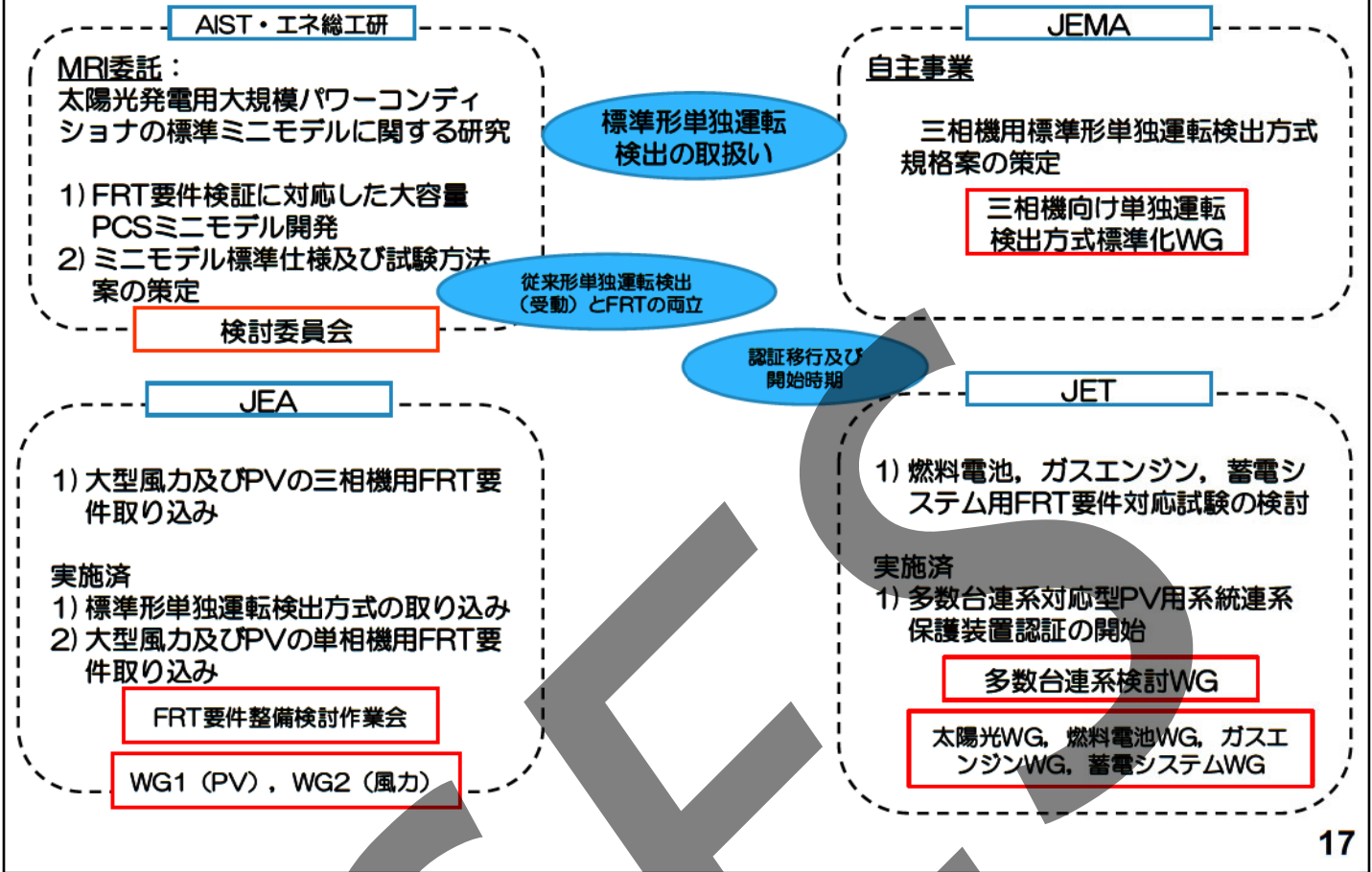
- JET** 多数台連系用PCSの認証（PV用）開始
- JEA** 系統連系規程への反映

IEEEへの働きかけ（METI, MRI）

- IEEE1547への標準形単独運転検出方式の記載提案
- > IEEE1547.8への掲載を検討中

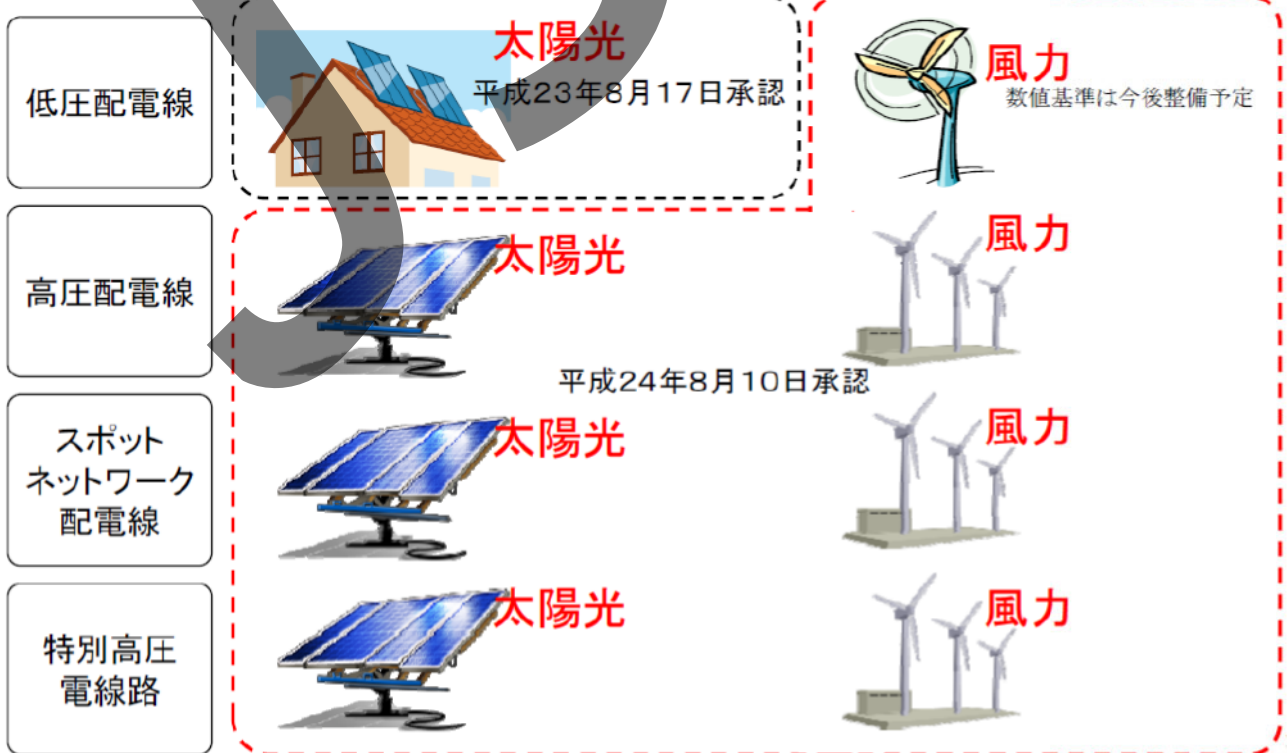
標準形単独運転検出方式に係わる各組織の関わり

出典：JEMA資料



※ FRT要件整備の概要(太陽光・風力)

