

中華人民共和国

山東省泰安揚水発電所建設事業

外部評価者：OPMAC 株式会社 大迫 正弘

0. 要旨

本事業は、火力発電による大気汚染が深刻さを増している山東省において、揚水発電所 1 箇所を建設することにより、環境に配慮しつつ、効率的な電力供給の実現を図り、もって同省の経済発展に寄与することを目的として実施されたものである。本事業は中国の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており妥当性は高い。有効性に関しては、発電所の最大出力などの主な運用指標は達成され、地域住民の雇用や地域開発などにプラスのインパクトが見られるが、効果指標である大気汚染物質の排出抑制が、一部、目標値を達成していないことから、有効性・インパクトは中程度である。事業費及び事業期間ともに計画内に収まり、効率性は高い。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、持続性は高い。

以上より、本プロジェクトの評価は非常に高いといえる。

1. 案件の概要



案件位置図



写真 1：泰安揚水発電所の地下発電所入口

1.1 事業の背景

中国は、高い経済成長を支える原動力として電源開発を重視してきた結果、1990 年代末には世界第 2 位の発電国となった。アジア経済危機の影響から脱した 2000 年代以降も堅調な経済成長を受けて、発電量は年 10%以上の伸びを堅持してきた。一方、電源構成は火力発電所の割合が 70%を超え、環境問題が深刻化していたが、経済発展に伴う電力需要と国内の豊富な石炭資源を背景に、石炭火力発電所の開発が進められ、豊富な水力資源は有効利用されてこなかった。

中国沿海部に位置する山東省は、鉱産物、農業、漁業、エネルギーに恵まれ、中国経済の牽引役となっている渤海湾経済圏を構成する省である。同省は独自の電力系統（山東電力網）を有しているが、そのほとんどを火力発電に依存していた。また、最

大負荷と最小負荷の格差が大きく、出力調整を火力発電所の Daily Start and Stop(以下、DSS という) 運転¹により対応していたが、DSS 運転は環境負荷の増大、発電設備寿命の短命化、熱効率の低下、計画外停電、それらによる維持・運転コストの増大という問題を生み出していた。特に、山東省の大気汚染は主に石炭燃焼によるものであり、発電所から排出される煤塵と硫黄酸化物が省全体の排出総量の相当部分を占めており、環境負荷の増大は日々顕著なものとなっていた。

1.2 事業概要

大気汚染が深刻さを増している山東省において、1,000MW の揚水発電所 1 箇所を建設することにより、環境に配慮しつつ、効率的な電力供給の実現を図り、もって同省の経済発展に寄与する。

円借款承諾額／実行額	18,000 百万円 / 9,182 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2001 年 3 月 / 2001 年 3 月
借款契約条件	金利 0.75%、返済 40 年(うち据置 10 年)、 調達条件:一般アンタイト(コンサルティング・サービス は二国間タイト)
借入人／実施機関	中華人民共和国政府 / 国家電網公司
貸付完了	2011 年 7 月
本体契約	丸紅株式会社(日本)
コンサルタント契約	電源開発株式会社(日本)
関連調査 (フィージビリティ・スタデ ィ:F/S) 等	F/S(発電所):中国水利水電建設工程諮詢公司、 1998 年 F/S(送変電):山東電力工程諮詢院、2000 年
関連事業	世界銀行「山東省鄒県火力発電所建設事業」(1992 年～1999 年、8 億ドル)

