

国名	持続可能な資源開発実現のための空間環境解析と高度金属回収の融合システム研究プロジェクト
セルビア共和国	

I 案件概要

事業の背景	セルビアの最大の鉱山の一つであるボール鉱山では、100 年を超える採掘活動の結果、廃さいが鉱山周辺に堆積放置され、国際河川であるドナウ川など下流域への流出拡散、水質・土壌の汚染、粉じんによる大気汚染など、広大な地域で環境汚染が広がっている可能性が指摘されていた。しかしながら、汚染範囲が広域にわたることから環境負荷の評価が容易ではなく、また、環境汚染地域が特定できないことから、汚染特性に応じた環境管理と環境修復に対応できない状況にあった。		
事業の目的	本事業は、ボール鉱山周辺の地域において、リモート・センシングと地表調査を組み合わせた三次元的な環境評価・解析と、高度な金属回収技術の開発を行うことにより、環境評価と環境回復・資源回収を組み合わせた環境評価修復システムの開発を図り、もって同システム適用による環境改善、持続的な資源開発に寄与することをめざす。		
	1. 想定された上位目標:プロジェクトで開発された環境評価修復システムがボール地域をはじめ他の鉱害地域で活用される。 2. プロジェクト目標:セルビアの鉱山活動由来の環境問題を解決するための環境評価修復システムが開発される。		
実施内容	1. 事業サイト：ボール 2. 主な活動：(1)環境評価・分析手法の開発、(2)鉱さいの無害化・再資源化の確立、(3) 環境評価・分析手法と無害化・再資源化の統合 3. 投入実績 日本側 (1) 専門家派遣 17 人 (2) 研修員受入 43 人 (3) 機材供与 実験装置、ボール鉱山冶金研究所（MMI-Bor）およびベオグラード大学工学部ボール校（TF-Bor）での基本的な実験機材 相手国側 (1) カウンターパート配置 49 人 (2) 施設および機材 必要設備付きの執務室 (3) 運営費		
事業期間	(事前評価時)2015 年 1 月～2019 年 12 月（60 カ月） (実績)2015 年 4 月 21 日～2020 年 4 月 20 日（60 カ月）	事業金額（日本側のみ）	（事前評価時）339 百万円、（実績）353 百万円
相手国実施機関	鉱業・エネルギー省（Ministry of Mining and Energy：MME） 農業・環境保全省（Ministry of Environmental Protection：MEP） ボール鉱山冶金研究所（Mining and Metallurgy Institute Bor：MMI-Bor） ベオグラード大学工学部ボール校（Technical Faculty in Bor, University of Belgrade：TF-Bor）		
日本側協力機関	秋田大学 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 三井金属資源開発株式会社		

II 評価結果

1 妥当性/整合性
＜妥当性＞ 【事前評価時のセルビア政府の開発政策との整合性】 本事業は、事前評価時点におけるセルビアの開発政策と、整合性が高い。セルビアは 2020 年の欧州連合（EU）加盟を最優先課題とし、EU の環境基準を満たす実施体制の必要性に応えるため、政府は環境関連の法整備や環境管理行政システムの構築を行った。さらに、「国家環境保全プログラム」（2010 年）および「天然資源・財の持続的な利用に関する国家戦略」（2012 年）では、鉱業活動に起因する水質・土壌・大気汚染の削減や、鉱物資源の持続可能な利用と再利用の促進を優先事項として掲げていた。 【事前評価時のセルビアにおける開発ニーズとの整合性】 本事業は、事前評価時点におけるセルビアの開発ニーズと、整合性が高い。計画時における本事業の開発ニーズについては、上記「事業の背景」に記載のとおりである。 【事業計画/アプローチの適切性】 本事業の計画/アプローチは、適切である。事業計画/アプローチに起因する課題は確認されなかった。 【評価判断】 以上より、本事業の妥当性は③ ² と判断される。
＜整合性＞ 【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、事前評価時の日本の対セルビア援助方針（2015 年）と整合している。セルビアにおける重点分野の一つとして

¹ SATREPS とは、「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development）を指す。
² ④：「非常に高い」、③：「高い」、②：「やや低い」、①：「低い」

3た4。

【JICA他事業・支援との連携/調整】

事前評価時および事業実施中において、本事業と JICA の他の事業との連携/調整は、明確に計画されていなかった。しかしながら、本事業と草の根技術協力プロジェクト「セルビア共和国パンチェボ市における産学官民の協働による環境改善推進事業」（2020 年 1 月～2025 年 1 月）にて、日本とセルビアの環境交流を促進することを目的としたシンポジウムを共催し、講演やポスター展示をしていた。

