

事業事前評価表

国際協力機構南アジア部南アジア第一課

1. 基本情報

- (1) 国名：ブータン王国
 - (2) プロジェクトサイト／対象地域名：サムドゥプジョンカル県及びサムツェ県（人口：約 9.8 万人）
 - (3) 案件名：水力発電所建設事業
- L/A 調印日：2025 年 2 月 25 日

2. 事業の背景と必要性

(1) 当該国における電力セクターの開発の現状・課題及び本事業の位置付け
ブータン王国（以下、「ブータン」という）は、30GW 以上に及ぶとされる豊富な包蔵水力を活かした水力発電開発を進める、温室効果ガスのネット排出量マイナス国の 1 つである。これまでブータンではインド政府等の支援を受けつつ、約 2.4GW（2024 年 6 月時点）の水力発電開発が行われており、全国総合開発計画 2030、Power System Master Plan 2040（以下、「PSMP2040」という）及び次期 5 か年計画である第 13 次 5 か年計画（2024-2029）等においても、今後も継続的に水力発電所の開発を進めていく方針が掲げられている。

ブータン国内の年間需要電力 2,860GWh（Ministry of Energy and Natural Resources、2022 年）に対し、年間発電電力量は 11,220GWh であり、余剰電力（年間発電電力量の約 65%）はインドに輸出している（Druk Green Power Corporation Ltd.（ブータンにおける水力発電所の建設・運転・維持管理等を行う国有企業。以下、「DGPC」という。）、2022 年実績）ことに加え、近年ではインド以外の近隣国への輸出についても検討が始まっている。余剰電力の輸出額はブータンの年間総輸出額の約 4 割を占めており（ブータン政府、貿易統計）、かかる電力輸出と関連建設事業に牽引される形で、ブータンの実質 GDP 成長率は 2010 年から新型コロナの影響を受ける前の 2019 年までの年平均で 6.1%

（IMF、World Economic Outlook 2022）という高水準で推移していた。また、新型コロナウイルスの影響で観光業が大きな影響を受けた 2020 年においても、マンデチュ水力発電所（720MW）の運転開始に伴う電力輸出等により、電力輸出量は前年比で約 55%増となった（ブータン政府）。

一方で、ブータンの水力発電量は河川水量が減少する乾季（11～5 月）に、例年、ピーク時の約 2～4 割まで大きく落ち込む。結果として国内の発電量だけでは電力の国内需要を賄いきれない期間が生じている。また、インドの支援による水力発電所の開発も行われているが、事業の遅延、大幅なコスト超過等の課題に直面しているものもある。経済成長等に伴う電力需要増を見据えれば、こ

うした乾季の電力不足に係る問題は今後より深刻化する可能性がある。また、ブータンは氷河湖決壊洪水や地震等の既存水力発電施設に影響を与える可能性のある自然災害に係る潜在的リスクを有していること、乾季にインドから供給される電力の購入価格が輸出価格と比して高いこと、及び運転中の水力発電施設の一部が老朽化を迎えつつある状況に鑑みても、国内に安定した電力供給を行う体制の構築は喫緊の課題となっている。

かかる状況に鑑み、ブータン政府は安定した電力供給体制構築に向けて、積極的な水力電源開発等を実施する方針であり、13次5か年計画でもこれを掲げている。他方、インドとの国境に位置するサムドゥプジョンカル県及びサムツェ県では工業団地の開発が進みつつあり、電力需要が拡大傾向にあるが、現時点で同県に水力発電所が存在せず、近隣県の発電所からの長距離の送電線は自然災害等のリスクにも晒されており、電力の安定性も課題となっている。

「水力発電所建設事業」（以下、「本事業」という）は、ブータン政府が推進する比較的小規模な水力電源開発事業のうち、電力需給状況や事業の経済性等の観点から優先度の高いジョモリ水力発電所（90MW）、ドゥルクビンドウ水力発電所（第Ⅰ：18MW、第Ⅱ：8MW）及び付帯する送電線等を整備することにより、ブータンにおいて増加する電力需要への安定的な対応及び雨季の余剰電力輸出の促進を図り、もって同国の持続的な社会経済発展及び南アジア地域の脱炭素化に寄与するものであり、ブータン電力セクターにおける重要事業に位置づけられる。また、温室効果ガス削減の観点から、カーボンニュートラルであり続けるという同国のパリ協定に基づく「自国が決定する貢献（NDC）」における目標と整合するものである。

