

0. 要旨

本事業は、ルーマニア最大の石炭火力発電所であるトゥルチェニ火力発電所の4基に排煙脱硫装置（Flue Gas Desulfurization、以下「FGD」という）を設置することにより、欧州連合（EU）の二酸化硫黄（SO₂）排出基準に適合した発電所の操業を図り、もって同国の環境改善及び経済活動に寄与するものである。本事業の実施はルーマニアの開発政策、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、事業期間は詳細設計の変更やFGDの追加接続工事等の影響で計画の169%となったことから、効率性は中程度である。本事業によりFGDが設置された結果、同発電所の操業はEUのSO₂排出基準に適合したものとなり、環境改善及び経済活動への寄与も認められることから、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理の状況に若干の不安があるものの、制度・体制、技術、財務ともに問題はないため、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、非常に高いと言える。

1. 事業の概要



事業位置図



FGDは手前4つの吸収塔を含む装置

1.1 事業の背景

ルーマニアのトゥルチェニ火力発電所1号機～7号機は、1970年代後半以降に世界銀行の融資で設置された古いもので、環境対策もなされていなかったが、同発電所は同国最大の石炭火力発電所として経済活動において欠かすことのできない発電所であった。しかしながらその後、同国政府がEUへの加盟を見据えるに当たり、同発電所から排出されるSO₂をEUの排出基準に適合させることが必要となり、そのための対応が課題となっていた。このような背景から、同発電所を運営していた実施機関のトゥルチェニ・エネ

ルギー・コンプレックス (Complexul Energetic Turceni S.A.、以下「CET」という)¹ は、将来における継続稼働を計画していた 3 号機～6 号機の大規模改修を行ったうえで、同 3 号機～6 号機に本円借款事業で FGD を設置することにより、発電効率が高く、EU の SO₂ 排出基準にも適合した発電所を操業することを計画していた。

1.2 事業概要

本事業は、ルーマニア最大の石炭火力発電所であるトゥルチェニ火力発電所の発電機 (3 号機～6 号機) に、FGD を設置することにより、EU の SO₂ 排出基準に適合した発電所の操業を図り、もって同国の環境改善及び経済活動に寄与するものである。

円借款承諾額/実行額	28,746 百万円 / 28,494 百万円
交換公文締結/借款契約調印	2005 年 3 月 / 2005 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 一般アンタイド
借入人/実施機関	公共財務省/オルテニア・エネルギー・コンプレックス (Complexul Energetic Oltenia S.A. : 以下「CEO」という)
事業完成	2016 年 7 月
事業対象地域	ゴルジュ県トゥルチェニ市
本体契約	土木工事 : AE&E Austria GmbH & Co KG (オーストリア) プラント機器供給・据付 : S.C Techno Montaj S.R.L (ルーマニア) /S.C Romelectro S.A (ルーマニア) /S.C Energomontaj S.A (ルーマニア)
コンサルタント契約	東電設計株式会社 (日本)
関連調査 (フィージビリティ・ スタディ : F/S)	JICA「ルーマニア ツルセニ ² 石炭火力発電所環境設備 建設事業に係る案件形成促進調査 (SAPROF)」
関連事業	世界銀行 Turceni Thermal Power Project (I) (1974 年 7 月～1983 年 12 月) * 1 号機～4 号機を設置 Turceni Thermal Power Project (II) (1979 年 1 月～不明) * 5 号機～7 号機を設置 (計画 されていた 8 号機は設置されずに終了)

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

氏名 石森康一郎 (Value Frontier 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 : 2018 年 11 月～2019 年 10 月

現地調査 : 2019 年 3 月 1 日～3 月 18 日、2019 年 5 月 10 日～5 月 17 日

¹ トゥルチェニ・エネルギー・コンプレックス (CET) は、2012 年 5 月、オルテニア・エネルギー・コンプレックス (CEO) へと組織改編された (詳細は持続性の項目を参照)。

² ツルセニは SAPROF 実施時の呼称で、トゥルチェニを意味。

3. 評価結果（レーティング：A³）

3.1 妥当性（レーティング：③⁴）

3.1.1 開発政策との整合性

審査時の国家開発計画である「National Development Plan（2002～2005）」では、7つの重点分野の一つとしてインフラ整備を掲げ、既存火力発電所の設備更新及び環境対応を重視していた。また、各セクターの政策を取り纏めた「Industrial Policy of Romania 2005-2008（2005）」では、エネルギーセクターは経済活動においてなくてはならないインフラであると位置づけたうえで、ルーマニアのEUへの加盟を見据え、EU基準への適合を重視していた。更に、「Road Map for Energy Sector of Romania 2003-2015（2003）」では、今後も発電の中核を担う既存の火力発電所にFGDを設置する環境投資の必要性を示していた。

事後評価時の国家開発計画である「National Sustainable Development Strategy of Romania 2013-2020-2030（2008）」では、「EUの戦略的ガイドラインに沿った2013年、2020年、2030年の目標及び行動」にて、エネルギーセクターによる環境への負の影響の緩和、とりわけ大気汚染物質の排出削減を重視している。また「Industrial Policy of Romania 2018-2020（2018）」では、環境悪化の防止を重視し、エネルギーセクターにおける投資刺激策の実施を掲げている。更にルーマニアが2007年に加盟したEUは「Energy 2020: A strategy for competitive, sustainable and secure energy（2010）」及び「A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy（2018）」にて、EU電力市場における再生可能エネルギーの割合を高めていく政策を打ち出している。しかしながら、「Energy Sector of Romania 2018-2030（2019）」では、エネルギーセクターの開発は、ルーマニアの開発計画の一部であるとして、新規電源の開発に加え、引き続き既存電源（火力発電を含む）の近代化を掲げている。