優先順位を定め、低圧太陽光から順次FRT要件の整備を実施した



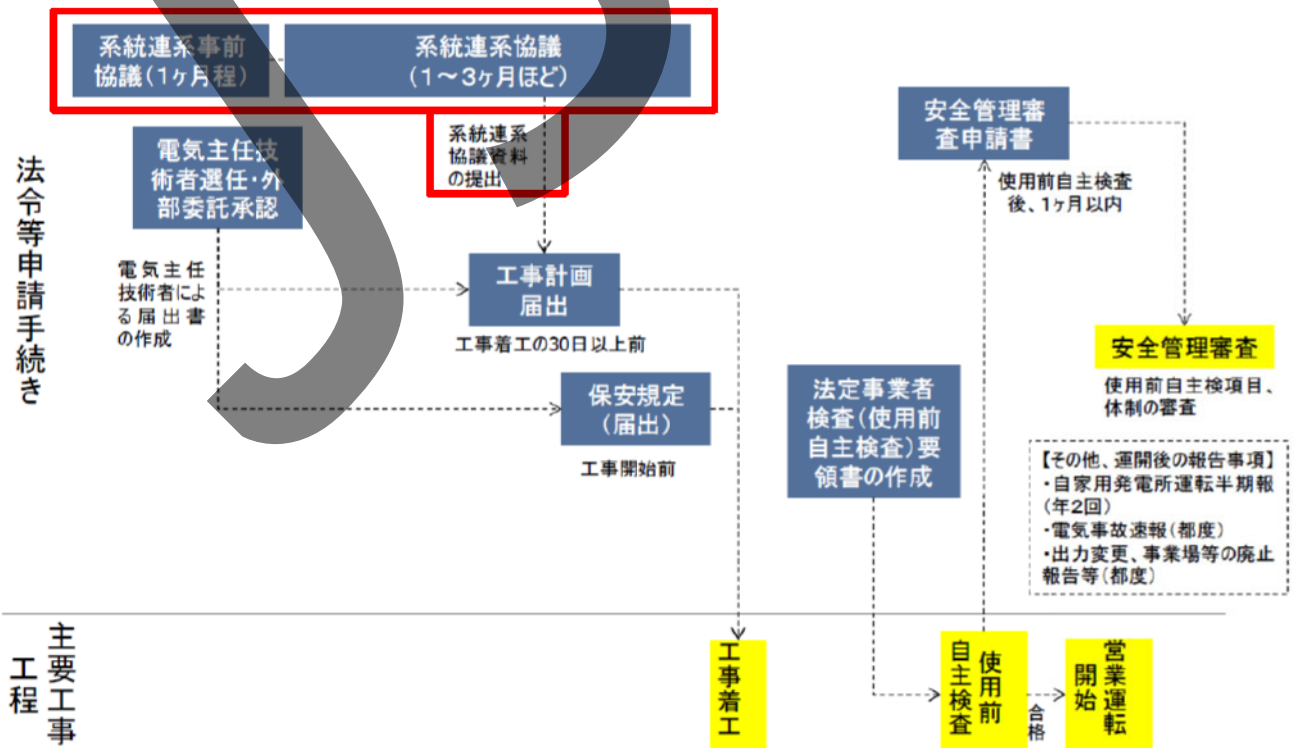
※ FRT要件一覧(太陽光・風力)

	単相太陽光 (最終要件)	三相太陽光 (最終要件)	高圧以上の 三相風力(20kW以上)
電圧低下耐量	・残電圧が 20% 以上で継続時間が 1秒 以内の電圧低下に対しては運転を継続	・残電圧が 20% 以上で継続時間が 0.3秒 以内の電圧低下に対しては運転を継続	・残電圧 0% ・継続時間 0.15秒 と残電圧 90% 継続時間 1.5秒 を結ぶ直線以上の残電圧がある電圧低下に対しては運転を継続
出力復帰	・残電圧が 20% 以上の場合、電圧復帰後 0.1秒 以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰 ・残電圧が 20% 未満の場合、電圧復帰後 1.0秒 以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰		・電圧の復帰後 1.0秒 以内に電圧低下前の出力の80%以上の出力まで復帰
周波数変動	・ステップ状に+0.8Hz(50Hz系統に連系する場合)、+1.0Hz(60Hz系統に連系する場合)、3サイクルの周波数変動に対しては運転を継続 ・ランプ状の±2Hz/sの周波数変動に対しては運転を継続		

19

太陽光発電導入における主要手続き(関係協議のイメージ)

大量導入時には、混雑が予想される。標準的な手続きが必要。

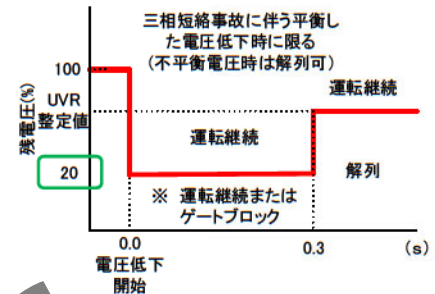
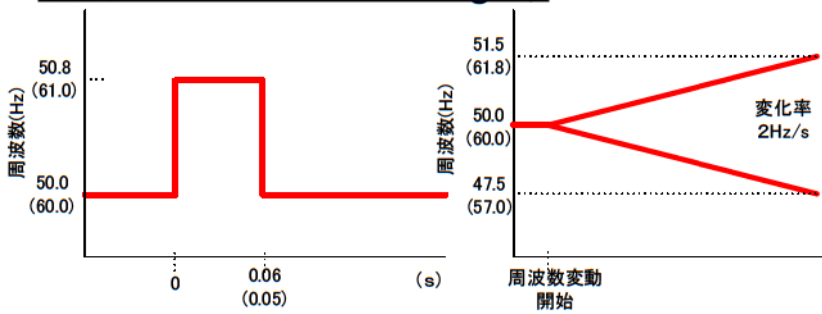


太陽光発電の導入における主要手続きと工事タイミング(参考:METI委員会)

20

日本のFRT要件(PV)

国内の Fault Ride Through①

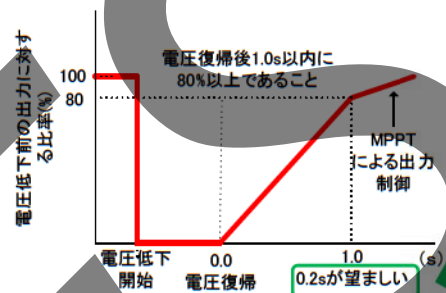
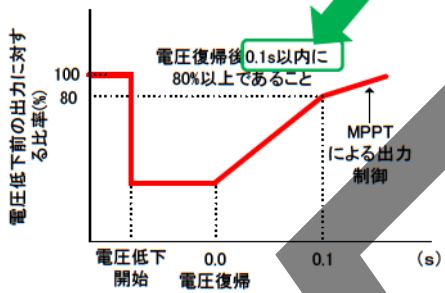


ステップ上昇

ランプ変化

周波数変化試験

電圧低下耐量 (2017年4月から連系するもの)



残電圧20%以上の場合

残電圧が20%未満の場合

瞬低後の復電特性(2017年4月から連系するもの)

国内の Fault Ride Through②

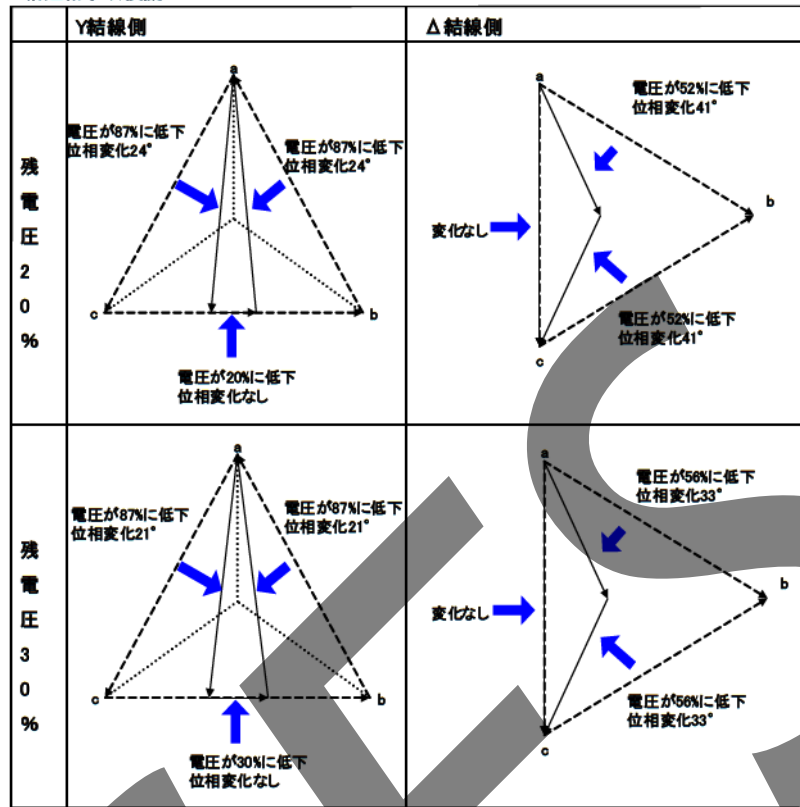
三相短絡事故模擬

	Y結線側	Δ結線側
残電圧 20%	<p>電圧が20%に低下位相変化なし</p> <p>電圧が20%に低下位相変化なし</p> <p>電圧が20%に低下位相変化なし</p>	<p>電圧が20%に低下位相変化なし</p> <p>電圧が20%に低下位相変化なし</p> <p>電圧が20%に低下位相変化なし</p>
残電圧 30%	<p>電圧が30%に低下位相変化なし</p> <p>電圧が30%に低下位相変化なし</p> <p>電圧が30%に低下位相変化なし</p>	<p>電圧が30%に低下位相変化なし</p> <p>電圧が30%に低下位相変化なし</p> <p>電圧が30%に低下位相変化なし</p>

