

国名 カンボジア	送変電システム運営能力強化プロジェクト
-------------	---------------------

## I 案件概要

事業の背景	カンボジアでは、急速な経済成長に伴い、ピーク電力需要（MW）及び消費電力量（GWh）が、2003年から2010年までの間に年平均20%以上と急激に増加し、これに対応するため、安定的な電力供給システムの構築が喫緊の課題となっていた。そうした状況下、電力システムを適切に運用し、高品質で安定的な電力供給を行うための中央給電指令センター（NCC）が設立された。また、送電線及び変電所を含むネットワーク設備が整備されつつあった一方、新規に導入されたネットワーク設備の運用維持管理（O&M）に関する知識及び経験を十分に有する技術者が不足していた。そのため、同ネットワーク設備のO&Mを担当するカンボジア電力公社（EDC）職員の技術力をさらに強化することが必要となっていた。												
事業の目的	<p>本事業は、EDCの送電線及び変電所設備のO&amp;Mに係る規程の策定と実施、電力大学に対する講師養成研修、巡視及び点検、業務上の安全対策に関する実地研修（OJT）の実施を通じて、プノンペン送変電連系系統内における電力の安定的供給を図り、もって、プノンペン連系系統地域における電力の安定的供給への貢献を目指した。</p> <p>1. 上位目標：プノンペン連系系統地域<sup>1</sup>で電力が安定的に供給される。 2. プロジェクト目標：プノンペン送変電連系系統<sup>2</sup>内で電力が安定的に供給される。</p>												
実施内容	<p>1. 事業サイト：プノンペン送変電連系系統内（プノンペン経済特区、カンダール州、タケオ州、カンボット州、シアヌークビル経済特区） 2. 主な活動：1) 送電線及び変電所のO&amp;Mに関する規程の作成と実施、2) 電力大学に対する講師養成研修、3) 巡視及び点検、業務上の安全対策に関するOJT、等 3. 投入実績</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">日本側</td> <td style="width: 50%; border: none;">相手国側</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">(1) 専門家派遣：16人</td> <td style="border: none;">(1) カウンターパート配置：35人</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">(2) 第三国研修：10人（ベトナム及びタイ）、26人（タイ）</td> <td style="border: none;">(2) 土地・施設：EDC本部及びNCCの執務スペース、訓練用鉄塔及び送電線の設置用地、供与機材保管場所</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">(3) 機材供与：遮断器、接地装置、油圧機、圧縮端子、等</td> <td style="border: none;">(3) 現地業務費：油中ガス分析の費用、エンジニアリングソフトウェア用システムシミュレーターのライセンス費用</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">(4) 現地業務費：一般活動費</td> <td style="border: none;"></td> </tr> </table>			日本側	相手国側	(1) 専門家派遣：16人	(1) カウンターパート配置：35人	(2) 第三国研修：10人（ベトナム及びタイ）、26人（タイ）	(2) 土地・施設：EDC本部及びNCCの執務スペース、訓練用鉄塔及び送電線の設置用地、供与機材保管場所	(3) 機材供与：遮断器、接地装置、油圧機、圧縮端子、等	(3) 現地業務費：油中ガス分析の費用、エンジニアリングソフトウェア用システムシミュレーターのライセンス費用	(4) 現地業務費：一般活動費	
日本側	相手国側												
(1) 専門家派遣：16人	(1) カウンターパート配置：35人												
(2) 第三国研修：10人（ベトナム及びタイ）、26人（タイ）	(2) 土地・施設：EDC本部及びNCCの執務スペース、訓練用鉄塔及び送電線の設置用地、供与機材保管場所												
(3) 機材供与：遮断器、接地装置、油圧機、圧縮端子、等	(3) 現地業務費：油中ガス分析の費用、エンジニアリングソフトウェア用システムシミュレーターのライセンス費用												
(4) 現地業務費：一般活動費													
協力期間	2013年1月～2015年9月	協力金額	（事前評価時）280百万円、（実績）318百万円										
相手国実施機関	カンボジア電力公社（EDC）												
日本側協力機関	中国電力株式会社、東電設計株式会社												

