

平成２６年度エネルギー需給緩和型インフラ・システム普及等促進事業
（インド・ラジャスタン州系統安定化技術適用
に関する事業可能性調査）

報告書

平成 27 年 3 月

プライスウォーターハウスクーパース株式会社

目 次

1	調査事業概要.....	2
1)	調査の背景・目的.....	2
2)	調査の内容.....	2
3)	実施体制	3
4)	実施スケジュール.....	4
2	市場分析	6
1)	市場動向	6
2)	ラジャスタン州における送電網の状況.....	7
3)	ラジャスタン州における再生可能エネルギー開発の状況.....	8
4)	RRVPNL の先進的技術の導入状況	9
3	調査実施方法.....	10
1)	調査の目的.....	10
2)	仮説.....	10
3)	シミュレーションツール	11
4)	シミュレーション（系統解析）	11
5)	調査結果	11
4	調査結果を踏まえた事業計画	13
1)	事業計画	13
2)	市場戦略	20
3)	事業課題と方策	21
4)	国内への経済波及効果.....	21

1 調査事業概要

1) 調査の背景・目的

本調査はインド・ラジャスタン州における送電データの収集・検証を行い、今後同州において計画されている大規模な再生可能エネルギーの系統接続による影響を評価し、系統安定化に向けた提言をインド中央政府・ラジャスタン州政府・ラジャスタン送電公社（The Rajasthan Rajya Vidyut Prasaran Nigam Limited；以降 RRVPNL）に対して実施したものである。RRVPNL に対しては、本邦技術を活用した具体的な系統安定化システムによる大規模な再生可能エネルギーの系統接続実現の必要性につき提言を行った。

インドでは 2012 年 7 月に大規模な停電が発生しているが、かかる大停電が発生した要因として割り当て量を超過した発電により発生した電力潮流のアンバランスや、連系線の管理不足などによる過負荷の発生などが指摘されている。また、アジア開発銀行（ADB）によれば、RRVPNL は再生可能エネルギーの大量連系に備えて送電系統の増強を計画しているものの、系統事故時の影響評価及び系統安定化手法については未検討であるとの由である。かかる状況を背景として、ラジャスタン州政府及び RRVPNL は大規模再生可能エネルギーの系統接続による影響評価と系統安定化の為の技術導入に係る必要性を認識している。したがって、本事業実施に際しては、特に RRVPNL からは系統評価を目的としたデータ提供を中心とした調査実施に全面的に協力頂いた。

後述のとおり、ラジャスタン州では少なくとも 4,200MW の太陽光及び風力発電設備建設が計画されている。変動の激しい再生可能エネルギーの接続下において系統を安定的に運用する為には、定置型の蓄電池システムの配置が有効であるが、計画された再生可能エネルギーの容量を考慮すると、数百 MW の蓄電池需要が見込まれる。また、上記の他にも今後再生可能エネルギー発電設備の増設と、送電設備増強が短期間に行われる可能性を考慮すると、急速な設備増強の過程における過渡的な系統の不安定化への対応として、短期間に導入が可能な系統安定化システムや事故波及防止リレーシステムの導入が必要である可能性が高い。系統安定化システムは急速な電力需要の伸びを背景に日本で実用化されており、急峻な電力需要増大が見込まれるインドは、同システムに対する潜在的需要が大きいと考えられる。したがって、本調査を通じ作成した提言は、かかる系統安定化システムについてのインドの他州における潜在的需要の発掘に活用していくものとする。

2) 調査の内容

本調査は以下の項目に基づき実施した。

(1) 電力系統の負荷状況の分析及び系統計画の有効性評価

ラジャスタン州において、大容量再生可能エネルギーの連系を計画している送電線のデータ収集を行い、当該データに基づいて現状の系統安定化システムの有効性評価を実施した。

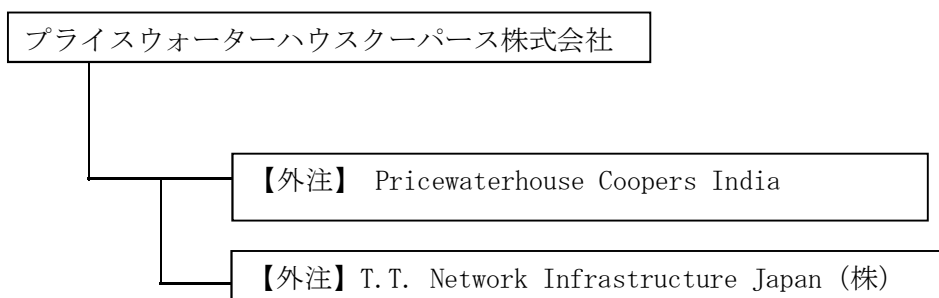
RRVPNL の系統計画をレビューし、大容量再生可能エネルギー導入における系統計画の有効性の確認を行った。

(2) 上記分析・評価に基づく、系統安定化に係る提言の策定

上記有効性評価に基づき、同州における系統安定化に係る解決策の策定を行った。系統安定化システムとしては電圧安定等の為の定置型蓄電池、蓄電池を監視する蓄電池 SCADA、事故時に再生可能エネルギーや火力等の発電機及び負荷を遮断する演算装置や保護リレー装置及び遮断指令転送装置等の最適の組み合わせで構成するシステムを検討し、設備事故時に有効に系統安定度を維持できるかの検証を実施した。また、今般の一連の調査結果については、現地にてワークショップを開催しその内容を RRVPNL に共有した。ワークショップ開催を通じ、系統安定化技術に係る日本の技術の優位性をインド側関係者に理解せしめると共に、系統安定化技術を利用した設備導入に係る関心の有無を確認した。