¹ 電力需要の変化に対応して日間に発電所の起動・停止を繰り返すこと。電力需要の多い日中に運転し、深夜に停止することが多い。日間起動停止、日々停止などとも言う。

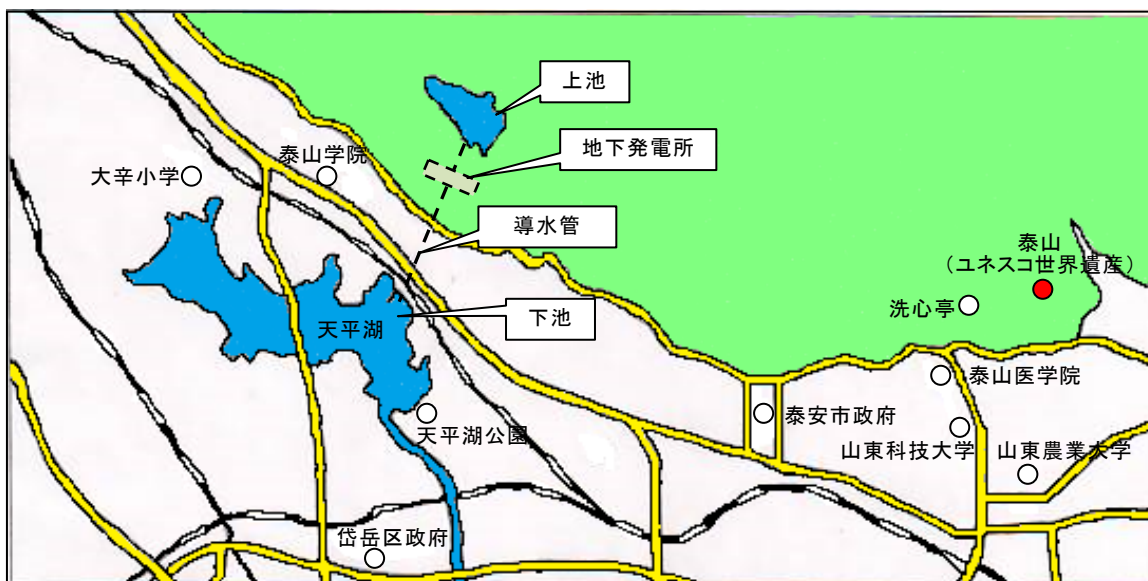


図1 事業位置図

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

大迫 正弘 (OPMAC 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：2013年8月～2014年11月

現地調査：2013年11月30日～12月12日、2014年4月22日、4月29日

2.3 評価の制約

本事後評価では、実施機関（国家電網公司）及び運営・維持管理機関（泰山抽水蓄能電站有限責任公司（発電施設）、山東電力集團公司（送変電施設））に対し、質問票やインタビューを通じた各種データ入手や状況確認を試みたが、部分的な回答の入手や財務担当者との面談のみが実現し、効果指標となっていたDSS運転頻度や省内発電所の石炭・石油消費量等について評価実施期間中に十分な情報を得ることができなかった。揚水発電所は電力需要の低いオフピーク時に揚水を行い、電力需要の高いピーク時に放水・発電を行うため、効率的な電力供給が効果的に実施されているかどうかは、通常、発電所の稼働状況のみならず、地域の電力網（グリッド）全体の電力需給に合わせた稼働状況になっているか、政府の揚水発電所の稼働に関する政策に合致しているか等を分析し、総合的に判断する。しかしながら、本事業の実施機関及び運営・維持管理機関からは、揚水発電所の稼働に至るまでの意思決定プロセス等に関する政策及びその運用状況が確認できなかったため、一部の入手できたデータのみによ

る判断となった。したがって、本事後評価はそのような制約のもとでの評価判断となっている。

3. 評価結果（レーティング：A²）

3.1 妥当性（レーティング：③³）

3.1.1 開発政策との整合性

本事業審査時の中国政府の開発政策である「第9次5カ年計画（1996年～2000年）」は、発電能力の増大を重視してきた従来の方針から転換して、電力構造の調整、送配電網の強化、電力価格改革の推進等を強調し、環境配慮に関しては、クリーンエネルギー（揚水発電や貧困・農村地区における小水力発電等）の拡充及び小規模火力発電所の閉鎖・新設禁止といった具体策を掲げた。その後の5カ年計画においても一貫して環境配慮は重視され、本事後評価時の「第12次5カ年計画（2011年～2015年）」は、経済成長の質的向上（持続性の向上や不均衡の是正）のための「10大任務」のひとつとして、「資源節約型・環境有効利用型社会への転換」を挙げ、主要汚染物の排出総量削減率として化学的酸素要求量（以下、CODという）8%、二酸化硫黄（以下、SO₂という）8%、窒素酸化物（以下、NO_xという）10%などを2015年の達成目標としている。また、「エネルギー発展第12次5カ年計画（2011年～2015年）」は、達成責任を問われる「拘束力のある目標」として、一次エネルギー消費を41億tce（石炭換算トン）に抑制し、うち非化石燃料は11.4%とし、その3分の2を水力発電に依存するとしている。

これら中央政府の政策を受けて、山東省政府は山東省第9次5ヶ年計画（1996年～2000年）に本事業を策定し、審査時、本揚水発電所建設により山東省内において年間約15万トンの石炭消費量を節約することを目標として掲げた。また、本事後評価時の「山東省第12次5カ年計画（2011年～2015年）」は6つの指導原則を掲げ、そのひとつである「グリーンな発展の堅持」において、省エネ・排出削減と環境保全の拡大を挙げている。また、同12次5カ年計画はエネルギー政策の4つの重点項目の第1に「石炭火力発電発展の見直し」を挙げ、2015年までに省全体の石炭火力発電所の割合を2011年の92%から71%に引き下げることを目標としている。同重点項目の第2は「新エネルギーの大々的な発展」であり、そこでは原子力発電、風力発電、太陽光発電に並んで揚水発電が奨励されている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

山東省においては、2000年の最大負荷が13,300MW、最小負荷が8,300MWと見積もられていたが、その後も経済活動の拡大に伴ってともに増加の一途をたどっており、最大・最小負荷格差が年々拡大している（表1）。また、同省では発電のほとんどを