（２）電力セクターに対する我が国及び JICA の協力方針等と本事業の位置付け（特に自由で開かれたインド太平洋（FOIP）等の主要外交政策との関連）

我が国の対ブータン国別開発協力方針（2023 年 1 月）では、「持続可能な経済成長」を重点分野とし、「産業振興プログラム」の中で、水力発電事業に取り組んでいく方針としている。また、対ブータン JICA 国別分析ペーパー（2023 年 3 月）においては、持続的な経済成長のために必要な協力として「産業振興プログラム」を掲げており、本事業は同プログラムに位置づけられる。さらに、JICA グローバル・アジェンダの「資源・エネルギー」においても、すべての人が手ごろな価格でクリーンなエネルギーを安定的に利用できることを重視している。また、2023 年 3 月に行われた岸田首相の FOIP に関するスピーチでは、気候変動分野における脱炭素化と経済成長の両立を目指すとしており、本事業はこれらの方針にも資するものである。なお、JICA は経済省水力発電・電力系統局（DHPS）に対する技術協力「電力マスタープラン 2040 策定プロジェクト（2017-2022）」において、電力需要予測、水力ポテンシャル地点の抽出・評価、

電源開発計画案や系統の将来構想の特定、経済財務分析等を実施しており、本事業対象地についても、事業内容や開発効果が検討されている。

（３）他の援助機関の対応

アジア開発銀行（ADB）は、ダガチュ水力発電所（126MW）（ブータン南西部、ダガナ県）及びニカチュ水力発電所（118MW）（ブータン南部、トンサ県）に対し、融資等を行っている。

世界銀行（WB）は、ドルジルン水力発電所（1,125MW）に対して融資検討のため 2022 年 3 月より調査を実施中であり、また、温室効果ガスネット排出量マイナスとカーボンオフセットの市場化を促進すること等を目的とした Bhutan Climate Fund の設立を支援している。

3. 事業概要

（１）事業概要

① 事業の目的

本事業は、ブータンサムドゥプジョンカル県及びサムツェ県において、ジョモリ水力発電所（1 基、90MW）、ドゥルクビンドウ水力発電所（2 基、18MW 及び 8MW）及び付帯する送電線等を整備することにより、増加する電力需要への安定的な対応及び雨季の近隣国への余剰電力輸出の促進を図り、もって同国の持続的な社会経済発展及び南アジア地域の脱炭素化に寄与するもの。

② 事業内容

JICA は以下のうち、イ）、エ）、カ）に対して融資を行う。ア）、ウ）、オ）については先方自己負担となる。

ア）調整池式水力発電所（ジョモリ水力発電所、90MW）1 基及び流れ込み式水力発電所（ドゥルクビンドウ水力発電所、18MW 及び 8MW）2 基の土木工事（国内競争入札）

イ）上記発電所の機材整備のうち電気機械（国際競争入札）

ウ）上記発電所の機材整備のうち水力機械及び制御保護関連機材（直営）

エ）送電線整備（132kV、約 66km 及び 66kV、約 14km）等（国際競争入札等）

オ）コンサルティング・サービス①（上記ア）の基本設計・詳細設計、上記イ）ウ）の基本設計・入札補助、上記ア）ウ）の施工監理支援、上記ア）イ）ウ）に関する環境社会配慮対応等）（国際競争入札）

カ）コンサルティング・サービス②（上記イ）エ）の施工監理支援、運営・維持管理に係る人材育成、上記エ）に関する環境社会配慮対応等）（ショート・リスト方式）

③ 本事業の受益者（ターゲットグループ）

直接受益者（整備された発電所から直接電力供給を受けるサムドゥプジョンカル県及びサムツェ県の住民約：98,000 人）、最終受益者（整備された発電所と同系統内にあるブータン全国民：約 763,000 人、及び同系統と直接連系する変電所が位置し、整備された発電所から売電された電力を利用する近隣国民（インド西ベンガル州及びアッサム州等））。

