

## 0. 要旨

本事業は、スマトラ島南部ランポン地域の電力需給逼迫に対応し、安定的な電力供給体制を構築することを目的に石炭火力発電所を整備した。石炭の活用による電源の多様化を図り、安定的な電力供給を目指した本事業は、インドネシアのエネルギー／電力政策、開発ニーズに合致し、産業基盤整備を支援する日本の援助政策にも合致していることから、妥当性は高い。事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。本事業は運用・効果指標が審査時に設定されておらず、事後評価時に設定した指標の実績値を確認したところ、実施機関の各年の目標値をおおむね達成しており、ほぼ順調に発電が行われ効果の発現は十分であったと考えられる。本発電所がスマトラ島で最も供給予備率の低いランポン州に立地し、同地域の電力ロスの低減及び電力の品質の維持に極めて重要な役割を担っていた点、また、電力供給信頼性の向上や効率的発電体制の構築、石油消費量の低減、新技術であるボイラー運転のノウハウの実施機関内での蓄積・共有、地域の産業発展（経済効果）への貢献が認められることから、有効性・インパクトは高い。自然環境への負の影響及び用地取得・住民移転に係る問題は指摘されていない。発電所の運営・維持管理体制、技術、財務状況ともに問題はなく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

## 1. 事業の概要



事業位置図



タラハン石炭火力発電所

### 1.1 事業の背景

インドネシアのスマトラ島では急速な経済発展を受け電力需要が伸びており、特に南部ランポン地域の電力需要はスマトラ島全体の約 40%を占め、年平均 10%を越える大

きな伸びを記録していた。本事業は、電力供給の安定性及び信頼性の向上が喫緊の課題となっていた南部ランポン地域の電力需要に対応するため、1993年度の円借款「タラハン石炭火力発電所建設事業」(E/S)で実施されたエンジニアリング・サービスに基づき、石炭火力発電所及び関連設備を建設するものであった。

## 1.2 事業概要（事業目的含む）

スマトラ島ランポン地域において、ベースロード電源の石炭火力発電所（設備容量200MW：100MW×2基）及び関連施設を建設することにより、同地域への電力供給力の増大を図り、もって電力供給の安定性の改善と電力供給体制の効率化に寄与する。

円借款承諾額/実行額	34,023 百万円 / 26,783 百万円
交換公文締結/借款契約調印	1998 年 1 月 / 1998 年 1 月
借款契約条件	金利 2.7%（コンサルタントは 2.3%） 返済 30 年 （うち据置 10 年） 調達条件 一般アンタイド
借入人/実施機関	インドネシア共和国 / 国有電力企業（PT.PLN）
貸付完了	2008 年 9 月
本体契約	PT. Adhi Karya（インドネシア）/ 東亜建設工業株式会社（日本）(JV)、丸紅株式会社（日本）、P.T. Doosan Indonesia（インドネシア）/ アルストム株式会社（日本）/ 株式会社三井三池製作所（日本）(JV)、PT. Alstom Power Energy System Indonesia（インドネシア）/ 丸紅株式会社（日本）/ Alstom Power Inc.（アメリカ合衆国）(JV)
コンサルタント契約	PT Jaya Konstruksi Manggala Pratama（インドネシア）/ 東電設計株式会社（日本）(JV)
関連調査（フィージビリティ・スタディ：F/S）等	・ F/S（1988 年 12 月） ・ タラハン石炭火力発電所建設事業（E/S）に係る援助効果促進調査（SAPS）（1997 年 2 月）
関連事業	円借款（カッコ内は借款契約調印年月） ・ タラハン石炭火力発電所建設事業（E/S）（1993 年 11 月） 技術協力 ・ 国際協力機構（JICA）開発調査「最適電源開発のための電力セクター調査」（2002 年） ・ JICA 専門家（エネルギー・鉱物資源省に派遣）（2011 年～2016 年） 世界銀行 ・ 技術支援（PLN が進める企業・財務リストラ支援） ・ Java-Bali Power Sector Restructuring and Strengthening Project（2003 年～2013 年）

## 2. 調査の概要

### 2.1 外部評価者

島村 真澄 （三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社）

### 2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2015年10月～2016年12月

現地調査：2016年2月18日～3月25日、2016年6月16日～6月29日

## 3. 評価結果（レーティング：A<sup>1</sup>）

### 3.1 妥当性（レーティング：③<sup>2</sup>）

#### 3.1.1 開発政策との整合性

本事業の審査時、インドネシア政府は、「第5次五カ年計画」（1989年～1993年）において、脱石油化政策を基本方針とし、電源の多様化と電力の安定供給確保により産業開発を支える政策を掲げていた。また、電力セクターの方針としては、環境に配慮した新規の電源開発が掲げられ、ディーゼルを代替する石炭火力発電所の建設が志向されていた。