上記より、本事業は、ルーマニア最大の石炭火力発電所であるトゥルチェニ火力発電所3号機～6号機にFGDを設置することにより、EUのSO₂排出基準に適合した火力発電所の操業を図ったものであったことから、審査時及び事後評価時ともに、ルーマニアの開発政策に合致していると判断される。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時におけるルーマニアの電源構成は、火力（61%）、水力（35%）、原子力（4%）であった（設備容量ベース）。火力の設備容量は10,598MWで、トゥルチェニ火力発電所はそのうちの1,980MW（330MW×6基⁵）、約19%を占める同国で最大の火力発電所であった。しかしながら、同6基は1970年代後半以降に設置された古いもので、環境対

³ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁴ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

⁵ 1号機、3号機～6号機及び7号機（2号機は本事業が開始される前の1999年に計画的に休止された）。

策がなされていなかったため、SO₂排出量は 3,230mg/Nm³～4,764mg/Nm³ と非常に高くなっていた。他方で、EU への加盟を見据えていたルーマニア政府は、2003 年の閣議決定 541 号により、2011 年末までに EU の SO₂ 排出基準 (400mg/Nm³) に適合しない火力発電所は操業を停止するとしていたことから、電力供給における同火力発電所の重要性に鑑み、同発電所の SO₂ 排出削減は欠かせないものと判断されていた。

事後評価時における電源構成は、火力 (39%)、水力 (30%)、再生可能エネルギー (24%)、原子力 (7%) である (設備容量ベース)。火力の設備容量は、各発電設備の老朽化に伴う休止により 7,765MW に減少しているが、依然として最大の割合を占めるベースロード電源⁶であり、トゥルチェニ火力発電所はそのうちの 1,320MW (330MW×4 基⁷)、約 17%を占め、審査時とおおむね変わりはない。またロビナリ火力発電所と並んで同国最大の火力発電所である。2007 年ルーマニアは EU に加盟し、同火力発電所が EU の SO₂ 排出基準⁸に適合した操業を行うことは、引き続き必要である⁹。

上記より、本事業は、審査時及び事後評価時ともに、ルーマニアの開発ニーズに合致していると判断される。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

審査時における ODA 大綱 (2003) では、重点課題の一つである「地球的規模の問題への取組」にて、「ODA を通じて環境問題やエネルギーといった地球的規模の問題に取り組むとともに、国際的な規範づくりに積極的な役割を果たす」としていた。ODA 中期政策 (2005) では、重点課題の一つである「地球的規模の問題への取組」にて、「大気汚染対策等の環境汚染対策を重点分野」とし、「環境問題に対する科学技術を活用した途上国への支援を行う」としていた。国別データブック (2004) では、「エネルギー、鉱工業分野における公害対策はルーマニアにとって解決すべき緊急かつ最大の課題の一つである」としていた。またルーマニア国別業務実施方針 (2005) では、「ルーマニアの最重要課題は 2007 年に向けた EU 加盟であり、同国の市場経済化に資する『産業振興・貿易投資促進』及び『環境保全』を二大重点分野」とし、「電力等エネルギー関連設備に対する環境対策事業は、我が国の知見・技術を活かせる分野である等の観点から、円借款で支援する意義は大きい」としていた。

上記より、本事業は、審査時における我が国の援助政策に合致していたと判断される。

⁶ 本事後評価時において、2015 年のパリ協定以降 EU 域内で脱石炭の流れが進んでいるとされる向きもあるが、火力が最大の割合を占めるドイツやポーランド等と同様に、ルーマニアにおいても火力を引き続きベースロード電源として位置づけている (Energy Sector of Romania 2018-2030 (2019))。

⁷ 3 号機～5 号機及び 7 号機。当初計画では 6 号機を継続稼働させる計画であったが、脚注 10 に記載のとおり大規模改修を行えず、老朽化が著しかったため、代わりに 7 号機を利用することとなった (審査時に稼働していた 1 号機は 2016 年に計画的に休止された)。

⁸ 本事業実施中の 2010 年に EU の SO₂ 排出基準は 400mg/Nm³ から 200mg/Nm³ へと強化された。

⁹ ルーマニアの最大電力需要は増加傾向にあり (9,099MW (2008 年) ⇒ 9,166MW (2013 年) ⇒ 9,758MW (2018 年))、今後も増加が見込まれている。