（2）総事業費

35,549 百万円（うち、借款対象額：13,688 百万円）

（3）事業実施スケジュール（協力期間）

2025 年 2 月～2032 年 5 月を予定（計 88 か月）。施設供用時（2029 年 5 月）をもって事業完成とする。

（4）事業実施体制

1）借入人：ブータン王国政府（The Royal Government of Bhutan）

2）保証人：なし

3）事業実施機関：発電所部分の調達・建設及び設置と、コンサルタント雇用（上記 3.（1）②ア）～ウ）及びオ）についてはブータン水力電源公社（Druk Hydro Energy Limited.、以下、「DHyE」という。）、試運転は DGPC が実施する。送電線部分の調達・建設及び設置と、コンサルタント雇用（上記 3.（1）②エ）及びカ）についてはブータン電力公社（Bhutan Power Corporation. 以下、「BPC」という。）が実施する。

4）運営・維持管理機関：発電所については事業完成後、3 基全ての所有権が DHyE から DGPC へ移管され、DGPC 内の運営・維持管理サービスセンターにより運営・維持管理が行われる。送電線設備の運営・維持管理については BPC の送電線運営・維持管理部門の下、送電線運営・維持管理ユニットがパトロール・検査・保守業務等を実施する。BPC はこれまで 20 年以上ブータン国内に配備されている全ての送電線設備の運営・維持管理を実施している。また運営・維持管理に必要な費用については、DGPC 及び BPC が自己資金で予算を充当しており、本事業においても同様の形態で十分な予算が適切に配分されることを審査で確認している。したがって、DGPC と BPC は共に、技術面・財務面で運営維持管理体制に問題は無い。

（5）他事業、他援助機関等との連携・役割分担

1）我が国の援助活動：技術協力「水力発電技術アドバイザー」（2023～2025 年度）にて経済省水力システム局に派遣される専門家が水力発電計画全般への助言を関係機関に対して行う。なお、円借款「地方電化事業」（2007 年度 L/A 承諾）及び「地方電化事業（フェーズ 2）」（2011 年度 L/A 承諾）では、本事業対象地域を含むブータン地方農村部において配電網の整備を実施しており、同国

の電化率は 2018 年 4 月末に 100%を達成済み。

2) 他援助機関等の援助活動：特になし。

(6) 環境社会配慮

1) 環境社会配慮

① カテゴリ分類：A

② カテゴリ分類の根拠：本事業は「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2022 年 1 月公布）に掲げる水力発電セクター及び影響を受けやすい地域に該当するため。

③ 環境許認可：本事業に係る環境影響評価（EIA）報告書は、ジョモリ水力発電所、ジョモリ水力発電所に付帯する送電線、ドゥルクビンドウ水力発電所について、2024 年 8 月に環境気候変動局により承認済み。

④ 汚染対策：工事中は、大気質、水質、騒音等について、散水、排水処理、及び作業時間の制限等の対策がとられ、供用時の騒音等については機器を屋内に設置すること等で、同国国内の排出基準及び環境基準を満たす見込み。

⑤ 自然環境面：事業対象地域はブータン国エネルギー天然資源省により登録されているジョモツァンカー野生生物保護区を東西に通過するが、保護区内のバッファゾーン（開発不可のコアゾーンへの緩衝地帯）、マルチプルユースゾーン（居住や伝統的資源利用が行われる地帯）における本事業のような国家開発事業は認められている。本事業実施についても環境気候変動局に対して申請済みであり、EIA 報告書の承認をもって事業実施が認められた。

⑥ 社会環境面：本事業は約 130ha の用地取得を伴うものの、非自発的住民移転は発生しない。農地の用地取得により生活手段への影響が発生する土地所有者に対しては、当国国内手続き及び JICA 環境社会配慮ガイドラインに則り同人の要望に応じて同じ条件の代替地の提供や補償金支払い等が計画されている。なお、ジョモリ水力発電所及びドゥルクビンドウ水力発電所のアクセス道路については既に用地取得済みであり、被影響住民への補償は完了している。本事業にかかる住民協議では、事業に係る特段の反対意見は確認されていない。