## II 評価結果

1	<p><b>妥当性</b></p> <p>【事前評価時・事業完了時のカンボジア政府の開発政策との整合性】 本事業は、電力供給の向上及び経営効率の改善に向けた、EDCの能力開発及び制度改革に重点を置く「国家戦略開発計画」（2009年～2013年）（2014年～2018年）といったカンボジアの開発政策に合致していた。</p> <p>【事前評価時・事業完了時のカンボジアにおける開発ニーズとの整合性】 本事業は、安定的な電力供給に向けた、新規に導入したネットワーク設備のO&amp;Mに係るEDC技術者の人材育成というカンボジアの開発ニーズに合致していた。</p> <p>【事前評価時における日本の援助方針との整合性】 本事業は、「社会・経済インフラ整備推進と経済振興のための環境整備」を重点分野の一つとして掲げる「対カンボジア国別援助計画」（2002年）に合致していた。</p> <p>【評価判断】 以上より、本事業の妥当性は高い。</p>
2	<p><b>有効性・インパクト</b></p> <p>【プロジェクト目標の事業完了時における達成状況】 事業完了時まで、プロジェクト目標は達成された。事業実施中、送電線及び変電所における大きな事故やトラブルによる停電は、発生しなかった（指標1）。また、プロジェクトチームによる停電発生データの分析の結果、巡視/点検を適切に実施し、保護リレー制定の見直しを行うことで電力設備の不具合及びトラブルを防止していれば、停電の時間と回数は減少していたと合理的に判断された（指標2）。</p> <p>【プロジェクト目標の事後評価時における継続状況】 事業完了以降、事業効果は一部継続している。カンボジア送変電システム（全国連系系統）において、いくつかの深刻な事故や故障が発生した。送電線については、発生した事故の原因は、野生の象による送電鉄塔への衝突や送電線への障害物の接触といった外部要因であった。変電所について、2017年6月、第四基幹変電所（Grid Station: GS）における電気機器の不</p>

<sup>1</sup> プノンペン連系系統地域とは、カンボジア送変電システムと呼ばれる全国連携系統からプノンペンのみを抽出した連携系統のことを指す。

<sup>2</sup> プノンペン送変電連系系統とは、プノンペンのみを繋ぐ連携系統のことである。

具合により、深刻な事故（全系崩壊、系統全域での停電）が発生した。また、連系系統において、多くの新設の変電所や送電線が整備され、全国のGSが連携されるにつれ、カンボジア送変電システムにおける停電時間及び停電回数は増加した。

本事業で導入された、基準及びルールに即した送電線や変電所の巡視及び点検が実施されるようになり、送電線については5年に1回、変電所については年に1回のペースで安全に実施されてきている。加えて、NCCや送電ユニット、保護リレー室の職員は、電力系統を安全に運用できるようになり、設備も高水準で管理でき、さらには、需要供給のバランスを保つための停止計画も作成できるようになっている。これらの活動は、CTSにおいて、より深刻な事故又はトラブルが発生するのを防止するとともに、上位目標の達成にも貢献していると考えられる。

【上位目標の事後評価時における達成状況】

事後評価時点において、上位目標は一部達成されている。プノンペン連系系統地域における需要家1軒当たりの年間停電時間（SAIDI）及び需要家1軒当たりの年間停電回数（SAIFI）に関するデータによると、SAIDIは2015年19.9分から2018年15.4分に減少し、SAIFIは2015年1,487.7回から2018年1,246.1回に減少している。この要因の一部として電力需要が高まったことによる相対的な低下といった外部要因があるものの、本事業が導入した上記活動が上位目標に貢献していると考えられる。