² A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

³ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

火力発電所に依存しており、最大・最小負荷格差に応じた出力調整を火力発電所のDSS運用により対応しているが、DSS運転は環境負荷の増大、発電設備寿命の短命化、発電・停止の繰り返し運転や中間出力による熱効率の低下、発電設備の計画外停止、それらによる維持・運用コストの増大といった問題を生み出している。電源構成における火力発電の割合は、わずかながら減少傾向にあるとはいえ、依然として非常に高く（表2）、代替発電の開発ニーズは高い。

表1 最大・最小負荷格差

単位：MW

	2008年	2010年	2012年
最大負荷	33,349	44,872	50,697
最小負荷	14,258	17,044	20,895
最大・最小負荷格差	19,091	27,828	29,802

出所：泰安揚水発電所提供資料

表2 火力発電の割合

単位：%

	2008年	2010年	2012年
火力発電の割合	99.72	99.12	98.03

出所：泰安揚水発電所提供資料

3.1.3 日本の援助政策との整合性

本事業審査時（2001年）の「旧・政府開発援助大綱（旧ODA大綱）（1992年）」は、地域としては東アジアを、援助項目としては環境問題と人口問題を重点事項としている。「対中国経済協力計画（2001年）」は、旧ODA大綱のもと、「環境問題など地球的規模の問題に対処するための協力」を重点分野の第一に掲げ、エネルギー消費の急増に起因する環境問題に言及している。国際協力機構（JICA）の「海外経済協力業務実施方針（1999年）」は、「環境」、「食糧・貧困」及び「地域間格差是正のための内陸部重視」を重点3分野とし、「国別業務実施方針」のエネルギーセクターにおける支援方針では、より具体的に、電力需給、環境配慮、石炭輸送能力、民間投資等の状況を総合的に勘案しつつ、①水力発電開発の促進、②送配電網整備の充実、③火力発電における低硫黄炭の利用・脱硫装置や洗炭技術の導入といった支援を重点対象としていた。本事業は、揚水発電所を建設することにより、環境に配慮しつつ、効率的な電力供給の実現を意図したものであり、審査時点の日本の援助政策との整合性は高い。

以上より、本事業の実施は中国の開発政策、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 有効性⁴（レーティング：②）

3.2.1 定量的効果（運用・効果指標）

JICA 審査時資料では、本事業による事業効果として、「DSS 運転の減少による火力発電所の運転状況の改善に伴う燃料消費量の抑制（大気汚染防止）」としての石炭・石油消費量及び NO_x、SO₂ 及び CO₂ の削減、すなわち効果指標は定められているが、泰安揚水発電所の運転に関する運用指標は定められていない。そのため、本事後評価に当たっては、泰山抽水蓄能電站有限公司と協議の上、表 3 に示す運用指標をもって評価を行うこととした。なお、表 3 に示す「目標値」は審査時に設定したのではなく、発電所が操業開始時に自ら目標値として定めた値である。最大出力及び計画外停止時間は目標値通り、総合循環効率、ポンプ効率は目標値を達成しており、良好な運用状態を示している。

表 3 主要な運用指標

	目標値	実績値		
		2008 年 (完成 1 年後)	2010 年 (完成 3 年後)	2012 年 (完成 5 年後)
最大出力 (MW)	1,000	1,000	1,000	1,000
総合循環効率 (%)	75	81	81	79
ポンプ効率 (%)	93.62	93.69	93.69	93.69
計画外停止時間 (時間/年)	0	0	0	0

出所：泰安揚水発電所提供資料

総合循環効率 = (送電端発電量) ÷ (揚水用電力量) × 100 (%)

ポンプ効率 = (水動力) ÷ (軸動力) × 100 (%)

表 4 は審査時に合意した本事業の効果指標であり、泰安揚水発電所建設による火力発電所の運転状況改善に伴う大気汚染物質の排出抑制効果を示したものである⁵。審査時には目標値の達成年度が特定されていないため、本評価に当たっては、事業完成後 5 年間の経年変化で評価を行うこととする。2008 年から 2012 年までの経年変化を見ると、NO_x 削減量は変動があるものの目標値をほぼ達成しているが、SO₂ 及び CO₂ の削減量は目標値に届いていない。なお、送電端電力量が 2010 年以降、減少傾向にあるように見えるが、泰安揚水発電所に対する聞き取り調査によると、発電量の変動の範囲内であり、減少傾向にあるとは認識していないとのことである。