事後評価時の「国家中期開発計画（RPJMN）」（2015年～2019年）及び国有電力企業のPT. PLN (Persero)<sup>3</sup>の「電力供給計画」（2015年～2024年）（以下、「RUPTL」という。）によると、ディーゼル等経済的に利用効率の悪いエネルギー源を代替する電源開発が重点方針として掲げられ、エネルギーミックスによる発電能力強化が謳われている。RUPTLでは、2024年までにスマトラ島の供給予備率を61%とする計画目標が示され、新規電源開発に際してはスマトラ島の石炭の活用により、経済効率性の向上を図る計画が掲げられている。また、2015年に誕生したジョコウィ政権は「地方開発」を優先政策とし、電力開発においてジャワ島外に資金を優先的に投下する方針を打ち出している。

以上より、本事業の実施は、審査時及び事後評価時ともに、インドネシア国のエネルギー／電力政策に合致している。

#### 3.1.2 開発ニーズとの整合性

本事業の審査時において、スマトラ島南部の電力需給逼迫に対応し、安定的な電力供給体制を構築することは喫緊の課題であった。南部スマトラ地域の電力需要はスマトラ全島の約40%を占め、年平均10%を超える大きな伸びを記録していた。また、既存の発電設備の供給信頼度は低く、著しい需要の伸びと発電能力の低下が課題とされていた。

<sup>1</sup> A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

<sup>2</sup> ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

<sup>3</sup> PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero)

継続的に電源開発が進められていたが、需要の伸びはそれを上回る率で上昇していたため、供給予備率は年々低下しており、逼迫した電力需要への対応と、効率の悪いディーゼルを代替する電源の開発により、電力供給の安定性及び信頼性の向上、地域内の設備効率の向上を図ることが期待されていた。

事後評価時点においても同地域における発電能力の増強は依然急務の課題とされている<sup>4</sup>。中でも、ランポン州は同国で最も電力不足が深刻な地域の一つとされ、供給予備率は表1のとおり、安定的な電力供給に必要な供給予備率とされる25%<sup>5</sup>を大幅に割り込んだマイナスの数値となっており、電力需給バランスの緩和が喫緊の課題とされている。

表1：スマトラ島ランポン系統の電力需給バランス及び供給予備率の推移

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
①最大電力需要 (MW)	288	387	423	457	482	538	623	690	675	737
②供給電力 (MW)	217	414	407	383	433	516	547	549	671	600
供給予備率 (%) =(②-①)/①	-24.6	7.0	-3.8	-16.1	-10.1	-4.1	-12.2	-20.5	-0.5	-18.6

出所：実施機関への質問票回答

注：本事業による発電施設の供用開始は2007年12月

### 3.1.3 日本の援助政策との整合性

日本政府の対インドネシア国別援助方針（1994年2月）において、対インドネシア支援の重点分野の一つとして「産業基盤整備（経済インフラ）」が掲げられていた。また、地方開発の観点から、ジャワ島以外への協力が重視されていた。

審査当時、スマトラ島南部の電力需給は逼迫する恐れがあり、早急に需給バランスの改善を図る必要があった中で、ジャワ島以外の地方地域の経済成長に必要な電源開発を目指す本事業の実施は上記方針に合致する。

以上より、本事業の実施はインドネシア国の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

## 3.2 効率性（レーティング：②）

### 3.2.1 アウトプット

本事業は、タラハン石炭火力発電所において、100MWの発電設備2基及び関連施設（石炭灰処理設備、送電設備等）を整備するものである。発電設備にはインドネシア初

<sup>4</sup> RUPTL 2015-2024によると、スマトラ島の電力需要は2015年の31.2TWhから2024年には82.8TWhとなり、年平均11.6%増加する見込みとなっている。