【事後評価時に確認されたその他のインパクト】

事後評価時点において、その他の正・負のインパクトは確認されなかった。

【評価判断】

よって、本事業の有効性・インパクトは中程度である。

プロジェクト目標及び上位目標の達成度

目標	指標	実績																																																																																																														
プロジェクト目標 プノンペン送変電連系系統内で電力が安定的に供給される。	(指標1) 送変電設備における大きな事故やトラブルが発生しない。  注：大きな事故やトラブルとは、変電機器の火災や電線の断線を指す。	達成状況：達成（一部継続） (事業完了時) <ul style="list-style-type: none"> <li>事業実施中、送電線及び変電所における大きな事故やトラブルによる停電は、発生しなかった。</li> </ul> (事後評価時) <ul style="list-style-type: none"> <li>送電線：2016年3月、野生の象が衝突したことにより、送電塔が倒れた。他にも、落雷による設備損傷、トラックやクレーン、EDC以外の作業員、豪雨、強風による送電線の断線、設備の不具合、なんらかの物体の接触による地絡が原因で、事故が発生した。</li> <li>変電所：2017年6月、GS4にある電気機器の不具合が原因で、全系崩壊（系統全域の停電）が発生した。2018年1月と10月には、雷の影響で、GS5とGS7にある変圧器が、それぞれ発火した。</li> </ul>																																																																																																														
	(指標2) 停電時間、停電回数が減少する。  注：ただし、電力供給等の要因も含まれることがあるので、事故原因や他の要素をレビューし、専門家が総合的に判定する。	達成状況：達成（継続していない） (事業完了時) <ul style="list-style-type: none"> <li>巡視/点検及び保護リレーの点検の適切な実施が電力設備の不具合・トラブルを防止していれば、停電の回数及び時間は減少していたものと合理的に判断された。</li> </ul> <p>[プノンペン送変電連系系統内における停電回数]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">停電原因</th> <th colspan="3">実績</th> <th colspan="3">推測値</th> </tr> <tr> <th>2013</th> <th>2014</th> <th>2015</th> <th>2013</th> <th>2014</th> <th>2015</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>他物接触（木など）</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>保守点検</td> <td>-</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>雷</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td><b>計</b></td> <td><b>17</b></td> <td><b>21</b></td> <td><b>8</b></td> <td><b>14</b></td> <td><b>15</b></td> <td><b>5</b></td> </tr> </tbody> </table> <p>[プノンペン送変電連系系統内における停電時間]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">停電原因</th> <th colspan="3">実績</th> <th colspan="3">推測値</th> </tr> <tr> <th>2013</th> <th>2014</th> <th>2015</th> <th>2013</th> <th>2014</th> <th>2015</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>他物接触（木など）</td> <td>241</td> <td>410</td> <td>122</td> <td>196</td> <td>134</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>保守点検</td> <td>-</td> <td>332</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>199</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>222</td> <td>344</td> <td>131</td> <td>108</td> <td>326</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>雷</td> <td>90</td> <td>154</td> <td>36</td> <td>90</td> <td>154</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td><b>計</b></td> <td><b>553</b></td> <td><b>1,240</b></td> <td><b>289</b></td> <td><b>394</b></td> <td><b>813</b></td> <td><b>56</b></td> </tr> </tbody> </table> (事後評価時) <ul style="list-style-type: none"> <li>事業完了以降、電力供給設備の増加に伴い、カンボジア送電システム内の電力網が拡大したため、停電の時間と回数の両方が増加している。</li> </ul> <p>[カンボジア送変電システムにおける停電時間と回数]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2015</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>時間（分）</td> <td>82</td> <td>63</td> <td>419</td> <td>1,092</td> </tr> <tr> <td>回数</td> <td>53</td> <td>53</td> <td>71</td> <td>88</td> </tr> </tbody> </table>	停電原因	実績			推測値			2013	2014	2015	2013	2014	2015	他物接触（木など）	7	8	3	6	4	2	保守点検	-	3	0	-	2	0	その他	8	6	3	6	5	1	雷	2	4	2	2	4	2	<b>計</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	停電原因	実績			推測値			2013	2014	2015	2013	2014	2015	他物接触（木など）	241	410	122	196	134	11	保守点検	-	332	0	-	199	0	その他	222	344	131	108	326	9	雷	90	154	36	90	154	36	<b>計</b>	<b>553</b>	<b>1,240</b>	<b>289</b>	<b>394</b>	<b>813</b>	<b>56</b>		2015	2016	2017	2018	時間（分）	82	63	419	1,092	回数	53	53	71
停電原因	実績			推測値																																																																																																												
	2013	2014	2015	2013	2014	2015																																																																																																										
他物接触（木など）	7	8	3	6	4	2																																																																																																										
保守点検	-	3	0	-	2	0																																																																																																										
その他	8	6	3	6	5	1																																																																																																										
雷	2	4	2	2	4	2																																																																																																										
<b>計</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>5</b>																																																																																																										
停電原因	実績			推測値																																																																																																												
	2013	2014	2015	2013	2014	2015																																																																																																										
他物接触（木など）	241	410	122	196	134	11																																																																																																										
保守点検	-	332	0	-	199	0																																																																																																										
その他	222	344	131	108	326	9																																																																																																										
雷	90	154	36	90	154	36																																																																																																										
<b>計</b>	<b>553</b>	<b>1,240</b>	<b>289</b>	<b>394</b>	<b>813</b>	<b>56</b>																																																																																																										
	2015	2016	2017	2018																																																																																																												
時間（分）	82	63	419	1,092																																																																																																												
回数	53	53	71	88																																																																																																												