3) 実施体制

- 本調査では、プライスウォーターハウスクーパース（株）がプロジェクト統括を行い、送電分野における豊富な知見を有する T.T. Network Infrastructure Japan（株）、インド電力セクターおよびラジャスタン州で様々な電力、送電案件実施経験を有する Pricewaterhouse Coopers India による体制を構築した。現地では、ラジャスタン州および電力セクター関係者とのネットワークを有する Pricewaterhouse Coopers India を通じて、本調査を実施した。



各事業者の業務内容は表 1-1 の通りである。

表 1-1 各事業者の業務分担内容

プライスウォーターハウス コーパース株式会社	・ プロジェクト統括 ・ 報告書作成
Pricewaterhouse Coopers India (PwC India)	・ 現地情報収集 ・ 現地調査アレンジ ・ ワークショップアレンジ
T. T. Network Infrastructure Japan (株)	・ 系統安定化技術評価総括 ・ 系統安定化システム構成検討 ・ シミュレーション（解析及び影響分析）

4) 実施スケジュール

本事業は表 1-2 のスケジュールのとおり実施した。

なお、現地調査は、下記の日程及び目的にて実施した。

(第 1 回)

日程：2014 年 7 月 20 日-25 日

目的：本調査の趣旨説明及びデータ分析に必要なデータの収集

(第 2 回)

日程：2014 年 10 月 13 日-17 日

目的：データ分析結果の説明及び追加情報収集

(第 3 回)

日程：2015 年 1 月 26 日-30 日

目的：本調査結果に関するインド側関係者向けワークショップの開催

表 1-2 本事業調査スケジュール

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1. 系統安定度評価										
(1) データ収集・評価										
(2) データ分析・ソリューション検討										
2. 系統安定化システム仕様策定										
(1) 系統安定化システム構成検討										
(2) 連系点特定・導入費用算出										
3 ワークショップ開催準備										
4. 報告書作成										
5. PwC India との電話会議（月次で実施）	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
6. 出張										
(1 次) キックオフ・データ収集										
(2 次) 追加データ収集										
(3 次) ワークショップ										

2 市場分析

1) 市場動向

ラジャスタン州の電力セクターは、嘗てはラジャスタン州電力委員会（Rajasthan State Electricity Board (RSEB)）が発電、送電、配電を垂直統合する形で一元的に所管をしていたが、ラジャスタン州電力セクター改革法（1999年施行）に基づきこれが分離され、送電会社1社（Rajasthan Rajya Vidyut Prasarn Nigam Limited (RRVPL)）、発電会社1社（Rajasthan Rajya Vidyut Utpadan Nigam Limited (RVUN)）及び配電会社3社（Jaipur Vidyut Vitran Nigam Limited (JVVN), Ajmer Vidyut Vitran Nigam Limited (AVVN) and Jodhpur Vidyut Vitran Nigam Limited (JdVVN)）が2000年7月に発足した。

電気事業法（2003年施行）に基づき、RSEBからRRVPLに移管された買電業務と包括的な送電業務は2004年4月に配電会社に移管されることとなった。配電会社3社に移管された買電業務については、3社が共同で設立した組織体であるRajasthan Discom Power Procurement Cell (RDPPC) が、3社を代表して一元的に実施している。ラジャスタン州の配電会社は1千万世帯以上の顧客ベースを有しており、電力供給は①RVUN、②他州と共同管理を行っている発電プロジェクト、③中央政府管轄の発電プロジェクト、④Ultra Mega Power Project (UMPP)、⑤IPPからの買電、の5つの方法で電力供給を受けている。配電会社3社（JVVN、AVVN、JdVVN）の技術的・商業的総損失率（Aggregate Technical and Commercial Losses）はそれぞれ17%、20%、及び18%であり、国全体の目標値である15%より高い水準となっている。ラジャスタン州の総発電容量は2014年12月末時点で16,091MWで、燃料源別にみると石炭火力が最大の燃料源となっており、総発電容量の56%を占める。また、再生可能エネルギー（水力発電を除く）が急速に拡大しており、2014年12月末時点で4,035MW（総発電容量の25.1%）を占める。ラジャスタン州のピーク時電力需要は2014年12月末で10,642MWであり、州は特に再生可能エネルギーによる発電所新設を進めていることで、2014年末時点で電力の需給ギャップは0.8%までに縮小した。

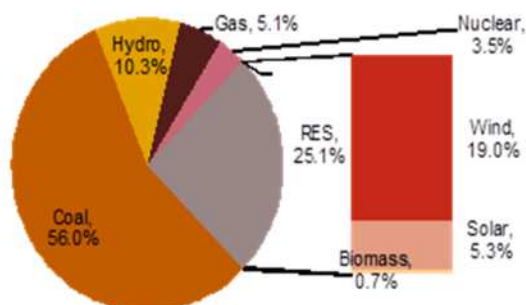


図 2-1. 燃料別発電量
(出所：RRVPL 社ホームページ)

2) ラジャスタン州における送電網の状況

ラジャスタン州では、州の送電公社である RRVPNL が州内の送電網の計画、開発、操業、保守管理を所掌している。RRVPNL は従来型エネルギーの発電（石炭、ガス、水力、原子力）及び再生可能エネルギーの発電（風力、太陽光、バイオマス）という多様化したエネルギー源からの送電と、信頼度の高い電力供給という 2 つの目的を達成するために、過去 20 年で堅固な送電網を構築してきた。また、RRVPNL は電力供給の信頼性を高めるため、送電網に冗長性を持たせるように設計した。表 2-1 に、RRVPNL が保有する送電網の詳細を示す。

