

ウガンダ共和国
カルマ橋架け替え計画
準備調査報告書
(先行公開版)

2025 年 2 月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル

社基
JR(P)
25-051

ウガンダ共和国
公共事業・運輸省

ウガンダ共和国
カルマ橋架け替え計画
準備調査報告書
(先行公開版)

2025 年 2 月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル

序 文

独立行政法人国際協力機構は、ウガンダ共和国のカルマ橋架け替え計画に係る協力準備調査を実施することを決定し、同調査を株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバルに委託しました。

調査団は、2022 年 2 月から 2025 年 2 月までウガンダの政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

2025 年 2 月

独立行政法人国際協力機構
社会基盤部
部長 三條 明仁

要 約

(1) ウガンダの概要

ウガンダはアフリカ東部に位置し、国土面積は約 24.1 万 km²である。南部にはアフリカ最大の湖であるヴィクトリア湖が広がり、北部はサバンナや半乾燥地域が広がる。赤道直下に位置するが、平均標高が 1,000m 以上と高いため、温暖な気候を有する。年間を通じて比較的降水量が多いものの、地域によって降雨パターンが異なり、北部では乾季が長く降水量が限られる。一方、西部にはアルバートリフトと呼ばれる地質構造が広がり、火山や湖沼が点在している。

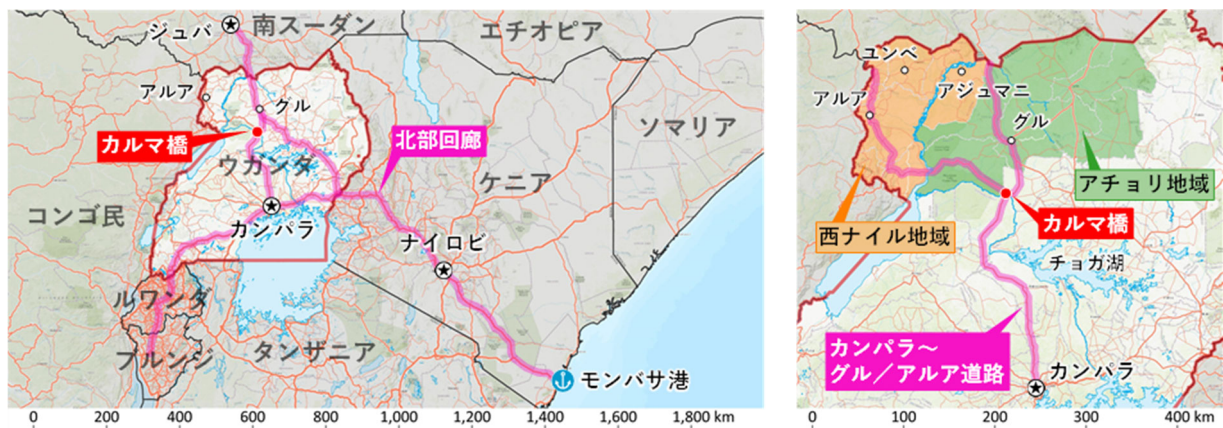
ウガンダの人口は約 4,590 万人（2024 年、ウガンダ国税調査）であり、年平均約 3%の高い人口増加率を示している。主要産業は農業であり、労働人口の約 7 割が農業に従事している。主な作物にはコーヒー、茶、バナナ、綿花などがあり、とりわけコーヒーは主要な輸出品目となっている。一方、都市部ではサービス業や製造業の発展が進んでおり、カンパラを中心に経済活動が活発化している。

経済成長率は近年 5%前後で推移しているが、貧困率は依然として高く、特に地方部における貧困の深刻さが課題となっている。また、ウガンダは難民受け入れ国としても知られ、南スーダンやコンゴ民主共和国から多くの難民を受け入れており、これに伴う社会・経済的負担の増大も懸念されている。

インフラ整備は現在進行中であり、道路網の拡充や電力供給の安定化が重要な課題とされている。政府は「ビジョン 2040」を掲げ、産業化と経済の多様化を推進し、持続可能な開発の実現を目指している。

(2) プロジェクトの背景、経緯及び概要

ウガンダは、ルワンダ、ブルンジ、コンゴ民主共和国東部、南スーダンといった内陸国と、ケニアのモンバサ港を結ぶ「北部回廊」の要衝に位置し、周辺国の物流および域内経済を支える地政学的に重要な拠点となっている。カルマ橋は、ウガンダの首都カンパラと北部の主要都市グル、および北西部の西ナイル地域を結ぶ幹線道路「カンパラ～グル／アルア道路」が、ヴィクトリア・ナイル川を横断する地点に架かる橋梁である。同道路は北部回廊における物流・交通の要であり、国内外の経済活動において極めて重要な役割を果たしている。



出典：JICA 調査団

図-1 プロジェクト位置図

カルマ橋は 1964 年に建設され、60 年以上が経過している。このため、床版コンクリートの亀裂、鉄筋の露出・腐食など、老朽化が進行し、損傷が顕著となっている。2024 年には床版取替工事が実施されたものの、橋梁の幅員が取付道路の平面曲線半径に見合った幅員を確保できておらず、大型トラックが通行する際には橋梁全体を占有せざるを得ない状況にある。さらに、兩岸の取付道路は急勾配と急曲線が組み合わさり、走行安全性に課題を抱えている。この結果、交通容量の制限に加え、車両が川へ転落する死亡事故や、橋上での事故による交通遮断が頻発している。

ウガンダの道路ネットワークは、ヴィクトリア湖から流れるナイル川やチョガ湖によって分断されており、首都カンパラと北部ウガンダを結ぶ主要な幹線道路は、現カルマ橋を通るカンパラ〜グル／アルア道路のみである。そのため、カルマ橋が落橋や事故などにより通行不能となった場合、北部地域全体の交通網に甚大な影響が生じることが予想される。実際、2024 年 5 月 3 日より大型車両の通行が禁止され、さらに同年 9 月 23 日から 12 月 20 日までの期間、床版取替工事のために完全通行止めとなった。

この期間中、交通はマーチソン・フォールズ国立公園を経由する迂回路に切り替えられたが、その迂回距離は約 200km に及んだ。また、保護区内では夜間通行規制（午後 7 時から翌朝 7 時までの入域禁止）が課され、移動は日中に限定された。この措置により、物流や経済活動に深刻な影響を及ぼしただけでなく、保護区内の自然環境への負荷も懸念された。

このような状況を踏まえ、安全に渡河できる新たな橋梁の整備は極めて緊急性が高く、ウガンダ政府にとって最重要課題の一つとして位置づけられている。

ウガンダ政府は、2014 年にウガンダ国道公社（UNRA : Uganda National Roads Authority）を通じて、新カルマ橋建設に関するフィージビリティ調査および詳細設計調査を実施し、既存橋から約 400m 下流に新橋を建設する計画を策定した。同調査では、将来的な交通量の増加を見据え、4 車線の橋梁への架け替えが提案されるとともに、ウガンダ北部の伝統弦楽器「Adungu」を模した形状の斜張橋が橋梁形式として提示された。その後、2018 年に追加のフィージビリティ調査が実施され、2014 年の調査結果のレビューおよび補完的な調査が行われたが、提案された橋梁形式については原案どおりの内容が推奨されている。

2015 年には事業実施に向けた環境社会影響評価（ESIA）レポートが国家環境管理局（NEMA : National Environment Management Authority）に提出され、2016 年 8 月 9 日に環境許認可（承認証明書）が発行された。

2019 年、JICA は「ウガンダ国北部回廊インフラ開発のための情報収集・確認調査」を実施し、新カルマ橋建設事業に関する既存の調査結果や設計資料の収集を行った。また、現橋の状態や交通量の調査を実施し、新橋架け替えに向けた概略検討を行った。この検討の結果、橋梁形式として 3 径間連続 PC エクストラドーズド橋が推奨された。しかし、車線数については、事業費との密接な関係や資金協力スキームにおける予算制約の可能性が指摘され、最終的な結論は先送りとなった。

こうした状況を踏まえ、ウガンダ政府は日本政府に対し、新カルマ橋の建設に対する無償資金協力を要請した。

(3) 調査結果の概要とプロジェクトの内容

本事業の実施地域を含むカンパラ〜グル／アルア道路のカルマ橋以北約 45km の区間は、マーチソン・フォールズ国立公園およびカルマ野生動物保護区の内部および周辺に位置している。このため、自然環境および周辺の社会環境に十分配慮した調査と提案が求められた。

特に、JICA 環境社会配慮ガイドラインでは原則として保護区内での事業実施を認めていないことから、新橋の架橋位置の妥当性について詳細な整理を行うとともに、以下に示す「例外的に保護区で事業実施を可とする場合の 5 条件」の評価を実施する必要があった。

- 政府が法令等により自然保護や文化遺産保護のために特に指定した地域(以下「同地域」)以外の地域において、実施可能な代替案が存在しないこと。
- 同地域における開発行為が、相手国の国内法上認められること。
- プロジェクトの実施機関等が、同地域に関する法律や条例、保護区の管理計画等を遵守すること。
- プロジェクトの実施機関等が、同地域の管理責任機関、その周辺の地域コミュニティ、およびその他適切なステークホルダーと協議し、事業実施について合意が得られていること。
- 同地域がその保全の目的に従って効果的に管理されるために、プロジェクトの実施機関等が、必要に応じて、追加プログラムを実施すること（新規の改変やそれに伴う負の影響が生じないプロジェクトでは、追加のプログラムを実施する必要がない場合がある）。

このため、以下に示す手順にて架橋位置の代替案比較検討を行った。

- 事業を実施しない場合の影響評価（既存橋の補修を行うことを含む）による、本事業実施の妥当性の確認
- 自然環境への影響を考慮し、保護区を完全に避けた場合の影響評価による、保護区以外の地域において実施可能な代替案が存在しないことの確認
- 既存橋近傍に架替える場合の影響評価
- 例外的に保護区内で事業実施を可とする場合の 5 条件の確認

検討の結果、架橋位置周辺には代替となる道路が存在しないため、現カルマ橋が封鎖された場合、カンパラからウガンダ北部および南スーダンへ向かう交通が大幅に迂回を強いられ、人や物資の流れに甚大な影響が及ぶことが懸念される。実際、2024 年 5 月以降の交通規制により、この影響は顕在化している。また、既存橋の補修を実施した場合でも、以下の問題が解決されないため、本事業の根本的な課題を解決するには、既存橋の架け替えが不可欠であると評価された。

- 構造部材の損傷や劣化が進行しており、長期的な橋梁の安全性が確保できない。
- 取付道路の線形不良や橋梁幅員不足により、交通安全上の課題が解消されない。
- 橋梁の拡幅工事は、激しい河川流による制約が大きく、交通を維持したままの施工が困難。

保護区を避けたルートについても検討を行ったが、以下の理由により、保護区以外の地域で実施可能な代替案は存在せず、既存橋近傍（保護区内）での架替えが妥当と結論付けられた。

- 走行性：保護区を避ける案では約 7km の迂回が必要であり、地域住民の利便性が低下する。

一方、既存橋近傍での架替えは現状と大きく変わらず、利便性を維持できる。

- 自然環境への影響：改変面積や GHG 排出量の観点から、既存橋近傍での架替えが有利と評価された。保護区内の改変区域はキーストーン種の主要生息地ではなく、環境影響は最小限に抑えられる。
- 社会環境への影響：私有地の用地取得や住民移転を伴わないため、既存橋近傍での架替えが望ましい。現地ステークホルダー会議では、90%以上が保護区内のルートをサポートした。
- 事業期間：保護区を完全に避ける案では、用地取得や住民移転による遅延が懸念される。既存橋近傍での架替えではそれらが不要であり、最短での工事实施が可能である。
- 経済性：保護区を避ける案では、無償資金協力事業の予算上限を大幅に超過するとともに、経済的内部収益率（EIRR）が 2.7%と低く、事業実施が困難である。一方、既存橋近傍での架替えでは EIRR が 20.6%と高く、事業の実施可能性が確認された。

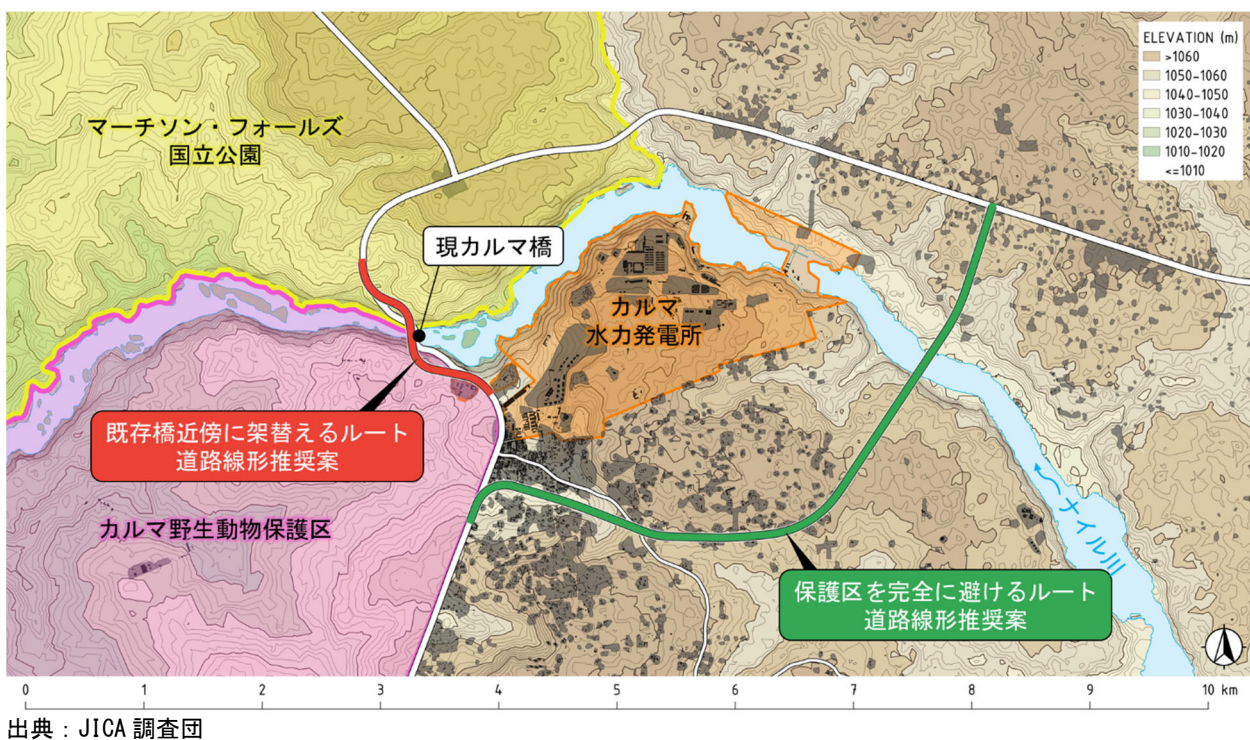


図-2 保護区外ルートと保護区内ルートの比較

加えて、以下の内容が確認され、保護区で事業実施が可能であると評価された。

- 相手国の国内法に基づく適法性：ウガンダの法令（Wildlife Act など）およびそれに基づく保護区開発実施ガイドラインでは、適切な環境影響評価（ESIA）を実施し、承認を受けることを条件に、保護区内での道路や橋梁の建設が許可されている。本事業については 2016 年にウガンダ国家環境管理局（NEMA）から承認を取得しており、ウガンダ国内法に基づき適法に実施が認められる。
- 関連法規および管理計画の遵守：本事業の実施機関である UNRA は、保護区管理計画のゾーニング計画および運用ガイドラインの遵守が必要であることを認識している。その上で、本調査の支援を受けながら、ウガンダの法令およびガイドラインに準拠した環境アセスメントを実施した。
- ステークホルダーとの協議と合意形成：UNRA は、2015 年の ESIA の実施過程において、地域コミュニティや関連ステークホルダーと協議を行い、合意形成を図った。さらに、本調査で

の ESIA 更新作業においても、2 回の現地ステークホルダー会議を開催し、本事業の実施について基本的な合意を得た。また、代替案選好ルートに関するアンケート調査では、回答者の 90%以上が既存橋近傍での架け替えルートを支持する結果となった。加えて、保護区の管理機関であるウガンダ野生生物公社（UWA: Uganda Wildlife Authority）および環境アセスメント承認機関である NEMA は、本調査で作成した環境社会影響評価（ESIS）の内容をレビューし、UNRA との協議を経て承認している。

- 保護区の管理強化のための追加プログラムの実施：保護区の管理機関である UWA や承認機関である NEMA からの要請に基づき、本事業では環境管理計画（EMP: Environmental Management Plan）を策定し、緩和策およびモニタリング計画を含めた管理体制を整備した。さらに、本事業の実施にあたり、UNRA と UWA が連携し、保護区の保全強化を目的とした環境モニタリングを継続的に実施することを計画している。加えて、モニタリング結果に基づき、必要に応じて追加的な緩和策の実施や、さらなるモニタリングの強化を検討することで、保護区の保全と効果的な管理の確保を目指している。

上記の検討結果や、河川・水文調査、地形測量、地質調査などの自然条件調査、交通調査の結果を踏まえ、概略設計を実施した。概略設計の概要を表-1 に示す。

表-1 概略設計の概要

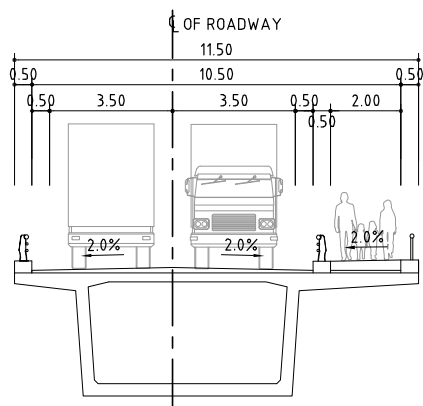
項目	採用値など
架橋位置	既存橋から下流側約 40m の位置で、既存橋とほぼ平行した道路線形
橋梁形式	エクストラードード橋（40m + 120m + 80m = 240m）
取付道路の延長	キリヤンドンゴ県側：800m、ヌウォヤ県側：660m（合計 1,460m）
設計交通量	14,500 PCU/日
設計速度	60km/h
車線幅員	3.5m
路肩幅員	橋梁区間：0.5m、取付道路区間：2.0m