結線の系統での事故を想定

国内の Fault Ride Through ③

二相短絡事故模擬

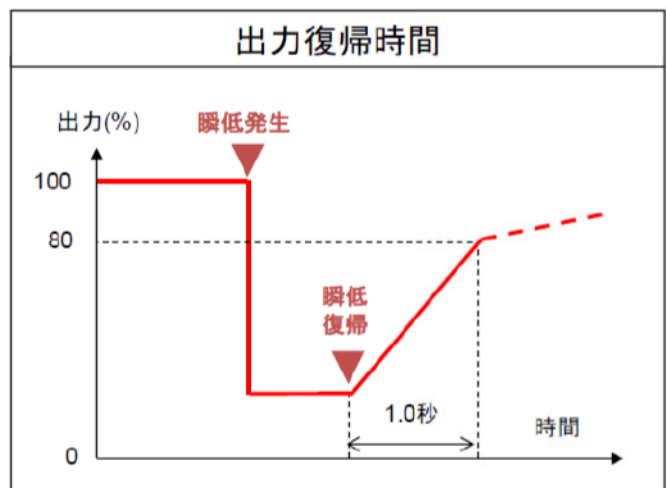
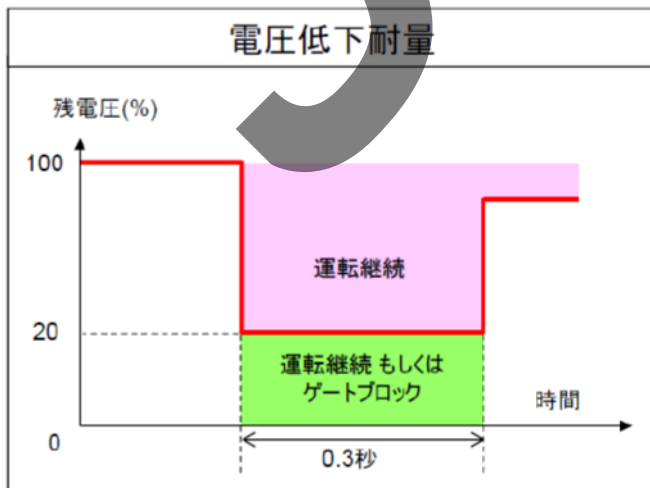


Y結線の系統での事故を想定

※ 今後のFRT要件整備について

FRT要件の整備されていない発電設備等については、以下のFRT要件を努力目標とする

- ・ 高圧以上三相相太陽光発電のFRT要件をベースとする。
- ・ 電圧出力復帰時間については条件を緩和し、風力発電や燃料電池発電、ガスエンジン発電のFRT要件と同じ1.0秒以内。
- ・ 位相変化耐量要件、周波数変化耐量要件は太陽光発電など他の発電設備と同じ。
(現状、全発電設備同じFRT要件)



2. 2 技術開発動向 (太陽光発電に注力)

H24-H26の
3カ年実施

新エネルギー等共通基盤整備促進事業
8.8億円(新規)

資源エネルギー庁 新エネルギー対策課
03-3501-4031
産業技術環境局 認証課
03-3501-9473

事業の内容

事業の概要・目的

- 新エネルギー技術の大規模導入の実現には、高い発電コストに加えて、基準や規格がないために開発時間やコストが増加し、メーカーによる早期の市場投入が困難であることが課題です。
- また、海外メーカーの急速な台頭により、市場での競争力の確保が益々難しくなっており、「技術で勝って、事業で負ける」状況が危惧されています。
- 新技術の性能や安全性、評価方法等の標準化により、高い品質や安全性を確保することがメーカーによる市場投入や競争力の確保・維持を後押しし、導入を加速・促進すると考えられます。
- このため、共通基盤となる試験方法の確立や安全性評価基準の開発を行うとともに、それら試験方法や基準への適合性確認の手法について開発・実証を行います。

条件(対象者、対象行為、補助率等)



事業イメージ

以下のような新エネルギー等に関する基盤整備事業を推進します。

(例)

【太陽光発電】

- ・太陽電池アレイ用逆流防止装置、パワコン等の性能試験手法の開発
- ・『太陽光発電システムのリユース・リサイクルWG』の検討結果の具体化 等

【燃料電池】

- ・FCV用水素燃料の品質評価手法の開発
- ・水素ステーション等に使用される部品の性能評価基準の策定及び認証制度の確立 等

【蓄電池】

- ・家庭用蓄電池の安全性評価手法の開発
- ・車載用蓄電池の国際標準化に係る技術開発

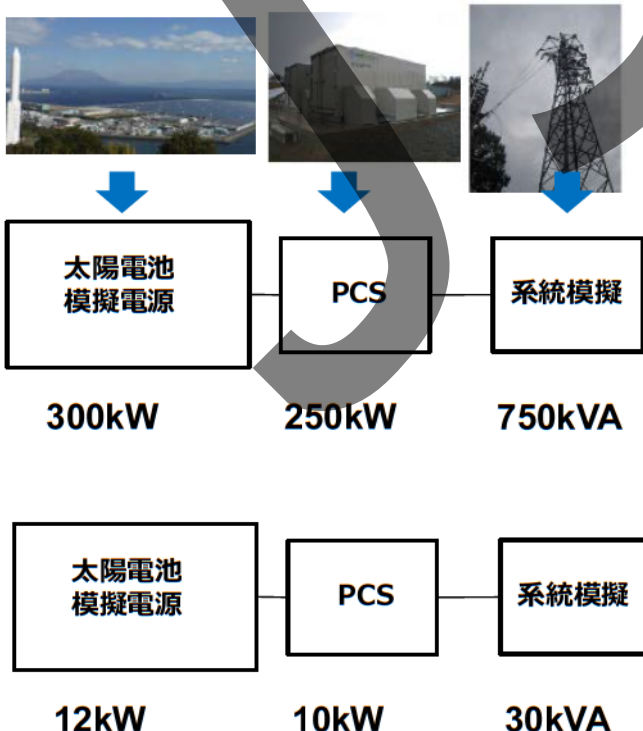
【太陽熱】

- ・太陽熱利用システムの性能評価手法の開発



25

等価ミニモデルの利用



模擬的に系統事故を発生させるのは
大きな実験設備が必要



スケールダウンして、制御系の確認を行う。
⇒ミニモデル



試験設備を縮小。
(JETは20kWまで可)

効果例(認証費用)

ミニモデルなし：約2億(メーカヒアリング)
(実規模PCS ULにて)

ミニモデルあり：約100~500万
(JET認証; 10kW以下)

26

等価ミニモデルの利用の背景

- 高圧/特高システムの増加
- 住宅用のような認証システムは無い
- PCS(パワーコンディショナ)メーカーが実規模の試験設備を有していない
- 海外PCSメーカーの台頭

	連系協議	導入・普及
現在	<ul style="list-style-type: none"> • 試験項目にばらつき (電力会社に依存) • ミニモデルの妥当性は不明 (PCSメーカーに依存) 	<ul style="list-style-type: none"> • 連系協議の時間大 • 開発コスト, 試験コスト大 • 系統保護協調の信頼性低い