以上より、本事業の実施はルーマニアの開発政策、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

本事業におけるアウトプットの計画と実績は以下のとおりである。

表1：アウトプットの計画と実績

アウトプット	計画	実績
① FGD 及び関連設備の設置	脱硫効率 95% の FGD を 3 号機～6 号機へ設置	1) 本事業実施中の 2010 年に EU の SO ₂ 排出基準が 400mg/Nm ³ から 200mg/Nm ³ へと強化されたのに伴い、脱硫効率を 95% から 96.4% へ向上させるべく FGD の仕様を変更し、改良工事を実施した。同変更は、基準への適合を目的とした適切な変更であった。 2) 3 号機～5 号機に加えて、6 号機に代え 7 号機に設置された。これは本事業対象外のアウトプットとして、CEO が本事業実施中に自己資金で行うとしていた 6 号機のボイラーの大規模改修のめどが立たず ¹⁰ 、著しい老朽化から継続稼働が難しい状況となったことから、6 号機に設置された FGD は代わりに 7 号機に接続されることとなったためである。同変更は、CEO の財務事情からやむを得ない変更であった。
	関連設備（石灰石供給設備、石膏貯蔵庫等）を設置	計画どおり。
② 上記設置等に係る土木工事	基礎工事（杭打ち、コンクリート打設等）	計画どおり。
③ 運転・補修用機材の供給（運転開始後 5 年分）	部品（ポンプ、モーター等）の供給	計画どおり。
④ 既設灰捨場の遮水工を含む拡張工事	既設灰捨場 3 箇所実施	3 箇所の既設灰捨場の拡張工事は不要となった。本事業開始直後の 2005 年 6 月、ルーマニア国立環境保護庁（National Environmental Protection Agency、以下「NEPA」という）が水質汚染の懸念を理由に、2012 年末までに 3 箇所の既設灰捨場の利用を禁止する命令を下したため、CEO は同命令に従い、本事業対象外のアウトプットとして、自己資金で新規の灰捨場を建設した。その結果、上記の拡張工事は不要となった。同変更は、法令順守からやむを得ない変更であった。

¹⁰ 審査時において、CEO は本事業実施中に自己資金で 3 号機と 6 号機の大規模改修を行うとしていたが、確たるめどは立っていなかった。そのような中、2008 年に入り CEO は欧州復興開発銀行（European Bank for Reconstruction and Development、以下「EBRD」という）から 3 億ユーロの融資を受けて両基の大規模改修を行うこととなった。しかしながら、同年 9 月に起きたリーマンショックの結果、2009 年 1 月 EBRD は融資対象を老朽化が著しい 6 号機のみとし、融資額を 1.5 億ユーロに半減する決定をした。その結果、2009 年 7 月 CEO は上記内容で EBRD との融資契約に調印をした。その後 CEO はコンサルタントの選定や入札書類の作成等を行ったが、EBRD の入札書類に定められた技術条件でボイラー等の大規模改修を行えるコントラクターを見つけることができなかつたため、2015 年 5 月 CEO は 6 号機の大規模改修を断念し、同契約も破棄することとした。また結果として CEO は 3 号機と 6 号機の大規模改修に関して、当初計画していた自己資金も付けることはできなかった。

⑤コンサルティング・サービス	260MM(インターナショナル:164MM、ローカル:96MM)	215MM(インターナショナル:118MM、ローカル:97MM)。インターナショナルのMMの減少は効率的な投入によるものであった。
----------------	----------------------------------	---

出所：JICA、実施機関提供資料

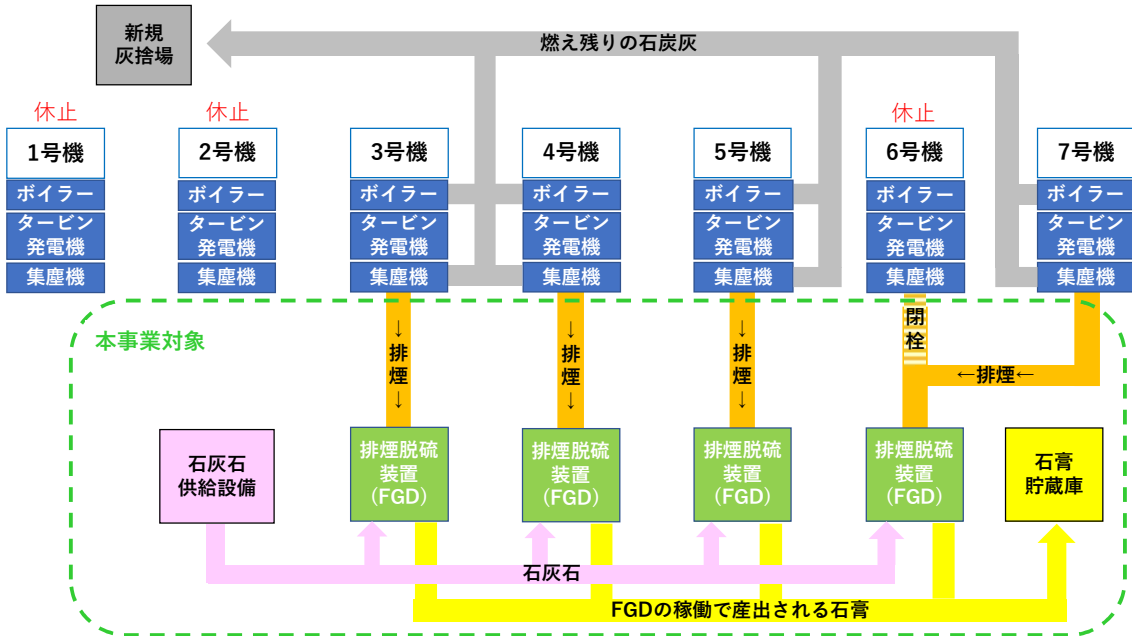


図1：トゥルチェニ火力発電所の全体図（事後評価時）

出所：評価者作成

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

本事業の総事業費は、計画では 38,329 百万円（うち円借款部分は 28,746 百万円）であったが、実際は 34,748 百万円（うち円借款部分は 28,494 百万円）と計画内に収まった。上記のように FGD の改良工事及び 7 号機への追加接続工事が発生したにもかかわらず計画内に収まった主な理由は、1) 既設灰捨場の拡張工事が不要になったことによる工事費の減額、2) インターナショナル・コンサルタントが効率的に投入されたことによるコンサルティング・サービス費の減額、3) 価格調整費及び予備費の支出が最低限で済んだことによる減額等であった。