出典：JICA 調査団

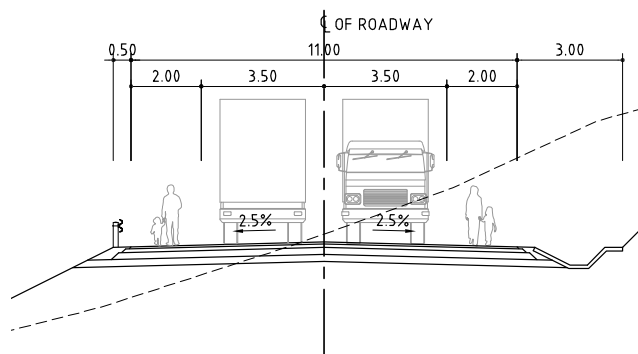
交通需要予測の結果、計画上の目標年次である 2043 年の交通量は 14,500 PCU/日と推計された。ウガンダ公共事業・運輸省（MoWT）の道路設計マニュアルに基づく、この交通量に対しては最も規格の高い「Ia Paved」道路区分が適用されるべきである。しかし、取付道路区間は比較的急峻な斜面地形に位置し、さらに保護区内での運用上の制限速度が 40 km/h に設定されていることを考慮し、本事業では「II Paved（山地部）」の設計条件を適用することとした。

道路区分「II Paved」の標準車線幅員は 3.0m と規定されているが、本区間では大型車の交通割合が 30%以上となることから、安全性確保の観点で車線幅員を 3.5m に拡大する。この幅員設定は、「道路構造令の解説と運用」においても、「大型車の交通割合がおおむね 30%を超える場合」に推奨される条件と一致している。

取付道路の路肩幅員は、ウガンダ基準の標準値である 2.0m を適用する。橋梁区間については、ウガンダ基準において最大 1.0m までの縮小が認められているものの、本事業ではさらなるコスト縮減の観点から、道路構造令の特例値である 0.5m を採用することとした。



橋梁区間



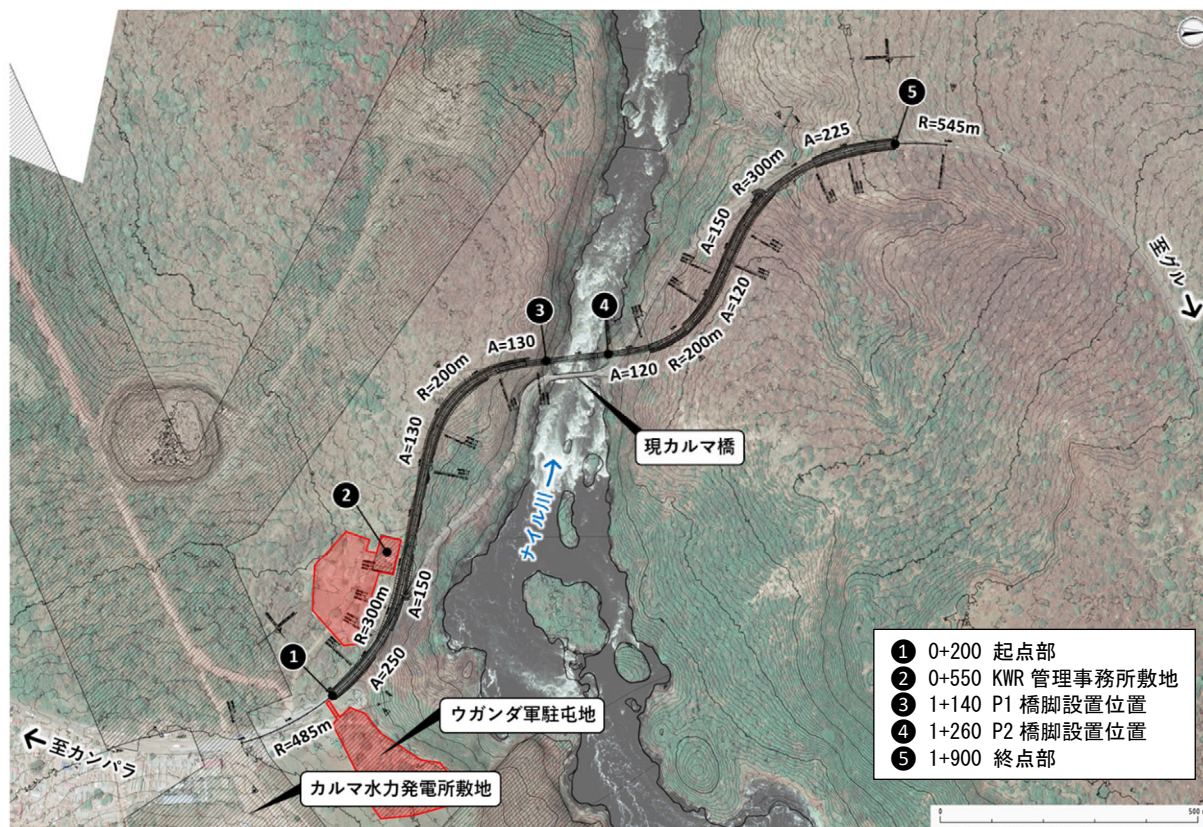
取付道路区間

出典：JICA 調査団

図-3 道路の標準横断構成

道路の線形設計にあたっては、現カルマ橋の取付道路で交通事故が多発している状況を踏まえ、安全性と施工性を考慮した最適な設計を行った。

新橋の中央径間長は 120m であり、橋脚付近に片勾配の変化を設けると施工の難易度が高まるため、橋脚位置から前後 10m ずつの余裕を確保し、計 140m を直線区間とした。橋梁前後の線形については、切土や盛土といった地形改変を最小限に抑えるため、S 字カーブを採用した。その際、ドライバーの快適性を向上させることを目的に、「道路構造令の解説と運用」で規定されている「最小曲線半径の望ましい値」である 200m を適用した。さらに、緩和区間の長さや片勾配のすりつけに必要な距離を考慮し、適切な緩和曲線を配置することで、安全かつ円滑な走行環境を確保した。

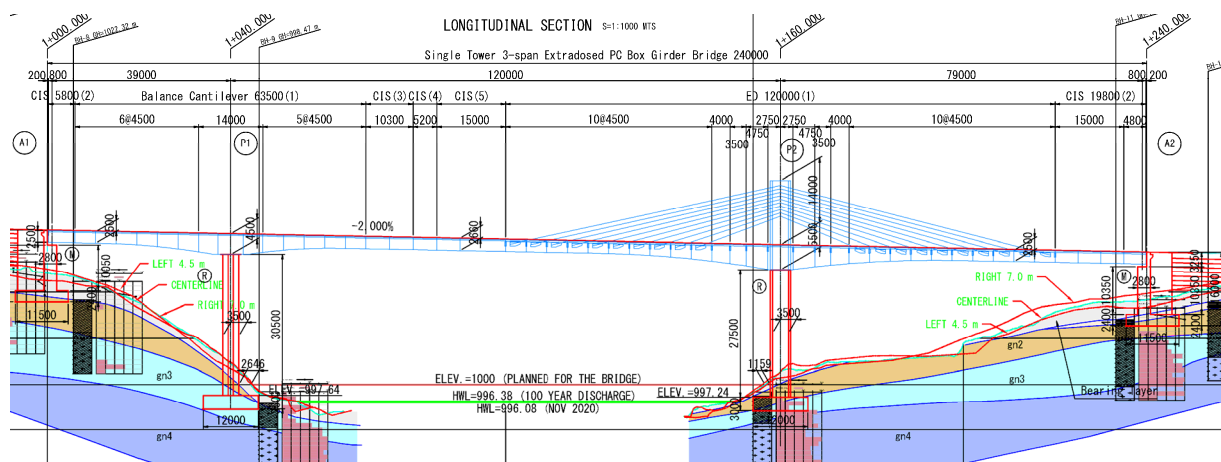


出典：JICA 調査団

図-4 道路の平面線形

橋梁の設計にあたっては、適用可能な橋梁形式を検討した結果、以下の理由により、「PC3 径間連続箱桁+エクストラードズド橋(40+120+80=240m)」が最適な橋梁形式として評価された。

- 支間長の条件：当該渡河地点は河川幅が狭く、流速が非常に速く危険であるため、河川内に橋脚を設置するのは極めて困難である。高水位を考慮した場合、河川外に橋脚を設置するために必要な橋梁支間長は 120m となる。
- 課題 1（側径間長の延伸）：支間長 120m を持つ PC 箱桁橋（張出架設）は経済的な上部工形式であるが、側径間長（起点側 60m）は中央支間長の 1/2 であるため、現況地形に対し必要以上に支間長を延長せざるを得ない。
- 課題 2（橋脚削減による影響）：終点側で P3 橋脚を省略することでコスト削減が可能だが、その場合、側径間長を 80m 程度まで延ばす必要がある。しかし、中央支間長 120m を持つ PC 箱桁橋（張出架設）では、80m の側径間長は過剰に長い設計となる。
- 解決策：起点側では支間長を短縮する目的で PC 箱桁橋を採用し、終点側では支間長を延伸するためにエクストラードズド橋を採用することで、上部工の支間割を最適化した。この設計により橋長を 280m から 240m に短縮し、工事費の削減と経済性の向上を実現することが可能となった。



出典：JICA 調査団

図-5 橋梁形式

エクストラードズド橋の主塔となる P2 橋脚については、アウターケーブルからの荷重を効率的に下方へ伝達し、橋脚基部の形状を可能な限りコンパクトにするとともに、橋脚自体の重量（材料使用量）を最小限に抑えることを目的に、2 柱式構造を採用した。

エクストラードズド橋区間では、外ケーブルの張力を上部工のウェブに効率的に伝達するため、ウェブ位置を車道部の高欄位置に合わせて配置した。また、長い床版支間に対応するため PC 床版を採用し、1 室箱桁構造とするとともに、歩道部については PC 張出し構造を採用した。エクストラードズド橋区間における張出し長は 80m であり、支間長は 160m に相当するが、中間支点上および支間中央部の桁高は、過去の実績からそれぞれ 4～6m、2.5～3.5m の範囲に収まることが一般的である。本事業では、コスト削減の観点から設計計算を満足する範囲で桁高を可能な限り小さくし、中間支点上および支間中央部の桁高をそれぞれ 5.5m および 2.5m とした。

主塔のうち、橋面より上部に設置される部分の高さは、支間長に対して 1/8～1/15 程度とするのが一般的である。本橋のエクストラード橋区間の支間長は 160m 相当であり、この比率に基づく適切な主塔の高さは 10m～20m と見積もられる。本橋では、桁の剛性を最大限に活用する設計方針を採用し、その結果、主塔の高さを 14m に設定した。これにより、主塔の高さを一般的な範囲よりやや低めに抑えつつ、設計の最適化と全体的な効率向上を図った。

主塔への外ケーブルの定着方法については、近年、多様な定着工法が提案されているが、本橋では主塔断面を小型化できる利点を重視し、連続ケーブルタイプを採用した。

(4) プロジェクトの工期および概略事業費

本事業は B 型国債案件として実施が予定されており、閣議決定後に交換公文 (E/N) が締結され、続いて JICA とウガンダ政府間で贈与契約 (G/A : Grant Agreement) が締結される予定である。その後、ウガンダ政府とコンサルタントの間でコンサルタント業務契約が締結される。

契約締結後、コンサルタントは 6 か月間の期間内に、現地調査、詳細設計、および入札図書の作成を実施する。これらの作業完了後、直ちに工事の入札手続きが開始される。入札手続きにおいて、コンサルタントはウガンダ政府による入札の支援業務として、入札補助業務を実施する。入札期間は全体で 4 か月を予定しており、入札書類の準備、入札公告の発出、P/Q (予備審査) の実施、入札、業者選定、さらには工事契約締結に関連する業務が含まれる。

入札により選定された施工業者は、ウガンダ政府と工事契約を締結し、その契約内容について JICA の認証を受けた後、コンサルタントが施工業者に対し工事着工命令を発出する。これにより工事が開始され、施工監理業務が実施される。工事期間は 36 か月を予定している。

施工・調達業者契約認証まで非公表

(5) プロジェクトの評価

妥当性について、本事業の無償資金協力による実施は、以下の理由から妥当であると評価される。

- 架け替えの緊急性：カルマ橋は建設から 60 年以上が経過し、老朽化が深刻である。床版コンクリートの剥離、鉄筋の露出・腐食、主構造部の劣化が進行し、2024 年には大型車の通行規制および床版取替工事が実施された。しかし、当時の設計条件は不明であり、現行の交通荷重に対する安全性は保証されていない。通行規制による迂回路は約 200km に及び、物流や人流の阻害に加え、国立公園の環境にも負の影響を与えている。よって、新橋への架け替えは緊急性が高い。
- 取付道路の安全性向上：現橋の幅員は 7.35m と狭く、大型車のすれ違いが困難である。特にグル側では急な下り坂と急カーブが連続し、視認性の確保が難しく、車両の転落事故が頻発している。これらの事故は死亡事故や交通遮断を伴い、安全性の向上が急務である。
- 国家計画との整合性：本事業はウガンダの「ウガンダ・ビジョン 2040」および「National Development Plan III (2020/21－2024/2025)」の優先事業として位置付けられており、統合的交通インフラ振興プログラムの重要案件とされている。
- 国際物流への貢献：カルマ橋が架かるカンパラ～グル／アルア道路は、ウガンダ北部や南スーダン、コンゴ民主共和国への物流の要である。モンバサ港から南スーダンへの貨物輸送の 55%がこのルートを利用しており、橋の機能停止は国際物流に大きな影響を及ぼす。
- 難民支援の強化：カンパラ～グル／アルア道路は北部地域への唯一の幹線道路であり、難民支援物資の輸送に不可欠である。カルマ橋の架け替えにより、安定した物流ルートを確保し、人道支援の強化に寄与する。

有効性については、本事業の実施により期待される定量的な効果を表-3 に示す。

表-3 本事業の定量的効果

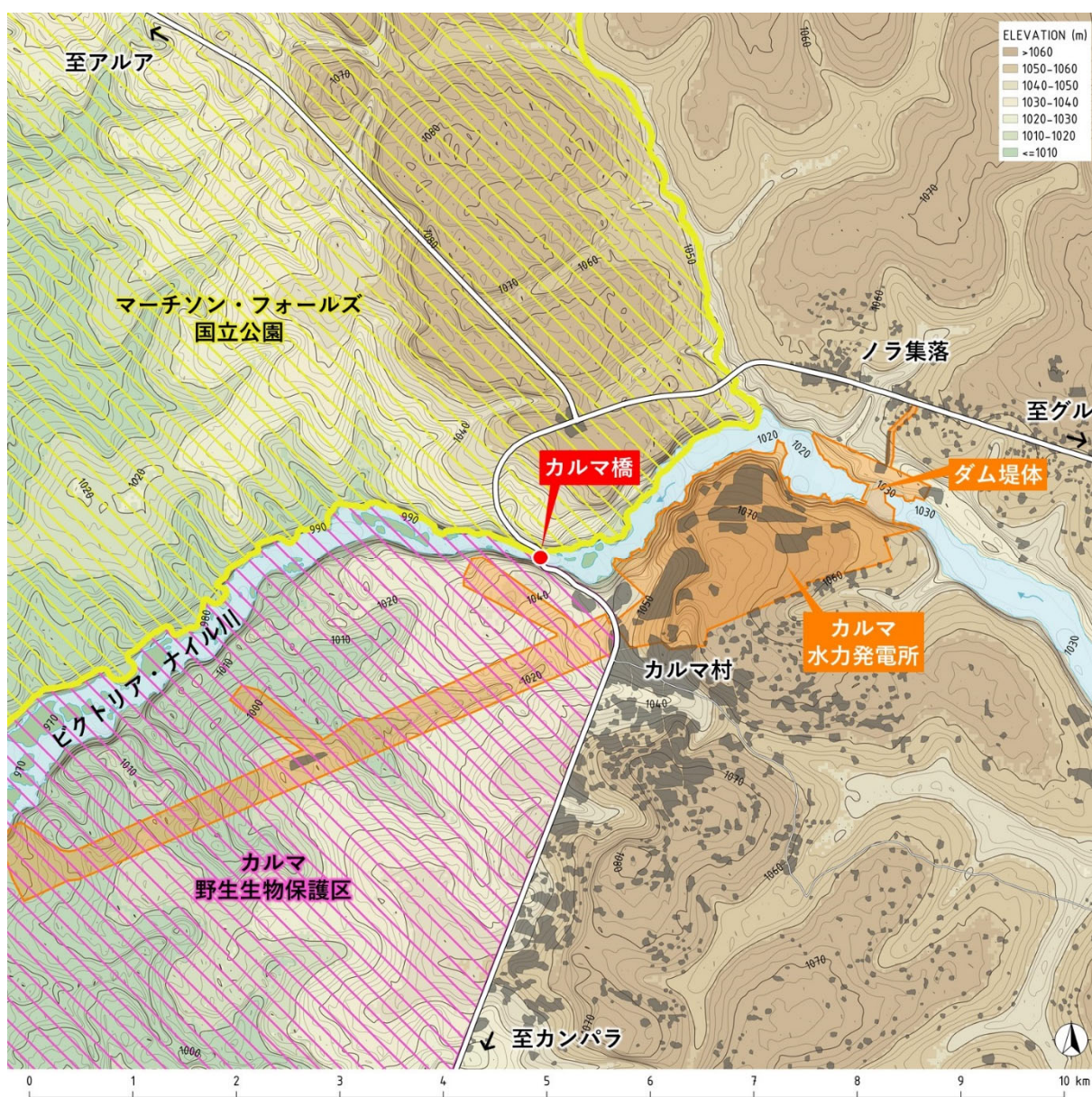
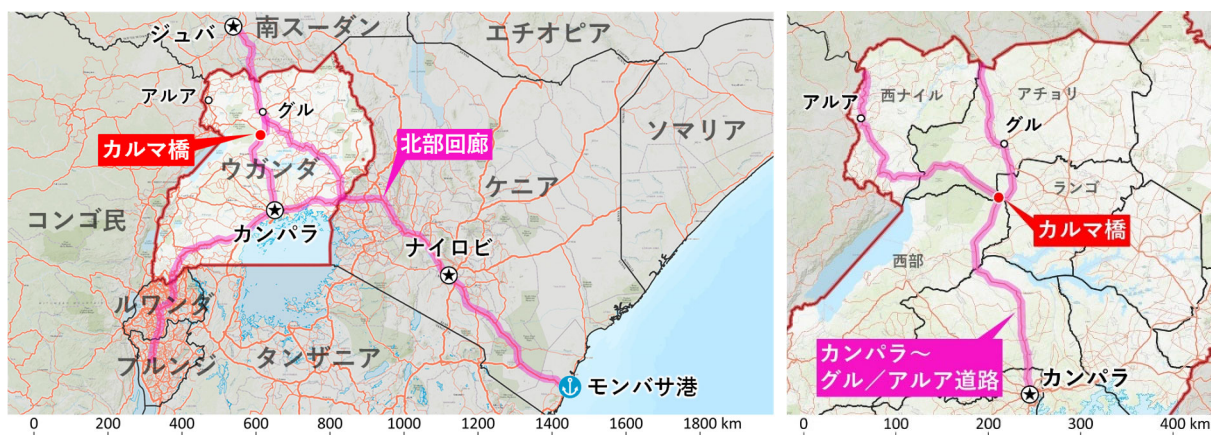
効果指標	単位	基準値 (2022 年実績値)	目標値 (2032 年) (事業完成 3 年後)
平均走行速度の増加	km/時	20 (橋梁付近は徐行が必要)	40 (通常の走行速度で通行可能)
平均日交通量（二輪車を除く）の増加*1	台/日	2,749	4,762
交通事故発生件数の低減	件/年	10	0