<sup>5</sup> インドネシア政府の「国家電力総合計画（RUKN）2003年~2022年」より。

の流動床ボイラー<sup>6</sup>が採用されている。アウトプットの計画と実績の比較は表 2 のとおり。

表 2：アウトプットの計画と実績の比較

計画	実績
土木工事、調達機器等	
<ul style="list-style-type: none"> <li>発電主要設備（ボイラー、タービン発電機）100MW×2基（流動床ボイラー使用）</li> <li>石炭前処理設備</li> <li>石炭灰処理設備</li> <li>電気設備</li> <li>開閉・送電設備（150kV GIS、150kV 送電線 2 回線 18km）</li> <li>関連土木・建設工事</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画どおり</li> <li>計画どおり</li> <li>計画どおり</li> <li>計画どおり</li> <li>計画どおり</li> <li>計画どおり</li> </ul>
コンサルティング・サービス	
<ul style="list-style-type: none"> <li>コンサルティング・サービス（入札補助、施工監理、性能評価、運用・保守の補助、環境管理補助、技術移転、人材育成等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画どおり</li> </ul>

出所：実施機関への質問票回答

土木工事、調達機器等に関しては計画どおりでアウトプットに変更はない。

コンサルティング・サービスの投入量は、当初計画が 852MM であったのに対して、実際は 986.66MM と、全体の投入量が大幅に増加した（計画比 116%）。これは主に石炭供給契約の遅延に起因する事業実施遅延に伴う増加である。事業遅延期間中も含めて、コンサルティング・サービスを継続させておく必要があったため投入量の増加につながった。必ずしも効率的であったとは言えないが、事業実施の質の確保の観点からは、やむを得なかったと判断する。



発電所内のタービン

<sup>6</sup> 石炭を、燃焼媒体となる物質（シリカ砂）とともに炉内で燃焼するボイラー。流動床内の熱伝が良いため燃焼効率が良く、低温燃焼であるため NO<sub>x</sub> の発生が抑制される。さらに、炉内脱硫が可能で、脱硫装置が不要である。

### 3.2.2 インプット

#### 3.2.2.1 事業費

本事業の総事業費は、用地取得費の実績値が不明であるため、当初計画の 42,712 百万円（うち円借款部分は 34,023 百万円）から用地取得費を除いた事業費 42,204 百万円と用地取得費を含まない実際の総事業費 34,635 百万円（うち円借款部分は 26,783 百万円）を比較したところ、計画内に収まった（対計画比 81%）。コンサルタント投入量(M/M)の大幅増に伴う投入コストの増加がありながらも、事業実施中における現地通貨インドネシア・ルピアの対円減価の影響により、計画を下回った。

#### 3.2.2.2 事業期間

審査時に計画された事業期間は、1997年11月（借款契約調印）～2004年10月（保証期間の終了時）の84ヵ月であったが、実際には、1998年1月（借款契約調印）～2008年12月（保証期間の終了時）の132ヵ月と計画を大幅に上回った（計画比157%）。事業遅延により2005年2月に貸付実行期限の延長が行われ、最終的な貸付実行期限は2008年9月となった。事業実施遅延の主な原因は、①アジア通貨危機（1997年）の影響による経済社会情勢の混乱からコンサルタント選定開始が後ろ倒しとなったこと、②燃料となる石炭種の特定に時間を要したこと、③石炭国内供給義務規制がない中、石炭市場価格の変動により石炭供給会社との交渉が難航したこと<sup>7</sup>、である。石炭供給契約の締結が本事業の本体工事の入札条件、契約同意条件になっていたことから、石炭供給契約の遅れが入札プロセス全体の遅延及び事業スケジュールの延長につながった。

#### 3.2.3 内部収益率（参考数値）

審査時に本事業の電力料金収入を便益とし、本事業の建設費、燃料費（石炭）、石灰石、維持管理費を費用とし、プロジェクト・ライフを25年として財務的内部収益率（FIRR）を算出したところ、9.8%という結果を得た。本評価において同様の条件にて再計算したところ、8.9%と算出された。審査時の値を下回った理由は、燃料費の上昇によるものである。

以上より、本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。

---

<sup>7</sup> インドネシアでは2009年に施行された新鉱業法により、石炭国内供給義務（国内市場への販売を優先する義務）が石炭供給会社に課されたが、2009年以前は国内供給義務規制がなく、輸出を志向する石炭供給会社との交渉が難航した。

### 3.3 有効性<sup>8</sup>（レーティング：③）

#### 3.3.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業では審査時に運用・効果指標が設定されていなかったため、事後評価時に指標（最大出力、設備利用率、稼働率、所内率、発電端熱効率、定期保守点検による停止時間、人員ミスによる停止時間、機械故障による停止時間、発電電力量）の設定を行った。また本事後評価時においては、事業完成2年後（2010年）～2012年までの数値が入手できなかったことから、2013年～2015年の目標値<sup>9</sup>と実績値の比較を行ったところ、表3のとおりとなった。