3.2.2.2 事業期間

本事業の事業期間は、計画では 2005 年 3 月（L/A 調印）～ 2011 年 11 月（供用開始）の 81 カ月であったが、実際は 2005 年 3 月（L/A 調印）～ 2016 年 7 月（供用開始）の 137 カ月（計画比 169%）となり、計画を大幅に上回った。事業期間が延長した主な理由は、1) ルーマニア国会による L/A 発効の承認が遅れ、それに伴って発効が遅れたこと（約 6 カ月）、2) 土木工事コントラクターの入札方式が変更になり、契約が遅れたこと（約 5 カ月）、3) 鉄鋼材の変更に伴う詳細設計

の変更や3号機及び6号機の大規模改修に係る対内・対外調整、FGDの追加接続工事等により、工事自体が遅れたこと（約45カ月）であった。

3.2.3 内部収益率（参考数値）

審査時において、本事業は環境改善を目的としており、内部収益率の算出にはなじまないとされたことから、財務的内部収益率（FIRR）及び経済的内部収益率（EIRR）は算出されなかった。

事後評価時においても、上記の理由から、FIRR及びEIRRは算出しなかった。

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。

3.3 有効性・インパクト¹¹（レーティング：③）

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

運用指標① 年間のFGD稼働率*

表2：年間のFGD稼働率

（単位：％）

	基準値	目標値	実績値		
	2004年	2014年	2016年	2017年	2018年
	—	事業完成 3年目	事業完成 1年目	事業完成 2年目	事業完成 3年目
3号機	—	100	96.9	96.5	98.1
4号機	—		99.0	98.6	97.9
5号機	—		99.1	98.9	98.9
7号機**	—		97.2	97.5	97.1

出所：実施機関提供資料

*年間のFGD稼働率＝（年間のFGD稼働時間／年間の発電時間）×100％

**計画では6号機であったが、上記理由から7号機に設置された。よって上表では便宜上7号機と記載し、下表も同じ扱いとする。

各号機の稼働開始時及び終了時にボイラーから排出される排煙はFGDの損傷に繋がるため、CEOではメーカーの推奨に従い、その間FGDを稼働させない操業としている。その結果、FGD稼働率は目標値の100％を達成していない。しかしながら、上述の操業はFGDの延命にとって適切な対応であり、かつ目標値である事業完成3年目（2018）の稼働率は97.1％～98.9％と十分に高いため、本指標の目標値は達成されていると判断される。

¹¹ 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。

運用指標② 年間の原因別停電回数・時間

表 3：年間の原因別停電回数・時間

(単位：回・時間)

	原因	基準値	目標値		実績値					
		2004年	2014年		2016年		2017年		2018年	
		—	事業完成 3年目		事業完成 1年目		事業完成 2年目		事業完成 3年目	
		回	時間	回	時間	回	時間	回	時間	
3号機	人為ミス	—	0	0	0	0	0	0	1	2
	機械故障	—	6	500	18	2,273	11	1,841	16	2,722
	計画停電	—	1	950	1	696	1	3,920	0	0
4号機	人為ミス	—	0	0	0	0	0	0	1	6
	機械故障	—	6	500	13	1,263	24	1,003	19	2,912
	計画停電	—	1	950	0	0	0	0	0	0
5号機	人為ミス	—	0	0	1	1	0	0	1	0
	機械故障	—	6	500	11	908	16	856	16	1,643
	計画停電	—	1	950	1	2,578	0	0	1	695
7号機	人為ミス	—	0	0	1	1	0	0	0	0
	機械故障	—	6	500	21	2,882	14	2,030	11	3,270
	計画停電	—	1	950	1	72	1	2,315	1	3,288

出所：実施機関提供資料

年間の原因別停電回数・時間は、各号機によって、また年によってばらつきがある。目標値である事業完成3年目（2018）の人為ミス、機械故障、計画停電は以下のとおりである。

人為ミス：目標値の0回、0時間に対して、3号機～5号機、7号機のどれも0回～1回、0時間～6時間であり、ほぼ問題ない。

機械故障¹²：目標値の6回、500時間に対して、11回～19回、1,643時間～3,270時間となっており、どれも計画を大幅に上回っている。但し、3号機～5号機、7号機ともに操業から30年以上が経過し老朽化が進んでいることから、ある程度やむを得ないものと判断される。

計画停電：目標値の1回、950時間に対して、0回～1回、0時間～3,288時間となっており、3号機と4号機は、0回、0時間である。CEOでは定期的なメンテナンスに係る十分な予算を確保できないことから、年に1回の計画停電、点検を行えない状況になっている。しかしながら、上述のとおり各号機の老朽化は進んでおり、延命のためには年に1回の点検のみならず、数年に1回の大規模な点検を含め、適切なメンテナンスを行うことが望ましい。