表 2-1. RRVPNL 保有の送電網

Details of RRVPNL transmission network (till Dec 2014)			
Voltage level (kV)	Line Ckt km	EHV GSS Nos.	MVA capacity
765	426	2	6,000
400	3,278	9	6,735
220	12,954	95	23,193
132	15,372	363	25,654

（出所：RRVPNL 社ホームページ）

送電網システムは RRVPNL が建設・操業を行っている。過去、RRVPNL は 3 件のプロジェクトについて官民パートナーシップ（PPP）フレームワークを活用して民間企業に発注を行っており、RRVPNL は今後も PPP を活用した民間企業の事業参入を進めて行く意向である。RRVPNL の 2018 年までの投資計画は表 2-2 のとおりである（単位：十億インドルピー）。

表 2-2. RRVPNL 投資計画

RRVPNL Investment plan till FY 2017-18 (INR billion)			
FY 2015-16	FY 2016-17	FY 2017-18	Total
24.00	24.00	24.06	72.06

（出所：RRVPNL 社ホームページ）

RRVNL が徴収する送電料金（タリフ）は 2005 年には月額 1MW 当たり 80,000INR であったのが、2014 年には同 150,000INR にまで増額している。2013-14 年期の送電ロス率は 4.2% であった。

3) ラジャスタン州における再生可能エネルギー開発の状況

ラジャスタン州はインド全土の中で最も太陽光に恵まれた州であり、インド最大の砂漠を擁した州でもある。ラジャスタン州は同時に、風力発電に適した風況地域を多く有している。こうした気象条件に加え、ラジャスタン州政府による再生可能エネルギー導入促進・振興に係る各種政策・規制の整備も手伝い、同州政府は再生可能エネルギー分野での多くの投資誘致に成功している。ラジャスタン州政府は 2010 年にバイオマスエネルギー政策（Biomass Energy Policy）、2011 年に太陽光エネルギー政策（Solar Energy Policy）、2012 年に風力エネルギー政策（Wind Energy Policy）を施行し、ラジャスタン州における再生可能エネルギーのポテンシャルを最大限活用しようとしている。

2005 年 3 月の時点では、ラジャスタン州全土でグリッドに接続された再生可能エネルギー発電は 317MW に過ぎなかったのが、2014 年 12 月時点では 4,035 MW にまで増加している。また、ラジャスタン州は 2012 年から 2017 年までの間に更に 4,500MW の再生可能エネルギーの発電容量を新設する計画である。2019 年時点で再生可能エネルギー容量は風 5,805MW、太陽光 8,356MW の導入が計画されている。具体的には表 2-3 の通りである。

表 2-3. ラジャスタン州における再生可能エネルギー導入計画

Year	Wind	Solar	Total
Installed Capacity as on Dec 2014	3,065	856	3,921
Addition in Remaining XII plan period (2014-15 to 2016-17)	1,500	3,000	4,500
Addition in 2017-18	620	2,000	2,620
Addition in 2018-19	620	2,500	3,120
Total Addition	2,740	7,500	10,240
Grand Total	5,805	8,356	14,161

（出所：RRVNL 社ホームページ）

RRVNL は、上記再生可能エネルギー発電の新規導入計画に対応した送電網増強が必要な地域を特定化しており（Jaisalmer、Barmer、Jodphur、Bikanar）、当該地域についてはアジア開発銀行からの支援を受け送電網増強計画を既に策定した。同計画によれば、220KV D/C（Double Circuit）回線を 217km、132km D/C 回線を 535km 増設すると共に、220kv の変電所を 7 箇所、132kv の変電所を 20 箇所増設することとなっている。

4) RRVPNL の先進的技術の導入状況

過去 10 年間に於ける RRVPNL による先進的技術の導入例に係る主なものとして、グリッドに於ける EHVAC 送電システム (765kV 及び 400kV)、保護リレー、SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)、132kV の変電所、変電所オートメーションシステム、220kV XLPE 銅ケーブル、光ファイバーケーブル (400kV、765kV) が挙げられる。

RRVPNL が今後導入を計画するものとしては、再生可能エネルギー発電の制御装置、再生可能エネルギーコントロールセンター、系統安定化装置、STATCOM (無効電力補償装置)、無人制御による変電所設備、新規 RTU (Remote Terminal Unit)、州のオペレーションセンターに於ける SCADA や EMS (Energy Management System) の拡張アップグレード、送電網の重要な結節点での PMU (Phasor Management Unit)、WAMS (Wide Area Monitoring System) が挙げられる。

3 調査実施方法

1) 調査の目的

急増する再生可能エネルギーによる電力供給に対応するため、発展段階にあるラジャスタン州の電力系統においては、常時および事故発生時に電力系統上の問題発生が想定される。具体的には、①常時および事故発生時における送電線の過負荷（熱容量超過）、②事故発生時における変電所母線の大幅な電圧低下、また、③過酷な事故発生時における、大規模停電につながる可能性がある発電機の大量脱落、等の発生の懸念がある。これらの電力系統上の問題が起き得るか、先方から提供されたデータを元に、シミュレーション（系統解析）による確認を実施する。

2) 仮説

仮説を以下の通り構築し、この仮説についてシミュレーションにより検証する。シミュレーションを通じ、仮説にて提示した問題発生の有無及び詳細な状況確認を行う。

- i) 常時における送電線の大幅な過負荷（容量超過）が発生すること、また、事故発生時における送電線の大幅な過負荷（容量超過）および変電所母線の大幅な電圧低下が発生すること。
- ii) 大規模停電につながる可能性がある、事故発生時における発電機の大量脱落が発生すること。