表3：運用・効果指標（ユニット3及びユニット4発電所<sup>10</sup>）

指標名	目標値			実績値		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
	事業完成 5年後	事業完成 6年後	事業完成 7年後	事業完成 5年後	事業完成 6年後	事業完成 7年後
最大出力 (MW) 注1)	100×2	100×2	100×2	100×2	100×2	100×2
設備利用率 (%) 注2)	89	91	90	90	93	90
稼働率 (%) 注2)	81	78	75	82	82	78
所内率 (%) 注2)	12	11	11	11	11	11
発電端熱効率 (%) 注2)	-	-	-	38	39	34
定期保守点検による停止時間 (時間/年) 注1)	2,880	-	1,968	1,767	1,403	1,205
人員ミスによる停止時間 注1)	-	-	-	-	-	-
機械故障による停止時間 注1)	1,008	-	1,042	1,032	1,250	1,743
発電電力量 (GWh/年) 注1)	1,227	1,268	1,291	1,285	1,327	1,227

出所：JICA 提供資料及び実施機関への質問票回答

注1) ユニット3及びユニット4の合計

注2) ユニット3及びユニット4の平均値

注3) 事業完成年=保証期間終了時は2008年

運用・効果指標の実績値を見ると、おおむね各年の目標値の数字を達成し、ほぼ順調な発電を行っている。ただし、実施機関によると、本発電所では運転開始2年目の2009年から2012年まで故障による突発停電<sup>11</sup>が頻発したため、発電量（GWh）にも損失が

<sup>8</sup> 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

<sup>9</sup> 目標値は実施機関（本部）と PLN Tarahan の上管轄ユニットでスマトラ島南部4州の10箇所の既存発電所を主管するパレンバン上管轄ユニットの間で毎年締結される契約にて設定される。

<sup>10</sup> 本事業で建設したのはタラハン石炭火力発電所のユニット3及びユニット4である。ユニット1及びユニット2は PLN の自己資金による建設の計画がされていたが事後評価時点において整備されていない。

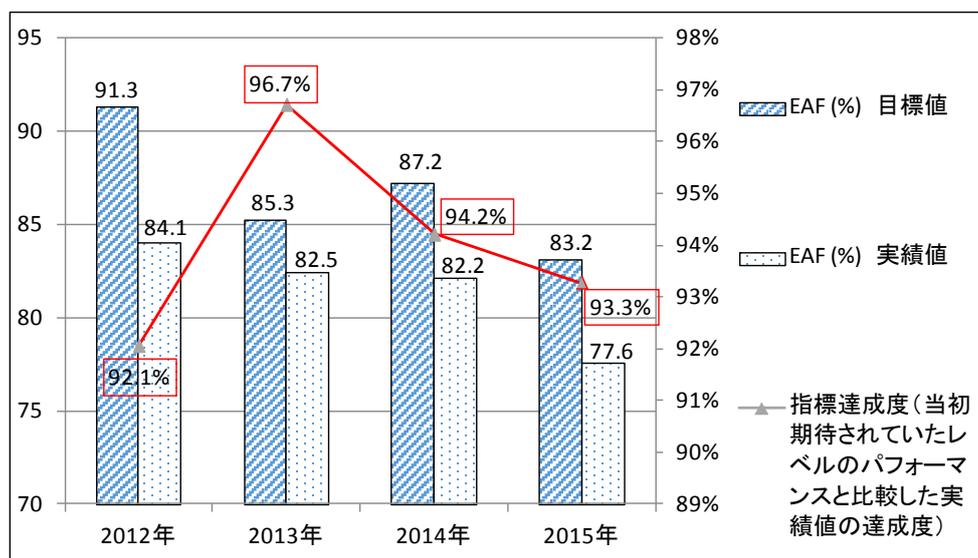
<sup>11</sup> 実施機関によると、突発停電の理由として、設計上の問題に起因する流動床式ボイラーの燃焼媒体となる物質（シリカ砂）による炉壁の摩損が挙げられた。

発生した。

そのため、2013年～2015年における目標値は過去の損失を踏まえた計画値が設定されていると考えられ、実施機関が設定した2013年～2015年の目標値が達成されていることのみをもって本発電所の効果を計ることは困難である。