【他機関との連携/国際的枠組みとの協調】

事前評価時および事業実施中において、本事業と他機関との連携/協調は、明確に計画されていなかった。

【評価判断】

以上より、本事業の整合性は②と判断される。

【妥当性・整合性の評価判断】

以上、本事業の妥当性及び整合性は③と判断される。

2 有効性・インパクト

【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、計画どおりに達成された。汚染地域を第一種および第二種に区分し、汚染リスクの分布を明らかにした（指標 1）。衛星画像解析や堆積場および覆土の抽出実験の結果から、ボール鉱山周辺の堆積場および覆土は大きな環境影響を与えていることが確認された（指標 2）。鉱山排水からの金属還元は 1/100 以下であった（指標 3）。鉱山廃さい等の廃棄物から高圧浸出法による金属回収は 88%前後の高い回収率を達成した（指標 4）。環境評価修復システムの総括報告書（または出版物）が発行された（指標 5）。

【事業効果の事後評価時における継続状況】

事後評価時点で、本事業の効果は、継続している。本事業による以下の研究結果が活用されている。汚染物質の特性を把握するための評価・分析手法が他の地域にも広がっている。汚染物質の無害化・資源回収の技術的手法や、環境評価・修復システムの統合が継続的な実践として利用されている。ボール地域の環境状況のモニタリングが継続されている。

関連研究活動も実施された。MMI-Bor は、2019 年から 2021 年までの期間、ルーマニアとの国境を越えた協力（CBC）事業を実施し、同事業から得られた知識の一部が活用された。同事業は、EU のコンテスト「REGIOSTAR 2023」⁵の「グリーン・ヨーロッパ」部門で優勝した。

MMI-Bor は、本事業の枠組みで取得した全ての機器を継続的に利用し、維持している。

【想定された上位目標の事後評価時における達成状況】

事後評価時点までに、上位目標は、未達成であった。MME からの回答が得られず、開発したシステムの社会実装の行動計画を含む政府方針の発行が確認できなかった（指標 1）。本事業で開発されたシステムが適用された事例はない（指標 2）。

【事後評価時に確認されたその他のインパクト】

事後評価時において、その他のインパクトは確認されなかった。

【評価判断】

以上より、本事業の有効性・インパクトは②と判断される。

プロジェクト目標及び上位目標の達成度

目標	指標	実績	情報源
プロジェクト目標 セルビアの鉱山活動由来の環境問題を解決するための環境評価修復システムが開発される。	（指標 1） 環境影響（第一種汚染地域と第二種汚染地域の区別）が評価される。	達成状況（継続状況）：計画どおり達成（継続） （事業完了時） 第一種および第二種汚染地域の区別が行われ、汚染地域のリスク分布が定義された。さらに、環境修復後の環境条件予測図が作成された。 （事後評価時） 染物質の特性を把握するための評価・分析手法は他の地域にも広がった。MMI-Bor は、それら手法を継続的な実践として利用している。MMI-Bor に環境モニタリンググループが設立され、モニタリングが継続的に実施されている。	MMI-Bor
	（指標 2） 衛星画像データによる対策必要地域が抽出される。	達成状況（継続状況）：計画どおり達成（継続） （事業完了時） 衛星画像解析や堆積場および覆土の抽出実験の結果から、ボール鉱山周辺の堆積場および覆土は、ボール鉱山の下流の河川沿いに存在する堆積場と比較して、環境への影響が大きいことが確認された。 （事後評価時） ボール地域における環境状況のモニタリングは継続されている。	MMI-Bor
	（指標 3） 鉱山廃水中の金属量が 1/4～1/10 に低減する。	達成状況（継続状況）：計画どおり達成（継続） （事業完了時） 鉱山廃水からの金属還元（1/4～1/10 以下）が達成された。実際の廃水からの還元率は 1/100 以下であった（高効率）。中和・吸着により、Cu は効率的に回収された（沈殿物中の Cu 含有量：1.2～7.8wt%）。提案された中和プラントの運転コストが、中和法により沈殿した Cu 金属の収入で	MMI-Bor

⁴ 外務省「国別 ODA データ集」（2014 年）

⁵ EU が資金提供したプロジェクトのうち、地域開発のインパクトと包括性を実証したプロジェクトに与えられる欧州の卓越したラベル。

		賄われる可能性が示された。 (事後評価時) MMI-Bor は、汚染物質の無害化と資源回収の技術的手法を継続的な実践として利用している。	
	(指標 4) 鉱山廃さいからの資源回収率が 80%以上となる。	達成状況(継続状況): 計画どおり達成(継続) (事業完了時) 高圧浸出法による鉱山廃さい等の廃棄物からの金属回収では、約 88%の高い回収率を達成した。また、高圧浸出後の残渣からは有害元素が溶出しないことが確認され、本法が鉱山廃さいの無害化に有効であることが確認された。 (事後評価時) ボール地域における環境状況のモニタリングは継続されている。	MMI-Bor
	(指標 5) 環境評価修復システムの総括結果報告書(出版物)が関係機関や一般向けに発表される。	達成状況(継続状況): 計画どおり達成(継続) (事業完了時) 環境評価修復システムの総括結果報告書(出版物)は、以下の通り発行された。 - 科学論文: 32 件(国際誌 21 件、国内誌 11 件) - レビュー論文: 5 件 - 国際学会での発表: 76 件 - 国内学会での発表: 48 件 - 技術マニュアル: 8 件 - プロジェクトによるシンポジウム: セルビアで 2 回、日本で 4 回 - メディア報道: 16 件 (事後評価時) ボール地域における環境状況のモニタリングは継続されている。	MMI-Bor
想定された上位目標 プロジェクトで開発された環境評価修復システムがボール地域をはじめ他の鉱害地域で活用される。	(指標 1) 開発されたシステムの社会実装に向けた行動計画を含む政府方針が策定される。	達成状況: 検証不能 (事後評価時) MME から回答は得られなかった。	N/A
	(指標 2) プロジェクトで開発されたシステムを適用した件数。	達成状況: 未達成 (事後評価時) 本事業で開発されたシステムが適用された事例はない。	MMI-Bor