図 3-1 RRVPL 技術者との打合せの様子

3) シミュレーションツール

今回の検討では、Siemens 社製の電力系統解析用ソフトウェア PSSE を用いてシミュレーションを実施した。PSSE はこの分野において、世界的に最も利用されているソフトウェアである。

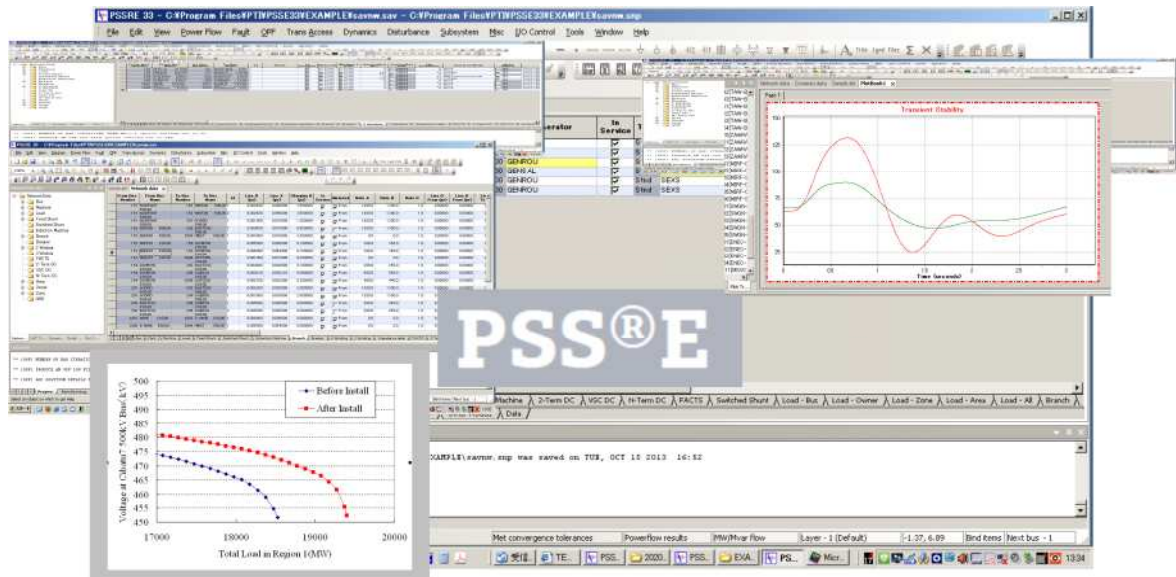


図 3-2 PSS/E の画面イメージ (The Source : PSS/E Program Operation Manual)

4) シミュレーション (系統解析)

i) 潮流計算

上記 2)に記載した仮説 i 「常時における送電線の大幅な過負荷（容量超過）が発生すること、また、事故発生時における送電線の大幅な過負荷（容量超過）および変電所母線の大幅な電圧低下が発生すること」の検証として、潮流計算を行い、発生の有無、詳細な状況確認を行った。

ii) 安定度計算

上記 2)に記載した仮説 ii 「大規模停電につながる可能性がある、事故発生時における発電機の大量脱落が発生すること」の検証として、安定度計算を行い、発生の有無、詳細な状況確認を行った。

5) 調査結果

系統解析を通じて得られた結果について以下のとおり総括する。

- i) 過酷な事故を想定した場合、過負荷および電圧低下発生の可能性があることが示唆された。
対策として、以下に示すような方策を最適箇所へ組み合わせて導入する必要がある。
過負荷対策： OLR (Overload relay), 送電線整備
電圧対策： Shunt Capacitor, SVC, VQC, 送電線整備
- ii) 過酷な事故を想定した場合、発電機の大量脱落発生の可能性があることが示唆された。
条件をより精緻化した追加検討を行うことで、中期的な送電網に発生するリスクを明確に評価することが必要であると考ええる。当該リスク評価を元に、TSC (Transient Stability Control system) 導入の検討として、具体的な導入箇所および詳細仕様の検討が必要である。
- iii) これらの系統解析結果を踏まえ、具体的な解決策及びその事業化について次章に記載する。

4 調査結果を踏まえた事業計画

1) 事業計画

2章で述べた通り、インド・ラジャスタン州において、再生可能エネルギーの導入計画は直近の2017年まででも図4-1のとおり、風力発電が2012年比2倍、太陽光発電に至っては10倍にするという計画である。また電力需要の伸びに伴い、送電線の増強も計画されているが、安定度の点で必ずしも十分ではない可能性があるというシミュレーション結果は3章で述べた通りである。