¹² この機械故障とは、本事業にて設置されたFGDではなく、3号機～5号機及び7号機のボイラー、タービン、発電機及び集塵機の機械故障を指す。

効果指標① 年平均の SO₂ 排出濃度

表 4：年平均の SO₂ 排出濃度

(単位：mg/Nm³)

	基準値	目標値	実績値		
	2004 年	2014 年	2016 年	2017 年	2018 年
	—	事業完成 3 年目	事業完成 1 年目	事業完成 2 年目	事業完成 3 年目
3 号機	3,230 ~4,764	200 (※400 から変更)	184	185	183
4 号機			184	182	185
5 号機			186	192	185
7 号機			182	194	170

出所：実施機関提供資料

※2010 年に EU の SO₂ 排出基準が 200mg/Nm³ へと強化されたことから、本事業の目標値も 200mg/Nm³ へと変更された。本事業の目的は EU の SO₂ 排出基準への適合にあることから目標値は変更後の排出基準である 200mg/Nm³ を採用。

目標値の年である事業完成 3 年目（2018 年）のみならず、すべての年で目標値の 200 mg/Nm³ を達成している。

効果指標② 年平均の SO₂ 排出量削減率*

表 5：年平均の SO₂ 排出量削減率

(単位：%)

	基準値	目標値	実績値		
	2004 年	2014 年	2016 年	2017 年	2018 年
	—	事業完成 3 年目	事業完成 1 年目	事業完成 2 年目	事業完成 3 年目
3 号機	—	96.4 (※95 から変更)	96.8	96.8	96.8
4 号機			97.2	97.0	96.9
5 号機			96.7	96.8	96.9
7 号機			96.6	96.7	97.1

出所：実施機関提供資料

* SO₂ 排出量削減率 = (1 - FGD 設置後の発電電力量当たりの SO₂ 排出量 / FGD 設置前の発電電力量当たりの SO₂ 排出量) × 100

※2010 年に EU の SO₂ 排出基準が 200mg/Nm³ へと強化されたことから、FGD の SO₂ 排出量削減率の目標値も 96.4% へと変更された。本事業の目的は EU の SO₂ 排出基準への適合にあることから目標値は変更後の 96.4% を採用。

目標値の年である事業完成 3 年目（2018 年）のみならず、全ての年で目標値の 96.4% を達成している。

3.3.1.2 定性的効果（その他の効果）

本事業の事前評価時及び本事後評価時において想定された定性的効果（その他の効果）はなかったため、分析は行っていない。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

本事業の事前評価表では、インパクトの定量的・定性的効果指標が設定されていなかったため、本事後評価時に以下①1)～4)及び②の指標を追加した。

①定量的効果

1) 大気環境の改善

表 6：大気中 SO₂ 濃度

(単位：μg/m³・回)

	FGD 供用開始前*			FGD 供用開始後		
	実績値			実績値		
	2009	2010	2011	2016	2017	2018
日平均	16.09	16.34	24.49	データなし	22.45	17.73
基準値超え回数	4	8	12	データなし	1	2

出所：NEPA トゥルチェニ大気観測所提供資料

*大気中 SO₂ 濃度のモニタリングは 2009 年から始まったため、本事業開始前のデータはない。よって、本事後評価では FGD の供用が開始された 2016 年 7 月よりも前で最も古い 2009 年～2011 年のデータを本事業実施前の状況を示すデータとして扱い、FGD の供用が開始された 2016 年以降のデータを本事業実施後の状況を示すデータとして扱うことで分析。

トゥルチェニの大気中 SO₂ 濃度の日平均は、FGD 供用開始前と後ともに、ルーマニアの 1 日当たりの基準値 (125μg/m³) を満たしている。上述のようにトゥルチェニ火力発電所からの SO₂ 排出濃度が FGD の供用開始前後で大きく低減しているにもかかわらず、大気中 SO₂ 濃度において供用開始前後でほとんど差が見られないことについては、科学的なデータを収集できなかったため不明。他方で、大気中 SO₂ 濃度の時間当たり基準値 (350μg/m³) 超えの回数は、トゥルチェニ界限で最大の SO₂ 排出源となっているトゥルチェニ火力発電所からの排出に最も影響を受けることになるが、FGD 供用開始前の年平均 8 回に対して、供用開始後は年平均 1.5 回と低減しており、FGD の供用開始によるインパクトが認められる。

2) 自然環境の改善

表 7：降雨中 pH

(単位：なし)

	基準値	目標値	実績値		
	2004 年	2014 年	2016 年	2017 年	2018 年
	—	事業完成 3 年目	事業完成 1 年目	事業完成 2 年目	事業完成 3 年目
降雨中 pH	データなし	データなし	データなし	データなし	データなし

データが存在しないため、定量分析はできなかった。なお、上述のようにトゥルチェニの大気中 SO₂ 濃度の日平均は、モニタリングが開始された 2009 年以降、ルーマニアの 1 日当たりの基準値を満たしており、かつ極めて低いことから、大気中の SO₂ が降雨中の pH 値を下げ、酸性雨を引き起こしているとは考

えにくく、本事後評価調査でインタビューを行った NEPA の Targu Jiu 事務所長も同様に認識していた。

3) 生活環境の改善

表 8：喘息及び慢性閉塞性肺疾患の患者数

(単位：人)