そこで、実施機関内で標準化されたパフォーマンス評価指標である平準稼働率：EAF<sup>12</sup>（以下、「EAF」という。）について、2012年から2015年の目標値と実績値（いずれもユニット3とユニット4の平均値）を比較したところ、目標値の90%以上を達成していることがわかった。（図1参照）目標値は、仮に上記不具合の発生がなかった場合に期待されていた値を実施機関が算出した数値である。

ボイラー設計上の問題により、不具合が頻発し発電量等の効果の発現に一部ロスが生じていたものの、平準稼働率がボイラー不具合がなかった場合の目標値の90%超を達成していることから、当初想定していたレベルでの効果の発現は十分であったと考えられる。



出所：実施機関提供資料より著者作成

図1：タラハン石炭火力発電所のEAF（2012年から2015年の目標値と実績値）

### 3.3.2 定性的効果（その他の効果）

スマトラ中央・南部系統及びランポン系統における送電容量に関し、本発電所のシェアは表4のとおりである。スマトラ島中央・南部系統でのシェアは4.74%であり、同系統の電力需給バランスの改善及び供給予備率の増加という観点からの貢献は限定的である。他方、本発電所が、電力需要が多い南部ランポン地域に立地しており、ランポン系統の送電容量に占める割合が29.67%であることを踏まえると、同系統の安定性の確

<sup>12</sup> EAF (Equivalent Availability Factor)：平準稼働率。突発的に発生した停電時間やメンテナンスのための稼働停止時間を踏まえ、稼働率（年間時間数に占める年間運転時間の割合。年間運転時間にはスタンバイ時間も含まれる）を平準化したもの。



保及び電力の品質の維持において重要な役割を担っているといえる。(後述「3.4 インパクト」参照)

表 4：本発電所（ユニット 3・ユニット 4）のシェア

送電容量 <sup>13</sup> （2015 年）	本発電所の送電端出力（2015 年）	シェア
スマトラ中央・南部系統：3,758MW	178MW	4.74%
ランボン系統：600MW		29.67%

出所：JICA 提供資料及び実施機関への質問票回答

### 3.4 インパクト

#### 3.4.1 インパクトの発現状況

本事業で整備した発電施設のうち、ユニット 3 は 2007 年 12 月、ユニット 4 は同年 10 月に発電が開始されたことから、ランボン系統について、発電開始前（2007 年以前）と開始後（2008 年以降）の比較を行った（前記表 1 参照）。事後評価時点においても供給予備率はマイナスであるが、発電所運転開始直後の 2008 年から 2015 年までの平均供給予備率は▼10.7%と、事業実施前と比較して改善している。

スマトラ島の中でも電力需給が最も逼迫した地域であるランボン系統は、他州及びスマトラ中央・南部系統からの電力融通により需給ギャップを補完している。本発電所が、スマトラ島で最も供給予備率が低いランボン州に立地していることを踏まえると、ランボン州及びスマトラ中央・南部系統の安定性の確保及び電力の品質の維持に極めて重要な役割を担い、電力供給信頼度の向上に貢献していると考えられる<sup>14</sup>。

また、実施機関によると、本事業で導入した流動床式ボイラーは従前よりも低コストで発電できるとのことであり、本発電所は、効率的な発電体制の構築に寄与しているといえる。加えて、スマトラ中央・南部系統における燃料種類に基づく電力生産構成比の燃料油の利用比率を見ると、2006 年の 6.0% (483.1GWh) から 2015 年は 1.9% (355.0GWh) に減少しており、石油消費量の低減にも寄与している。

さらに、本事業で採用したインドネシア初の流動床式ボイラーによる石炭火力発電所の運転ノウハウの蓄積が他事業の計画・運用に活用されていることも確認した<sup>15</sup>。実施機関内で維持管理に係る課題や知見を共有するシステムを採ったことから、技術の改良及び運転維持管理ノウハウの蓄積がなされ、現在ではインドネシア全域で流動床式ボイ

<sup>13</sup> Gross capacity（発電端出力）または Installed capacity（設備容量）から、発電所内部で使用する電力を差し引いた容量。送電端出力。

<sup>14</sup> 実施機関によると、発電場所と実際の消費地が遠い（送電距離が長い）場合、電気抵抗が増加し電力損失が増えるため、電圧が低下する、とのことであった。他系統・他州からの電力融通は、電力ロスの増加および電圧の低下等を引き起こす要因となるため、同一地域内で電力供給を行うことが電力供給の安定性と適正な電力の品質を確保する上で重要である。