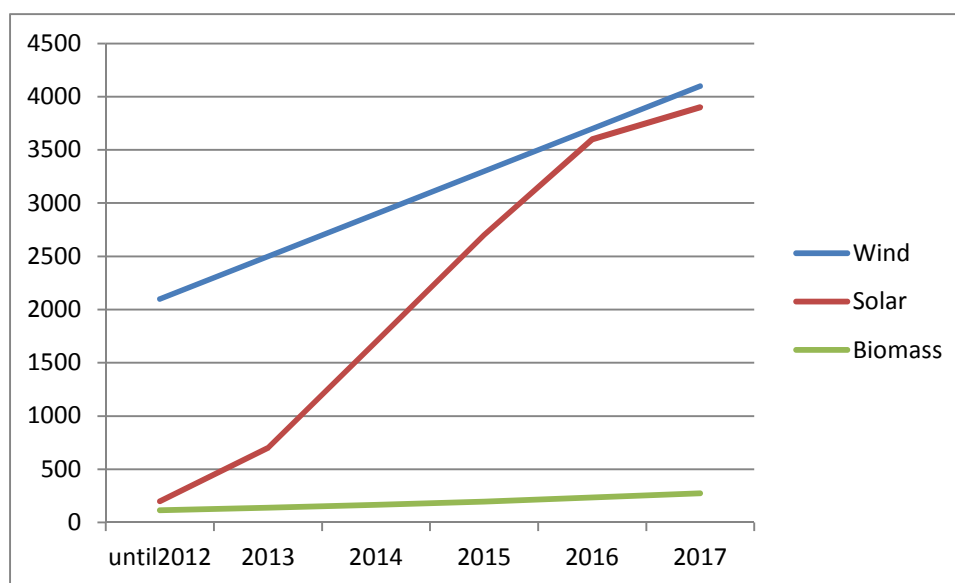


図 4-1. ラジャスタン州における再生可能エネルギーの導入計画

これに対する対策としては、送電線敷設が最も直接的な解決策として考えられるが、送電線敷設は多額の投資を伴う。より投資コストを抑えながら、系統安定化を達成させる一つの方法として、Transient Stability Control system (TSC) の導入が効果的であると考えられる。

また、上記の通りラジャスタン州においては、大量の再生可能エネルギーが導入される計画となっており、再生可能エネルギーの大量導入によって引き起こされるより喫緊な課題もある。具体的には増え続ける再生可能エネルギーをどのように管理していくか、また再生可能エネルギーの変動をどのように抑えていくか、というものである。このような課題に対しては RECC (Renewable Energy Control Centre) に代表される、再生可能エネルギーを管理するシステムが必要となると考えられる。

TSC と RECC は解決すべき課題自体が根本的に異なるものであること、またシステムとしてはそれぞれ独立した機能を有していることから、次節以降は TSC と RECC それぞれの機能や課題など、個別に記載していく。

i) TSC (Transient Stability Control) System の導入

a. TSC の機能と効果

TSC はほぼリアルタイムに近い形で系統全体の状況をモニタリングしながら系統事故時の対応を行っていく、日本独自に開発した他に類を見ない独自技術であるため、他国に対して圧倒的な技術優位性を有している。ここでは TSC の基本的な機能と効果について述べる。

TSC は下記の 3 つのパートに分かれている。

- TSC-Parent
- TSC-Child
- TSC-Trip

TSC-Parent は、系統事故が発生した際にどの発電機／負荷を遮断するのかを計算する。TSC-Child は実際に系統事故が起こった場合、どのような種類の事故が発生したかを判断し、TSC-Parent の計算結果に基づいて TSC-Trip に対して遮断指令を出す。TSC-Trip は TSC-Child からの指示に従い、即座に必要な発電機／負荷を遮断する。ポイントは TSC-Parent は事故が起こった場合を想定して、その対応を予め計算しておくことにある。その結果を定期的に TSC-Child に通知し、実際に事故が起こった場合には TSC-Parent を経由することなく TSC-Trip を動作

させるため、全系を見ながら処理をしつつ、圧倒的に高速に動作でき、事故の影響を最小限に止められる。本動作の具体的な処理シーケンスは以下の通りとなる。

- (a) TSC-Parent が定期的に系統事故が発生した場合にどのような処置をすればよいか計算する
- (b) TSC-Parent は計算結果を TSC-Child に送信する
- (c) TSC-Child は事故を検出した場合、TSC-Parent から送られてきた計算結果に基づいて事故に応じた負荷・発電機を遮断する

このような処理シーケンスを取ることで、系統全体の状況を把握しつつも系統事故時には素早い遮断を行うことができるようになるため、従来の方法よりも安定度を高く保つことが可能となる。安定度が増せば、新たな送電線敷設をせずとも大規模停電を防ぐ効果も期待できるため、ラジャスタン州においても過大な送電線敷設が不要となる等、導入の効果が見込まれる。

ii) RECC (Renewable Energy Control Centre) の導入

a. RECC の機能と効果

RECC は再生可能エネルギーのマネジメントと再生可能エネルギーの出力変動の影響を抑えるという役割を担うことになる。これらの役割・機能に関して以下、詳細に記す。

基本的に新たな発電機を系統に導入する際に、発電機は RRVPNL 傘下にある系統運用オペレーションセンターである SLDC (State Load Dispatch Centre) と接続し、SLDC で情報を集約し、必要な制御をすることになる。再生可能エネルギーによる電力供給が増加し、発電所の規模を問わずすべての再生可能エネルギーによる供給電力が SLDC と連携することになった場合、SLDC 側の監視点の増大、メンテナンス回数の増加につながり、運用に支障をきたす可能性が高い。このため、再生可能エネルギーを一元管理し、SLDC とは 1 点で接続する構成としたシステムの導入が望ましい。このような再生可能エネルギーを一元管理する機能を RECC に持たせ、SLDC と RECC が連携し、SLDC からみた再生可能エネルギーは 1 つの発電機であるかのように振る舞えるようにすることで、SLDC の再生可能エネルギーの管理コストを削減することができる。また、新たに再生可能エネルギーを導入する際にも常に運用を継続している SLDC への影響を最小限に止めることができるため、運用者の負担も減らすことができる。