*1：対象区間はカンパラ～グル道路上、カルマ橋を通過する断面交通

出典：JICA 調査団

これらに加えて、本事業の実施により期待される定性的な効果は以下のとおりである。

- 橋梁および取付道路の安全性の向上：本事業により、幾何構造基準に則った安全な橋梁および取付道路が整備されることで、交通安全性が大幅に向上する。現状では橋の上で大型車両同士がすれ違うことができないが、本事業の完了後には大型車両同士のすれ違いが可能となり、交通の円滑化が実現する。
- 北部回廊を軸とした物流の促進と地域経済の活性化：カルマ橋が位置するカンパラ～グル／アルア道路は、東アフリカ北部回廊の一部を構成しており、カンパラからウガンダ北部を結ぶ唯一の道路である。本事業の実施により、交通のボトルネックが解消され、物流の安定性が向上することで、地域経済の活性化に大きく寄与することが期待される。
- 歩行者の安全性の確保：現カルマ橋には歩道が設置されていないが、新橋には歩道が設置される。これにより、歩行者、特に女性や子ども等の交通弱者の安全性が確保されることが期待される。



位置図



完成予想図



現カルマ橋全景（左岸側より撮影）



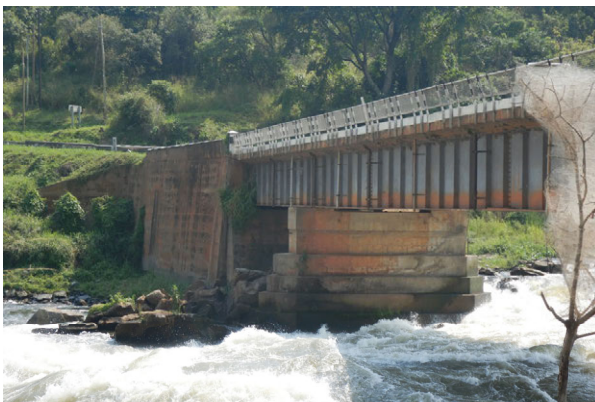
現カルマ橋全景（右岸側より撮影）



左岸側の取付道路



右岸側の取付道路



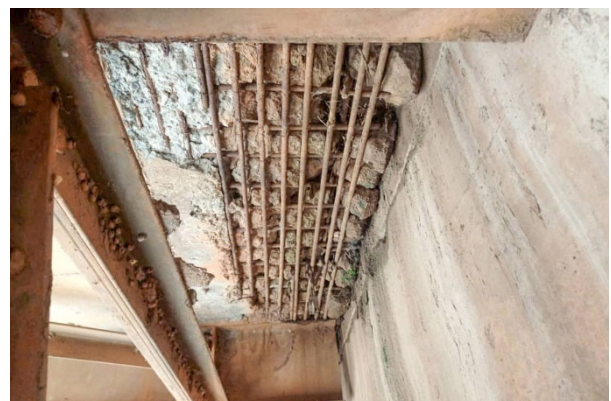
右岸側の橋脚と橋台



左岸側の橋脚



床版の状況



床版の損傷状況

写真

目 次

序文

要約

位置図／完成予想図／写真

目次

図表リスト／略語集

ページ

1. プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1 現状と課題	1-1
1-1-2 開発計画	1-10
1-1-3 社会経済状況	1-15
1-2 無償資金協力の背景・経緯および概要	1-16
1-3 我が国の援助動向	1-29
1-4 他ドナーの援助動向	1-30

2. プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-2
2-1-3 技術水準	2-3
2-1-4 既存施設	2-4
2-1-5 実施機関の変更	2-4
2-2 プロジェクトサイトおよび周辺の状況	2-5
2-2-1 関連インフラの整備状況	2-5
2-2-2 自然条件	2-5
2-2-3 交通状況	2-33
2-3 当該国における無償資金協力事業実施上の留意点	2-35
2-4 その他（グローバルイシュー等）	2-35

3. プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要	3-1
3-2 協力対象事業の概略設計	3-3
3-2-1 設計方針	3-3
3-2-2 基本計画	3-41
3-2-3 概略設計図	3-51
3-2-4 施工計画／調達計画	3-51
3-2-5 安全対策計画	3-65
3-3 相手国側負担事業の概要	3-71
3-3-1 相手国負担事項	3-71
3-3-2 免税措置	3-72
3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画	3-73
3-4-1 維持管理業務の内容	3-73
3-4-2 不定期的維持・補修	3-73
3-4-3 維持管理業務の留意点	3-73
3-5 プロジェクトの概略事業費	3-74
3-5-1 協力対象事業の概略事業費	3-74
3-5-2 運営・維持管理費	3-74

4. プロジェクトの評価	
4-1 事業実施のための前提条件	4-1
4-2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項	4-1
4-3 外部条件	4-1
4-4 プロジェクトの評価	4-1
4-4-1 妥当性	4-1
4-4-2 有効性	4-2
5. 環境影響評価	
5-1 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要	5-1
5-2 自然環境および社会環境の状況	5-1
5-3 環境社会配慮に係るウガンダの法制度	5-16
5-3-1 環境配慮に関する法令	5-16
5-3-2 本事業の ESIA に係る過去の主な活動	5-23
5-3-3 社会環境、用地取得および住民移転に関する法令	5-24
5-3-4 必要な環境・社会関連の許認可	5-29
5-4 代替案検討	5-31
5-5 スコーピングと環境社会配慮調査の TOR	5-32
5-6 環境社会配慮調査結果および予測・評価結果の概要	5-39
5-7 主要な環境社会配慮調査結果および予測・評価結果	5-47
5-7-1 大気汚染	5-47
5-7-2 水質汚濁	5-51
5-7-3 土壌汚染・底質	5-53
5-7-4 騒音・振動	5-55
5-7-5 保護区・生態系	5-60
5-7-6 文化遺産	5-97
5-8 環境管理計画と環境モニタリング計画	5-108
5-9 JICA ガイドラインとの整合性	5-151
5-10 現地ステークホルダー協議	5-156
5-11 その他	5-179
別添資料	
1. 調査団員・氏名	
2. 調査行程	
3. 関係者（面会者）リスト	
4. 協議議事録（M/D）	
5. ソフトコンポーネント計画書	
6. 概略設計図面	
7. 地質調査結果	

図 リ ス ト

	ページ
図 1-1-1 プロジェクト位置図.....	1-1
図 1-1-2 ウガンダの国道ネットワーク.....	1-2
図 1-1-3 カルマ橋周辺の地形状況と道路線形.....	1-4
図 1-1-4 橋梁取付道路の状況写真.....	1-5
図 1-1-5 橋梁取付道路の道路状況.....	1-6
図 1-1-6 応急処置的な安全対策（案）.....	1-6
図 1-1-7 現カルマ橋の諸元.....	1-7
図 1-1-8 現地状況写真.....	1-7
図 1-1-9 現カルマ橋の橋面状況.....	1-8
図 1-1-10 現カルマ橋の桁下状況.....	1-8
図 1-1-11 健全度調査と床版取替工事の状況.....	1-9
図 1-1-12 プロジェクト位置図（詳細）.....	1-9
図 1-1-13 戦略都市と道路ネットワーク.....	1-11
図 1-1-14 アフリカ横断回廊.....	1-12
図 1-1-15 EAC 道路ネットワーク.....	1-12
図 1-1-16 道路の整備計画（2008～2023 年）.....	1-13
図 1-1-17 道路の整備計画（2020/21～2024/25）.....	1-14
図 1-2-1 UNRA が計画していた新橋の架橋位置.....	1-16
図 1-2-2 ウガンダ北部の伝統弦楽器を模した形状の橋梁形式.....	1-16
図 1-2-3 国境施設周辺の状況.....	1-21
図 1-2-4 北部回廊主要国境の交通量.....	1-21
図 1-2-5 OD 調査実施場所.....	1-22
図 1-2-6 OD 調査結果（ルート別集計結果）.....	1-23
図 1-2-7 OD 調査結果（輸送貨物内訳）.....	1-24
図 1-2-8 難民の受け入れ状況.....	1-27
図 1-2-9 カルマ橋の代替ルート.....	1-28
図 1-4-1 他ドナーによる援助実績.....	1-30
図 1-4-2 オイル・ロード事業の位置図.....	1-31
図 1-4-3 オイル・ロード事業の整備状況.....	1-31
図 2-1-1 UNRA の組織図.....	2-2
図 2-1-2 MoWT の組織図.....	2-4
図 2-2-1 事業対象地域の気候条件.....	2-5
図 2-2-2 事業対象地域の気候条件.....	2-5
図 2-2-3 ナイル川流域.....	2-6
図 2-2-4 カルマ橋位置図.....	2-7
図 2-2-5 カルマ水力発電所.....	2-7
図 2-2-6 ヴィクトリア湖の水面変化.....	2-9
図 2-2-7 ヴィクトリア湖の水位の長期推移（1950～2014 年）.....	2-9
図 2-2-8 ヴィクトリア湖の水位の推移（1992～2022 年）.....	2-9
図 2-2-9 ヴィクトリア湖・ナルバレ・ダム導水路の水位と流量（2019 年 1 月～2022 年 8 月）.....	2-10
図 2-2-10 Agreed curve と Jinja における観測水位および流量（1970 年～2003 年）.....	2-11
図 2-2-11 Agreed Curve とジンジャにおける観測水位・流量（2019 年 1 月～2022 年 5 月）.....	2-11
図 2-2-12 カムディニ、マシディ、ジンジャ観測所でのナイル川流量の推移（1947～2021 年）.....	2-12
図 2-2-13 マシディ観測所における 2020 年から 2021 年のナイル川流量増の状況.....	2-12
図 2-2-14 現カルマ橋における既往最大水位の推定.....	2-15
図 2-2-15 カルマ橋地点での河道断面.....	2-15
図 2-2-16 現カルマ橋周辺の地形状況.....	2-17
図 2-2-17 AW3D 高精細版地形データ 0.5mDTM.....	2-17
図 2-2-18 AW3D オルソ画像 0.5m 解像度.....	2-18
図 2-2-19 基準点および測量実施区域.....	2-19
図 2-2-20 調査対象周辺地質図.....	2-20
図 2-2-21 事業対象地域の片麻岩露頭.....	2-21

図 2-2-22	調査位置図	2-21
図 2-2-23	推定地質縦断図 (V:H=2:1)	2-22
図 2-2-24	簡便法に依る地すべりの安定計算法	2-23
図 2-2-25	斜面安定検討断面	2-24
図 2-2-26	地質と q_u の関係	2-25
図 2-2-27	P 波速度の比較 (PS 検層—超音波試験)	2-25
図 2-2-28	PS 検層によるヤング率と P 波速度の関係	2-26
図 2-2-29	圧縮強度と弾性係数の関係	2-27
図 2-2-30	室内試験試料の密度	2-27
図 2-2-31	左岸・右岸の風化状況比較	2-31
図 2-2-32	コンクリート骨材等の試料採取地点	2-32
図 2-2-33	過去 20 年間に於けるウガンダの GDP 成長率の推移	2-34
図 3-1-1	架橋位置及び道路線形	3-1
図 3-1-2	橋梁形式	3-2
図 3-1-3	新橋の完成イメージ	3-2
図 3-2-1	カルマ橋周辺の道路状況	3-3
図 3-2-2	架橋位置の検討フロー	3-4
図 3-2-3	架橋位置検討上のコントロールポイント	3-6
図 3-2-4	保護区外のルート帯代替案	3-7
図 3-2-5	保護区外ルートの架橋区域の比較	3-9
図 3-2-6	保護区外ルートの道路線形代替案の比較	3-11
図 3-2-7	河川内盛土をできるだけ回避した盛土計画イメージ	3-13
図 3-2-8	橋梁形式別適用支間	3-14
図 3-2-9	橋梁計画側面図	3-14
図 3-2-10	保護区外ルートの工事スケジュール	3-14
図 3-2-11	保護区内のルート帯代替案	3-16
図 3-2-12	保護区内ルートの架橋区域の比較	3-18
図 3-2-13	保護区内ルートの道路線形代替案の比較	3-20
図 3-2-14	保護区内ルートの橋梁形式	3-22
図 3-2-15	保護区外ルートと保護区内ルートの比較	3-23
図 3-2-16	対応策も含めた気候リスクツリー	3-30
図 3-2-17	計画高水位の設定根拠と橋脚基礎の高さ関係	3-31
図 3-2-18	日中の気温が 30℃を超える日数の予測値 (キリヤンドンゴ県)	3-32
図 3-2-19	標準横断構成	3-34
図 3-2-20	荷重モデル 1 の詳細図	3-36
図 3-2-21	集中荷重の詳細図	3-36
図 3-2-22	荷重モデル 2 の詳細図	3-37
図 3-2-23	ウガンダの地震マップ	3-39
図 3-2-24	応答スペクトル	3-39
図 3-2-25	平面線形設定上のコントロールポイント	3-41
図 3-2-26	縦断線形設定上のコントロールポイント	3-43
図 3-2-27	既存道路との分岐点における交差点計画	3-44
図 3-2-28	Luwero 軸重計量所における 2019 年の年間計量結果	3-45
図 3-2-29	舗装構成	3-47
図 3-2-30	中央支間長の決定根拠	3-49
図 3-2-31	PC エクストラード部 上部構造断面	3-49
図 3-2-32	PC 箱桁部 上部構造断面	3-50
図 3-2-33	カルマ水力発電所内利用可能施設位置図	3-53
図 3-2-34	カルマ橋周辺既設採石場、土取り場位置図	3-53
図 3-2-35	電柱・電線移設位置図	3-55
図 3-2-36	輸送ルート	3-61
図 3-2-37	ソフトコンポーネントの活動内容・スケジュール (案)	3-63
図 3-2-38	実施工程	3-64
図 3-2-39	ウガンダ危険レベル	3-65
図 3-2-40	一次防衛線と二次防衛線	3-66

図 3-2-41	現況写真.....	3-67
図 3-2-42	安全施設配置図.....	3-68
図 5-2-1	本事業地域周辺の土地利用.....	5-1
図 5-2-2	事業区域周辺の既存の大気調査地点（現カルマ橋および新カルマ橋周辺）.....	5-2
図 5-2-3	事業区域周辺で過去に実施された水質調査の調査地点.....	5-4
図 5-2-4	事業区域周辺の既存の騒音調査地点（カルマダム事業 EIA）.....	5-6
図 5-2-5	事業対象区域周辺のウガンダの法令等に基づく自然保護区の位置.....	5-7
図 5-2-6	マーチソン・フォールズ国立公園および周辺保護区内における哺乳類の生息状況.....	5-8
図 5-2-7	過去のアフリカゾウの移動回廊（MFNP－南スーダン間）.....	5-9
図 5-2-8	調査対象地域周辺のキーストーン種・貴重種の分布状況.....	5-10
図 5-2-9	ウガンダ全体の行政界と調査対象地域.....	5-11
図 5-2-10	事業対象地域周辺の 1 世帯当たり円形住居（Hut）の構成事例.....	5-12
図 5-2-11	教育水準別の就学年齢.....	5-13
図 5-2-12	カルマ橋および世界遺産の位置関係.....	5-15
図 5-3-1	環境社会影響評価の流れ.....	5-17
図 5-3-2	マーチソン・フォールズ国立公園の管理区分ゾーニング図.....	5-19
図 5-3-3	NEMA の組織図.....	5-19
図 5-3-4	UNRA 内の環境に関する組織.....	5-20
図 5-7-1	調査地点（大気汚染）.....	5-47
図 5-7-2	予測地点（大気質、騒音および振動）.....	5-49
図 5-7-3	河川水採取地点.....	5-51
図 5-7-4	土壌サンプル採取地点.....	5-53
図 5-7-5	調査地点（騒音・振動）.....	5-55
図 5-7-6	生態系・動植物の調査範囲.....	5-61
図 5-7-7	哺乳類の重要な種の確認位置図（塩舐め場含む）.....	5-63
図 5-7-8	大型哺乳類目撃地点図（2018～2023 年）.....	5-64
図 5-7-9	鳥類の貴重種の確認位置図.....	5-67
図 5-7-10	両生・は虫類の重要な種の確認位置図.....	5-68
図 5-7-11	動植物プランクトン・底生動物調査地点図.....	5-71
図 5-7-12	植物群落調査地点（コドラート調査実施地点）.....	5-73
図 5-7-13	植物群落区分図.....	5-74
図 5-7-14	重要な植物種の確認位置図.....	5-84
図 5-7-15	生態系分類図（サバンナ／アクア（開放水域）・タイプ）.....	5-85
図 5-7-16	生態系食物連鎖概念図（サバンナ・タイプ）.....	5-86
図 5-7-17	生態系食物連鎖概念図（アクア・タイプ）.....	5-86
図 5-7-18	カバの生息範囲想定図.....	5-90
図 5-7-19	アフリカゾウの生息範囲想定図.....	5-90
図 5-7-20	動物横断注意、警笛禁止の標識の設置.....	5-96
図 5-7-21	動物横断道のイメージ図.....	5-96
図 5-7-22	確認された文化的サイトの位置.....	5-99
図 5-7-23	チョベ地区および本事業対象地域の位置.....	5-100
図 5-7-24	チョベ地区に関する考古学調査（1971 年）の調査地点.....	5-100
図 5-7-25	確認された文化的・考古学的資源の位置.....	5-102
図 5-7-26	サー・サミュエルおよびレディ・フローレンスの歴史的トレイルについての看板.....	5-103
図 5-7-27	手作業による試掘調査.....	5-103
図 5-7-28	試掘調査の結果概要.....	5-104
図 5-8-1	環境管理実施組織（工事中）.....	5-145
図 5-8-2	環境管理実施組織（供用時）.....	5-146
図 5-8-3	工事中の苦情処理手続きのスキーム.....	5-149
図 5-8-4	供用時の苦情処理手続きのスキーム.....	5-150
図 5-10-1	事業地域周辺住民と現地ステークホルダー協議中の写真.....	5-158
図 5-10-2	事業対象地域周辺で開催したフォーカス・グループ・ディスカッションの写真.....	5-167