本事業の効果

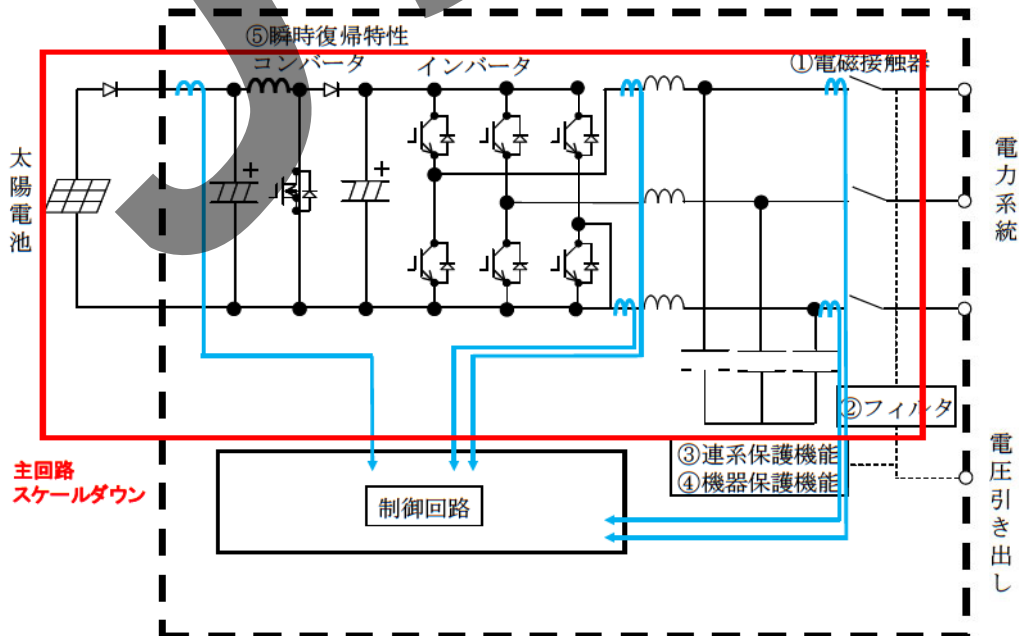
<ul style="list-style-type: none"> • 試験項目の統一化 (電力会社に依存しない) • ミニモデルの妥当性の確保 (PCSメーカーに依存しない) 	<ul style="list-style-type: none"> • 連系協議の時間短縮 • 開発コスト, 試験コスト低減 • 系統保護協調の信頼性向上
---	--

■目的

大容量PCSと等価性を有するPCSミニモデル開発と等価試験内容も含めた
PCSミニモデル標準仕様 (設計指針), 試験方法を策定

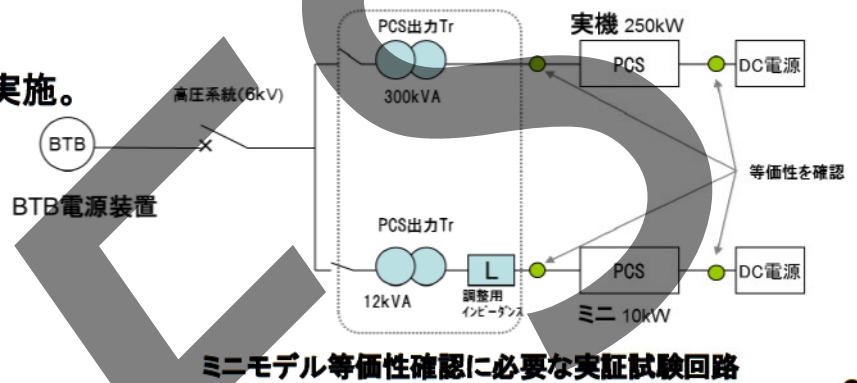
等価ミニモデルの考え方 (主要項目抜粋)

- 電圧は固定、電流を低減
- 主回路は、%インピーダンスを合わせることでスケールダウン。(特に%X)
- 検出回路をスケールダウン(センサ巻数など)
- 制御回路は同一



ミニモデル等価性確認(実証試験)

- 標準仕様をもとに作成したミニモデルについては、最終的に実機と比較してその等価性等を確認することで妥当性を示す必要がある。
- 本事業内では、必要な試験項目や試験方法を整理し、メーカーや電力会社等の関係者との合意を得た実証試験を行う。
- 等価性の確認の試験方法の案としては、「分散型電源系統連系用電力変換装置(JEC-2470)」の形式試験の項目に準拠して進め、特にFRTや単独運転について重点的に確認を行う。
- 実証試験は、電中研赤城で実施。



単独運転検出方式の類型化

パワーコンディショナのミニモデルの標準仕様策定にあたり、一定の類型化を行い、多種にわたる仕様の比較検討が必要であり、参加可能な5社の類型化を試みた。

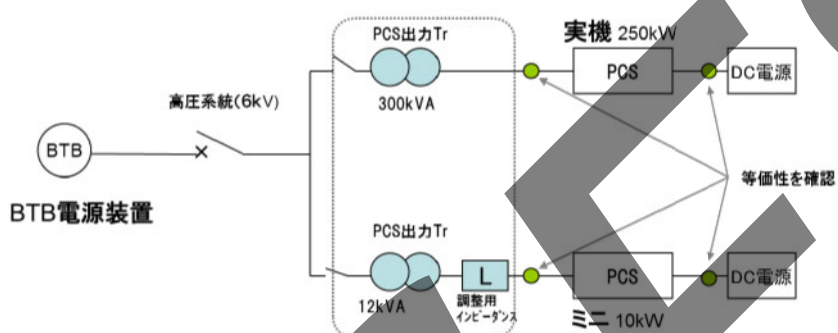
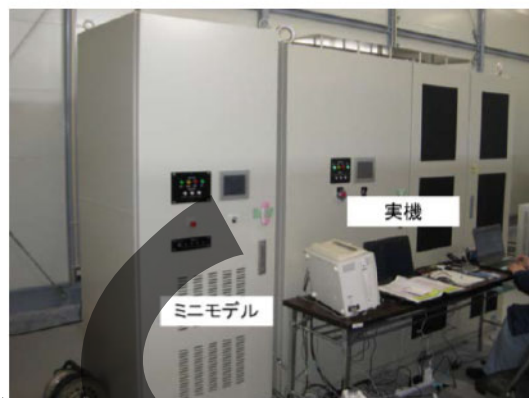
※類型化の考え方

実機とミニモデルの等価性確認にあたり、FRTと単独運転の試験がポイントとなる。そのため、単独運転検出方式は類型化に必要な項目と考えられる。能動/受動方式の組み合わせに関する類型化を下表にまとめる。

		受動型	能動型
1	単検 1	電圧位相跳躍検出	周波数シフト
2	単検 2	周波数変化率	無効電力変動
3	単検 3	周波数変化率	周波数シフト
4	単検 4	電圧位相跳躍検出	無効電力変動
5	単検 5	電圧位相跳躍検出	高調波注入

電中研赤城試験センターにおける検証実験(1)

- ・メーカー5社に協力頂き、ミニと実機の試験を実施
- ・電力中央研究所赤城試験センターに模擬電源等々を追加で構築



試験回路も%インピーダンスを合わせよう調整

FRT試験検証試験条件

項目	試験条件
事故時の残電圧	80%, 30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 0%
事故継続時間	240ms, 300ms, 3000ms, 100ms(再閉路)
故障様相(上位系統)	三相短絡, 二相短絡(Δ側), 二相短絡(Y側)
事故発生タイミング(電圧基準)	0°, 90°
PCS出力	100%, 25%
負荷力率	100%, 遅れ85%, 進み95%

■ ミニモデルと実機の等価性確認試験の検討および実施 [1/7]

- ミニモデルの設計方法は、機器の回路構成や%リアクタンス、制御装置などを実機と同一にすることを共通として、次の2種類を検証した。
 - ・ 定格交流電圧を実機と同一にして定格交流電流を1/25にスケールダウンする方法(以下、電圧一定・電流1/25モデルという)
 - ・ 定格交流電流を実機と同一にして定格交流電圧を1/2にスケールダウンする方法(以下、電流一定・電圧1/2モデルという)
- 両モデルの妥当性を立証することで、容量のスケールダウン比率を最大1/50まで拡大