	基準値	目標値	実績値		
	2004 年	2014 年	2016 年	2017 年	2018 年
	—	事業完成 3 年目	事業完成 1 年目	事業完成 2 年目	事業完成 3 年目
患者数	データなし	該当なし	8	16	8

出所：トゥルチェニ市病院提供資料

トゥルチェニ市病院が診察記録を詳細に記録し始めたのは FGD 供用開始後の 2016 年であるため、FGD 供用開始前後での患者数の比較を行うことはできない。但し、上述のようにトゥルチェニの大気中 SO₂ 濃度の日平均は、モニタリングが開始された 2009 年以降、ルーマニアの 1 日当たりの基準値を満たしており、かつ極めて低いことから、大気中の SO₂ が呼吸器系疾患を引き起こしているとは考えにくく、本事後評価調査でインタビューを行った同病院の内科医（1 人）も同様に認識していた。

4) 安定した電力の供給

表 9：トゥルチェニ火力発電所による発電量の割合*

(単位：%)

	基準値	目標値	実績値		
	2003 年**	2014 年	2016 年	2017 年	2018 年
	—	事業完成 3 年目	事業完成 1 年目	事業完成 2 年目	事業完成 3 年目
発電の割合	12.1	該当なし	7.3	8.4	7.8

出所：実施機関提供資料

*トゥルチェニ火力発電所による発電量の割合＝トゥルチェニ火力発電所による発電量／ルーマニア全体における総発電量×100

**2004 年のデータがないため、2003 年のデータを使用

2016 年～2018 年の総発電量に占めるトゥルチェニ火力発電所による発電量の割合は、本事業実施前に比し減少しているものの、一つの発電所としては最大規模の約 8%の割合を維持しており、依然としてルーマニアの経済活動の下支えに貢献している。

②定性的効果

1) EU 加盟の維持

ルーマニアは、2007 年の EU 加盟以来、加盟を維持している。

3.3.2.2 その他、正負のインパクト

①自然環境へのインパクト

1) 灰捨場の環境

FGD を稼働させることで産出される石膏は石膏ボード製造会社等に、ほぼ全量販売されている。新設された灰捨場へは燃え残りの石炭灰が水と混ぜられて排出されている。CEO は毎日灰捨場の環境モニタリングを行い、四半期に一度 NEPA Targu Jiu 事務所に環境モニタリング報告書を提出している。本事後評価時に入手した環境モニタリング報告書にて問題は指摘されておらず、インタビューを行った NEPA の Targu Jiu 事務所長も問題はないとのことであった。

2) その他（焼却灰に係る事故）

2013 年 12 月、3 箇所の中の 1 箇所の既存灰捨場にひび割れが入っていたことから、水と混ざった燃え残りの石炭灰が低地へ流出し、15ha の農地を覆い、10 世帯が被害を受けた。そのため CEO は農家の希望に応じて、農家に原状回復費用を支払うか、農家に代わって原状回復工事を行うことで同問題を解決した。本事後評価時においても、同問題は解決された状態となっている。

②住民移転・用地取得

発生していない。




③その他正負のインパクト

特になし。

有効性の運用指標①「年間の FGD 稼働率」は目標値を達成し、②「年間の原因別停電回数・時間」は目標値を達成していない。効果指標①「年平均の SO₂ 排出濃度」及び②「年平均の SO₂ 排出量削減率」はともに目標値を達成している。このように運用指標②は目標値を達成していないものの、EU の SO₂ 排出基準への適合という本事業の目的に鑑み、運用指標よりも効果指標にウェイトを置いて評価すべきと考えるため、有効性は高いと判断される。

またインパクトの①定量的効果 1) 「大気環境の改善」及び 4) 「安定した電力の供給」において本事業によるインパクトが認められ、②定性的効果 1) 「EU 加盟の維持」も認められる。

以上より、本事業の実施により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。

	<p>【持続可能な開発目標（SDGs）7と11に貢献！】</p>
 	<p>目標7 すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する</p> <p>目標11 包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する</p>
<p>SDGsの目標7.aでは「2030年までに、再生可能エネルギー、エネルギー効率及び先進的かつ環境負荷の低い化石燃料技術などのクリーンエネルギーの研究及び技術へのアクセスを促進するための国際協力を強化し、エネルギー関連インフラとクリーンエネルギー技術への投資を促進する」とされ、目標11.6では、「2030年までに、大気の質及び一般並びにその他の廃棄物の管理に特別な注意を払うことによるものを含め、都市の一人当たりの環境上の悪影響を軽減する」とされている。</p> <p>本事業は、日本とルーマニアの二国間協力により、トゥルチェニ火力発電所にFGDを設置するもので、目標7.aに貢献している。また、本事業でFGDが設置されたことにより、大気環境の改善に係るインパクトが認められることから、目標11.6にも貢献している。</p>	

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 運営・維持管理の制度・体制

CETは、ルーマニア政府によるセクター改革の一環として、他の国営エネルギー公社3社と共に統合され、2012年5月にCEOとして生まれ変わった。CEOの株式の77.15%は2013年3月に経済・通商・事業環境省からエネルギー省に移転され、事後評価時においてもエネルギー省が保有しているため、CEOの公社としての位置づけに変わりはない（残りの21.56%は民間ファンドが、1.29%は関連する国営企業が保有）。本事後評価時においてCEOが民営化されるという確たる計画はなく、CEOの総従業員13,053人のうち、1,341人がトゥルチェニ火力発電所で勤務している。