<sup>15</sup> 流動床式ボイラーは 100MW 級の発電で導入されていたが、タラハン発電所でのノウハウの蓄積を踏まえ、現在では、400MW 級の発電所で流動床式ボイラーが導入されている他、インドネシア全土 7 つ以上の石炭火力発電所で流動床式ボイラーが導入されている。

ラーを採用した発電所が普及している。

### 3.4.2 その他、正負のインパクト

#### 3.4.2.1 自然環境へのインパクト

本事業では、環境アセスメント報告書（AMDAL）が1992年に承認された後、設備容量の変更に伴い（130MW→200MW）、修正版のAMDALが作成され、1996年に、環境管理計画（RKL）、環境モニタリング計画（RPL）と併せて承認されている。

本事業実施前、実施中及び供用開始後に実施機関による環境モニタリングが行われており、自然環境への悪影響は報告されていない。供用開始以降の実施機関による環境モニタリング結果はインドネシア政府（環境省）が指定する環境目標について全項目で基準を遵守しており、環境遵守において”良好”である認証（「Certificate of Blue」）を取得している。また、周辺住民のヒアリングにおいても本事業実施による環境への負の影響は認識されていない<sup>16</sup>。

#### 3.4.2.2 住民移転・用地取得

用地取得・住民移転について確認したところ、事業開始前に既に用地取得は完了しており、住民移転においても補償方針に基づき実施され特段の問題は生じていない。地元住民へのヒアリングにおいても、住民移転プロセスに係るクレームや問題は確認されなかった。

以上より、本事業の実施によりおおむね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。

## 3.5 持続性（レーティング：③）

### 3.5.1 運営・維持管理の体制

事業完成後の発電所の運営・維持管理は、PLN Tarahanが行っている。従来はPLN第IV供給区事務所がタラハン石炭火力発電所の維持管理を担っていたが、2015年のPLNの組織再編によりPLN第IV供給区事務所は解体され、PLN Tarahanの上管轄ユニットであるパレンバン上管轄ユニットがスマトラ島南部の10箇所の既存発電所を主管し、地域内のオペレーションの調整や意思決定を行っている。PLN Tarahanとパレンバン上管轄ユニット間では緊密な連携体制がとられており、必要な経費や人材等十分に手当てされている。

PLN Tarahanでは、発電所長の下、エンジニアリング、運営、維持管理、総務・財務を担当する各監督部長が配置され、発電所全体で約100名程度の従業員を擁している。

---

<sup>16</sup> なお、発電所の建設中に砂埃が発生したが、実施機関により防埃対策（竹林の植樹）が行なわれ、大きな負の影響は発生していない。

運営・維持管理業務に必要な技術者数については、PLN Tarahanの目標定数以上の人員<sup>17</sup>が確保されていた。PLN再編による維持管理を主管する部局の変更はありながらも組織内の責任の所在と意思決定プロセスは明らかであり、運営・維持管理体制に特段の問題は認められない。

### 3.5.2 運営・維持管理の技術

流動床式ボイラーについては、運転開始2年目の2009年以降2012年まで、年間約20回の不具合が生じる等、技術的課題が発生した。メンテナンスに際し、ボイラーの設計者やスペアパーツのメーカー等とも直接コンタクトがとれず、不具合の解決が難しい中<sup>18</sup>、実施機関内で情報共有及び課題解決が図られ<sup>19</sup>、現在では順調な発電が確保されるに至っている。また、本発電所で得た流動床式ボイラーの修理やメンテナンス手法、保守点検計画など、マネジメントのノウハウや教訓を、次世代の流動床式ボイラー導入の発電所の設計及び維持管理面に活かす体制が構築されている。現在では、PLNが、インドネシア国内における流動式ボイラーの専門機関という位置づけになっている<sup>20</sup>。

運営・維持管理に際しては、インドネシア電力専門家協会等が認定する資格を有し、十分な発電業務経験を積んだ技術スタッフが配置され、運営・維持管理業務を行っている。担当分野や資格レベル毎の研修トレーニングを受講することが義務付けられている他、運営・維持管理担当スタッフに対するOJT指導が実施され、適切な人材育成マネジメント体制が構築されている。また、本事業で整備された運営・維持管理マニュアル及び記録データシステム<sup>21</sup>が日々の運営・維持管理業務に活用されている。その他、PLN Tarahanでは、ISO 90001（品質管理システム）、ISO 14001（環境管理システム）、ISO 28000（サプライチェーンの安全マネジメントシステム）、OHSAS 18001（労働安全管理システム）等の認証を受け、これらに適合した管理システムに基づいて発電所の運営・維持管理業務を行っており、運営・維持管理の技術について問題は見受けられない。