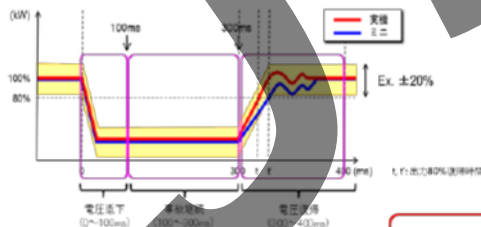
項目	実機	電圧一定・電流1/25モデル	電流一定・電圧1/2モデル	ミニモデル基本仕様
定格容量	P	P/a ($1 \leq a \leq 25$)	P/b ($1 \leq b \leq 2$)	P/ab ($1 \leq a \leq 25, 1 \leq b \leq 2$)
交流電流	I	I/a ($1 \leq a \leq 25$)	I	I/a ($1 \leq a \leq 25$)
交流電圧	V	V	V/b ($1 \leq b \leq 2$)	V/b ($1 \leq b \leq 2$)
PCS構成、%リアクタンス、制御装置	***	実機と同一	実機と同一	実機と同一

33

■ ミニモデルと実機の等価性確認試験の検討および実施 [2/7]

出力波形(実効値)の評価方法

- ・ 実機とミニモデルの出力波形差を、①±10%以下、②±10%超過 に分類
- ・ 評価するポイントを電圧低下時(0~100ms)、事故継続時(100~300ms)、電圧復帰時(300~400ms)に分類



<試験結果イメージ>

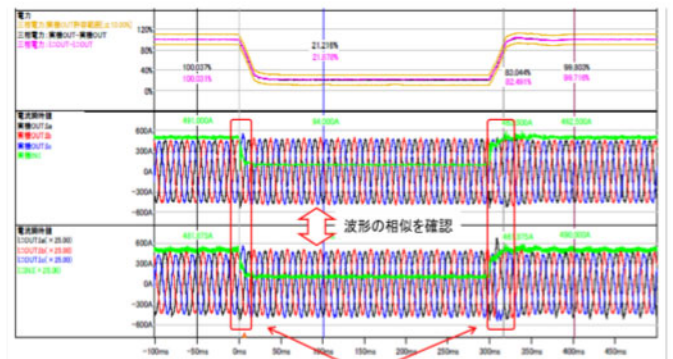
出力波形差 ①: ±10%以下、②: ±10%超過

試験ケース	A社			B社			C社...		
	電圧低下 (0~100ms)	事故継続 (100~300ms)	電圧復帰 (300~400ms)	電圧低下 (0~100ms)	事故継続 (100~300ms)	電圧復帰 (300~400ms)	電圧低下 (0~100ms)	事故継続 (100~300ms)	電圧復帰 (300~400ms)
No.1	①	①	①	①	①	①	①	①	②
No.2	①	①	①	①	②	①	①	①	②
...

②については、差異の理由を分析・説明する。

出力電流波形(瞬時値)の評価方法

- ・ 実機とミニモデルの波形が相似かどうかを確認する(ある程度主観的)。
- ・ その際、系統電圧低下時および復帰時の過電流(瞬時値)の部分については、実機とミニモデルとで電源の%Zが異なることや、変圧器内蔵型PCSにおいて電圧復帰時の励磁突入電流のレベルが両者で異なること等を考慮して個別に評価する。

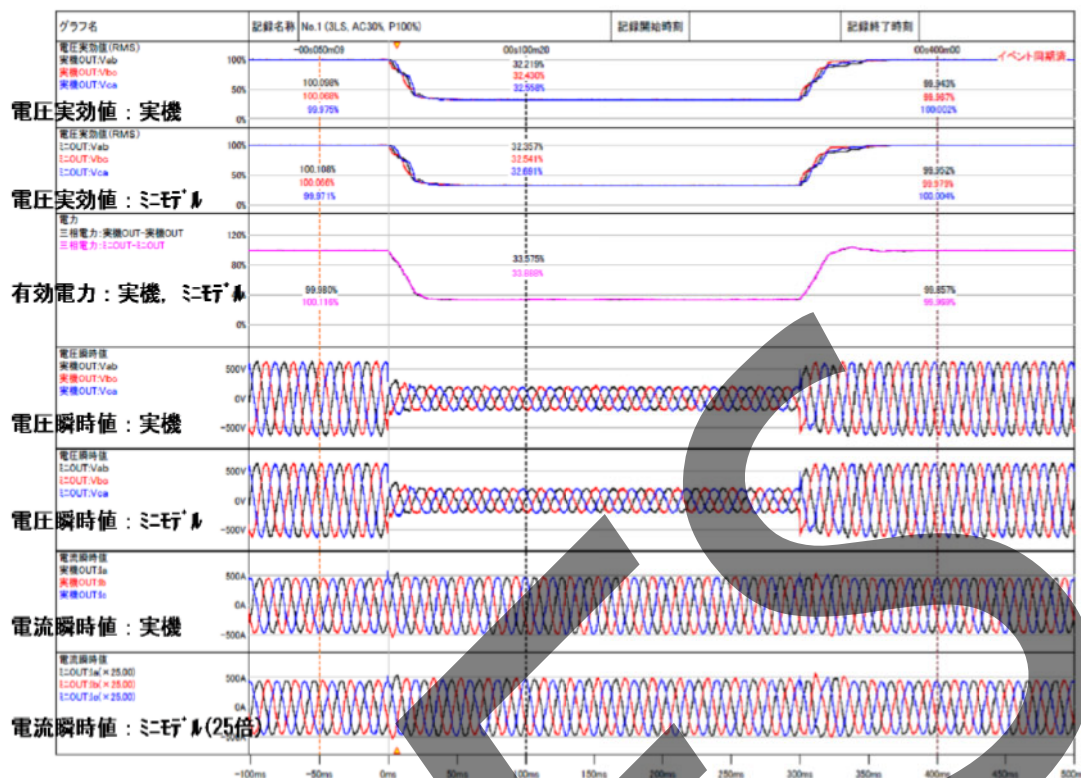


系統電圧低下時および復帰時の部分は個別に評価

実機とミニモデルの過渡的な応答の評価方法

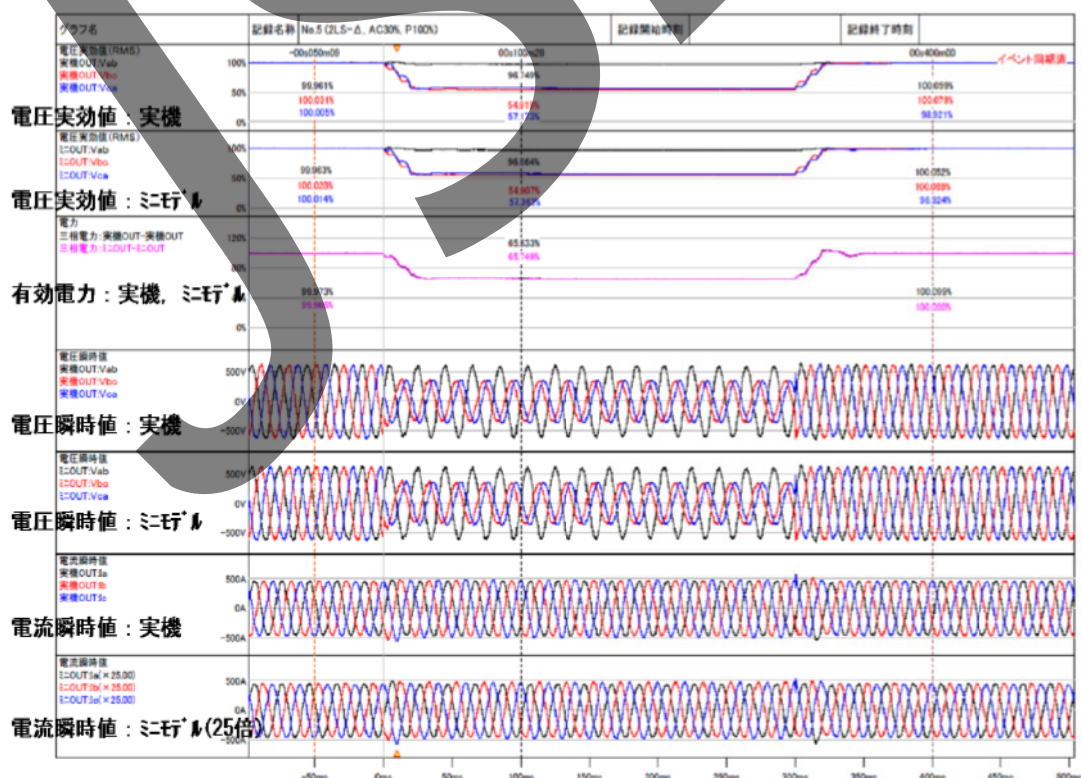
34

■ ミニモデルと実機の等価性確認試験の検討および実施 [3/7]