3 効率性

事業費はやや計画を上回ったが(計画比: 104%)、事業期間は計画どおりであった(計画比: 100%)。複合的な理由により、事業費が計画を上回った。

	事業金額(日本側の支出のみ、円)	事業期間(月)
計画(事前評価時)	339 百万	60
実績	353 百万	60
割合(%)	104%	100%

アウトプットは計画どおり産出された。

以上より、効率性は③と判断される。

4 持続性

【政策面】

具体的な政策・計画・プログラムは確認できないものの、セルビア政府は本事業に関連する研究活動を支援している。但し、環境保全戦略(グリーン・アジェンダ)が現在策定中であり、2024 年内に最終決定される予定であるため、本事業に関連する研究活動への政策的バックアップが期待できる見通しが高い。

【制度・体制面】

MMI-Bor には環境モニタリンググループが設置され、MEP と MMI-Bor の間で環境モニタリングに関する継続的な協力が行われており、今後も継続される見通しである。さらに、MMI-Bor は、本事業により設置されたすべての機器の運用・維持管理を行っており、今後も活用される見通しである。プロジェクトの研究者たち、特に若手の研究者たちは、現在も MMI-Bor に在籍しており、本事業および日本での研修コースや秋田大学大学院で習得した手法や知識を、研究に活かしている。

【技術面】

MMI-Bor の研究者は、関連研究活動における研究能力を継続的に向上させている。また、将来的な新規事業に研究結果を活用する意向も持っており、今後も研究能力が維持される見通しが高い。研究者は、本事業により設置された研究施設・機器を適切に運用・維持管理するための技術と知識も維持しており、今後も活用される見込みである。

【財務面】

本事業で導入した全ての機器の維持管理に必要な資金は確保されており、今後も確保される見通しが高い。MMI-Bor は、本事業終了後、セルビア国内および海外(主に EU)の外部研究資金に頻繁に申請しているが、本事業による研究結果に基づく新たな事業は実施されていない。

【環境・社会面】

環境・社会面の問題は確認されず、対応策を講じる必要はなかった。

【評価判断】

以上より、政策面、財務面に軽微な問題があるが、本事業によって発現した効果の持続性は③と判断される。

5 総合評価

本事業は、セルビアの鉱山活動由来の環境問題を解決するための環境評価修復システムが開発されるという、プロジェクト目標を、おおむね計画どおりに達成したものの、プロジェクトで開発された環境評価修復システムがボール地域をはじめ他の鉱害地域で活用されるという、上位目標は未達成であった。本事業による研究結果は活用され、ボール地域の環境モニタリングは継続されている。しかし、政府方針の発効は確認されておらず、本事業で開発されたシステムはどのケースにも適用されていない。

以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は高いといえる。

III 提言・教訓

実施機関への提言：

・MMI-Bor は、本事業に携わった大学および専門家と技術的・制度的なレベルで良好な関係を維持し、協力してきた。日本のプロジェクト関係者との関係を維持・強化し、将来、本事業の成果を活用することが推奨される。本事業で開発された環境評価・修復システムを、全国的あるいは国際的なシンポジウムの開催やプロジェクトの成果をまとめたパンフレットの作成・配布等を通じてセルビアの同様の問題を抱える他の地域にも普及させることが推奨される。

JICA への教訓：

・本事業の持続可能性を示す最も顕著な指標のひとつは、MMI-Bor に採用された若手研究者を対象とした日本の大学での研修コースや教育である。彼らは今後 20 年以上にわたって、MMI-Bor で勤務し、日本で得た知識や本事業での研究を通じて得た知識を活用することができる。さらに、本事業を通じて開発されたシステムは、今後同様の事態が発生した場合にも適用可能である。

・また、本事後評価において、MME から情報収集することは困難であった。セルビア側のフォーカルポイントである欧州統合省や MMI-Bor から仲介してもなお、JICA からの問い合わせに一切返信がなかったことは、事業終了後も JICA が事後評価のために MME の協力を求めるという点を、誤解していた可能性がある。以上より、カウンターパートは事後評価に協力すべきであること、また、担当者が変更になる場合は、事業関連情報の情報共有を後任の担当者に確実に実施すべきであることを、事業開始時に、JICA はカウンターパートに対して説明し、カウンターパートはこの点を理解すべきである。



ボール 鉱山冶金 研究所正面口



本事業で寄贈され、研究所内で継続的に活用されている機器