⁴ 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。

⁵ 山東省エネルギー節約事務局が示す火力発電所汚染物質排出係数による。これは火力発電所が発電した場合に排出される大気汚染物質の量で、係数は、NO_x は 6.90g/kWh、SO₂ は 8.03g/kWh、CO₂ は 1.0523kg/kWh とされている。なお大気汚染物質の排出抑制効果については、DSS 運転頻度や省内発電所の石炭・石油消費量等から算出することが望ましい。しかし「2.3 評価の制約」に記載のとおり同データを得ることができなかったため、泰安揚水発電所とも協議の上で代替的に上記係数を用いた方法を採用したものであり、必ずしも排出抑制効果を示す最適な推計方法ではないことに留意されたい。

表4 大気汚染物質排出抑制効果（効果指標）

	目標値	実績値				
		2008年 (完成1年後)	2009年 (完成2年後)	2010年 (完成3年後)	2011年 (完成4年後)	2012年 (完成5年後)
送電端電力量 (GWh/年)	—	251	145	309	264	163
NOx削減量 (トン/年)	1,800	1,732 (96%)	1,001 (56%)	2,132 (118%)	1,822 (101%)	1,125 (63%)
SO ₂ 削減量 (トン/年)	2,900	2,016 (70%)	1,164 (40%)	2,481 (86%)	2,120 (73%)	1,309 (45%)
CO ₂ 削減量 (トン/年)	348,400	264,127 (76%)	152,584 (44%)	325,161 (93%)	277,807 (80%)	171,525 (49%)

出所：泰安揚水発電所提供資料

表中括弧内％は目標値に対する割合を示す。

3.2.2 定性的効果

本事業審査時に想定された定性的効果は、「DSS 運転の減少による電力系統運用上の安定性及び経済性の向上」である。移転住民及び近隣住民など、本事後評価の現地調査時に直接対面による聞き取り調査を行うことができた14名によると、ほぼ全員が、近年、電圧が安定し、停電時間が減少したと感じており、電力供給に関する満足度は高い。ただし、本事業による電力は地域の電力網に接続した上で運用され、電力供給地域を特定できないため、本事業のみの効果とは判断できない。電力系統運用上の経済性の向上に関しては情報を入手できなかった。

3.3 インパクト

3.3.1 インパクトの発現状況

(1) 地域経済の発展

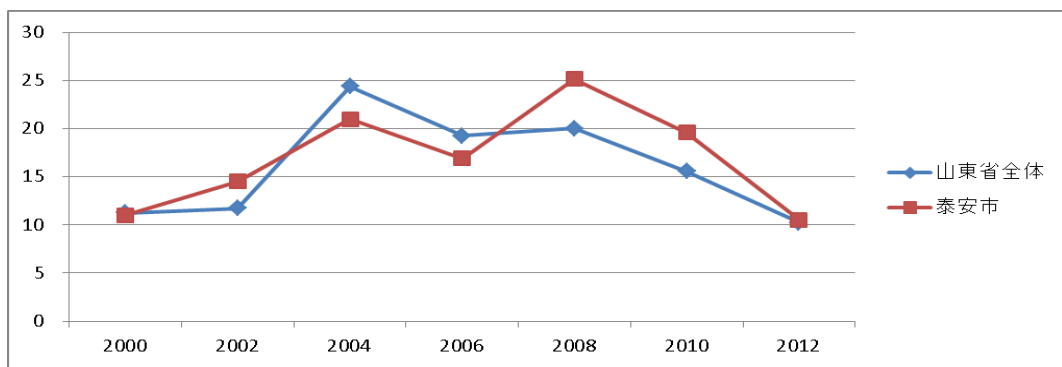
山東省、泰安市ともに近年、GDP 成長率は10%～20%を維持し（表5、図2）、1人当たりGDPも安定した成長を見せている（表6、図3）。ただし、本事業による電力は他の発電施設による電力と共に地域の電力網に接続され運用されるため、これらの経済成長に対する本事業の貢献度を特定することは難しい。

表5 名目GDP成長率

単位：％

	2000年	2002年	2004年	2006年	2008年	2010年	2012年
山東省全体	11	12	24	19	20	16	10
泰安市	11	14	21	17	25	20	11