ルーマニア政府は、引き続き火力発電をベースロード電源として位置付けており（Energy Sector of Romania 2018-2030（2019））、CEOが所有・運営する10箇所の炭鉱の可採埋蔵量も今後40年分ある（同上）とされている。また2018年12月、EUは加盟各国政府による石炭火力発電所への補助金を2025年までに廃止させると決定したが、CEOはルーマニア政府から補助金を受けずにトゥルチェニ火力発電所を操業していることから特段の問題はなく、今後も上記炭鉱のリグナイトを使ってトゥルチェニ火力発電所の3号機～5号機及び7号機を活用していく計画である。

上記より、本事業の運営・維持管理に係る制度・体制に問題はない。

3.4.2 運営・維持管理の技術

FGDの運転・保守技術に関しては、旧CETに所属していた35人の職員が本事業実施期間中にコントラクターによる運営・維持管理トレーニングを受けており、その

多くがまだ CEO に残っている。これまでの間、FGD に問題が生じたことはないが、今後仮に問題が生じた場合は、FGD の運営を行っている発電部の脱硫コントロール室（27 人）が、熱機械部のボイラー・補助室（8 人）に診断を依頼し、同室を監督する技術局が維持管理部（250 人）に対応させるか、外部に委託するかを問題の深刻さによって判断する仕組みとなっている。また維持管理部には、本事業で作成された運営・維持管理マニュアルもあり、必要に応じて適宜参照されている。

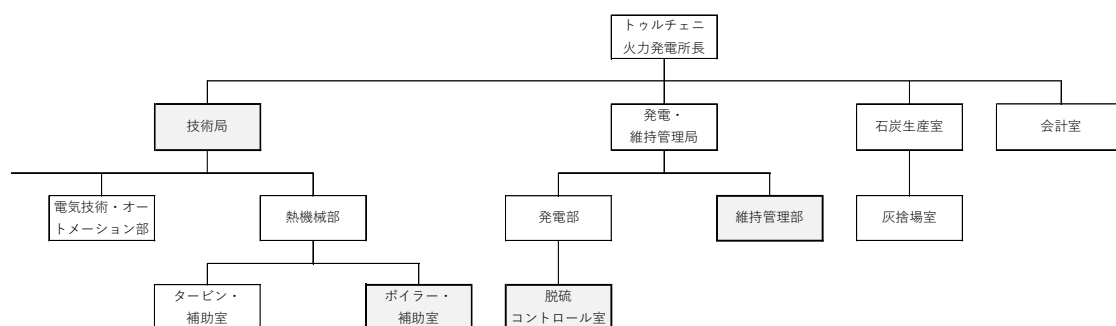


図 2：トウルチェニ火力発電所の組織図

出所：実施機関提供資料

上記より、本事業の運営・維持管理に係る技術に問題はない。

3.4.3 運営・維持管理の財務

表 10：CEO の損益計算書

(単位：百万レイ)

	2016 年	2017 年
総収入	3,678	4,368
総支出	3,818	4,092
経常利益	-140	276
所得税	0	95
純利益	-140	181

出所：実施機関提供資料

CEO の最終損益は-140 百万レイ（2016）から 181 百万レイ（2017）へと黒字に転化している。事業の効率性と収益性を示す総資産利益率（ROA）も-1.9%（2016）から 2.5%（2017）へと好転している。ルーマニアには火力発電所を有する国営の電力公社としてもう一社フネドアラ・エネルギー・コンプレクス（Complexul Energetic Hunedoara S.A、以下「CEH」という）があるが、CEH の ROA は-49.3%（2016）と-46.2%（2017）となっており、事業の効率性と収益性における CEO の優位性が確認できる（なお 2017 年度の日本の 10 大電力会社¹³の ROA は-0.03%～2.56%（平均約 1.4%）

¹³ 北海道電力、東北電力、北陸電力、東京電力、中部電力、関西電力、中国電力、四国電力、九州電力、沖縄電力

であり、日本の電力会社との比較においても遜色はない)。また経営の安全性を示す自己資本比率は、52.1% (2016)、54.4% (2017) であった。CEH の自己資本比率は-119.0% (2016) と-170.9% (2017) と債務超過になっており、経営の安全性においても CEO の優位性が確認できる (なお 2017 年度の日本の 10 大電力会社の自己資本比率は 10.5%~37.7% (平均約 21.4%) であり、日本の電力会社との比較においても遜色はない)。

上記より、本事業の運営・維持管理に係る財務に問題はない。

3.4.4 運営・維持管理の状況

3号機~5号機及び7号機の4基すべてが効果指標①「年平均のSO₂排出濃度」の目標値を達成するかたちで稼働している¹⁴。運用指標②「年間の原因別停電回数・時間」で記載したとおり、全4基にて機械故障が頻発しており、CEOはその度に整備、点検を行っているが、号機によっては予算不足から年に1回の計画停電(メンテナンス)も行われずに稼働している状況であることから、FGDの長期に亘る利用に若干の不安がある。

上記より、運営・維持管理の制度・体制は、FGDを含むトゥルチェニ火力発電所の継続利用を推し進める内容となっている。また運営・維持管理の技術及び財務も、FGDを含むトゥルチェニ火力発電所の継続利用を可能にする内容となっている。運営・維持管理の状況に関しては、一部の発電機にて計画的なメンテナンスが行われていないことから、FGDの長期に亘る利用に若干の不安を残すが、本事業によって発現した効果の持続性はおおむね高いと判断される。