表 リ ス ト

ページ

表 1-1-1	ナイル川を渡河する道路交通手段（ヴィクトリア湖～アルバート湖）	1-3
表 1-2-1	現カルマ橋付近での交通事故の発生状況	1-17
表 1-2-2	北部回廊・中央回廊の貨物取扱量（トン）	1-18
表 1-2-3	モンバサ港での国別取り扱い貨物量（百万トン）	1-19
表 1-2-4	ケニアの国別輸入額・輸出額（USD、2021 年）	1-19
表 1-2-5	ウガンダの国別輸入額・輸出額（USD）	1-19
表 1-2-6	南スーダンの国別輸入額・輸出額（USD、2020 年）	1-20
表 1-2-7	ジュバ～モンバサ港間の輸送ルート比較	1-20
表 1-2-8	北部回廊主要国境の交通量	1-21
表 1-2-9	OD 調査実施場所	1-21
表 1-2-10	OD 調査結果	1-22
表 1-2-11	OD 調査結果（ルート別集計結果）	1-23
表 1-2-12	ニムレ／エレグ国境を経由し南スーダンへ輸送される貨物	1-25
表 1-2-13	ウガンダ北部地域を支援するプロジェクト	1-26
表 1-2-14	難民の受け入れ先	1-27
表 1-2-15	難民の出身国	1-27
表 1-2-16	カンパラ～グル間の代替ルートの比較	1-28
表 1-3-1	我が国の技術協力・資金協力案件（運輸交通分野）	1-29
表 1-4-1	他ドナーによる援助実績	1-30
表 2-1-1	UNRA の人員数	2-1
表 2-1-2	UNRA のステーション事務所	2-1
表 2-1-3	国家予算および道路関係省庁予算の推移	2-3
表 2-1-4	UNRA の道路整備の実績	2-3
表 2-2-1	カルマ水力発電所事業の概要	2-7
表 2-2-2	カルマ水力発電ダムの諸元	2-8
表 2-2-3	カルマ水力発電所の上流のダムの諸元	2-8
表 2-2-4	カムディニ観測所における推定年最大ピーク流量（m ³ /s）	2-13
表 2-2-5	カムディニ観測所における流量統計解析結果	2-14
表 2-2-6	確率規模別ピーク流量	2-15
表 2-2-7	等流計算結果	2-16
表 2-2-8	現カルマ橋の地点におけるダム決壊時の想定水位	2-16
表 2-2-9	測量に使用した基準点一覧	2-18
表 2-2-10	測量で使用した各種パラメーター	2-19
表 2-2-11	ボーリング調査地点出典：JICA 調査団	2-21
表 2-2-12	切土部粘性土層の性状	2-22
表 2-2-13	岩級区分の目安	2-28
表 2-2-14	各岩盤等級から予想される物理定数の範囲	2-28
表 2-2-15	地山の内部摩擦角	2-29
表 2-2-16	基盤岩の平均的な性状	2-29
表 2-2-17	現場透水試験結果	2-30
表 2-2-18	CBR 試験試料の粒度分布	2-32
表 2-2-19	CBR 試験結果	2-32
表 2-2-20	骨材試験結果	2-33
表 2-2-21	試験骨材の粒度分布	2-33
表 2-2-22	現カルマ橋の断面交通量	2-33
表 2-2-23	将来交通需要（PCU/日）	2-34
表 3-1-1	プロジェクトの概要	3-1
表 3-2-1	事業を実施しない場合の影響評価	3-5
表 3-2-2	ルート帯代替案の比較（保護区外）	3-7
表 3-2-3	最適な架橋区域の比較（保護区外）	3-10
表 3-2-4	道路線形代替案の比較（保護区外）	3-12
表 3-2-5	ルート帯代替案の比較（保護区内）	3-16

表 3-2-6	最適な架橋区域の比較（保護区内）	3-18
表 3-2-7	道路線形代替案の比較（保護区内）	3-20
表 3-2-8	代替案の最終比較結果	3-24
表 3-2-9	便益算入項目・不算入項目	3-25
表 3-2-10	感度分析の結果	3-26
表 3-2-11	気候リスクの評価	3-29
表 3-2-12	水位の比較	3-30
表 3-2-13	道路幾何構造設計条件	3-32
表 3-2-14	片勾配	3-34
表 3-2-15	死荷重	3-35
表 3-2-16	幅員と設計上のレーン数	3-35
表 3-2-17	荷重モデル 1：活荷重重量	3-36
表 3-2-18	基本風速 VB=160km/h の場合の風圧 PB	3-38
表 3-2-19	修正応答係数（R）	3-39
表 3-2-20	コンクリート強度	3-40
表 3-2-21	鉄筋	3-40
表 3-2-22	平面線形設定上のコントロールポイント	3-41
表 3-2-23	平面線形要素	3-42
表 3-2-24	縦断線形設定上のコントロールポイント	3-43
表 3-2-25	縦断線形要素	3-43
表 3-2-26	舗装設計条件	3-44
表 3-2-27	車種別等値換算係数	3-45
表 3-2-28	交通需要予測（往復交通量）	3-46
表 3-2-29	ESAL 18-kip	3-46
表 3-2-30	舗装構成および各層の厚さ	3-47
表 3-2-31	基礎形式比較	3-48
表 3-2-32	図面リスト	3-51
表 3-2-33	施工監理業務の内容	3-56
表 3-2-34	品質管理計画（案）	3-57
表 3-2-35	出来高管理計画	3-58
表 3-2-36	機材調達先	3-60
表 3-2-37	資材調達先	3-60
表 3-2-38	ソフトコンポーネントの目標	3-62
表 3-2-39	ソフトコンポーネントの成果	3-62
表 3-2-40	ソフトコンポーネントの活動内容・スケジュール（案）	3-62
表 3-2-41	キャンプヤードにおける安全対策	3-69
表 3-2-42	工事現場における安全対策	3-69
表 3-2-43	移動における安全対策	3-70
表 3-2-44	宿舎における安全対策	3-70
表 3-2-45	事務所における安全対策	3-70
表 3-5-1	概算事業費（日本側負担）	3-74
表 3-5-2	維持管理項目と費用	3-75
表 4-4-1	本事業の定量的効果	4-2
表 4-4-2	本事業による SDGs への貢献	4-3
表 5-2-1	事業区域周辺の大気質	5-2
表 5-2-2	大気質に関する基準値	5-2
表 5-2-3	事業地域周辺の河川水質（ナイル川）	5-3
表 5-2-4	水質に関する環境基準値	5-3
表 5-2-5	事業区域周辺の騒音	5-5
表 5-2-6	騒音に関する環境基準値（一般環境騒音）	5-5
表 5-2-7	ウガンダの騒音に関する環境基準値（建設騒音）	5-5
表 5-2-8	MFNP および KWR の概要	5-7
表 5-2-9	文献に記録されている貴重種一覧	5-9
表 5-2-10	調査対象地域の行政界	5-11

表 5-2-11	事業対象地域周辺の面積および人口	5-12
表 5-2-12	世帯構成	5-12
表 5-2-13	地域別の 10 歳以上識字率	5-13
表 5-2-14	県別の診療施設数	5-13
表 5-2-15	平均支出と国内貧困ライン以下の人口割合	5-14
表 5-2-16	雇用状況	5-14
表 5-2-17	ウガンダの世界遺産	5-14
表 5-3-1	環境アセスメントに関連する主な法令	5-16
表 5-3-2	環境アセスメントの一般的な手続き手順	5-17
表 5-3-3	自然環境分野に関連する主な法令およびガイドライン等	5-18
表 5-3-4	JICA ガイドラインとウガンダの EIA 関連法規の乖離	5-21
表 5-3-5	カルマ橋の ESIA に関する過去の主な活動	5-23
表 5-3-6	ESIA (2016 年版および 2018 年版) と ESIA (2024 年版) の主な乖離	5-23
表 5-3-7	ウガンダにおける主要な社会環境に関連する法令	5-25
表 5-3-8	ウガンダにおける住民移転および用地取得に関連する法令	5-26
表 5-3-9	土地の管理に関わる機関	5-27
表 5-3-10	ウガンダの用地取得・住民移転に関する法令と JICA ガイドラインとの乖離	5-27
表 5-3-11	環境社会配慮に係るその他の許認可	5-29
表 5-5-1	スコーピングマトリクス (橋梁および取付道路)	5-32
表 5-5-2	スコーピングの評価理由 (橋梁および取付道路の建設)	5-33
表 5-5-3	ベースラインの調査・分析方法	5-36
表 5-6-1	ベースライン調査、予測評価の結果概要	5-39
表 5-7-1	大気質調査結果 (調査日: 2024 年 2 月 3 日~6 日)	5-47
表 5-7-2	予測地点および交通量 (供用時)	5-48
表 5-7-3	大気質の定量的予測の結果 (供用時)	5-50
表 5-7-4	河川水質調査結果	5-51
表 5-7-5	水質の予測結果 (工事中)	5-52
表 5-7-6	土壌解析結果	5-53
表 5-7-7	事業区域から発生する廃棄物の予測量 (工事中)	5-54
表 5-7-8	騒音調査結果	5-56
表 5-7-9	振動調査結果	5-56
表 5-7-10	建設騒音の予測結果	5-57
表 5-7-11	建設振動の予測結果	5-58
表 5-7-12	供用時の騒音予測結果 (2030 年)	5-59
表 5-7-13	供用時の振動予測結果 (2030 年)	5-59
表 5-7-14	調査項目および調査日 (動植物相)	5-61
表 5-7-15	哺乳類確認種一覧	5-62
表 5-7-16	哺乳類の重要な種の確認状況と生活史	5-62
表 5-7-17	鳥類確認種一覧	5-64
表 5-7-18	鳥類の重要な種の確認状況と生活史	5-66
表 5-7-19	両生類・は虫類確認種一覧	5-67
表 5-7-20	両生・は虫類の重要な種の確認状況とその生活史	5-68
表 5-7-21	昆虫類確認種一覧	5-68
表 5-7-22	魚類確認種一覧	5-70
表 5-7-23	魚類の重要な種の生活史	5-71
表 5-7-24	植物プランクトン確認種一覧	5-72
表 5-7-25	動物プランクトン確認種一覧	5-72
表 5-7-26	底生動物確認種一覧	5-73
表 5-7-27	影響範囲の植物群落	5-74
表 5-7-28	植物確認種一覧	5-75
表 5-7-29	重要な植物種の確認状況とその生活史	5-84
表 5-7-30	事業予定地周辺の生態系分類とその概要	5-85
表 5-7-31	各生態系の各栄養レベルの典型的な種およびキーストーン種	5-85
表 5-7-32	専門家および自然系 NGO の本事業に関する主なコメント	5-86
表 5-7-33	重要な種への影響予測結果 (工事中)	5-88

表 5-7-34	地域を特徴づける生態系への影響予測結果（工事中）	5-91
表 5-7-35	重要な種への影響予測結果（供用時）	5-92
表 5-7-36	工事中・供用時における人為的な影響と緩和策	5-94
表 5-7-37	供用時における人為的な影響	5-94
表 5-7-38	植栽計画概要（案）	5-95
表 5-7-39	過去の考古学調査（1971 年）によって発見された遺物	5-101
表 5-7-40	KATP-05 および KATP-10 の調査結果	5-105
表 5-7-41	KATP-02 および KATP-04 の調査結果	5-105
表 5-7-42	予期せぬ発見に関する手順に含まれる内容（案）	5-107
表 5-8-1	工事中の環境社会配慮緩和策（UNRA が 2016 年と 2018 年に策定した緩和策を含む統合版）	5-109
表 5-8-2	供用時の環境社会配慮緩和策（UNRA が 2016 年と 2018 年に策定した緩和策を含む統合版）	5-116
表 5-8-3	緩和策の主な費用（一般的な緩和策を除く * 1）	5-118
表 5-8-4	モニタリング費用（推定）	5-119
表 5-8-5	工事中の緩和策モニタリング計画（UNRA が 2016 年と 2018 年に策定した緩和策を含む統合版）	5-120
表 5-8-6	工事中の測定・調査にかかる環境モニタリング計画（3 年間）	5-131
表 5-8-7	工事完了直後の環境モニタリング計画	5-136
表 5-8-8	供用時の緩和策モニタリング計画（UNRA が 2016 年と 2018 年に策定した計画を含む統合版）	5-138
表 5-8-9	供用時の測定・調査にかかる環境モニタリング計画（3 年間）	5-140
表 5-8-10	各段階の共同モニタリングプログラム	5-143
表 5-8-11	環境管理組織（工事中）	5-144
表 5-8-12	環境管理組織（供用時）	5-146
表 5-8-13	苦情処理プロセスの流れ	5-148
表 5-8-14	スクリーニングと分類基準	5-148
表 5-9-1	JICA ガイドライン FAQ の例外的に保護区で事業実施を可とする場合の 5 条件	5-151
表 5-9-2	JICA ガイドライン 5 条件と現時点の判定結果	5-151
表 5-9-3	保護区内の開発に関する法令記述とウガンダ側の見解等	5-153
表 5-9-4	重要な自然生息地の判断基準と自然生息地該当ケースの事業実施条件	5-155
表 5-10-1	ステークホルダーの分析結果	5-156
表 5-10-2	現地ステークホルダー協議の概要	5-157
表 5-10-3	第 1 回現地ステークホルダー会議の主な意見と回答（カルマ町：2023 年 11 月 6 日）	5-158
表 5-10-4	第 1 回現地ステークホルダー協議の主な意見と回答（Oyam 郡：2023 年 11 月 7 日）	5-159
表 5-10-5	第 1 回現地ステークホルダー協議の主な意見と回答（カムディニ町：2023 年 11 月 7 日）	5-159
表 5-10-6	第 1 回現地ステークホルダー協議の主な意見と回答（カルマ町：2023 年 11 月 8 日）	5-160
表 5-10-7	第 1 回現地ステークホルダー協議の主な意見・質問と回答（カムディニ町：2023 年 11 月 9 日）	5-160
表 5-10-8	第 2 回現地ステークホルダー協議の主な意見と回答（カルマ町：2024 年 4 月 3 日）	5-161
表 5-10-9	第 2 回現地ステークホルダー協議の主な意見と回答（カムディニ町：2024 年 4 月 4 日）	5-162
表 5-10-10	現地ステークホルダー協議の意見と事業への反映結果	5-163
表 5-10-11	環境社会配慮助言委員会スコーピング案 WG 時の論点（一部抜粋）	5-165
表 5-10-12	各県のアンケート回答者による選好ルートの回答結果	5-165
表 5-10-13	事業対象地域周辺のフォーカス・グループ・ディスカッション開催リスト	5-166
表 5-10-14	事業対象地域周辺の対象グループからの主な意見と質問	5-168
表 5-10-15	現地 NGO と実施したフォーカス・グループ・ディスカッションのリスト	5-176
表 5-10-16	事業対象地域周辺で活動する地元 NGO の概要	5-176
表 5-10-17	事業対象地域周辺の地元 NGO からの主な意見と質問	5-176
表 5-11-1	工事中の環境モニタリングフォーム（案）	5-179
表 5-11-2	供用時の環境モニタリングフォーム（案）	5-183

略語集

略語	正式名称	和訳
A	A/P	支払授權書
	AASHTO	米国全州道路交通運輸行政官協会
	ADB	アジア開発銀行
	ADF	民主同盟軍
	AfDB	アフリカ開発銀行
	AU	アフリカ連合
B	B/A	銀行取り極め
	BADEA	アフリカ経済開発アラブ銀行
	BS	英国規格
C	COMESA	東部・南部アフリカ市場共同体
	CRS	粒度調整碎石
D	DAC	開発援助委員会
	DBM	アスファルト安定処理
	DTM	数値地形モデル
	DWRM	水資源管理総局
E	E/N	交換公文
	EAC	東アフリカ共同体
	EC	欧州共同体
	EIB	欧州投資銀行
	EIRR	経済的内部収益率
	EMP	環境管理計画
	ESAL	等値単軸荷重
	ESIA	環境影響評価
	ESIS	環境社会影響声明
	EU	欧州連合
F	FAO	国連食糧農業機関
G	G/A	贈与契約
	GDP	国内総生産
	GHG	温室効果ガス
	GNI	国民総所得
	GOU	ウガンダ政府
I	ICD	インランド・コンテナ・デポ
	ICT	情報通信技術
	IDP	国内避難民
	IMF	国際通貨基金
	IPCC	気候変動に関する政府間パネル
	IsDB	イスラム開発銀行
	ISIL	イラク・レバントのイスラム国
	IT	情報技術
	IUCN	国際自然保護連合
J	JICA	独立行政法人 国際協力機構
K	KWR	カルマ野生動物保護区
L	LDCs	開発途上国
	LRA	神の抵抗軍
M	MFNP	マーチソン・フォールズ国立公園
	MGLSD	ジェンダー・労働・社会開発省
	MoEMD	エネルギー・鉱物開発省
	MoFPED	財務・計画・経済開発省
	MoH	保健省
	MoWT	公共事業・運輸省
	MWE	水環境省
N	NCTTA	北部回廊通過輸送協定
	NDP	国家開発計画