		注：事後評価時、電力系統は国全体の電力供給設備と接続しており、プノンペンのみならず他の地域にある設備で事故が発生した場合においてもプノンペンで停電が生じる。それゆえ、事業完了時とは異なり、事後評価時では、カンボジア送変電システムにおける停電時間と回数をを用いている。														
上位目標 プノンペン連系系統地域で電力が安定的に供給される。	(指標1) プノンペン連系系統地域の需要家1軒当たりの年間停電回数 (SAIFI)	(事後評価時) 一部達成 ・ 2015年及び2018年の比較では、SAIDI及びSIAFIの両方において、一定程度の減少が見られた。 [電力供給の現状]														
	(指標2) プノンペン連系系統地域の需要家1軒当たりの年間停電時間 (SAIDI)															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2015</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SAIDI</td> <td>19.9</td> <td>18.7</td> <td>13.1</td> <td>15.4</td> </tr> <tr> <td>SAIFI</td> <td>1487.7</td> <td>1370.5</td> <td>1091.9</td> <td>1246.1</td> </tr> </tbody> </table>		2015	2016	2017	2018	SAIDI	19.9	18.7	13.1	15.4	SAIFI	1487.7	1370.5	1091.9
	2015	2016	2017	2018												
SAIDI	19.9	18.7	13.1	15.4												
SAIFI	1487.7	1370.5	1091.9	1246.1												

出所：終了時評価報告書、EDC提出のデータ、EDCへの質問票とインタビュー

### 3 効率性

事業期間は計画内であったものの（計画比：100%）、事業費は計画を超過した（計画比：114%）。アウトプットは計画通り産出された。したがって、効率性は中程度である。

### 4 持続性

#### 【政策制度面】

「国家戦略開発計画」（2019年～2023年）は、電力を含む、ハードインフラの強化と拡大に対する公共投資の増加を通じ、カンボジアでの安定的な電力供給を推進している。EDCは、カンボジア送変電システムにおける送電網を運営できる唯一の認可事業者であるため、安定的な電力供給に向けたEDCの技術力・マネジメント力の強化は、国家政策により裏付けされている。

#### 【体制面】

##### [送変電システムのO&M]

本事業で対象とした送変電システムのための体制面に、大きな変化はない。EDC（特に、送電部）は、送変電システムのO&Mを所管している。送電部は、NCC、送電ユニット、保護リレー室で構成されており、さらに、送電ユニットの下には2つの課（変電所運用・維持管理課及び送電線巡視・維持管理課）がある。