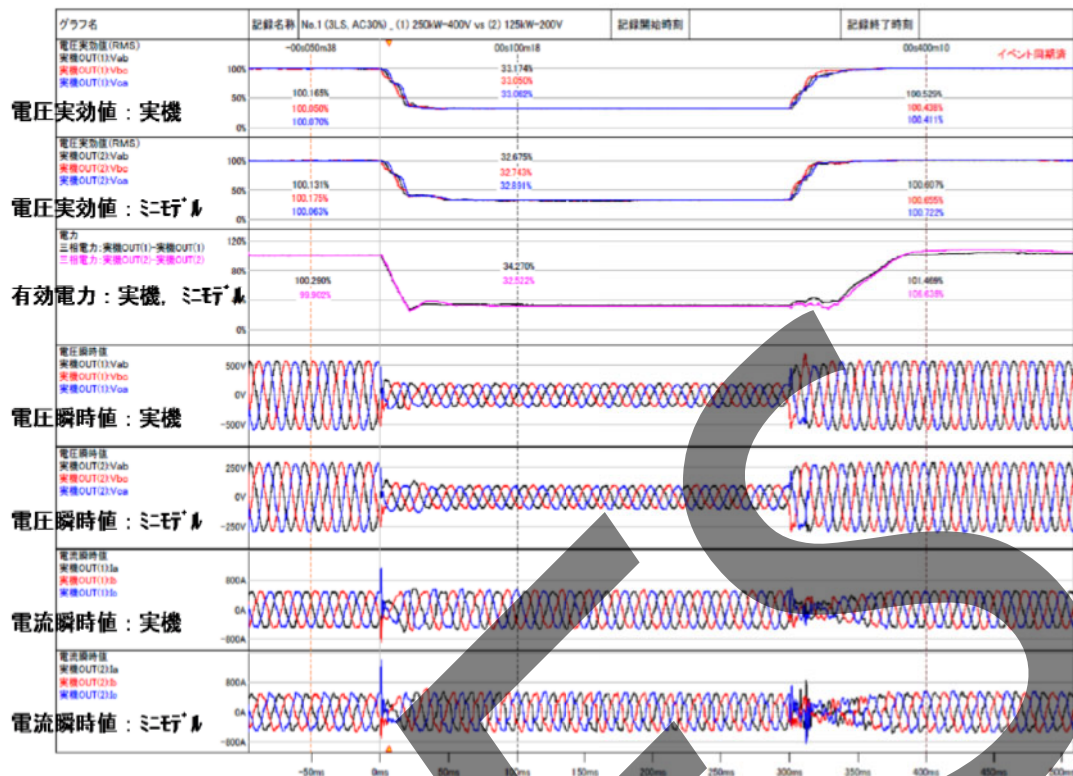
(a) 三相短絡時(残電圧30%)
 実機とミニモデル[電圧一定・電流1/25モデル]の出力波形例(A社)

■ ミニモデルと実機の等価性確認試験の検討および実施 [4/7]



(b) 二相短絡時(Δ結線方式、残電圧30%)
 実機とミニモデル[電圧一定・電流1/25モデル]の出力波形例(A社)

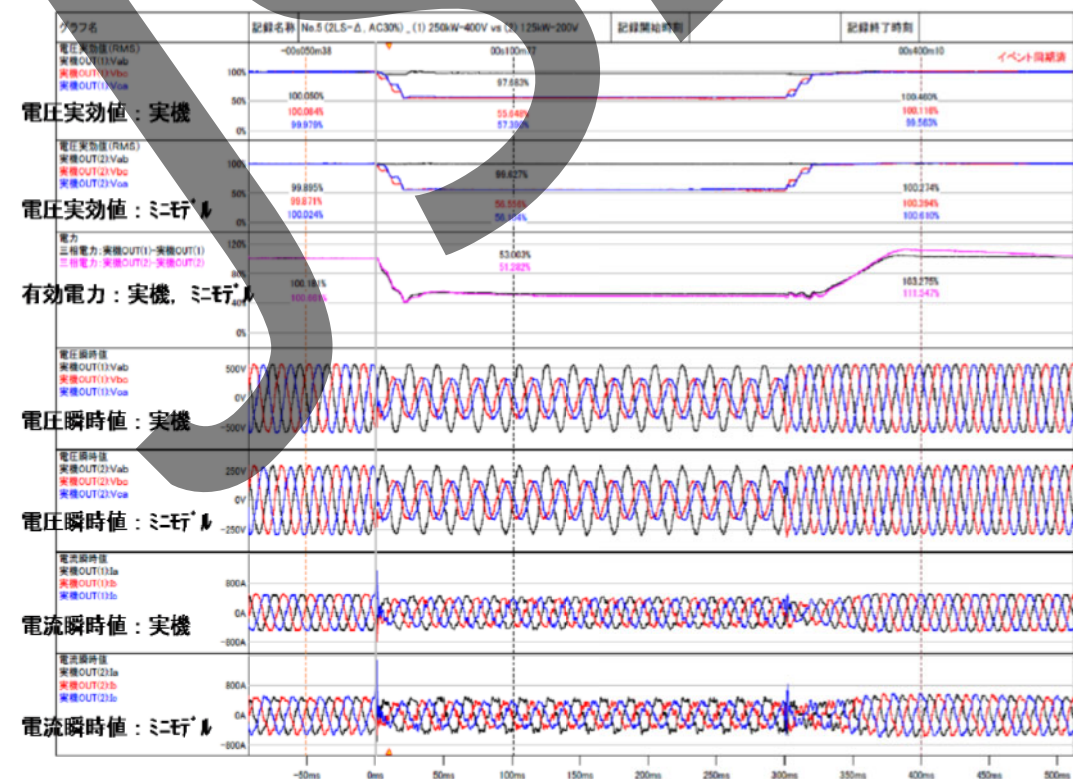
■ ミニモデルと実機の等価性確認試験の検討および実施 [5/7]



(a) 三相短絡時(残電圧30%)

実機とミニモデル[電流一定・電圧1/2モデル]の出力波形例(B社)

■ ミニモデルと実機の等価性確認試験の検討および実施 [6/7]

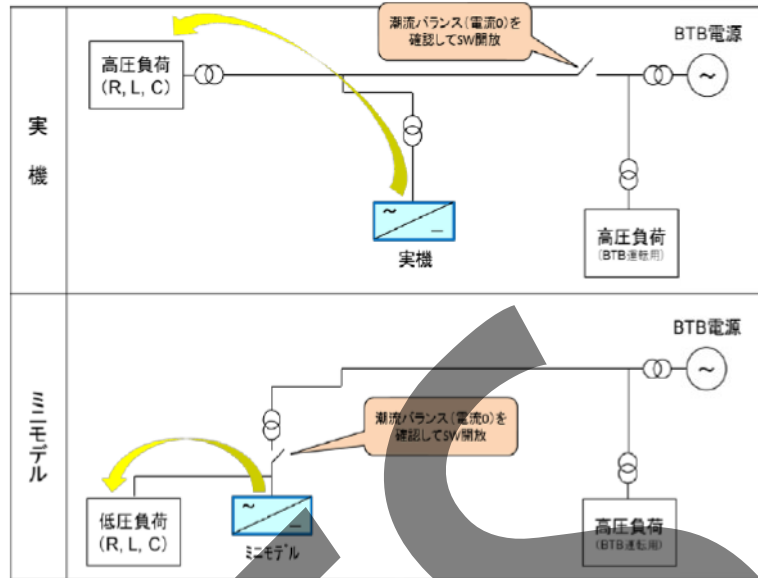


(b) 二相短絡時(Δ結線方式、残電圧30%)