	NEMA	National Environment Management Authority	ウガンダ国家環境管理局
	NEMA	National Environmental Management Authority	国家環境管理庁
	NGO	Non-Governmental Organisation	非政府組織
O	OD	Origin-Destination	起終点
	ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
	OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
	OSBP	One-Stop Border Post	ワンストップ・ボーダーポスト
P	PAYE	Pay as You Earn	所得に対する支払い
	PC	Prestressed Concrete	プレストレスト・コンクリート
	PCU	Passenger Car Unit	乗用車換算台数
	PIU	Project Implementation Unit	プロジェクト実施ユニット
S	SCLC	Standard Least Squares Criterion	標準最小二乗基準
	SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
T	TTC	Travel Time Cost	走行時間費用
U	UBOS	Uganda Bureau of Statistics	ウガンダ統計局
	UEGCL	Uganda Electricity Generation Company Limited	ウガンダ発電公社
	UGRF	Uganda Geodetic Reference Frame	ウガンダ国家測位基準
	UGX	Ugandan Shilling	ウガンダ・シリング
	UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	国際連合教育科学文化機関
	UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動に関する国際連合枠組条約
	UNHCR	United Nations High Commissioner for Refugees	国連難民高等弁務官事務所
	UNRA	Uganda National Roads Authority	ウガンダ国道公社
	UPDF	Uganda People's Defence Force	ウガンダ軍
	UPF	Uganda Police Force	ウガンダ警察
	URF	Uganda Road Fund	ウガンダ道路基金
	USD	United States Dollar	米国ドル
	UTM	Universal Transverse Mercator	ユニバーサル横メルカトル図法
	UWA	Uganda Wildlife Authority	ウガンダ野生生物庁
V	VAT	Value-Added Tax	付加価値税
	VOC	Vehicle Operating Cost	走行費用
W	WB	World Bank	世界銀行
	WFP	World Food Programme	国連世界食糧計画

1. プロジェクトの背景・経緯

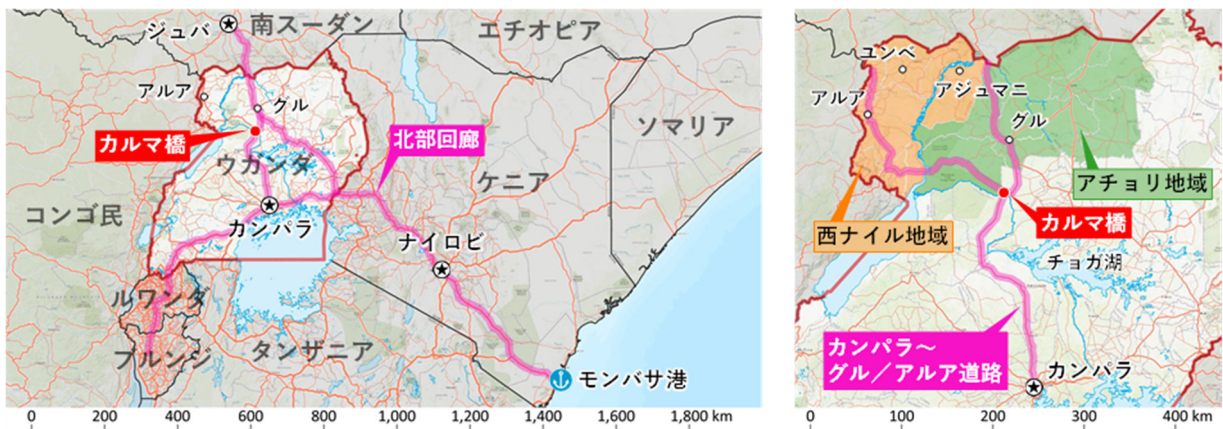
1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

カルマ橋は、ウガンダ共和国（以下、「ウガンダ」という）の首都カンパラと北部の中核都市でかつアチョリ地域の中心地であるグルおよび北西部の西ナイル地域を結ぶ幹線道路「カンパラ～グル／アルア道路」がヴィクトリア・ナイル川を渡河する位置に架かる橋梁である。カンパラ～グル／アルア道路は、ケニアのモンバサ港から始まり、南スーダン共和国を繋ぐ、国際幹線網である東アフリカ北部回廊（以下、「北部回廊」という）上の物流・交通の要となっている。

ナイル川以北の北部地域（アチョリ地域、西ナイル地域）には南スーダンやコンゴ民主共和国等から 80 万人以上の難民が流入しており、カンパラ等から多くの支援物資が運搬されている。カンパラ～グル／アルア道路は、カンパラから北部地域を結ぶ唯一の道路であることから、そこに位置するカルマ橋は、難民支援の観点からも重要な役割を担っている。

図 1-1-1 に現カルマ橋とモンバサ港を起点とする北部回廊の位置関係や、多くの難民を受け入れている西ナイル地域およびアチョリ地域の行政境界を示す。



出典：JICA 調査団

図 1-1-1 プロジェクト位置図

カルマ橋は 1964 年に建設され、建設後 60 年以上経っていることから、床版コンクリート部材の亀裂や鉄筋露出などの損傷・老朽化がみられる。2024 年には、床版取替工事が実施された。また、橋梁区間の幅員は取付道路の平面曲線半径に見合った幅員が確保されておらず、大型トラックが通行する際は橋梁の全幅員を占有して走行せざるを得ないことや、両岸の取付道路は急勾配と急曲線の組合せのため走行安全性に問題がある。これにより、交通容量が制限されるとともに、車両が川に転落することによる死亡事故や交通が遮断されるような橋梁上の事故が頻繁に発生している。

このため、安全に渡河できる新たな橋梁の整備は緊急性が非常に高く、ウガンダ政府にとっての最重要課題と位置づけられている。

(1) ウガンダの道路ネットワーク

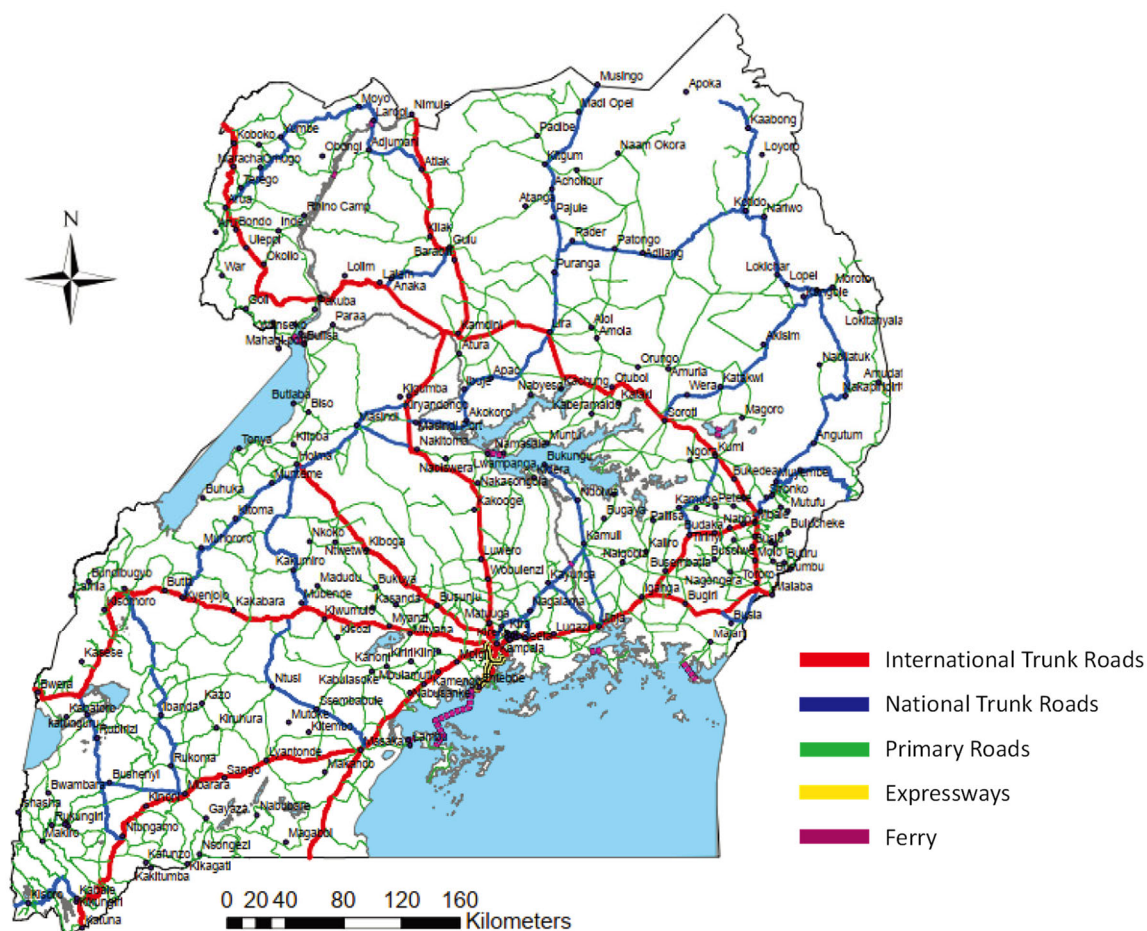
ウガンダの国家開発計画（NDP III：National Development Plan III 2020/21-2024/25）によると、2018/19 年度でのウガンダ国内の旅客および貨物輸送の 96%は道路交通によって運ばれており、道路交通は同国の旅客および貨物輸送に非常に重要な役割を果たしている。

ウガンダ全国の道路ネットワークは全長 159,529km で、この内、国道（National Road）が 13%の 21,020 km、県道（District Road）が 24%の 38,603 km、都市内道路（Urban Road）が 13%の 19,959 km、コミュニティ・アクセス道路（Community Access Road）が 50%の 79,947 km という構成になっている。道路の舗装率は低く、国道の 23.8%（4,971km）、県道の 0.38%（145km）、都市内道路の 6%（1,188km）のみが舗装されている状況である。

国道はウガンダ国道公社（UNRA：Uganda National Roads Authority）によって管理されており、路線の重要度から下記の機能分類に分けられ、その国道ネットワークを図 1-1-2 に示す。

- 国際幹線道路（International Trunk Road）
- 国内幹線道路（National Trunk Road）
- 補助幹線道路（Primary Roads）
- 高速道路（Expressway）

カルマ橋のあるカンパラ～グル／アルア道路は、国際幹線道路に分類される。



出典：UNRA

図 1-1-2 ウガンダの国道ネットワーク

(2) 北部ウガンダへのアクセス性

図 1-1-2 に示すウガンダの道路ネットワークを広域的な連結性の観点から見ると、ヴィクトリア湖から流れるナイル川やチョガ湖によって道路が分断されている現状が確認される。ヴィクトリア湖とチョガ湖の間には、ジンジャ橋、ナルバレ・ダム橋、イシンバ橋の 3 つの橋が架けられている。一方、チョガ湖とアルバート湖の間には、現カルマ橋と 2022 年に開通したパラア橋の 2 つの橋しか存在しない。

パラア橋は、アルバートリフト盆地での石油採掘プロジェクトの一環で、マシンディ〜パクワッチ間に新たな道路（オイルロード）として建設された。この道路の大部分はマーチソン・フォールズ国立公園内を通過しており、通行には国立公園への入域許可（有料）が必要である。このため、首都カンパラから北部ウガンダへと通じる主要な幹線道路は、現カルマ橋を通るカンパラ〜グル／アルア道路のみとなっている。

カルマ橋が落橋や交通事故などによって通行止めとなった場合、北部地域の交通網に甚大な影響が生じることが予想される。実際、UNRA が実施した現カルマ橋の健全度調査において、RC 床版や支承部分に不具合が確認されたことを受け、2024 年 5 月 3 日から大型車両の通行が禁止されている。さらに、同年 9 月 23 日から 12 月 20 日までの期間は、完全通行止めとなり、床版取替工事が実施された。

この期間中、交通はマーチソン・フォールズ国立公園を経由する迂回路に切り替えられたが、迂回距離は約 200km に及んだ。また、保護区内では夜間通行規制（午後 7 時から翌朝 7 時までの入域禁止）が課されており、移動は日中に限定されていた。さらに、2024 年 11 月には、迂回路となっていたオイルロードでトラックとゾウの衝突事故が発生し、ゾウが一頭犠牲になる事態が報告されている。この措置により、物流や経済活動に悪影響が生じただけでなく、保護区内の自然環境への負荷も懸念された。

表 1-1-1 ナイル川を渡河する道路交通手段（ヴィクトリア湖〜アルバート湖）

渡河手段	区間	道路の機能分類
ジンジャ橋	ヴィクトリア湖〜チョガ湖	国際幹線道路
ナルバレ・ダム橋	同上	ジンジャ橋供用後は二輪車のみ通行可
イシンバ橋	同上	補助幹線道路
Mbulanti-Nabuganyi フェリー	同上	国内幹線道路
Zengebe-Namasale フェリー	チョガ湖	補助幹線道路
Masindi Port-Kungu フェリー	チョガ湖〜アルバート湖	国内幹線道路
カルマ橋	同上	国際幹線道路
パラア橋	同上	保護区内の観光用道路

出典：JICA 調査団

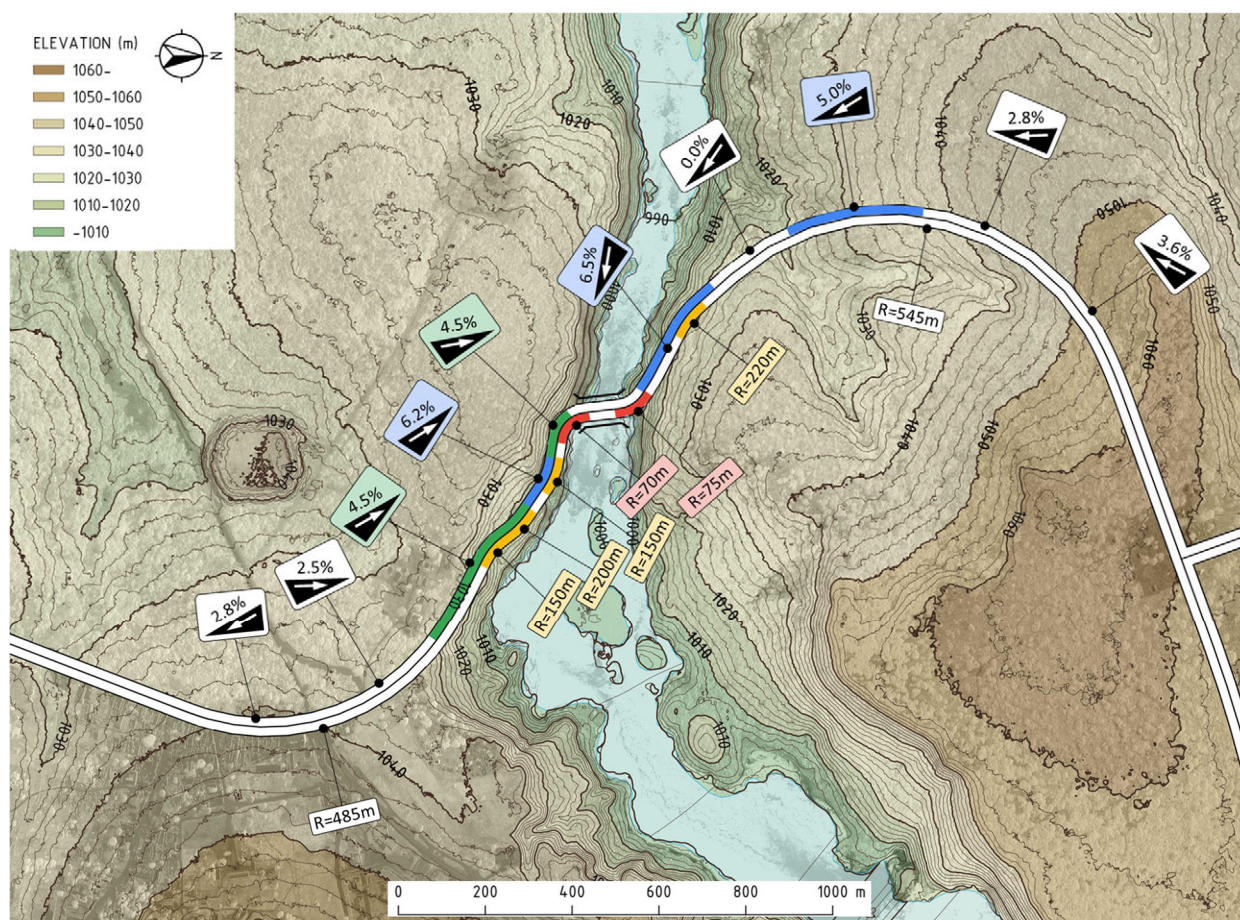
(3) カルマ橋周辺の道路状況

現カルマ橋の架橋位置においてナイル川は、キリヤンドンゴ県（Kiryandongo District）とヌウォヤ県（Nwoya District）の県境となっている。架橋地点の標高は約 1,000m であり、キリヤンドンゴ県側のカルマ町（橋梁から約 1km 地点）の標高は約 1,040m、ヌウォヤ県側の交差点（アルア道路とグル道路の交差点、橋梁から約 2km 地点）の標高は約 1,060m となっている。この地形条件から、現カルマ橋は周辺地形よりも標高が低く、川岸に近い位置に建設されていることが分かる。これは、橋梁の延長を短縮し、効率的な構造設計を実現するための工夫として設計されたものである。