### 3.5.3 運営・維持管理の財務

運営・維持管理費は、PLN Tarahanにて必要額を見積もった後、パレンバン上管轄ユニットへの予算申請及びPLN本部の承認を経て、パレンバン上管轄ユニットとの契約に基づき配賦される。本事業完成後の発電所の維持管理費の計画と実績は表5のとおり。

---

<sup>17</sup> PLN Tarahanでは、維持管理に際し、適切な目標人員数を86名（運営担当：48名、維持管理担当：38名）と設定している。

<sup>18</sup> ボイラーの設計者やコントラクターのサポートが得られない他、スペアパーツの交換に際しても、納入したメーカーと直接コミュニケーションがとれなかった。

<sup>19</sup> パレンバンの上管轄ユニットやPLNのラーニング・センターにおいて、流動床式ボイラーの維持管理や修理、現在の課題の解決に向けた会議が定期的開催されている。

<sup>20</sup> 国内外の石炭火力発電所に係る様々な機関や団体が同ボイラーの技術や知見を学びにPLNを訪れている。Eラーニング教材や実施機関内部のポータルで資料が共有される他、公開セミナー開催等を通じ、タラハン発電所の流動床式ボイラーの技術ノウハウや知見が広く共有・普及されている。

<sup>21</sup> 発電所の効率性及びパフォーマンスに係る記録データシステム。

本発電所の維持管理費は、適正に手当てされており<sup>22</sup>、良好な運転と維持管理が確保されている。

したがって、運営・維持管理の財務について問題は見受けられない。

表 5：本発電所の運営・維持管理費

(単位：百万ルピア)

2013 年		2014 年		2015 年	
配賦予算額	支出実績	配賦予算額	支出実績	配賦予算額	支出実績
663,711	492,697	552,844	531,338	589,848	573,327

出所：実施機関への質問票回答

#### 3.5.4 運営・維持管理の状況

本発電所では、メンテナンスの種類、予算、点検スケジュール等についての長期 5 年メンテナンス計画を策定し、これに基づき、維持管理活動が適切に行われており特段の問題はない。具体的には、大規模メンテナンス（4 年毎）、定期的メンテナンス（2 回／年（稼働 4,000 時間毎））、日常的メンテナンス、問題発生時メンテナンス、予防的メンテナンス（各種設備の点検等）（52 週毎）、予知メンテナンス<sup>23</sup>が行われている。

定期的メンテナンスについてはボイラーの不具合が頻繁に発生した状況を受け、2009 年から頻度を増やす措置が取られた<sup>24</sup>。頻繁な定期メンテナンス・定期的保守点検の実施により、問題発生時の緊急メンテナンスの削減につながった他、突発的な電力不足が発生する回数が削減された。例えば、PLN Tarahanによると、ボイラー故障による年間停止時間は、1,316 時間（2009 年）から 777 時間（2015 年）まで減少した他、2010 年以降 20 回程度発生していたボイラー故障が 2013 年以降は年間 5 回以下に減少した。スペアパーツについては、サプライチェーンマネジメント及び在庫管理マネジメント（維持管理に必要な最低限の在庫が補充され PLN Tarahan の倉庫に保管されるシステム）が採られ、必要なスペアパーツは適時に手当てされている。

本事業では、流動床式ボイラーの技術的課題があったが、実施機関は過去の教訓を踏まえ定期的メンテナンスの頻度を増やした他、技術者の人材育成や保守点検管理において十分な体制をとったことで、設備は良好に維持管理され、順調に運営されている。