以上より、本事業の運営・維持管理の状況に若干の不安があるものの、制度・体制、技術、財務ともに問題はないため、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、ルーマニア最大の石炭火力発電所であるトゥルチェニ火力発電所の4基にFGDを設置することにより、EUのSO₂排出基準に適合した発電所の操業を図り、もって同国の環境改善及び経済活動に寄与するものである。本事業の実施はルーマニアの開発政策、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、事業期間は詳細設計の変更やFGDの追加接続工事等

¹⁴ 2017年、EUが新たに設定したSO₂排出基準(「Decision (EU) 2017/1442 of 31 July 2017」の表4の脚注(ii))では、FGDを使った既存の火力発電所からのSO₂排出濃度は200mg/Nm³から320mg/Nm³へと緩くなっていることから、トゥルチェニ火力発電所は今後もEUのSO₂排出基準を満たした稼働が可能と思われる。なお、同基準が緩くなった理由につき実施機関に問い合わせたが、理由は不明とのことであった。

の影響で計画の 169%となったことから、効率性は中程度である。本事業により FGD が設置された結果、同発電所の操業は EU の SO₂ 排出基準に適合したものとなり、環境改善及び経済活動への寄与も認められることから、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理の状況に若干の不安があるものの、制度・体制、技術、財務ともに問題はないため、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

一般に、メンテナンスには費用がかかり、その間は発電ができず電力販売の売上も立てることができないことから、メンテナンスに対してディスインセンティブが働くが、FGD が設置された 3 号機～5 号機及び 7 号機を今後も長期に亘って利用していくためには、計画的なメンテナンスが必要である。こまめにメンテナンスを行っておくことで将来の深刻な損傷等を未然に防ぐことができると考えられるため、長期的にはメンテナンス費用の低減並びに機会費用の喪失(深刻な損傷等で発電ができなくなってしまった場合、本来であれば得られたであろう売上を立てられなくなる状況)の防止にも繋がると考えられる。上記を踏まえ、CEO は全 4 基に対して、目標値にある年に一回の点検のみならず、数年に一回の大規模な点検を含め、適切なメンテナンスを実施することが望まれる。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

実施機関及び借入人のハイレベルからのコミットメント取り付け及び継続的な条件履行の請求

審査時において、CEO は本事業実施中に自己資金にて 3 号機と 6 号機の大規模改修を行うとしていたが、確たるめどは立っていなかった。両基の機械故障は両基に設置されることになる FGD の利用制限に繋がるため、JICA は両基の大規模改修に係るコントラクターとの契約締結を FGD 設置工事に係る入札書類の同意条件として CEO に課した。しかしながら 2006 年に入り、両基の大規模改修に係る入札準備が当初計画よりも遅れ、コントラクターとの契約締結も遅れる見込みとなったことから、同契約の締結を待つことで FGD 設置工事にも遅れが生じることが予期され、2006 年 11 月、JICA は上記条件を削除することとした。その結果、JICA は両基の大規模改修を担保する術を失うこととなった。また、EBRD は融資契約を調印したものの、大規模改修の実施は技術的にも難しいため融資をキャンセルするとの結論に至った。事業計画の変更を余儀なくされた以外に大規模改修が実施されなかったことによる本事業への大きな影響はなかったも

のの、最終的に CEO は両基の大規模改修を行わずに本事業を終えることになった。

上記より、JICA が事業実施にあたり実施機関に対して何等かの条件を課す際は、審査時において実施機関だけではなく、借入人のハイレベルからも同条件の履行について予算面でのコミットメントを取り付けることに加え、技術面での精査を行うことが重要である。また、審査時において同条件の履行を担保する術につき実施機関と具体的に同意した上で、事業実施中、継続的に履行を求め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		
FGD 及び関連設備の設置	脱硫効率 95%の FGD を 3 号機～6 号機へ設置	1) 脱硫効率を 95%から 96.4%へ向上 2) 3号機～6号機に加え7号機にも設置
	関連設備（石灰石供給設備、石膏貯蔵庫等）を設置	計画どおり
上記設置等に係る土木工事	基礎工事（杭打ち、コンクリート打設等）	計画どおり
運転・補修用機材の供給（運転開始後5年分）	部品（ポンプ、モーター等）の供給	計画どおり
既設灰捨場の遮水工を含む拡張工事	既設灰捨場 3 箇所を実施	未実施
コンサルティング・サービス	260MM （インターナショナル：164MM、ローカル：96MM）	215MM （インターナショナル：118MM、ローカル：97MM）
②期間	2005年 3 月（L/A 調印） ～ 2011 年 11 月（供用開始） （81カ月）	2005年 3 月（L/A 調印） ～ 2016 年 7 月（供用開始） （137カ月）
③事業費		
外貨	15,045百万円	25,553百万円
内貨	23,284百万円 (6,848,235百万レイ)	9,195百万円 (2,786,364百万レイ)
合計	38,329百万円	34,748百万円
うち円借款分	28,746百万円	28,494百万円
換算レート	1レイ = 0.0034円 (2004年6月時点)	1レイ = 0.0033円 (2005年3月～2016年7月平均)
④貸付完了	2016年11月	

以上