図 1-1-3 に、本調査で取得した AW3D 高精細版地形データ 0.5mDTM を基に抽出したカルマ橋周辺の地形状況と、既存道路の道路幾何構造（平面曲線半径・縦断勾配）を分析した結果を示す。

橋梁手前のカーブは兩岸とも曲線半径 50～70m で、ウガンダおよび日本の設計基準に基づく設計速度 40km/h 相当の小さい曲線半径と言える。この急カーブ区間を過ぎた先では、左岸側（キリヤンドンゴ側）は曲線半径 150～200m の S 字曲線が連続するのに対して、右岸側（ヌウォヤ側）は比較的単調で曲線半径 220m の区間が一部ある程度である。

左岸側（キリヤンドンゴ側）の橋梁取付道路の縦断勾配は 4.5%～6.2% で、一部区間が日本の設計基準で設計速度 60km/h の最急縦断勾配 5% を超過しているのに対し、右岸側（ヌウォヤ側）には縦断勾配 6.5% の区間が約 200m にわたって続いている。



地形情報：AW3D 高精細版地形データ 0.5mDTM

出典：JICA 調査団

図 1-1-3 カルマ橋周辺の地形状況と道路線形

現カルマ橋の取付道路では多くの交通事故が発生しているが、それらのほとんどが右岸側の橋梁手前の急カーブ区間で、特に夜間に発生している（表 1-2-1 に後述する）。上述した既存道路の幾何構造と現地の状況を確認して得られた交通事故の要因は以下のことが関係していると思われる。

- 道路線形：縦断勾配は右岸側の方がわずかに急勾配ではあるが、兩岸側とも同程度と言えるところ、左岸側の平面線形は150～200m程度のカーブが連続するため速度超過が起きにくいと思われるのに対し、右岸側の平面線形は急カーブ手前で延長約 200m の直線で速度超過が起きやすい道路線形である。
- 視認距離：左岸側は川側の斜面が開けており、約 200m 手前から橋梁が視認でき、ドライバーにとって運転操作がし易い状況であるのに対し、右岸側は川側の斜面が切土斜面となっており、橋梁手前の曲線区間での視距は65m 程度しか確保できていない。視距 65m はウガンダの設計基準と日本の設計基準ともに設計速度 50km/h 相当と言える。
- つまり、右岸側の長い直線区間の下り坂でスピード超過した車両にとって運転判断が間に合わないことが事故の要因と考えられる。

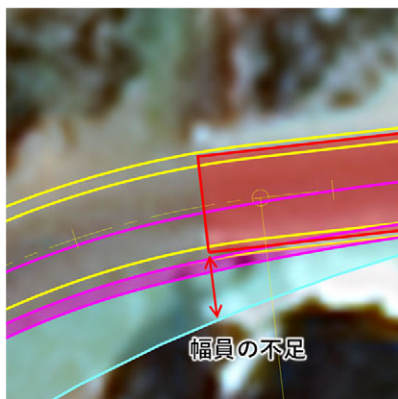
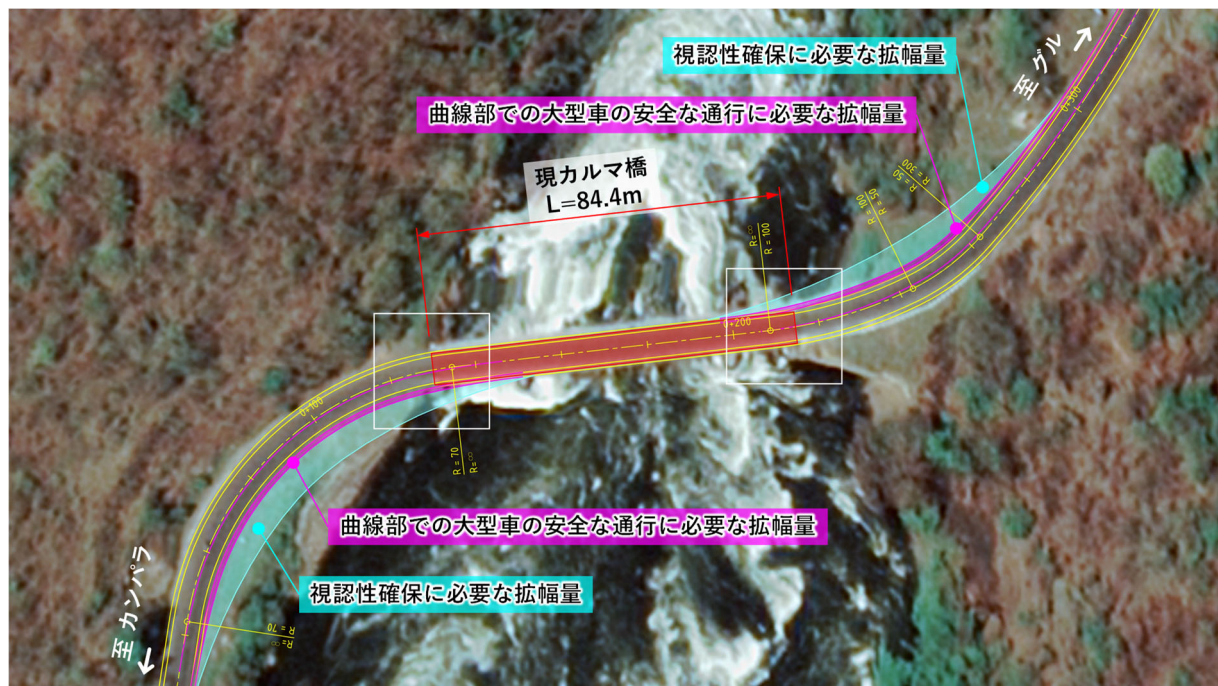


左岸側（キリヤンドンゴ側）の橋梁取付道路
出典：JICA 調査団

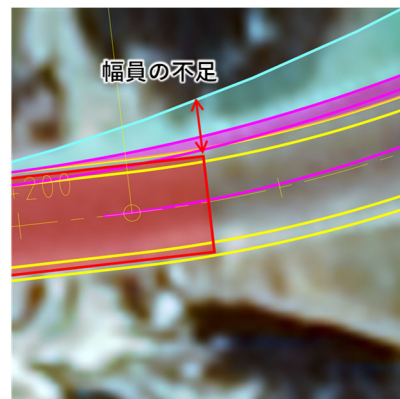
右岸側（ヌウォヤ側）の橋梁取付道路

図 1-1-4 橋梁取付道路の状況写真

図 1-1-5 は当該区間の道路線形に対して本来必要な曲線部の拡幅量と視認性の確保に必要な拡幅量を示す。この図から、現カルマ橋が求められる機能性を満足していないことが分かる。



左岸（カンパラ）側拡大図



右岸（グル）側拡大図

出典：JICA 調査団

図 1-1-5 橋梁取付道路の道路状況

また、当該区間には道路照明は設置されておらず、夜間は特に視認性が悪くなることから、応急処置的な安全対策として、長い直線の下り坂の先に急カーブがあることをドライバーに知らせる視線誘導標（デリネーター）や線形誘導表示板を設置することが望ましいと言える。



出典：株式会社カシムラ

視線誘導標（デリネーター）



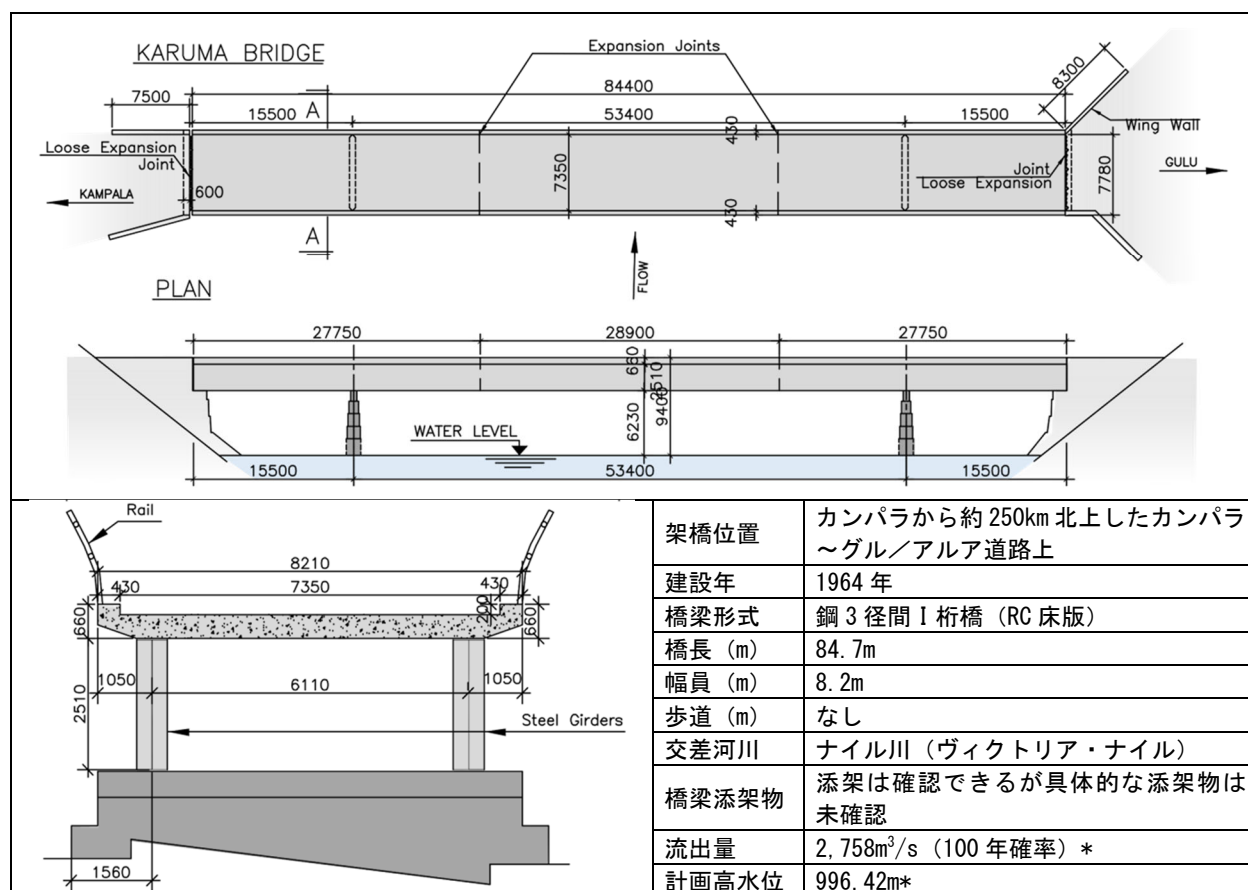
出典：積水樹脂株式会社

線形誘導表示板

図 1-1-6 応急処置的な安全対策（案）

(4) 現カルマ橋の状況

現カルマ橋の構造諸元を図 1-1-7 に、現在の状況を図 1-1-8～図 1-1-10 に示す。目視で確認した結果、「主部材の劣化（塗装の薄膜化、腐食、床版ひび割れ）など機能の低下」また「線形や幅員当に関する安全性の問題」が確認されことから、現況交通流を確保するためには、早急な詳細調査、またその調査結果に基づき早急な補修・補強対策が必要であることが確認された。以下にその内容を示す。



出典：* UNRA, Feasibility and Preliminary Design Study Report – New Karuma Bridge, 2018.08

図 1-1-7 現カルマ橋の諸元



カルマ橋全景（左岸下流側から撮影）
現カルマ橋の下流は川幅が狭く流速が非常に速い
出典：JICA 調査団



金網製の壁高欄は衝突荷重への耐力が低い

図 1-1-8 現地状況写真

1. プロジェクトの背景・経緯

橋面上からの近接目視の結果、舗装の損傷を確認し、伸縮装置が設置されていないこと、また排水樹が機能していないことを確認した。特に伸縮部（両橋台部）は大型車の交通通過に伴い上下振動を確認されるため、桁端部の支持機構について詳細調査が必要である。



伸縮装置の損傷



舗装の損傷（ひび割れ）



機能していない排水樹

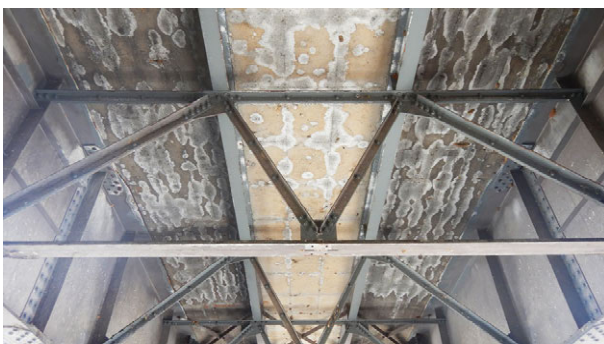


路肩に砂が溜まっていること、および排水樹が機能していないことによる水たまりの発生

出典：JICA 調査団

図 1-1-9 現カルマ橋の橋面状況

加えて、既存橋は工事期間中において現況交通を支える橋梁として、またカルマ橋建設に伴う工事用道路としての活用が見込まれるが、橋梁の下に入って、主桁や床版の状況を確認した結果、図 1-1-10 に示す亀甲状の遊離石灰に加えて一部剥離、鉄筋露出と腐食が確認された。今後活荷重振動に伴う床版の疲労損傷がさらに進行すると懸念される。



床版の損傷（漏水跡や鉄筋露出）



主桁や横桁に断面欠損やボルト欠如等大きな損傷はない

出典：JICA 調査団

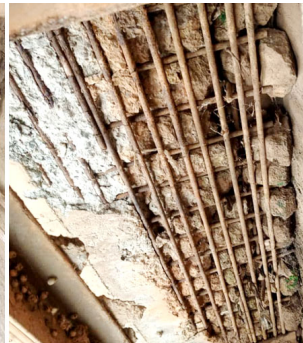
図 1-1-10 現カルマ橋の桁下状況

2024 年 5 月に UNRA が実施した健全度調査と、その後の床版取替工事の状況を図 1-1-11 に示す。健全度調査の結果、特に左岸側（カンパラ側）の橋台付近で RC 床版および支承部分に「土砂化、抜け落ち」が確認された。この調査結果を受け、UNRA は 2024 年 5 月から現カルマ橋における大型車両の通行を禁止し、緊急的に迂回道路の利用を告知した。その後、同年 9 月から 12 月にかけて、完全通行止めのもとで床版取替工事が実施された。なお、この工事では橋梁幅員の変更（拡幅）は行われていないため、幅員不足の課題は依然として未解決のままである。



左岸側橋台付近の RC 床版に深刻な損傷が見られる

出典：UNRA

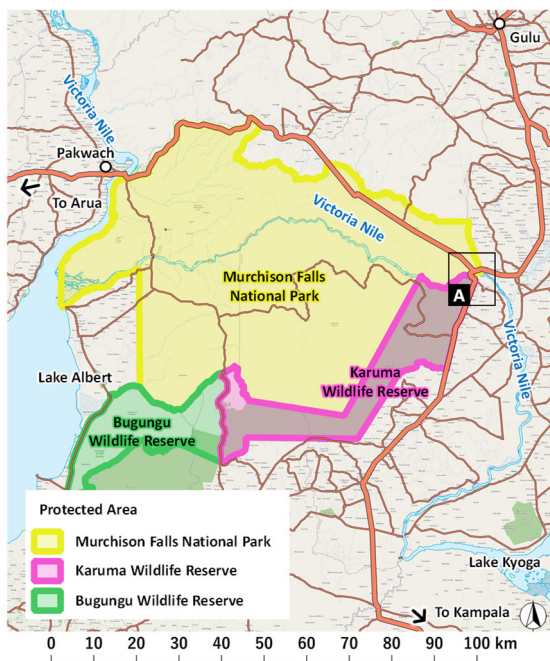


床版取替工事の状況

図 1-1-11 健全度調査と床版取替工事の状況

(5) カルマ橋周辺の環境保護区

図 1-1-12 に示されているように、本事業の実施地域を含むカンパラ～グル／アルア道路のカルマ橋以北約 45km の区間は、マーチソン・フォールズ国立公園（MFNP）やカルマ野生動物保護区（KWR）の内部および周辺に位置している。このため、これらの自然環境および周辺の社会環境に十分配慮した調査と提案が求められる。特に、JICA 環境社会配慮ガイドラインでは、保護区内での事業実施を原則として認めていないため、新橋の架橋位置の妥当性についても詳細な整理と評価が必要とされている。



出典：JICA 調査団

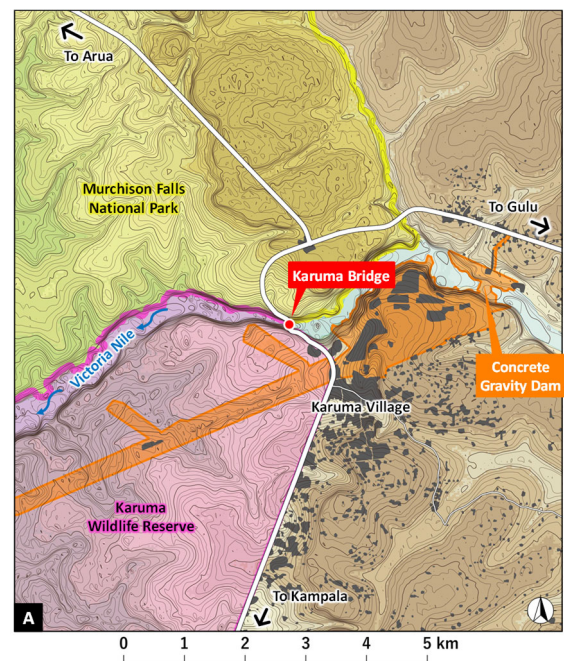


図 1-1-12 プロジェクト位置図（詳細）

1-1-2 開発計画

ウガンダの主要な国家開発計画には、「ウガンダ・ビジョン 2040」、「国家運輸マスタープラン」、および「第三次国家開発計画（National Development Plan III: 2020/21–2024/25）」が含まれる。このうち、新カルマ橋の建設は、第三次国家開発計画の重要プログラムである「統合的交通インフラ振興プログラム」において、優先度の高い案件の一つとして位置付けられている。