出所：山東統計年鑑2013、泰安統計年鑑2013（中国統計出版社）



出所：同上、単位：%

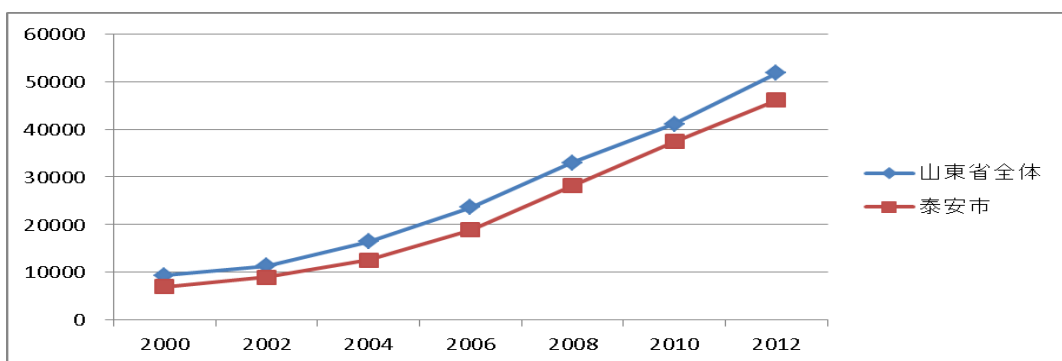
図2 名目 GDP 成長率

表6 1人当たり名目 GDP

単位：元

	2000年	2002年	2004年	2006年	2008年	2010年	2012年
山東省全体	9,326	11,340	16,413	23,603	32,936	41,106	51,768
泰安市	7,031	9,002	12,608	18,863	28,179	37,376	46,130

出所：山東統計年鑑 2013、泰安統計年鑑 2013（中国統計出版社）



出所：同上、単位：元

図3 1人当たり名目 GDP

(2) 地域住民の雇用

本事業実施中は約 500 人/年、事業完成後は約 270 人/年の雇用があり、地域経済に正のインパクトを及ぼしている（表 7）。

表7 地域住民の雇用状況

単位：人

	事業実施中				事業完成後		
	2000年	2002年	2004年	2006年	2008年	2010年	2012年
建設工事	150	450	780	260	—	—	—
発電所運転	35	70	120	160	270	274	280

出所：泰安揚水発電所提供資料

3.3.2 その他、正負のインパクト

(1) 自然環境へのインパクト

審査時、本事業は「円借款における環境配慮のための JBIC ガイドライン（1999 年）」において A 種と分類されていた。建設工事期間中の環境への配慮は、水質（水温、pH 値、浮遊物質、DO、BOD など 10 項目）、大気（SO₂、NO₂、TSP）、騒音（Ld、Ln）⁶ に関して山東農業大学が 3 ヶ月ごとにモニタリングを行い、基準値を超えた場合は速やかに原因を究明し必要な措置が講じられることとなっていたが、同工事期間中に負の影響は報告されなかった。



写真 2：上池

運転開始後は、水質（水温、臭味、混濁度、色、pH、遊離 CO₂ など 28 項目）に関して山東省水環境モニタリングセンター泰安センターが年に 1 回モニタリングを行っているが、事後評価時に至るまで計測結果はすべて基準値内に収まっている。また、植生保全、緑化、汚水処理施設設置、廃棄物管理、作業員の教育などを講じて環境保護に配慮しており、工事期間中、運転開始後ともに、近隣住民からの苦情は受けていない。

本事業により建設された上池が泰山風景名勝区の 2 級保護区内に位置しているが、ユネスコの世界遺産（泰山風景名勝区 1 級保護区）には全く抵触しておらず、世界遺産に及ぼす影響は皆無である。

(2) 住民移転・用地取得

本事業による住民移転及び用地取得は、ともに実績値が計画値を下回っている（表 11）。これは、当初、海拔 165.5m で計画されていた下池の水位が最終的に 165.0m になり、165.0m～165.5m 間の住民移転及び用地取得が行われなかったことによる。

表 8 住民移転・用地取得

	計画	実績
住民移転	約 20 世帯 50 人	14 世帯 37 人
用地取得	約 140 ha	117 ha

出所：泰安揚水発電所提供資料

⁶ DO：溶存酸素(Dissolved Oxygen)、BOD：生物化学的酸素要求量(Biochemical Oxygen Demand)、SO₂：二酸化硫黄(Sulfur Dioxide)、NO₂：二酸化窒素(Nitrogen Dioxide)、TSP：総浮遊粒子状物質(Total Suspended Particular)、Ld：昼間騒音レベル(Day Sound Level)、Ln：夜間騒音レベル(Night Sound Level)。

移転住民への対応として本事業が提供したのは、移転補償金、代替地、住宅などである。本事後評価の現地調査において移転住民 7 世帯を訪問したが、7 世帯とも生活環境が大幅に改善され、満足度は非常に高い。生活インフラや生活環境が改善されたために、一家の稼ぎ手が家族を残して安心して出稼ぎに出られるようになり、収入が 3～5 倍に増加している。中には補償金で雑貨店などの自営業を始め、収入が 10 倍以上に増加した世帯も見られる。なお、移転住民 37 名のうち、60 歳以下の 29 名に対して農村戸籍から都市戸籍に変更する措置⁷が取られており、その結果、就職、就学、医療その他、都市部での様々な社会サービスを受ける権利が保障されるようになったことは、移転住民への補償という観点からも、社会的格差の解消という観点からも、非常に有意義である。