したがって、運営・維持管理の状況について問題は認められない。

<sup>22</sup> 計画外の費用が発生した場合も、事後申請により予算手当てが速やかになされており、予算配賦のタイミングも問題がないことが確認できた。

<sup>23</sup> あらかじめ問題点を予測し、対処することにより未然に機械トラブルを防ぐためのメンテナンス

<sup>24</sup> 1 回／年→2 回／年（稼働 4,000 時間毎）に変更し、事故率の削減や突発停電の予防を図っている。



流動床式ボイラーの燃焼媒体（シリカ砂）を運ぶスタッフ



中央管理室でのオペレーション風景（モニター画面）

以上より、本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

## 4. 結論及び提言・教訓

### 4.1 結論

本事業は、スマトラ島南部ランポン地域の電力需給逼迫に対応し、安定的な電力供給体制を構築することを目的に石炭火力発電所を整備した。石炭の活用による電源の多様化を図り、安定的な電力供給を目指した本事業は、インドネシアのエネルギー／電力政策、開発ニーズに合致し、産業基盤整備を支援する日本の援助政策にも合致していることから、妥当性は高い。事業費は計画内に収まったものの、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は中程度である。本事業は運用・効果指標が審査時に設定されておらず、事後評価時に設定した指標の実績値を確認したところ、実施機関の各年の目標値をおおむね達成しており、ほぼ順調に発電が行われ効果の発現は十分であったと考えられる。本発電所がスマトラ島で最も供給予備率の低いランポン州に立地し、同地域の電力ロスの低減及び電力の品質の維持に極めて重要な役割を担っていた点、また、電力供給信頼性の向上や効率的発電体制の構築、石油消費量の低減、新技術であるボイラー運転のノウハウの実施機関内での蓄積・共有、地域の産業発展（経済効果）への貢献が認められることから、有効性・インパクトは高い。自然環境への負の影響及び用地取得・住民移転に係る問題は指摘されていない。発電所の運営・維持管理体制、技術、財務状況ともに問題はなく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

### 4.2 提言

#### 4.2.1 実施機関への提言

なし

#### 4.2.2 JICA への提言

なし

### 4.3 教訓

#### 燃料調達計画の確実な履行に向けたリスク分析の重要性

本事業の実施遅延の主な原因として、石炭の供給が適時に確保できていなかった点が挙げられる。本事業では、石炭供給契約の締結が本事業の本体工事の入札条件、契約同意条件になっていたことから、石炭の供給確保の遅延が全体の事業スケジュールの延長につながった。

大幅な事業遅延や貸付実行期限延長はリスク分析を踏まえたスケジュール設定や事前にリスクコントロール策を練ることで、一定程度回避できた可能性がある。今後同様の案件がある場合、燃料供給会社との契約交渉に要する期間や燃料供給購入契約におけるリスク分析を踏まえた適切な事業スケジュールの設定とリスクコントロール策が必要である。

#### 新技術を導入する事業に対するアフターケア／フォローアップ体制確保の重要性

本事業はインドネシア初の流動床式ボイラーを採用した石炭火力発電事業であり、ボイラーの不具合に直面しながらも、実施機関が自助努力で修理維持管理及び組織内部での教訓や情報共有を図り、良好な運転を確保するに至っている。一方コントラクターによるアフターケアが十分行われず、維持管理の過程において実施機関側自身で改修や交換メンテナンスを行うなど、追加的な業務が発生しており、組織体制や実施能力が弱い実施機関では十分に対応できなかった可能性が高い。そこで実施機関が知見を持たない最新技術を導入する類似事業においては、F/S 段階での適切なリスク分析に基づいた諸設備の設計が不可欠である他、当該技術導入後の十分なアフターケア体制を担保することが重要である。

以上

主要計画/実績比較

項 目	計 画	実 績
①アウトプット	1) 土木工事、調達機器等 ・ 発電主要設備（ボイラー、タービン発電機）100MW×2基（流動床ボイラー使用） ・ 石炭前処理設備 ・ 石炭灰処理設備 ・ 電気設備 ・ 開閉・送電設備（150kV GIS、150kV 送電線2回線18km） ・ 関連土木・建設工事  2) コンサルティング・サービス ・ 入札補助、施工監理、性能評価、運用・保守の補助、環境管理補助、技術移転、人材育成等）	1) 土木工事、調達機器等 ・ 計画どおり  ・ 計画どおり ・ 計画どおり ・ 計画どおり  ・ 計画どおり  2) コンサルティング・サービス ・ 計画どおり
②期間	1997年11月～2004年10月 (84ヵ月)	1998年1月～2008年12月 (132ヵ月)
③事業費		
外貨	34,023百万円	26,783百万円
内貨	8,689百万円	7,863百万円
	(現地通貨) 167,096百万ルピア	(現地通貨) 639,262百万ルピア
合計	42,712百万円	34,646百万円
うち円借款分	34,023百万円	26,783百万円
換算レート	1ルピア=0.052円 (1997年5月時点)	1ルピア=0.0123円 (2001年～2008年平均)

以 上