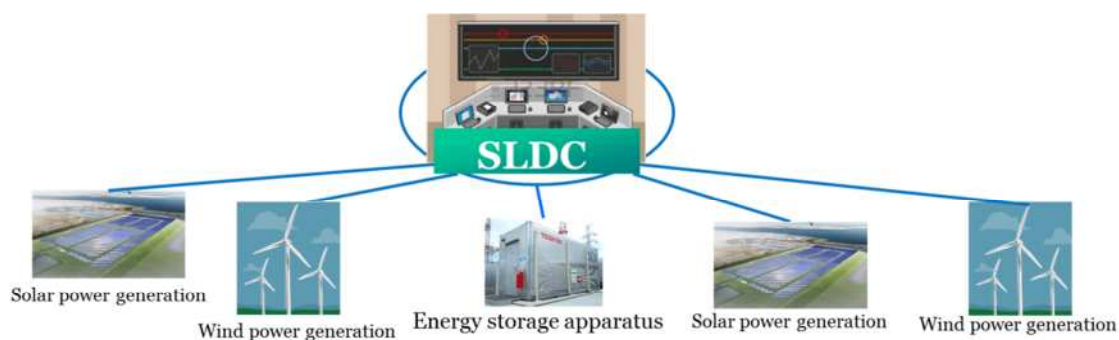


図 4-2. RECC 導入前の SLDC と再生可能エネルギーの関係

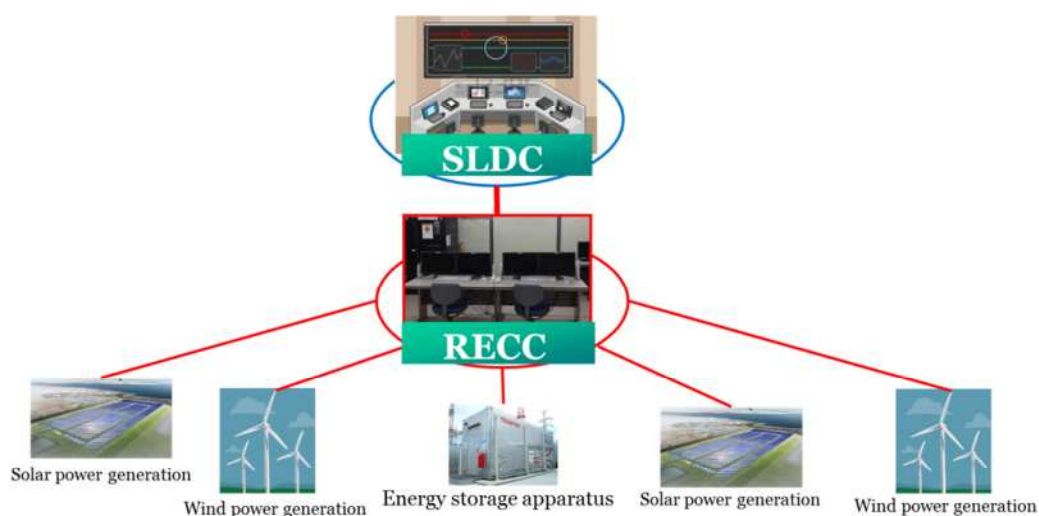


図 4-3. RECC 導入後の SLDC と再生可能エネルギーの関係

ア) 再生可能エネルギーの変動対策

i) 変動対策の必要性

一般に再生可能エネルギーの導入量が増加すると、発電量の変動が課題となる。太陽光発電の場合、晴れから曇りへと天候が変化すると、太陽光発電の出力はおよそ 70%減少すると言われている。このため、太陽光発電を導入する際には系統への影響が出ない程度の小規模にとどめておくか、出力が急変した場合の短時間変動を抑制する対策を蓄電池の活用などで行うことが一般的である。当初、ラジャスタン州においても大量の太陽光発電が導入される計画であるため、上述した変動対策が必要であろう、という想定のもとで調査を開始したが、太陽光発電の設置を予定しているエリアは砂漠地帯であり、ほとんど天候が変化しない（年間 300 日以上が快晴と言われている）ため、短時間の変動抑制対策は不要であるこ

とが判明した。一方で、すでに導入がなされている風力発電については、数時間単位で出力が大きく変動しており、この大きな変動に対する対策が必要であることが分かってきた。

大きな発電量の変動は予測できれば問題とならないが、風力発電の予測は容易ではないため、発電予備力を保持しておく必要がある。通常、予備力の確保に当たっては揚水発電所を建設することが有効な対策となるが、ラジャスタン州においては揚水発電所を建設する適切な場所がないことが判明している。揚水以外の方法で予備力を保持するためには大きく分けて下記の 2 つの方法があると考えられる。

- 火力発電を低出力にて運転する
- 蓄電池を導入する

前者の場合、火力発電機を低出力にて運転すると、既存設備を使用することになるため初期投資は抑えられるものの、発電効率が低下するため、燃料費が増大する。一方、後者の蓄電池の導入には多額の初期投資が必要となるが燃料費を抑制できる。いずれの方法もメリット・デメリットが存在するが、これらをうまく組み合わせる最適な手法を検討する必要がある。

ii) 蓄電池導入シナリオ

火力発電機を低出力で常時稼働させておくと、発電効率が極めて悪い状況にある。一方、不足するであろう電力をすべて蓄電池で供給することを前提とした容量にて蓄電池を導入すると、非常に多額の初期投資が必要となるため、非現実的ではある。火力発電機を普段は停止させておき、電力が必要になった際に再稼働するようにすると、燃料費を抑えられるが、火力発電の再稼働には早くても数時間レベルで時間がかかるため、その間に不足する電力を何らかの形で賄う必要がある。この不足部分を蓄電池からの放電によって賄うことで、燃料費を削減できる可能性がある。かかる考え方に基づき、初期コストとトータルの燃料費をバランスよく削減することを考える。火力発電機を停止状態から出力を得られるようになるまでの所要時間を 3 時間と仮定すると、風力発電の落ち込みが始まってから 3 時間後に火力発電を活用できるようになるので、その間の不足分を蓄電池から放電することになる。イメージとしては、下図のようになる。