(3) 地域開発

本事業のための工事用道路が建設されたことにより、農村部の都市化が著しく進んでいる。特に下池付近の常家村はイスラム教徒が多い回族（かいぞく）の居住地であるが、約 30 棟の集合住宅、病院、学校、幼稚園、モスクなどからなる大規模開発が進んでいる（2014 年完成予定）⁸。また、同地区住民委員会委員長及び居住民に対する聞き取り調査によると、泰山風景名勝区に位置する上池に続く道路網が整備されたことにより、観光客や通行者が増え、沿道に飲食店、商店、土産物店などが進出し、地域経済が活性化しているとともに、地域住民の雇用機会も増えている。



写真 3：常家村開発地域

「2.3 評価の制約」でも既述のとおり、通常、揚水発電所は全体の電力需給と稼働状況のバランス等を見つつ、運用・効果指標の達成度合いにより評価判断すべきであるが、本事後評価実施中に電力需給データや政策等に関する十分な情報が得られなかったため、一部のデータのみによる分析とならざるを得ない。

有効性に関しては、運用指標及び NOx の削減量は目標値を達成しているが、SO₂ 及び CO₂ の削減量といった効果指標は目標値を達成していない。インパクトに関しては、雇用や地域開発を通じた地域経済への貢献が見られ、自然環境への負のインパクトは認められない。

以上を総合的に判断して、本事業の実施により一定の効果の発現が見られ、有効性・インパクトは中程度である。

⁷ 中国では、1958 年に公布された「戸籍登録条例」によって、農業従事者を農村戸籍、そうでない者を都市戸籍と登録してきたが、これによって都市住民と農村住民の間に公共サービス面での不平等や経済格差が生じていると指摘されてきた。

⁸ 出資者は泰安市、泰山抽水蓄能电站有限公司、企業、地域住民など。

3.4 効率性（レーティング：③）

3.4.1 アウトプット

本事業におけるアウトプットは、上池ダムの新規建設、下池ダムの改修、導水トンネル及び発電所（発電機4基）の新規建設、並びに送変電設備の設置で、表9に示す通り、計画通りに実行された。

表9 アウトプット比較（計画／実績）

項目	計画	実績
上池ダム	約 1,000 万 m ³	1,108 万 m ³
既存下池ダム（改修）	約 2,200 万 m ³	2,235 万 m ³
導水トンネル	上池ダムー発電所、発電所ー下池ダム	計画通り
発電所	地下発電所、250MW×4基	計画通り
送変電設備	スイッチヤード、220kV 送電線、変電所	計画通り
コンサルティング・サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 入札補助、詳細設計内容チェック、施工監理補助、環境配慮等 ・ 63 M/M 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計画通り ・ 68 MM

出所：泰安揚水発電所提供資料

コンサルティング・サービスの人月が当初計画を上回っているのは、コンサルティング業務終了後の報告書作成に時間を要したためである。コンサルティング業務としては、入札補助、詳細設計の内容チェック、施工監理補助、環境配慮などに関して効果的な管理・監督が行われ、中国側関係機関の満足度は高い。

3.4.2 インプット

3.4.2.1 事業費

本事業の総事業費は、予算 59,756 百万円に対して実績 51,095 百万円（対計画比 86%）であり、計画内に収まった（表 10）。この理由は、電気・機械の設備輸入に当たって国際競争入札を行い調達価格を抑えたこと、内貨分のコンサルタント業務を可能な限り削減したことなどによる。外貨（円借款貸付実行額）の実績が計画の約 50%に留まっているのは、上記国際競争入札による事業費の抑制の影響が大きかったことに加えて、円借款による輸入品では免税されるところの輸入付加価値税（約 17%）が審査時の見積もりに含まれていたことによる。

表 10 項目別事業費（計画／実績）

単位：百万円

	計画（注 1）			実績（注 2）		
	外貨	内貨	合計	外貨	内貨	合計
土木工事	743	20,384	21,127	233	22,684	22,917
電機・機械設備	15,593	13,273	28,866	8,754	17,385	26,139
コンサルティング・サービス	220	2,587	2,807	195	695	890
用地取得	0	1,248	1,248	0	1,149	1,149
物価上昇費	598	2,301	2,899	0	0	0
予備費	846	1,963	2,809	0	0	0
合計	18,000	41,756	59,756	9,182	41,913	51,095

注 1：為替レート 13 円/元（JICA 審査時資料より）

注 2：為替レート 13.93 円/元（International Financial Statistics; Yearbook より 1999 年～2011 年の平均レート）

出所：泰安揚水発電所提供資料

3.4.2.2 事業期間

事業期間は、計画された 2001 年 3 月（L/A 調印）から 2007 年 12 月（発電機第 4 号基試運転完了日）の 82 ヶ月に対して、実績は 2001 年 3 月（L/A 調印）から 2007 年 6 月（第 4 号基試運転完了日）の 76 ヶ月（対計画比 93%）であり、計画内に収まった（表 11）。