(1) ウガンダ・ビジョン 2040

ウガンダ・ビジョン 2040 は、ウガンダを農業中心の低所得国から、国際競争力のある高中所得国へと転換させることを目的とした長期的な開発ビジョンである。このビジョンは 2007 年に閣議決定され、2032 年までに中所得国入りを、2040 年までには一人当たり GDP が 9,500 ドルを超えることを目標としている。この目標を達成するため、ウガンダの豊富なビジネスチャンスを活用しつつ、以下の分野で経済基盤を強化する必要があるとされている。

- インフラ整備：エネルギー、交通、水資源、石油・ガス、ICT（情報通信技術）
- 科学技術分野：科学、技術、工学、イノベーション（STEI）
- 土地利用と都市化
- 人材開発
- 平和、安全、防衛

交通運輸セクターに関する具体的な計画として、以下の内容が挙げられる。

- ICT を活用したインフラ整備
- 主要都市間道路の多車線化
- 道路ネットワークの舗装率向上

さらに、具体的な整備計画として以下が挙げられる。

- 高速道路の整備：ウガンダと近隣諸国、国内の主要な生産拠点を結ぶ高速道路の建設
- 都市部の道路インフラ整備：大カンパラ首都圏およびその他の都市部の道路改善
- 多車線高速道路の建設：主要都市、港湾、経済地区を結ぶ高規格道路の整備

また、運輸交通の連結性、有効性、効率性を先進国並みに向上させるため、舗装率向上の目標として「1,000km²あたりの平均舗装道路密度を 100km」とすることが掲げられている。

交通および輸送管理については、「国家運輸マスタープラン（2009）」に基づいた上で、特に首都カンパラは今後も国の中心都市であり続けるため、複数の環状道路の整備による交通渋滞の緩和と交通流の改善が計画されている。



出典：ウガンダ・ビジョン 2040

図 1-1-13 戦略都市と道路ネットワーク

(2) 国家運輸マスタープラン（2009）

国家運輸マスタープラン（2009）は、2024 年を目標年次としてウガンダ全国および大カンパラ首都圏を対象とした交通運輸セクターの長期計画である。この計画は、ウガンダが加盟するアフリカ連合（AU）、東部・南部アフリカ市場共同体（COMESA）、東アフリカ共同体（EAC）といった地域統合機関の枠組みを踏まえ、国際的な輸送回廊の発展を目指している。対象となる輸送回廊には、以下が含まれる。

- 北部回廊：モンバサからウガンダ、ルワンダ、ブルンジ、コンゴ民、南スーダンを結ぶルート
- アフリカ横断回廊：モンバサからコンゴを経てラゴス、ダカルに至るルート
- ケープ～カイロ輸送回廊：南北を縦断するルート

これらの回廊では、幹線道路、鉄道、パイプライン、電気通信といった輸送手段の重点的な開発が計画されている。計画策定に際しては、以下の 3 つのコンセプトが採用された。

- 開発を刺激する「供給主導型」の視点を取り入れつつ、現在および将来の社会経済的需要予測に基づく「需要主導型」の開発計画とする。
- 環状道路と放射道路を適切に配置し、それらを統合する形で都市交通システムを整備する。
- 都市部の交通渋滞を解消し、円滑な交通循環を確保するとともに、全国の都市間の連絡性を向上させる。

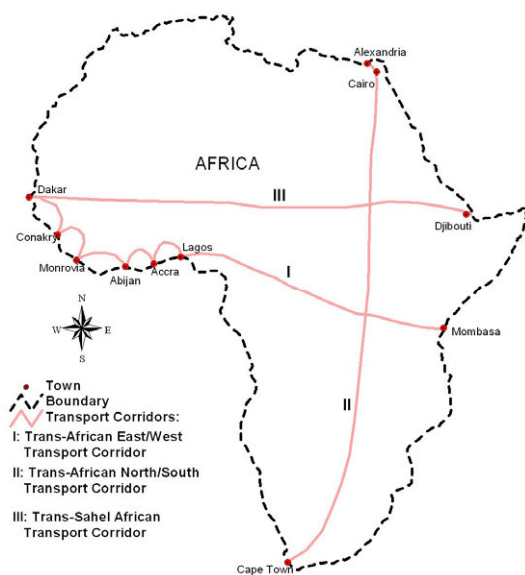
1. プロジェクトの背景・経緯

道路セクターにおける具体的な開発目標として、以下の方針が示されている。

- 道路の維持管理業務を民間企業に委託し、中央政府の役割を計画、政策、規制に限定する。
- 道路インフラの商業的管理に特化した半官半民の組織を設立する。
- 適切なインフラ維持管理を行うため、十分な予算を確保する。
- 地方部のコミュニティ・アクセス道路の管理責任を地方自治体に移譲する。
- 都市部での特定の社会的・経済的目的を除き、道路交通サービスの価格を市場原理に基づいて調整する。
- 路面状態などの指標を設定し、地元建設部門の道路工事への参加を促進する。
- 長期的な資金を確保し、持続可能かつ効率的な道路維持管理体制を確立する。
- 交通安全性を考慮した道路設計や交通規制の強化を通じ、交通事故削減策を講じる。
- 軸重計量所を増設し、意識向上キャンペーンを通じて軸重規制に関する法律を厳格に施行する。
- 事業の計画、設計、建設、維持管理の全段階で環境配慮を導入する。
- 道路セクター全体を対象とした監視システムを導入する。

上記を踏まえた具体の整備計画としては主要幹線道路の舗装化が挙げられており、図 1-1-16 に示す目標年次ごとの整備対象区間が計画されている。

AFRICAN UNION CONCEPTUAL FRAMEWORK
FOR TRANS-AFRICAN TRANSPORT CORRIDORS



出典：国家運輸マスタープラン（2009）

図 1-1-14 アフリカ横断回廊

LOCATION MAP OF EAST AFRICA
EAST AFRICAN COMMUNITY ROAD NETWORK PROJECT
(Including Proposed Additional Road Links)



出典：国家運輸マスタープラン（2009）

図 1-1-15 EAC 道路ネットワーク



出典：国家運輸マスタープラン（2009）

図 1-1-16 道路の整備計画（2008～2023 年）

(3) 第三次国家開発計画（NDP-III）2020/21-2024/25

第三次国家開発計画（NDP-III）は、「ウガンダ・ビジョン 2040」で掲げられた目標を実現するための実施計画であり、これまでの NDP-I および NDP-II の成果や課題、教訓を基盤として策定された。この計画は、新型コロナウイルス感染症がウガンダおよび世界各国に大きな社会的・経済的影響を及ぼした時期に施行されたものである。

運輸セクターにおける NDP-II までの成果として、以下の点が挙げられる。

- 国道の舗装率の向上：1986 年には 8%に過ぎなかった舗装率が、2018 年 5 月時点で 21.1% (4,551km) まで向上した。
- 移動時間の短縮：北部ウガンダのアルアから南部のカバレ（道路延長約 899km）やケニア国境のブシアまで、1 日で移動可能となった。
- 多車線道路の整備：多車線道路の延長が 16km から 80km 以上に増加し、カンパラ～エンテベ高速道路の開通も達成された。

これらの道路整備により、国道を利用した移動時間が短縮され、貨物輸送量の増加が見られた。その結果、物流の効率化とそれに伴う経済効果が現れている。ウガンダは、北部および中部回廊事業を通じて、東アフリカや中央アフリカといった近隣地域との接続性を強化するとともに、海上シルクロードを介してアジアとの連携も着実に向上させている。

1. プロジェクトの背景・経緯

2008 年時点での東アフリカ地域の総道路ネットワークは 183,178km に達していたが、そのうち舗装道路の割合はわずか 9%であった。さらに、舗装道路の中で「良好」と評価される状態にあるものは 70%に過ぎなかった。しかし、舗装道路網は 2030 年までに 35,250km、2050 年までには 65,700km に達すると予測されている。

また、東アフリカ共同体（EAC）は、総延長 15,800km に及ぶ 10 本の国際道路輸送回廊（East African Road Network）の整備を優先的に進めている。さらに、中国政府が推進する一帯一路構想では、インド洋を横断して東アフリカに接続し、スエズ運河を経由して地中海やヨーロッパ市場に至る海上シルクロードが構築されつつある。ウガンダ政府は、これを経済発展のために活用すべき重要な機会と捉えている。

これを踏まえ、NDP-III では、従前の計画方針を踏襲しつつ、以下の目標指標が示されている。

- 国道の舗装率： 36% (7,500km)
- 大カンパラ首都圏での移動時間： 3.5 分/km
- カンパラへの貨物輸送費： USD 0.60 / トン/km
- 県道の路面状態： 80%が良好

加えて、チョガ湖周辺の道路アクセス性の向上についても強調がなされており、湖周辺の道路の舗装化やフェリーのサービス性向上などが挙げられている。なお、カルマ橋の建設は同計画の優先プロジェクトの一つとなっている。



出典：第三次国家開発計画（NDP-III）2020/21-2024/25

図 1-1-17 道路の整備計画（2020/21-2024/25）

1-1-3 社会経済状況

(1) 経済成長とマクロ経済

1987 年以降、ウガンダは世界銀行や IMF の支援を受けて構造調整政策を推進し、マクロ経済の安定化を図ってきた。その結果、比較的高い経済成長率を維持している。2023 年の GDP は 493 億米ドルであり、経済成長率は 5.2%を記録した。一人当たりの国民総所得（GNI）は 980 米ドル、インフレ率は 5.4%、失業率は 2.8%である。

(2) 主要産業と貿易

ウガンダの主要産業は農林水産業、製造・建設業、サービス業など多岐にわたる。2022 年の貿易額は、輸出が 39.9 億米ドル、輸入が 46.6 億米ドルであった。主要な輸出品目は金、コーヒー、魚、砂糖、カカオなどであり、輸出相手国としてアラブ首長国連邦、インド、香港、ケニア、イタリアが挙げられる。一方、主要な輸入品目は医薬品、自動車・バイク、プラスチック製品、鉄鋼などであり、輸入相手国は中国、ケニア、インド、アラブ首長国連邦、タンザニアである。

(3) 貧困と社会課題

ウガンダは貧困削減に向けた取り組みを続けているが、地域間の格差が依然として大きな課題となっている。特に北部や東部の貧困率が高く、農村部と都市部の間でも生活水準に差異が見られる。2020 年の一人当たり GDP は 817 米ドルであり、世界銀行のデータによれば、223 カ国中 207 位と低い水準である。また、2016 年のデータでは、1 日 1.9 ドル以下で生活する人々の割合が 41.3%と報告されている。

(4) 開発計画と国際支援

ウガンダ政府は、成長と雇用創出に重点を置いた国家開発計画（NDP）を策定しており、現在は第三次 NDP（2020/21-2024/25）を実施中である。この期間中に中所得国入りを目指している。日本を含む国際社会からの支援も活発であり、インフラ整備や人材育成、農村開発、医療・給水分野での協力が進められている。特に、日本の政府開発援助（ODA）は、経済成長を通じた貧困削減と地域格差是正を基本方針として、技術協力や資金援助を行っている。

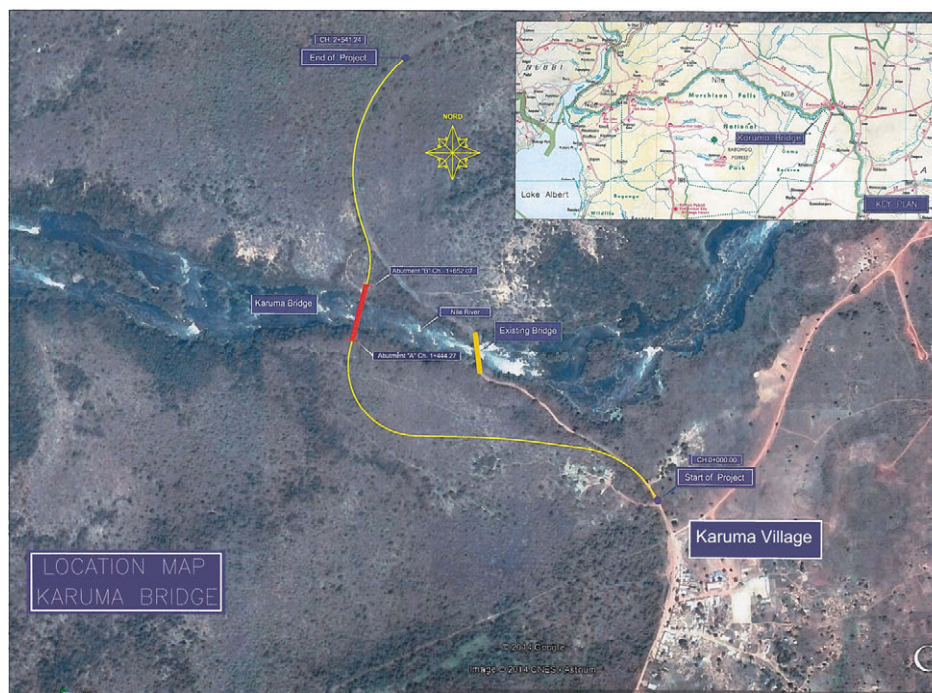
(5) 課題と展望

ウガンダは内陸国であることや地域間格差などの課題を抱えているが、IT やモバイルマネーの普及が進んでおり、これらの弱点を克服する可能性がある。また、豊富な天然資源や若年層の労働力を活用することで、持続可能な経済成長と社会発展を遂げることが期待されている。国際社会との連携を強化し、包括的な開発戦略を推進することが、今後のウガンダの発展にとって重要である。

1. プロジェクトの背景・経緯

1-2 無償資金協力の背景・経緯および概要

ウガンダ政府は、2014年にUNRAを通じて新カルマ橋建設に関するフィージビリティ調査および詳細設計調査を実施し、図1-2-1に示される既存橋から約400m下流に新橋を建設する計画を策定した。



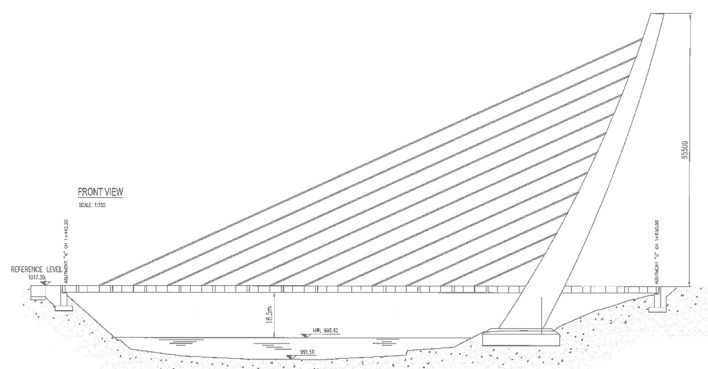
出典：UNRA

図 1-2-1 UNRA が計画していた新橋の架橋位置

同調査では、将来的な交通量の増加を見据え、4車線の橋への架け替えが提案されるとともに、ウガンダ北部の伝統弦楽器「Adungu」を模した形状の斜張橋を橋梁形式とする案が提示された。その後、2018年に追加のフィージビリティ調査が実施され、2014年の調査結果のレビューおよび補完的な調査や検討が行われたが、提案された橋梁形式については原案どおりの内容が推奨されている。



出典：<https://www.jewelsafaris.com/ugandas-traditional-musical-instruments>
ウガンダ北部の伝統弦楽器「Adungu」



出典：UNRA

UNRA 当初案

図 1-2-2 ウガンダ北部の伝統弦楽器を模した形状の橋梁形式

2015年には事業実施に向けた環境社会影響評価（ESIA）レポートが国家環境管理局（NEMA）に提出され、2016年8月9日に環境許認可（承認証明書）が発行された。この環境許認可の有効期限は、発行後2年以内に工事を開始し、工事期間を含めて5年間有効であったが、資金調達および事業の

実施が行われなかったため一旦失効した。その後、本調査実施期間中の 2024 年 4 月に UNRA から NEMA に対し、ESIA の環境許認可（ECC）の有効期限延長を申請し、同年 7 月 25 日に延長が承認されている。

2019 年に JICA は、「ウガンダ国北部回廊インフラ開発のための情報収集・確認調査」を実施し、新カルマ橋建設事業に関する既存の調査結果や設計資料の収集を行った。また、現橋の状態や交通量の調査を行い、新橋架け替えに向けた概略検討を実施した。この検討の結果、橋梁形式として 3 径間連続 PC エクストラード橋が推奨された。しかし、車線数については、事業費との密接な関係や、資金協カスキームにおける予算制約の可能性が指摘され、最終的な結論は先送りとなった。

かかる状況下、ウガンダ政府は我が国に対して新カルマ橋の建設に対する資金協力の要請をした。

(1) 事業実施の緊急性

現カルマ橋の取付道路では、過去に多くの交通事故が発生しており、交通安全性の改善が喫緊の課題となっている。表 1-2-1 には、過去約 20 年間に発生した交通事故の状況がまとめられており、死傷者を伴う事故が多数発生していることが記録から明らかになっている。

特に、人的被害の大きな交通事故は右岸側の取付道路で多く発生している。その主な原因として、現カルマ橋手前の急カーブ区間で車両が曲がりきれず、橋の下に転落する事例が挙げられる。この状況を受け、現橋周辺の交通安全性向上が極めて重要な課題となっている。