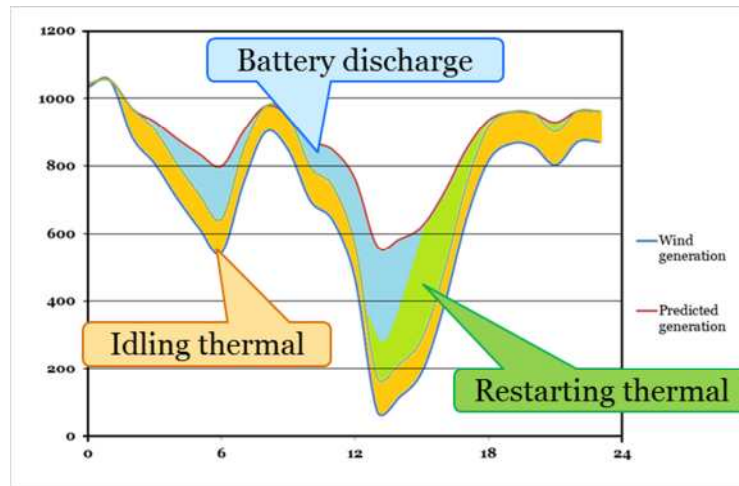


図 4-4. 火力発電と蓄電池の混合による予備力

b. RECC の機能概要

現時点で想定している RECC が持つべき機能は下記のとおり考えられる。

- 再生可能エネルギーの集約機能（モニタリングと制御）
- 蓄電池の集約・制御機能
- 蓄電池を活用した再生可能エネルギーの長周期の変動抑制
- 再生可能エネルギーの発電予測と蓄電池の充放電計画機能
- 新たな再生可能エネルギーを導入する場合のシミュレーション機能
- 記録機能とデータ分析機能

本事業においては、増大する再生可能エネルギーの集約と、再生可能エネルギーがもたらす系統不安定化要因、特に風力発電の大きな変動対策を中心として検討したことから、RECC が持つべき機能の詳細については今後仔細に検討を行う必要が有る。

iii) システム導入計画

a. TSC システムの導入計画

TSC の導入に当たっては既設機器、ネットワーク、系統拡充計画、保護領域の重要度選定など、様々な要因を考慮する必要が有り、導入を決めた後に直ちに機器導入

に移行できるわけではないという点に留意する必要がある。まずは機器から段階的に TSC を導入できる環境の整備から始め、最終的に TSC を導入していく形として導入計画を策定する必要がある。現時点では TSC を導入するまでに 3 つのフェーズに分けて導入計画を策定する。図 4-5 に TSC 導入までに至る流れをフェーズ分けして整理した。第 1 フェーズとしては従来通り送電線の敷設と同時に保護リレーなどの機器導入を通じて局所的な対処をすることにより、事故が系統全体に波及することを防ぎ、事故時に大規模停電を防ぐ、言わば対症療法的な解決策を導入することを想定する。但し、この時点で導入する機器には他の機器との連携可能な通信ユニットも付帯させておくこととする。第 2 フェーズは第 1 フェーズで導入した通信ユニットを利用して、系統情報を中央に集約して監視できる環境を整え、事故発生時にオペレータが影響を極小化すべく、迅速な対応を可能とする。第 3 フェーズでは、事故発生後に対処するのではなく、通常時より集約した情報から事故を想定して、万が一事故が発生した場合の対応を積極的に展開しておく、という TSC の機能を実現できるフェーズになる。TSC が導入されれば、事故時に迅速かつ被害を最小限に止めた対応が取れるようになるとともに、通常時においても安定度が増すなどの効果も得られるようになる。このような、3 段階のフェーズ毎のシステム機器導入を通じて、リレーなどの系統保護機器導入時点から最終的なシステム構成を見据え、送電線コストの抑制等のメリットも訴求することで TSC に係る設備投資を図ってもらえるよう RRVPNL やラジャスタン州政府に働きかけていくことが必要である。

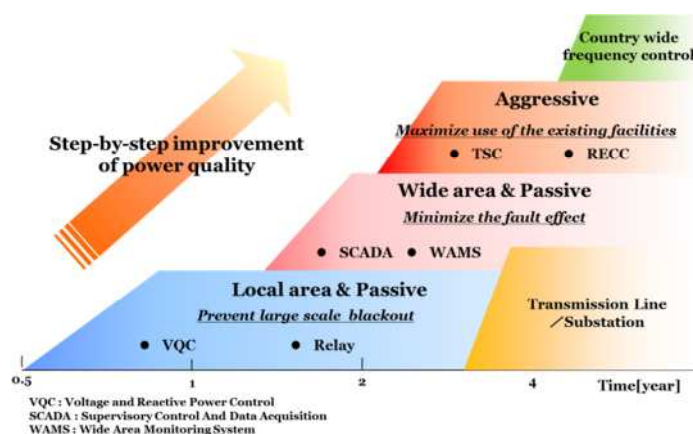


図 4-5. TSC 導入までの流れ

b. RECC の導入計画

RECC についてはシステム側で連携可能な再生可能エネルギーと集約させる蓄電池システムの数を柔軟に設定できるようにしておけば、順次拡張していく施策を取ることが可能である。このため、当初は導入効果を確認する意味で少量の再生可能エネルギーと蓄電池を連携させたシステムの導入を図り、導入効果が確認された時点