実機とミニモデル[電流一定・電圧1/2モデル]の出力波形例(B社)

■ ミニモデルと実機の等価性確認試験の検討および実施 [7/7]

単独運転試験方法概略



単独運転試験結果例

試験条件: 受動ON、能動ON [ms]

機種	試験回数	潮流点バランス(P,Q)				
		(0,0)	(0,+4)	(+4,0)	(0,-4)	(-4,0)
実機	1	430	396	429	455	432
	2	434	396	426	455	432
	3	442	394	422	455	435
ミニモデル	1	427	405	413	459	495
	2	426	405	418	465	505
	3	430	403	412	463	506

■ ミニモデルの標準仕様および標準試験方法の検討および規格原案策定 [1/5]

『太陽光発電システム用大容量パワーコンディショナのミニモデルを用いた試験方法』 - ミニモデル設計の概要

■ 適用範囲

このガイドラインは、高圧以上のシステムに連系する太陽光発電システム用三相PCSのミニモデルを設計し、これを用いてFRT機能及び単独運転検出機能を試験する方法を規定する。

■ 回路構成

ミニモデルは、以下の主回路構成を実機と同一にする。
逆変換器、フィルタ回路、直流変換器、変換装置用変圧器、制御装置、制御電源

■ 定格交流電力・定格交流電流・定格交流電圧

項目	単位	実機	ミニモデル
定格交流電力	kW	P	P/ab
定格交流電流	A	I _{ac}	I _{ac} /a
定格交流電圧	V	V _{ac}	V _{ac} /b

ただし、 $1 \leq a \leq 25$ 、 $1 \leq b \leq 2$ とする。

■ 交流フィルタ

ミニモデルの交流フィルタのリアクトル及びコンデンサは、自己容量基準の%リアクタンス(%X)が実機と同一となるように設計する。

なお、リアクトルのインダクタンス及びコンデンサのキャパシタンスの裕度は、設計値の±10%以下とする。

■ 直流フィルター直流リアクトル

項目	単位	実機	ミニモデル
直流リアクトルのインダクタンス	H	L _g	L _g ×a/b

直流リアクトルのインダクタンスの裕度は、設計の±10%以下とする。

■ ミニモデルの標準仕様および標準試験方法の検討および規格原案策定 [2/5]

■ 直流フィルター-直流コンデンサ

項目	単位	実機	ミニモデル
直流コンデンサの 静電容量	F	C_{dc}	$C_{dc} \times b/a$

直流コンデンサのキャパシタンスの裕度は、設計の+20%以下とする。

■ 逆変換器

ミニモデルの逆変換器の基本構成及びスイッチング周波数は、実機と同一にする。
また、ミニモデルの半導体バルブデバイスは、実機と同種(IGBT, MOSFETなど)とし、次のいずれかとする。

- 実機と同一のデバイスを使用する。
- 主回路の電圧及び電流のスケールリングに合わせてデバイスを選定する。その際、実機と同様のI-V特性及びスイッチング特性となるように考慮する。

■ 変換装置用変圧器

ミニモデルの変換装置用変圧器は、次のとおり設計する。

- 実機と同じ材質の鉄心を使用する。
- 漏れインダクタンスの自己容量基準の%リアクタンス(%X)が実機と同一となるように設計し、裕度は設計値の±10%以下とする。
- 磁束密度が実機と同一になるように設計し、裕度は設計値の±20%以下にする。

■ 制御装置

ミニモデルの制御装置(ハードウェア, ソフトウェア及び制御定数)は、実機と同一にする。
また、ミニモデルの電圧検出回路および電流検出回路は、次のとおり設計する。

項目	実機	ミニモデル
電流検出回路	I	I/a
電圧検出回路	V	V/b

■ ミニモデルの標準仕様および標準試験方法の検討および規格原案策定 [3/5]

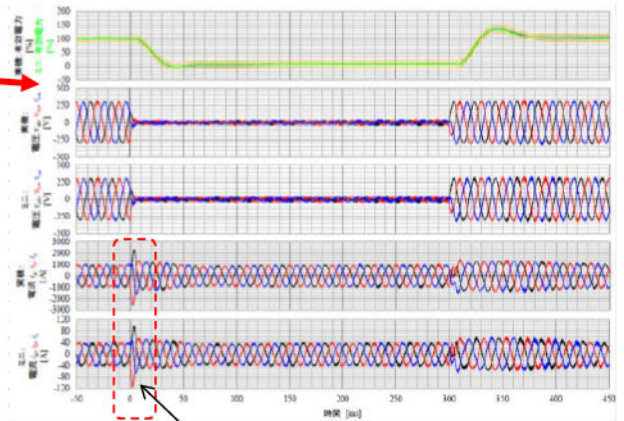
シミュレーション実施結果

○ : 影響はほとんど見受けられない
△ : 影響が大きくなる傾向がある

シミュレーション条件			電圧低下時の瞬時過電流への影響			
			残電圧30%	残電圧10%	残電圧0%	
直流変換器:なし 変換装置用変圧器:なし 事故様相:三相短絡 PCS出力:100%	交流フィルタ	リアクトル	L +10%	○	○	○
			L -10%	○	○	○
			L +20%	○	○	○
			L -20%	△	△	○
			R +20%	○	○	○
			R -20%	○	○	○
	コンデンサ	C +10%	○	○	○	
		C -10%	○	○	○	
		C +20%	○	○	○	
		C -20%	○	○	○	
		連系リアクトル	L +20%	○	○	○
			L -20%	○	○	○
R +20%	○		○	○		
R -20%	○		○	○		

シミュレーション条件			電圧低下時の瞬時過電流への影響			
			残電圧30%	残電圧10%	残電圧0%	
直流変換器:なし 変換装置用変圧器:あり 事故様相:三相短絡 PCS出力:100%	交流フィルタ	リアクトル	L +10%	○	○	○
			L -10%	○	○	○
			L +20%	○	○	○
			L -20%	△	△	○
			R +20%	○	○	○
			R -20%	○	○	○
	コンデンサ	C +10%	○	○	○	
		C -10%	○	○	○	
		C +20%	○	○	○	
		C -20%	○	○	○	
		変換装置用変圧器	L +20%	○	○	○
			L -20%	○	○	○
R +100%	○		○	○		
R -200%	○		○	○		

シミュレーション条件			電圧低下時の瞬時過電流への影響			
			残電圧30%	残電圧10%	残電圧0%	
直流変換器:あり 変換装置用変圧器:なし 事故様相:三相短絡 PCS出力:100%	交流フィルタ	リアクトル	L +10%	○	○	○
			L -10%	○	○	○
			L +20%	○	○	○
			L -20%	△	△	○
			R +20%	○	○	○
			R -20%	○	○	○
	コンデンサ	C +10%	○	○	○	
		C -10%	○	○	○	
		C +20%	○	○	○	
		C -20%	○	○	○	
		連系リアクトル	L +20%	○	○	○
			L -20%	○	○	○
R +20%	○		○	○		
R -20%	○		○	○		



ミニモデルの過電流ピーク値が実機よりも増加

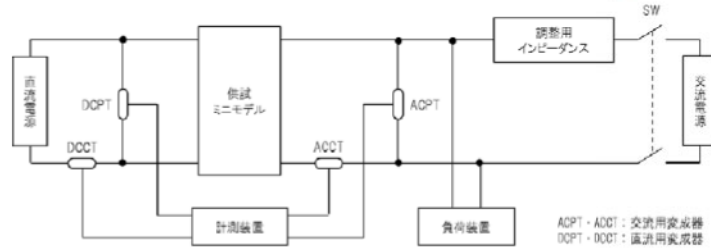
シミュレーション結果の一例

■ ミニモデルの標準仕様および標準試験方法の検討および規格原案策定 [4/5]