⑦ その他・モニタリング：工事中は発電所については DHyE が、送電線については BPC の監督の下、コンサルタント及びコントラクターが大気質、水質、廃棄物、騒音、土壌、生態系等についてモニタリングする。供用開始後は発電所については DGPC が、送電線については BPC が水質、土壌、生態系等についてモニタリングを実施する。なお、用地取得については送電線部分は BPC、その他は DHyE が主体となって実施する。

(7) 横断的事項

① 気候変動対策関連案件：

本事業は、本事業の実施により乾季における近隣国からの電力輸入量減少が想定され、かつ、雨季にブータンが電力を近隣国に輸出することを図るもので温室効果ガス（GHG）排出削減に貢献するため、気候変動緩和策に資する。本事業による気候変動の緩和効果（GHG 排出削減量の概算）は約 294,662 トン/年 CO2 換算である。

② 感染症対策：

建設工事段階において工事労働者に対する HIV/エイズ対策を実施する。具体的には DGPC が労働安全衛生管理計画を策定し、工事労働者に対して啓発活動等を実施することで疾病の発生を予防する。

(8) ジェンダー分類： ■GI (S) (ジェンダー活動統合案件)

＜活動内容/分類理由＞

女性のニーズが工事現場における労働環境に反映されていない課題に対し、男女別のニーズを反映した施設設計（男女別トイレ・休憩所の設置、十分な照明の設置等）をコントラクターとの契約に盛り込み、その結果・進捗を上記施設・設備の設置率で把握していくため。また、女性の働きやすい環境作りを広報し、女性の建設工事等に係る労働参加向上を目指す。

(9) その他特記事項

本事業で整備する送電線の運営維持管理において、本邦技術を活用した機器（軽量ウィンチ（自動巻き取り機））の導入を検討している他、ドローン等の ICT 機器の導入を見込んでいる。

4. 事業効果

(1) 定量的効果

1) アウトカム（運用・効果指標）

指標名	基準値 (2022 年実績値)	目標値 (2031 年) 【事業完成 2 年後】
本事業対象の発電所における年間発電電力量 (GWh)	N/A	379.9 (ジョモリ) 76.9 (ドゥルクビンドウ I) 35.2 (ドゥルクビンドウ II)
本事業対象の発電所の最低発電電力 (MW)	N/A	16.6 (ジョモリ) 3.1 (ドゥルクビンドウ I) 1.4 (ドゥルクビンドウ II)
本事業対象の発電所の水力利用率 (%) ※1	N/A	95.0% (ジョモリ、ドゥルクビンドウ I) 92.5% (ドゥルクビンドウ II) ※3

本事業対象の発電所の設備 利用率（％）※2	N/A	48.2%（ジョモリ）
		48.8%（ドウルクビンドゥⅠ）
		50.2%（ドウルクビンドゥⅡ）

※1 水力利用率＝（年間発電電力量（kWh））／年間可能発電電力量（kWh）×100。
年間可能発電電力量は、発電所が年間を通じて停止（事故、点検維持補修）しないものと仮定した場合の1年間に発生が可能な電力量を指す。

※2 設備利用率＝（年間発電電力量（kWh））／（最大出力（kW）×8,760（時間（h）））×100。

※3 ドウルクビンドゥⅡは、上流のドウルクビンドゥⅠと同じ取水口しか持たず、ドウルクビンドゥⅠの施設トラブル時も停止せざるを得ないため、異なる利用率目標を設定している。

2）インパクト

（2）定性的効果

乾季における電力供給の安定性向上・電力輸入の減少、雨季における電力輸出の増加、経済成長、雇用創出、気候変動緩和等。

（3）内部収益率

以下の前提に基づき、本事業の経済的内部収益率（EIRR）は17.8%、財務的内部収益率（FIRR）は4.8%となる。

【EIRR】

費用：事業費、運営・維持管理費等（いずれも税金等除く）

便益：国内消費電力の増加、乾季の近隣国からの電力輸入量減少及び雨季の近隣国への電力輸出量増加、近隣国への電力輸出増・近隣国からの電力輸入減に伴う近隣国での発電に係る想定温室効果ガス（CO2）排出量削減