で順次これを拡大していき、最終的に導入された再生可能エネルギー全体とこれに対して必要な蓄電池とが連携可能なシステムの構築を目指す。

2) 市場戦略

ラジャスタン州の系統に対して適用が可能と考えている技術アイテムの中には我が国独自に開発技術が含まれており、インド・ラジャスタン州の電力系統安定化に対して我が国の技術が大きく貢献できる可能性がある。本事業においては、インド特有の系統条件や要求仕様なども考慮した技術、製品の検討とあわせて事業性について検討を実施した。

今回検討している事業のビジネスモデルは、大容量再生可能エネルギー導入時に想定される課題を柔軟に解決可能なソリューションを導入提案するものである。したがって、今回本事業の対象地域であるラジャスタン州に限定されるものではなく、大容量再生可能エネルギーを導入する際の系統安定度に関する問題を内在する他州・他地域にも展開・導入の可能性があるものと考えている。より具体的には下記の方針とする。

i) TSC における戦略

TSCは電力会社とメーカーの協力の下で開発を行った日本独自の技術である。東京電力、中部電力などでのTSCの導入実績があり、東京電力管内に置いては過去2度TSCが正常に動作した実績もある。また、中部電力のように安定度が増すことにより、送電線の送電容量が増え、効率の良い発電機を活用することが可能となったことから、TSC導入前と比べ発電コストを下げることに成功した事例もある。インド・ラジャスタン州における発電コスト削減効果や系統安定化への寄与にかかる効果については更なる詳細検討が必要であるが、他国にはない日本独自技術を提案していくことになるため、技術的優位性は十分にあると考えられる。技術的価値や導入の効果を十分にPRし、システムの導入に繋げていく。まずラジャスタン州において、インドにおける系統安定化システムを導入するための課題に対する知見を蓄え、他州においてもラジャスタン州同様の系統安定化施策が必要となる可能性があるかの検討を進める。ゆくゆくはインド全域において系統安定化システムの運用が可能か否かを見極めていく。

ii) RECC における戦略

再生可能エネルギーが大量に導入されることが確実なラジャスタン州においては、再生可能エネルギーを集約し、「見える化」するシステム導入のニーズは高いと考えられる。但しRECCを単なる「見える化」システムとするのではなく、これに如何なる付加価値を付けることができるかが今後の技術的な検討の課題である。現状においては風力発電の大きな変動が課題となっている。この対策としては蓄電池の導入が有効であると考えられるが、いかにコストを抑えつつ効果を得るか、がポイントとなって

くると想定される。RECC については他国にも同様の考え方に基づくシステムが存在するが、宮古島のマイクログリッド実証設備でのノウハウや横浜スマートシティプロジェクトにおける蓄電池 SCADA での蓄電池集約技術等を活用し、システムインテグレーションの部分で他国に勝っていけるように進めていく。ラジャスタン州においては、まず小規模のシステムにて導入の効果を確認した後、再生可能エネルギーの規模に応じて拡張していく方向が考えられる。他の州においても再生可能エネルギーの積極的導入がラジャスタン州と同様の課題が今後生じてくると考えられるため、確認できた効果を基に再生可能エネルギー導入量に応じたシステム構成として提案活動を行っていく。

3) 事業課題と方策

本事業実施の結果、ラジャスタン州における再生可能エネルギーの導入計画及び送電線敷設計画を含めてシミュレーションを行ったものの、必ずしも安定度が十分保たれておらず、大規模停電に陥る可能性があることが分かった。また、増え続ける再生可能エネルギーの課題として再生可能エネルギーの管理と再生可能エネルギーの変動抑制、特に風力発電の出力低下対策が必要であることも分かった。これらの結果を踏まえ、それぞれの課題に対して効果があると考えられる TSC と RECC を提案していくことになるが、それぞれの提案・事業展開をしていくにあたっての課題と方策は以下の通りとなる。

i) TSC システムについて

今年度は標準モデルとしていた発電機の情報等を収集し、より詳細なシミュレーションを実施していく必要がある。また導入を進めていくに当たっては、運用のポリシーを明確化し、重要拠点としてどこを保護していくかなどを決めていく必要がある。また、徐々に通信機器を備えた保護リレーを導入し、将来の拡張に備えていく必要もある。インド側から必要な情報を貰いつつ、インド側担当者を含めた、より深い議論を行っていく。

ii) RECC について

RECC については風力発電予測が一つのポイントとなると考えている。インドにおける風力発電の予測には地域性や取得できる情報の違いから、現時点では未知数な部分が多い。このあたりは今後、詳細に検討していく必要がある。また、蓄電池の経済性について、今年度は大雑把な試算を行ったにすぎないため、厳密な評価も実施していき、どのようなタイプの蓄電池の組み合わせが良いのか明らかにしていく必要がある。

4) 国内への経済波及効果

本事業にて導入を検討した適用可能技術・製品は、日本のメーカー並びに電力会社が得

意とする分野である。特に TSC については日本独自の技術であり、蓄電池についても日本が技術的に優位な分野である上、潜在的な市場が非常に大きいことも試算により明らかとなった。これらの技術・製品の有用性を評価することにより、再生可能エネルギー連系系統のみならず、大規模系統全般を対象としたシステム及び技術の輸出拡大、さらには関連ビジネスの発展が期待できる。

以 上