『太陽光発電システム用大容量パワーコンディショナのミニモデルを用いた試験方法』

－ 試験方法の概要

ミニモデルを用いた試験回路



試験設備の機能仕様

試験設備	機能仕様
交流電源	1) 実系統の定常時及び過渡時の挙動を模擬できる。その際、波形歪や電圧変動が少ない 2) 瞬時電圧低下試験 (FRT試験) 及び周波数変動試験 (FRT試験) を実施できるよう、指定の電圧・位相及び周波数の急変が可能で、指定した時間これを維持できる 3) 瞬時電圧低下時などに不要な周波数変動がない 4) ミニモデルの容量に見合った出力容量があり、試験を安定に実施できる 5) 試験時に生じる逆潮流に対応できる回生能力を有する 6) 再現性があり、同じ試験を繰り返して実施できる
直流電源	1) 応答特性が太陽電池に近い 2) 負荷の急変に追従し、速やかに応答できる。その際、振動やオーバーシュートなどが少ない 3) ミニモデルの容量に見合った出力容量があり、試験を安定に実施できる
負荷装置	1) 瞬時電圧低下試験 (FRT試験)、周波数変動試験 (FRT試験) 及び単独運転検出試験に必要なR, L, Cの容量がある 2) 交流電源への逆潮流に制約がある場合は、過渡的な電圧変動時に負荷を分担できる容量がある 3) 単独運転検出試験を実施できるよう、容量の微調整ができる
調整用インピーダンス	実系統を模擬できるよう、インピーダンスの設定ができる

■ ミニモデルの標準仕様および標準試験方法の検討および規格原案策定 [5/5]

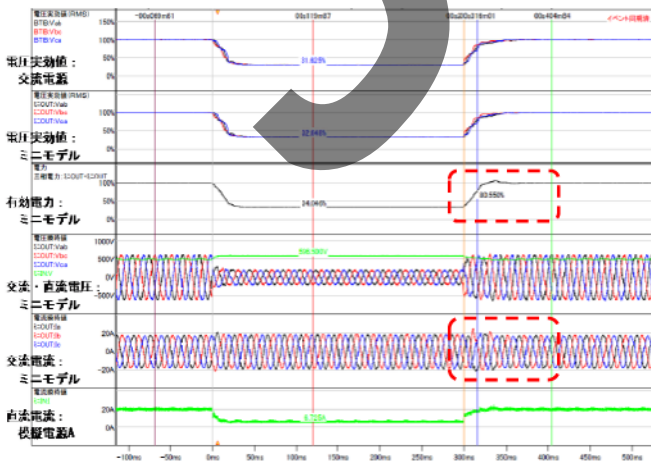
『太陽光発電システム用大容量パワーコンディショナのミニモデルを用いた試験方法』－ 解説の一例

■ 直流電源の特性がミニモデルの出力波形に影響を与える例

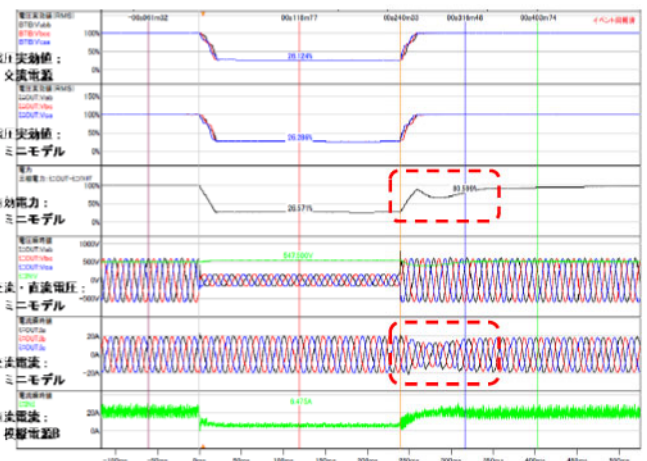
下図は、同一ミニモデルで直流電源に仕様の異なる太陽電池模擬電源装置(以下、模擬電源という。)を使用した場合の出力波形例である。

Aの方がBよりも点線枠内の有効電力及び交流電流の立ち上がりがスムーズであることがわかる。このように、使用する模擬電源によってPCSの出力の挙動が異なってくる場合がある。

実機とミニモデルの出力波形の比較において、両者に差異が見受けられたケースの主な要因も、この模擬電源の特性差にあった。



模擬電源A

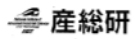


模擬電源B

太陽光発電システム用大容量パワーコンディショナのミニモデルを用いた試験方法

A test method with a scale down model of utility-interactive photovoltaic inverters

2015年(平成27年)2月20日 制定



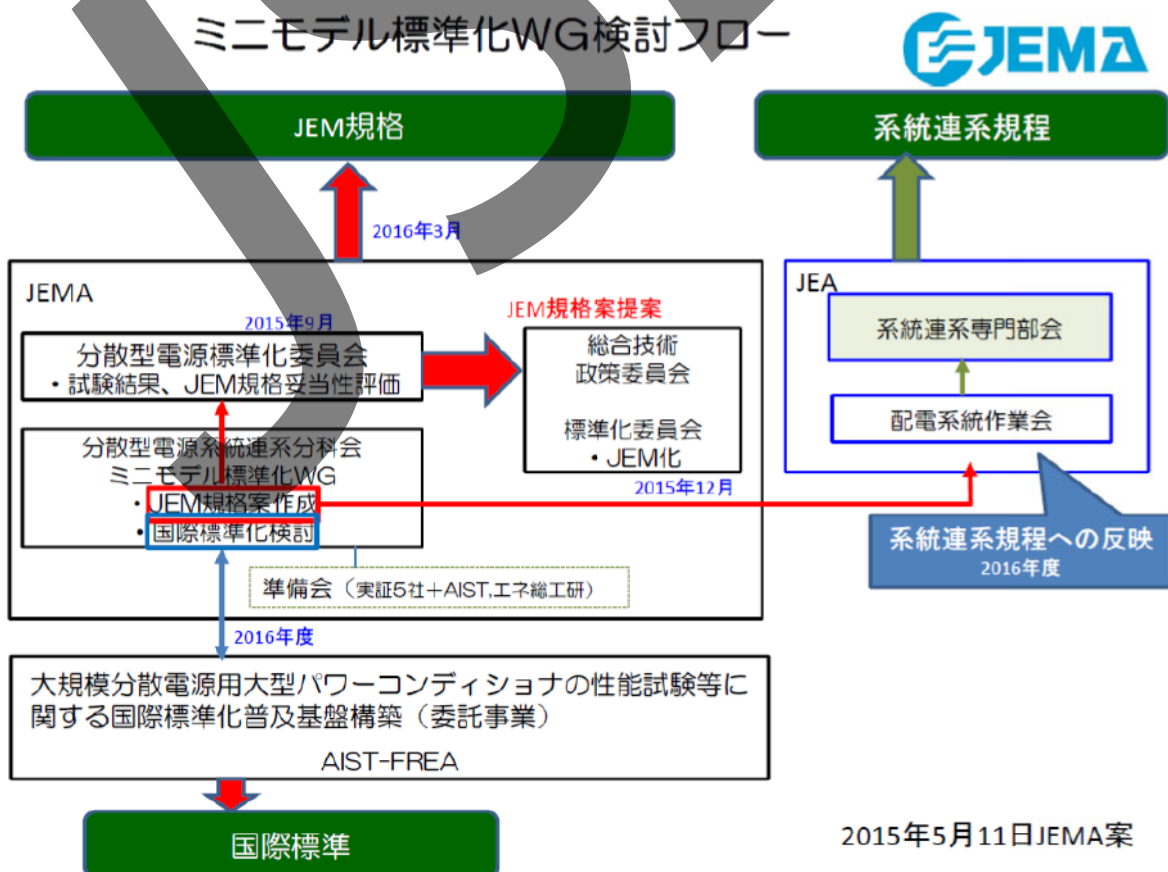
LAE 一般財団法人エネルギー総合工学研究所

※METI/MRI委託事業PCSミニモデルPJの成果として「太陽光発電システム用大容量パワーコンディショナのミニモデルを用いた試験方法」を、以下のAIST太陽光発電研究センターのwebサイトに公開。

https://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/service/pcs_minimodel_tst/index.html

※標準化に向けた活動(JEMA)

ミニモデル標準化WG検討フロー



2015年5月11日JEMA案

ご清聴ありがとうございました。



一般財団法人 エネルギー総合工学研究所
The Institute of Applied Energy