表 11 項目別事業期間（計画／実績）

	計画	実績
用地取得・住民移転（上池）	2000 年 1 月～2000 年 12 月	2000 年 4 月～2000 年 11 月
貸付契約（L/A）署名	2001 年 3 月	2001 年 3 月
上池ダム	2000 年 11 月～2005 年 10 月	2002 年 1 月～2005 年 8 月
発電設備	2000 年 10 月～2003 年 5 月	2002 年 1 月～2007 年 2 月
地下設備	2001 年 2 月～2007 年 12 月	2002 年 1 月～2007 年 2 月
用地取得・住民移転（下池）	2000 年 10 月～2001 年 2 月	2000 年 4 月～2000 年 11 月
下池ダム（改修）	2001 年 4 月～2004 年 7 月	2002 年 1 月～2004 年 7 月
送変電設備	2002 年 1 月～2005 年 3 月	2002 年 1 月～2005 年 12 月
1 号機試運転完了	2007 年 12 月	2006 年 7 月
2 号機試運転完了	2007 年 12 月	2006 年 10 月
3 号機試運転完了	2007 年 12 月	2007 年 6 月
4 号機試運転完了	2007 年 12 月	2007 年 6 月

出所：泰安揚水発電所提供資料

上池ダム底部は地下水位が高く、導水トンネル工事において湧水量の多いことから工事遅延が懸念されたため、事前に引水システムの湛水・排水テストを念入りに行うなどの対策を講じ、工期の遅延・延長を防いだ。また、研究目的から、3 号基及び 4 号基のテスト・試運転に国家電網の研究機関である山東電力科学研究院が参加したために人手が増え、テスト・試運転期間が短縮され、全体の工期短縮につながった（泰安揚

水発電所聞き取り調査より）。

3.4.3 内部収益率（参考数値）

3.4.3.1 財務的内部収益率（FIRR）

審査時点では、建設費・揚水用買電コスト・運営維持管理費・税金を費用、売電収入を便益として、プロジェクトライフ 30 年で FIRR は 6.8% と計算されている。本事後評価時においては、本発電所が発電量に関わらない固定金額の長期契約を電力供給先と締結しており（3.5.3 参照）、揚水用買電コスト及び売電収入が発生していない。そのため、審査時と事後評価時の FIRR を比較することはできない。参考までに、本事後評価時に泰安揚水発電所より入手したデータから、建設費・運営維持管理費・税金を費用、固定契約金額を収入として、プロジェクトライフ 30 年で試算すると、FIRR は 6.84% となる。

3.4.3.2 経済的内部収益率（EIRR）

審査時に EIRR の検討がなされていないこと、また、本事後評価時における経済便益を推計するための、同規模の火力発電所を建設した場合の建設・維持管理コストや、火力発電所を建設しなかったことによる大気汚染減少に対する支払意思額（WTP）等の各種データの入手が困難であったため、EIRR の再計算は行わなかった。

以上より、本事業は事業費及び事業期間ともに計画内に収まり、効率性は高い。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

事業実施中の実施主体であった「山東泰山抽水蓄能電站有限責任公司」が完成後も引き続き発電所部分の運営・維持管理を行っている。同公司是、本事業の実施機関である国家電網公司⁹の送配電ネットワーク企業である国網新源控股有限公司の傘下に位置する企業で、国網新源控股有限公司（50%）、山東電力集团公司（44%）、泰安市泰山投資有限公司（6%）の3社を出資元としている。

山東泰山抽水蓄能電站有限責任公司是、2013 年 11 月末現在、所長 2 名、副所長 3 名、技師（engineer）15 名、技術者（technician）40 名、事務 24 名からなっており、同公司への聞き取り調査によると、職員数に不足はない。職員の平均年齢は、所長 53 才、副所長 49 才、技師 37 才、技術者 32 才、事務職 36 才と比較的若く、2007 年の操業開始以降の離職率は 2.0% と低い。これらのことから、人事の体制は将来的に安定した体制にあると思われる。

⁹ 審査時に本事業の実施機関であった「国家電力公司」が 2002 年 12 月に、電力機構の発送分離により、5 つの発電企業と 2 つの送配電ネットワーク企業に分割されて生まれた企業。中国南方電網が管轄する中国南部を除く、26 の省・自治区・直轄市の送配電ネットワークを管轄しており、その管轄面積は中国全土の 88% に至る。

3.5.2 運営・維持管理の技術

本発電所は ISO9001（品質マネジメントシステム）及び ISO14001（環境マネジメントシステム）を取得し、品質管理及び環境管理を徹底している。

発電所職員は、事務職員も含めて全て学士ないし修士で、所長以下の技師（engineer）は、全員、高級エンジニア、エンジニア¹⁰などの行政官資格を有しており、技術力は高い。職員研修は、上位機関である山東電力集団公司及び国網新源控股有限公司が、運行業務、信頼性向上、コントロールシステム、機械検査、水利構造物モニタリングなどの定期研修を年1回の周期で実施しており、本発電所の職員はその研修に参加している。これらの研修は、上位機関が傘下の全ての発電所の職員を対象に実施するものであり、教材、研修内容、講師ともに充実している。