NCCは、系統運用指示を出す役割を担っており、職員51名が配置されている。NCCによると、特段の問題なく役割を遂行できていることから、人員は十分だとしている。

送電ユニットは、送電線及び変電所のO&Mを所管している。送電線巡視・維持管理課は技術者28名で送電線の点検、維持管理及び修理を行っており、巡視課は技術者65名で送電線の巡視を行っている。変電所運用・維持管理課は、変電所の点検、維持管理及び修理を所管しており、技術者35名が配置されている。運用チームは、技術者182名で変電所14カ所の運用を行っている。送電部によると、巡視チームを含む人員に関して、電力供給設備の増加に伴う送変電網の拡大により、より多くの職員が将来的に必要なとなるとのことであった。

保護リレー室は、保護リレー基盤を管理しており、職員21名が配置されている。同室によれば、多くの送電線及び変電所が新たに開設されるため、人員は不足しているとのことであった。人員不足を補うため、2020年には、新たな職員11名を雇用する予定である。

##### [トレーナー研修]

送変電部門及び電力大学により、講師養成研修が開催されている。事業完了以降、毎年、一定数の認定トレーナーを育成してきている（送電線及び変電所については年2～6名、保護リレーについては年2～4名、NCCについては年9名）。

#### 【技術面】

NCC及び送電ユニット、保護リレー室の職員は、送変電システムのO&Mに必要な知識及び技術を維持している。NCCは、フランス開発庁による研修を定期的に受けている。送電ユニットでは、職員間で知識やノウハウの伝達を日常的に行っている。保護リレー室は、職員のための内部研修制度を有している。さらに、本事業のフェーズ2では、保護リレー、系統解析、送電線、変電所などに関する特定技術を向上するための研修が行われている。

本事業で作成された基準及びルール、業務手順のすべてが、作業の効率性及び安全性を高めるには重要だと認識されているため、日々実践されている。しかし、系統保護継電（115kv-230kv）に関する基準・ルール以外は、見直しがなされていない。その理由は、見直しの延期であったり、見直しが不必要であったり、職員が不足していたりと様々である。

#### 【財務面】

毎年、送電線及び変電所を含む送変電網のO&Mに必要な予算は、送電部からの概算要求を基に配分されている。事業完了以降、送電部に対して一定額のO&M予算が配分されてきている（2016年度159億リエル、2017年度81億リエル、2018年度64億リエル、2019年度（計画）240億リエル）。送電部によると、予算が十分であったことは一度もないものの、予算を確保することの必要性は理解しており、今後も一定程度の予算は確保される見通しである。

#### 【評価判断】

以上より、体制面において課題が見られるため、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

### 5 総合評価

本事業は、プノンペン連系系統地域における電力供給の安定化という、プロジェクト目標を達成し、上位目標を一部達成した。持続性については、拡大する送変電網のO&Mに必要な人材が不足しているという懸念がある。効率性に関しては、事業費は計画を超過した。

以上より、総合的に判断すると、本事業は一部課題があると評価される。

## III 提言・教訓

実施機関への提言：

- EDC職員は、本事業が期待していた通りに送変電網のO&Mを実施してきている。しかし、職員の技術力及び人員が不足していることから、送変電部門及び保護リレー室は、役割を十分に果たせない場合が生じている。それゆえ、EDCは、本事業が作成したルール・基準・作業工程の見直しをより頻繁に行うことで職員のキャパシティを強化し、適格な職員をより雇用し、

本事業の前任者による彼らの育成を行うべきである。それにより、職員の突発的な需要への対応が可能となる。また、事後評価時においても EDC の予算が十分でないことから、EDC は人材不足の解消に向けた予算を確保すべきである。

JICA への教訓：

- 事業完了時、本事業はプロジェクト目標を完全に達成したように見えたものの、事業完了以降、上位目標は一部達成であったことが明らかとなった。このことは、本事業が長期的に持続可能でないことを意味している。それゆえ、将来実施される事業では、事業完了後の長期計画を作成するよう実施機関に働きかけ、事業の持続可能性をより考慮すべきである。



電力大学に設置されている訓練塔



送電線維持管理：第2フェーズ（2019年）のもとで実施された技能競技会