プロジェクト・ライフ：35年

【FIRR】

費用：事業費、運営・維持管理費等

便益：国内売電収入、近隣国への売電収入

プロジェクト・ライフ：35年

5. 前提条件・外部条件

（1）前提条件：本事業の効果発現には、実施機関が自己資金で先だって実施する土木工事が、円借款で調達予定の機材等と整合の取れた形で完了している必要がある。土木工事と機材導入の完成時期等のスケジュールについては継続的なフォローが必要。

（2）外部条件：特になし。

6. 過去の類似案件の教訓と本事業への適用

(1) 類似案件からの教訓

タイ向け円借款「シリキット水力発電所 4 号機建設事業」の事後評価（評価年度：2001 年度）結果等によれば、対象発電機の発電能力は、適切な予防保全・定期検査により評価時まで維持されている。

(2) 本事業への教訓の活用

本事業においても、上記教訓を踏まえ、水力発電所及び送電線の維持管理を担当する DGPC 及び BPC の運営維持管理能力を強化するべくコンサルティング・サービス②での支援について審査で合意済み。

7. 評価結果

本事業はサムドゥプジョンカル県及びサムツェ県において、ジョモリ水力発電所、ドゥルクビンドゥ水力発電所及び付帯する送電線等を整備することにより、増加する電力需要への安定的な対応及び雨季の近隣国への余剰電力輸出の促進を図り、もって同国の持続的な社会経済発展及び南アジア地域の脱炭素化に寄与するものであり、ブータンの開発課題・開発政策並びに我が国及び JICA の協力方針・分析と合致し、SDGs のゴール 7、8、9 及び 13 に貢献すると考えられることから、事業の実施を支援する必要性は高い。

8. 今後の評価計画

(1) 今後の評価に用いる指標

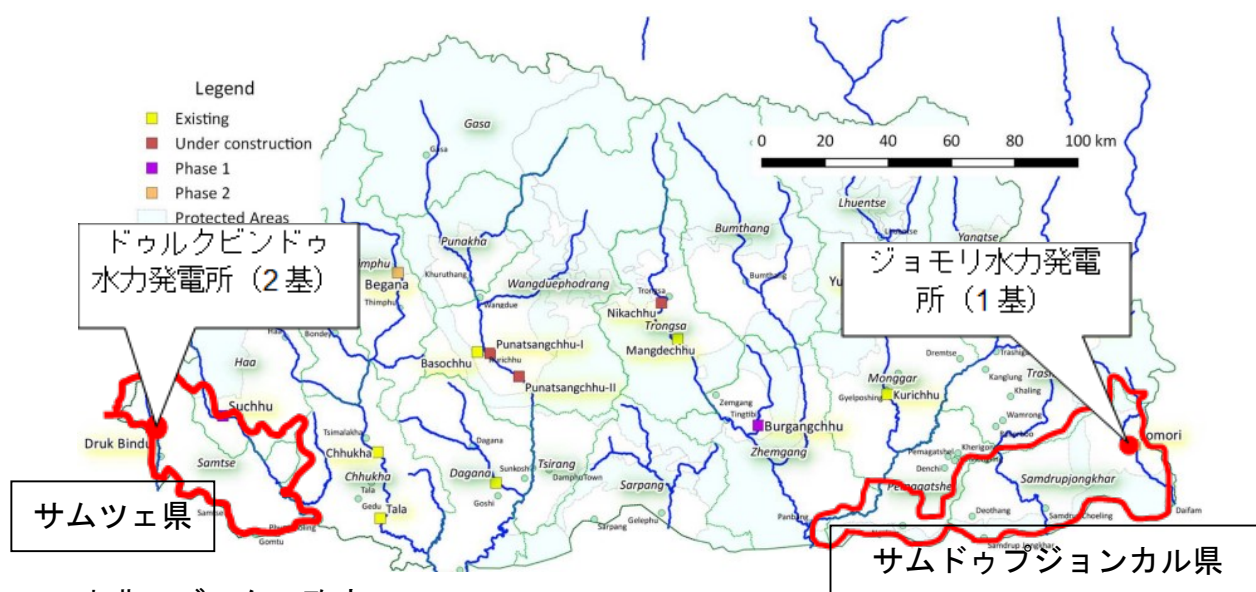
4. のとおり。

(2) 今後の評価スケジュール

事業完成 2 年後 事後評価

以 上

別添資料 水力発電所建設事業 地図



出典：ブータン政府