運営・維持管理マニュアルは、検査補修規程、運行規程、システムパンフレットなどが準備され、日常業務はそれらの規程に従って実行されている。マニュアルの順守状況は、職場で上司が日常管理している。

3.5.3 運営・維持管理の財務

本揚水発電所は、電力系統運用者である山東電力集団公司¹¹の指示を受けて発電し、発電電力は全量、山東電力集団公司に引き取られる。山東電力集団公司とは固定金額の期間の定めのない長期契約を締結しており、発電量に関わらず年間の固定契約料金を受け、経営的には安定している（表12）。年間固定契約額415百万元は、年5%の投資回収率やその他の諸条件を勘案して国家発展改革委員会が定めたものであり、2009年以降、変更されていない。国家電網財務部及び泰安揚水発電所の聞き取り調査によると、将来的には経済状況の変化を受けて変更される可能性も考えられるが、現状では契約額の変更は想定されていない。

表12 事業収支

単位：百万元

	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
総収入	345	402	415	415	415	415
総支出	295	346	357	403	395	283
収支	50	56	58	12	20	132

出所：泰安揚水発電所提供資料

3.5.4 運営・維持管理の状況

発電部分では、発電機局部放電、開閉器温度、断路器温度、ユニット震動などが自動装置により24時間オンラインモニタリングされ、発電機の固定子絶縁診断などはマ

¹⁰ 省が認定する行政官の職階。エンジニアは技師（Engineer）の職階で、高級エンジニア（Senior Engineer）はその最高位。

¹¹ 国家電網公司在山東省に全額出資している子会社で、山東省全体の電力系統の運営・維持管理に当たっている。

マニュアルに従って定期点検されている。送変電部分は、回線避雷器の漏電・絶縁・直流耐圧、GIS（ガス絶縁開閉装置）の水蒸気測定、回線保護検査などがマニュアルに従って定期点検されている。これら運営保守に関するデータは定期的に記録・保管されており、本事後評価の現地調査において管理状況は良好であることを確認した。また、維持管理機材に関しても、点検・補修・保管管理に関する規程が定められており、規程に従って実行されている。

発電、送変電部分ともに、現地調査の目視の限りでは、建屋内・外の清掃、整理整頓が行き届いており、非常に良好な維持管理状態に保たれている。建屋内の小規模な補修工事は、粉塵が機器に影響を与えないように工事個所にテントを張り、その中で作業をするなど、機器の維持管理に細心の注意を払っている様子が観察された。また、品質管理の小集団活動（QC サークル）が奨励されており、施設内の随所に改善提案の成果が提案者の顔写真入りで掲示されている。

以上より、本事業の維持管理は体制、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、火力発電による大気汚染が深刻さを増している山東省において、揚水発電所1箇所を建設することにより、環境に配慮しつつ、効率的な電力供給の実現を図り、もって同省の経済発展に寄与することを目的として実施されたものである。本事業は中国の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と合致しており妥当性は高い。有効性に関しては、発電所の最大出力などの主な運用指標は達成され、地域住民の雇用や地域開発などにプラスのインパクトが見られるが、効果指標である大気汚染物質の排出抑制が、一部、目標値を達成していないことから、有効性・インパクトは中程度である。事業費及び事業期間ともに計画内に収まり、効率性は高い。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、持続性は高い。

以上より、本プロジェクト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

なし。

以上

主要計画／実績比較

項 目	計 画	実 績
① アウトプット	1) 上池ダム 新設、約1,000万m ³ 2) 下池ダム 改修、約2,200万m ³ 3) 導水トンネル 上池ダム－発電所、 発電所－下池ダム 4) 発電所 地下発電所、250MW×4基 5) 送変電設備 スイッチヤード、 220kV送電線、 変電所 6) コンサルティング・サービス 63 M/M	1) 上池ダム 新設、1,108万m ³ 2) 下池ダム 改修、2,235万m ³ 3) 計画どおり 4) 計画どおり 5) 計画どおり 6) コンサルティング・サービス 68 M/M
② 期間	2001年3月～2007年12月 (82ヶ月)	2001年3月～2007年6月 (76ヶ月)
③ 事業費		
外貨	18,000百万円	9,182百万円
内貨	41,756百万円	41,913百万円 (3,009百万円)
合計	59,756百万円	51,095百万円
うち円借款分	18,000百万円	9,182百万円
換算レート	1元 = 13円 (2001年3月現在)	1元 = 13.93円 (1999年～2011年平均)