表 1-2-1 現カルマ橋付近での交通事故の発生状況

事故発生日	事故発生場所	事故の状況
2023 年 1 月 21 日	右岸側取付道路 急カーブ区間	早朝、右岸側からカルマ橋に進入したトレーラーが、対向車線を橋上で走行していたバスの後方に衝突した。その直後、同トレーラーの後方から走行していた別のトレーラーが追突し、1 台のトレーラーが橋の袂の陸地部分に転落した。この転落事故により、転落したトレーラーに乗車していた 2 名が重軽傷を負った。
2021 年 4 月 24 日	右岸側取付道路 急カーブ区間	昼頃、右岸側からカルマ橋に進入した石油タンクローリーが、橋梁手前の急カーブ区間で制御を失い、橋の高欄をなぎ倒して川に転落した。この事故により、タンクローリーの運転手と同乗者の 2 名の捜索が行われたが、激しい川の流れの影響で、最終的に発見には至らなかった。
2020 年 12 月 27 日	右岸側取付道路 急カーブ区間	乗客 60 名を乗せた長距離バスが川に転落し、10 名が死亡するなど多数の死傷者が発生した。
2018 年 6 月 5 日	右岸側取付道路 急カーブ区間	右岸側からカルマ橋に進入したトレーラーが、橋梁手前の急カーブ区間で制御を失い、ガードレール、石積み擁壁、橋の高欄をなぎ倒して川に転落した。
2018 年 5 月 30 日	カルマ橋付近	午前 3 時頃、カルマ橋付近で乗用車とトラックが衝突する事故が発生した。
2017 年 7 月 7 日	右岸側取付道路 急カーブ区間	夜間、右岸側からカルマ橋に進入したトラックが、下り坂でスピードを出し過ぎた結果、制御不能に陥った。このトラックは二輪車をはねた後、橋梁手前の急カーブ区間で曲がりきれず、ガードレールに衝突して川に転落した。この事故により、二輪車に乗っていた 2 名とトラックの乗員 3 名の計 5 名が死亡した。
2001 年 1 月 14 日		カルマ橋から 30m 離れた地点でミニバスとトラックが正面衝突し、この事故によりバスの乗客 11 名が死亡した。
2000 年		バスが川に転落し、乗客・乗員合わせて 11 名全員が死亡する事故が発生した。

出典：* UNRA, Feasibility and Preliminary Design Study Report – New Karuma Bridge, 2018.08

(2) 国際物流における役割

北部回廊を通じた物流

カンパラ～グル／アルア道路は、ウガンダ北部地域および隣国である南スーダンやコンゴ民主共和国への旅客および貨物輸送において不可欠な北部回廊の一部を形成している。この回廊は、ケニアのモンバサ港を起点とし、ウガンダを経由してルワンダ、ブルンジ、またはコンゴ民主共和国に至る路線と、カンパラから南スーダンのジュバへ至る路線で構成されている。

北部回廊は、モンバサ港をゲートウェイとし、道路、鉄道、パイプライン、内陸水運から成るマルチモーダル輸送回廊である。この回廊は、ブルンジ、コンゴ民、ケニア、ルワンダ、南スーダン、ウガンダが参加する北部回廊通過輸送協定（NCTTA: Northern Corridor Transit and Transport Agreement）によって設立された。

また、ウガンダに関連する国際輸送回廊として、タンザニアのダルエスサラーム港をゲートウェイとする中央回廊が挙げられる。この中央回廊は北部回廊と競争関係にあり、輸送ネットワークにおいて重要な役割を果たしている。

表 1-2-2 は、ケニアのモンバサ港とタンザニアのダルエスサラーム港で取り扱われた貨物の国別取扱量を示している。このデータから両回廊の利用状況を比較すると、ヴィクトリア湖以北の地域では主にモンバサ港が利用され、以南の地域ではダルエスサラーム港が主に使用されていることが明らかである。特に、ウガンダや南スーダンは北部回廊（モンバサ港）にほぼ依存しており、その依存度の高さが際立っている。

表 1-2-2 北部回廊・中央回廊の貨物取扱量（トン）

	モンバサ港（北部回廊）		ダルエスサラーム港（中央回廊）	
	2020 年	2021 年	2020 年	2021 年
ウガンダ	7,698,331	7,263,290	153,994	138,805
南スーダン	1,056,026	1,065,699	0	0
コンゴ民	732,108	787,933	1,840,657	2,357,867
ルワンダ	426,814	184,753	1,239,238	1,366,289
ブルンジ	725	1,027	476,808	507,018
その他	257,011	238,245	1,629,589	2,012,309
合計	10,171,015	9,540,947	5,340,286	6,382,288

出典：Northern and Central Corridors Transport Observatories. 2022. Joint Performance Report 2020–2021

2021 年のモンバサ港の統計資料によると、同港で取り扱われた貨物の構成は、輸入が 79%、輸出が 14%、積替え輸送が 7%となっており、東アフリカ圏外からの輸入貨物が大多数を占めている。主な輸入元は中国、インド、アラブ首長国連邦、日本、サウジアラビアであり、輸出先としてはアメリカやパキスタンが挙げられる。

モンバサ港を経由するケニア国外向け貨物の国別割合を表 1-2-3 に示す。これによれば、ウガンダ向けの貨物が全体の 76.1%と最も多く、次いで南スーダン向けの貨物が 11.2%を占めていることがわかる。

表 1-2-3 モンバサ港での国別取り扱い貨物量（百万トン）

	2017	2018	2019	2020	2021	
ウガンダ	7,112,971	7,889,119	8,132,922	7,698,331	7,263,290	76.1%
南スーダン	673,752	734,132	769,886	1,056,026	1,065,699	11.2%
コンゴ民	360,123	470,968	546,954	732,108	787,933	8.3%
タンザニア	271,698	248,025	254,961	253,010	232,101	2.4%
ルワンダ	179,555	230,734	231,381	426,814	184,753	1.9%
ブルンジ	21,621	22,233	2,475	725	1,027	0.0%
ソマリア	3,820	1,989	374	1,236	105	0.0%
その他	13,065	7,361	8,566	2,765	6,039	0.1%
合計	8,636,606	9,604,562	9,947,520	10,171,015	9,540,947	100.0%

出典：NCTTCA Annual Transport Observatory Report 2021

表 1-2-4 に示すとおり、ケニアにとって、北部回廊諸国との貿易収支の 9 割はウガンダ以西の国々で占められていることから、マラバとブシアの国境を通るルートが最も重要な位置付けとなっている。また、このルートは貨物交通が集中し交通混雑が発生していることから、代替ルートの確保として、南スーダンとの国境である Lwakhakha／ナダパルを通るルートを国際物流道路への改修および国境施設の近代化が重要課題として認識されている。ただしこのルート一帯は治安上のリスクがあり、貨物交通および国境施設職員の安全確保も課題となっている。

表 1-2-4 ケニアの国別輸入額・輸出額（USD、2021 年）

輸出先	輸出額	輸入元	輸入額
ウガンダ	675,169,587 51.9%	ウガンダ	312,687,131 81.8%
コンゴ民	207,688,961 16.0%	コンゴ民	33,796,768 8.8%
ルワンダ	243,228,533 18.7%	ルワンダ	30,502,923 8.0%
ブルンジ	53,975,374 4.1%	ブルンジ	4,659,976 1.2%
南スーダン	121,319,796 9.3%	南スーダン	649,296 0.2%
合計	1,301,382,251	合計	382,296,094

出典：NCTTCA Annual Transport Observatory Report (17th Edition) 2021

ウガンダの国別輸出額および輸入額を表 1-2-5 に示す。輸出入総額の約 7 割を輸入が占めており、輸出額は約 3 割にとどまっている。ウガンダの主な輸出品目には、コーヒー豆、紅茶、綿といった農産物や、銅、石油、魚が挙げられる。

表 1-2-5 ウガンダの国別輸入額・輸出額（USD）

輸出先	輸出額	輸入元	輸入額
UAE	1,062,916,502 27%	中国	1,652,460,094 18%
ケニア	525,570,502 13%	インド	1,050,830,251 12%
南スーダン	483,887,666 12%	タンザニア	820,733,625 9%
コンゴ民	339,412,608 9%	UAE	810,528,676 9%
イタリア	209,971,836 5%	ケニア	769,733,948 8%
ドイツ	132,662,693 3%	日本	394,265,099 4%
タンザニア	108,856,971 3%	サウジアラビア	336,198,924 4%
オランダ	105,067,677 3%	マレーシア	272,617,441 3%
ベルギー	88,926,021 2%	オランダ	236,974,821 3%
インド	83,442,418 2%	ジンバブエ	221,504,473 2%
その他	824,602,150 21%	その他	2,520,189,329 28%
合計	3,965,317,045	合計	9,079,601,629

出典：NCTTCA Annual Transport Observatory Report (17th Edition) 2021

1. プロジェクトの背景・経緯

南スーダンの主な輸入品目には、トウモロコシ、米、キビ、小麦、サトウキビ、マンゴー、パパイヤ、バナナ、サツマイモ、ひまわりの種、綿、ゴマ、キャッサバ、豆類、落花生、さらには牛や羊などの家畜が含まれる。

表 1-2-6 南スーダンの国別輸入額・輸出額（USD、2020 年）

輸出先	輸出額		輸入元	輸入額	
ウガンダ	86,727,298	99.4%	ウガンダ	357,339,034	59.5%
ケニア	421,263	0.5%	ケニア	230,430,112	38.4%
ルワンダ	102,484	0.1%	ルワンダ	12,491,098	2.1%
合計	87,251,045		合計	600,260,244	

出典：NCTTCA Annual Transport Observatory Report (16th Edition) 2020

南スーダンへの輸送路

南スーダンの首都ジュバからケニアのモンバサ港へ至る陸上輸送ルートには、以下の 2 つの主要な選択肢がある。

- ・ 南スーダンとケニアの国境である Lwakhakha/Nadapal を経由するルート
- ・ 南スーダンとウガンダの国境であるニムレ／エレグを経由し、ウガンダを通過してウガンダとケニアの国境であるマラバを経由するルート

東アフリカ諸国は、「East African Community One Stop Border Post Act, 2016」の枠組みに基づき、国境施設でのワンストップボーダー（OSBP）を運用している。南スーダンとウガンダの国境にはニムレに、ウガンダとケニアの国境にはマラバおよびブシアに OSBP が設置されており、効率的な通関手続きが可能となっている。

表 1-2-7 に示すように、南スーダン国内の道路整備状況は非常に悪く、舗装されているのはジュバ～ニムレ間の道路のみである。このルート上の国境施設はすべて OSBP として運用されており、利便性が高いことから、大半の貨物輸送がウガンダ（ニムレ）を経由するルートを選択している。

表 1-2-7 ジュバ～モンバサ港間の輸送ルート比較

	道路の状況			国境施設
	南スーダン	ウガンダ	ケニア	
Lwakhakha/ナダパルを経由するルート	道路延長 335 km 未舗装道路 路面状態：悪	—	道路延長 610 km 舗装道路 路面状態：良	十分な設備が整っていない
ニムレ/エレグとマラバを経由するルート	道路延長 192 km 舗装道路 路面状態：良	道路延長 520 km 舗装道路 路面状態：良	道路延長 125 km 舗装道路 路面状態：良 鉄道延長 775 km	いずれの国境施設もワンストップボーダーとして運用

出典：JICA 調査団



ニムレ／エレグ ナダパル マラバ ブシア
出典：Google Earth

図 1-2-3 国境施設周辺の状況

北部回廊上の主要国境における交通量を比較すると、貨物交通ではウガンダ～ケニア間のマラバおよびブシアを経由するルートが際立って多いことが分かる。これに次いで、ウガンダ～南スーダン間のニムレを経由する交通量が多い状況である（表 1-2-8 および図 1-2-4 参照）。

表 1-2-8 北部回廊主要国境の交通量

国境施設	交通量(台/日)		
	貨物	旅客	合計
ニムレ	307	204	511
オラバ	43	351	394
ゴリ	114	130	244
Mpondwe	199	650	849
Bunagana	119	68	187
Katuna	287	323	610
Mirama Hills	73	84	157
Mutukula	207	385	592
Bisia	883	1,373	2,256
Malaba	899	254	1,153

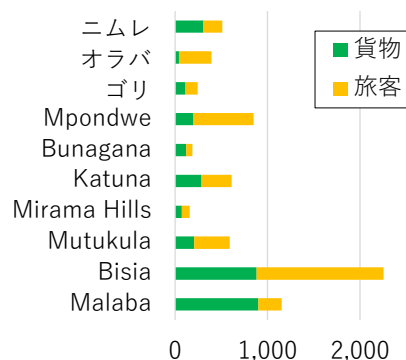


図 1-2-4 北部回廊主要国境の交通量

出典：アフリカ地域北部回廊物流整備マスタープラン策定支援プロジェクト(JICA, 2017)

OD 調査の結果

本調査では、カルマ橋の前後の道路区間において、現カルマ橋が貨物交通に果たしている役割を定量的に評価することを目的に、表 1-2-9 および図 1-1-5 で示す地点において、大型貨物車両を対象とした自動車起終点調査（OD 調査）を実施した。

表 1-2-9 OD 調査実施場所

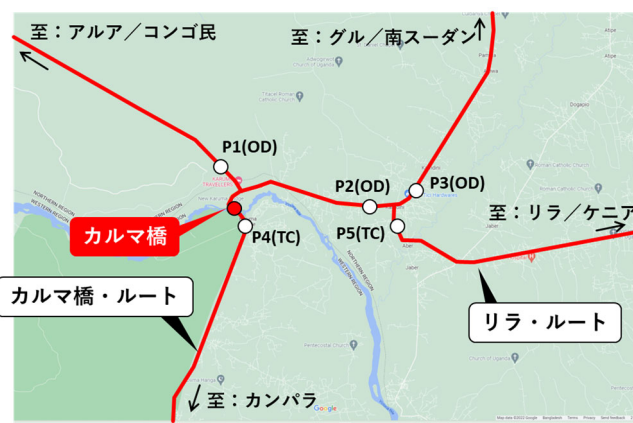
調査地点	調査内容	調査日時
P1	インタビューOD 調査／交通量調査	10 月 11 日（火）：16 時間 10 月 12 日（水）：24 時間
P2		
P3		
P4	交通量調査	10 月 11 日（火）：16 時間 10 月 12 日（水）：24 時間
P5		

出典：JICA 調査団

1. プロジェクトの背景・経緯



広域地図



拡大図

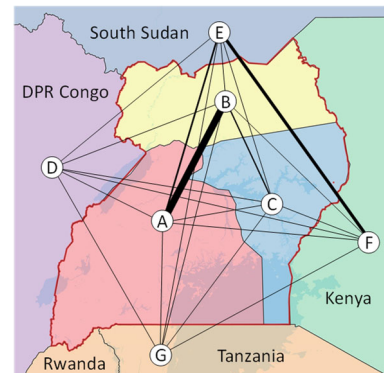
出典：JICA 調査団

図 1-2-5 OD 調査実施場所

OD 調査の結果を表 1-2-10 に示す。

表 1-2-10 OD 調査結果

	A	B	C	D	E	F	G	合計
A	16	238	0	8	77	2	0	341
B	263	54	26	6	0	34	4	387
C	0	68	0	16	30	0	0	114
D	17	4	2	0	0	26	9	58
E	45	3	16	0	0	127	0	191
F	0	30	0	21	101	0	0	152
G	0	5	0	10	3	1	0	19
合計	341	402	44	61	210	190	13	1,262



出典：JICA 調査団

この OD 調査の結果を基に、調査対象地域を通行する貨物輸送車両の経路別割合を表 1-2-11 に整理する。この結果から、全貨物交通のうち、カルマ橋ルートを通過する交通が 55%を占めていることが分かった。

ウガンダ国内を起終点とする国際貨物交通については、カルマ橋ルート（53%）とリラ・ルート（47%）がほぼ同程度の交通量であるが、このうち、カルマ橋ルートを通り南スーダンへ輸送される交通の割合が 41%と突出している。

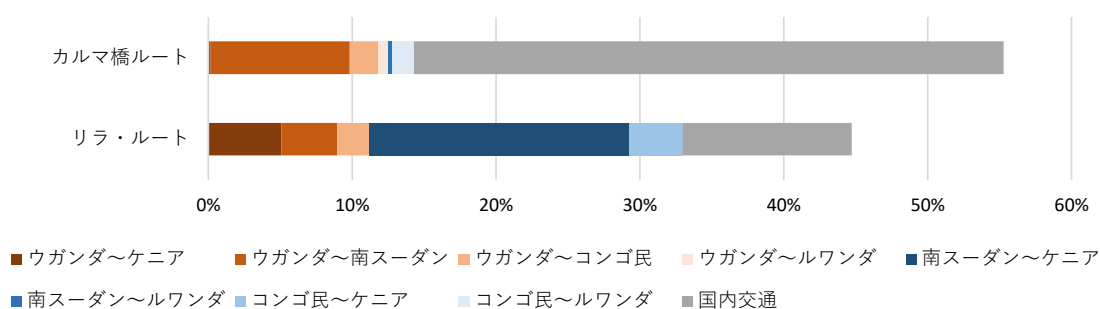
一方、ウガンダを通過する国際貨物交通の 93%はリラ・ルートを通過しており、その内訳は 77%が南スーダン～ケニア間、16%がコンゴ民～ケニア間となっている。また、カルマ橋ルートを通るコンゴ民主共和国～ルワンダ間の交通はわずか 6%である。

さらに、ウガンダ国内交通の 78%がカルマ橋ルートを通過しており、同ルートが国内貨物輸送においても重要な役割を果たしていることが確認された。

表 1-2-11 OD 調査結果（ルート別集計結果）

		カルマ橋ルート		リラ・ルート		合計	
ウガンダ国内を起 終点とする 国際交通	ウガンダ～ケニア	2	1%	64	21%	66	22%
	ウガンダ～南スーダン	122	41%	49	16%	171	57%
	ウガンダ～コンゴ民	25	8%	28	9%	53	18%
	ウガンダ～ルワンダ	9	3%	0	0%	9	3%
	小計	158	53%	141	47%	299	100%
ウガンダを通過す る国際交通	南スーダン～ケニア	0	0%	228	77%	228	77%
	南スーダン～ルワンダ	3	1%	0	0%	3	1%
	コンゴ民～ケニア	0	0%	47	16%	47	16%
	コンゴ民～ルワンダ	19	6%	0	0%	19	6%
	小計	22	7%	275	93%	297	100%
ウガンダ国内交通		517	78%	148	22%	665	100%
合計		697	55%	564	45%	1,261	100%

出典：JICA 調査団



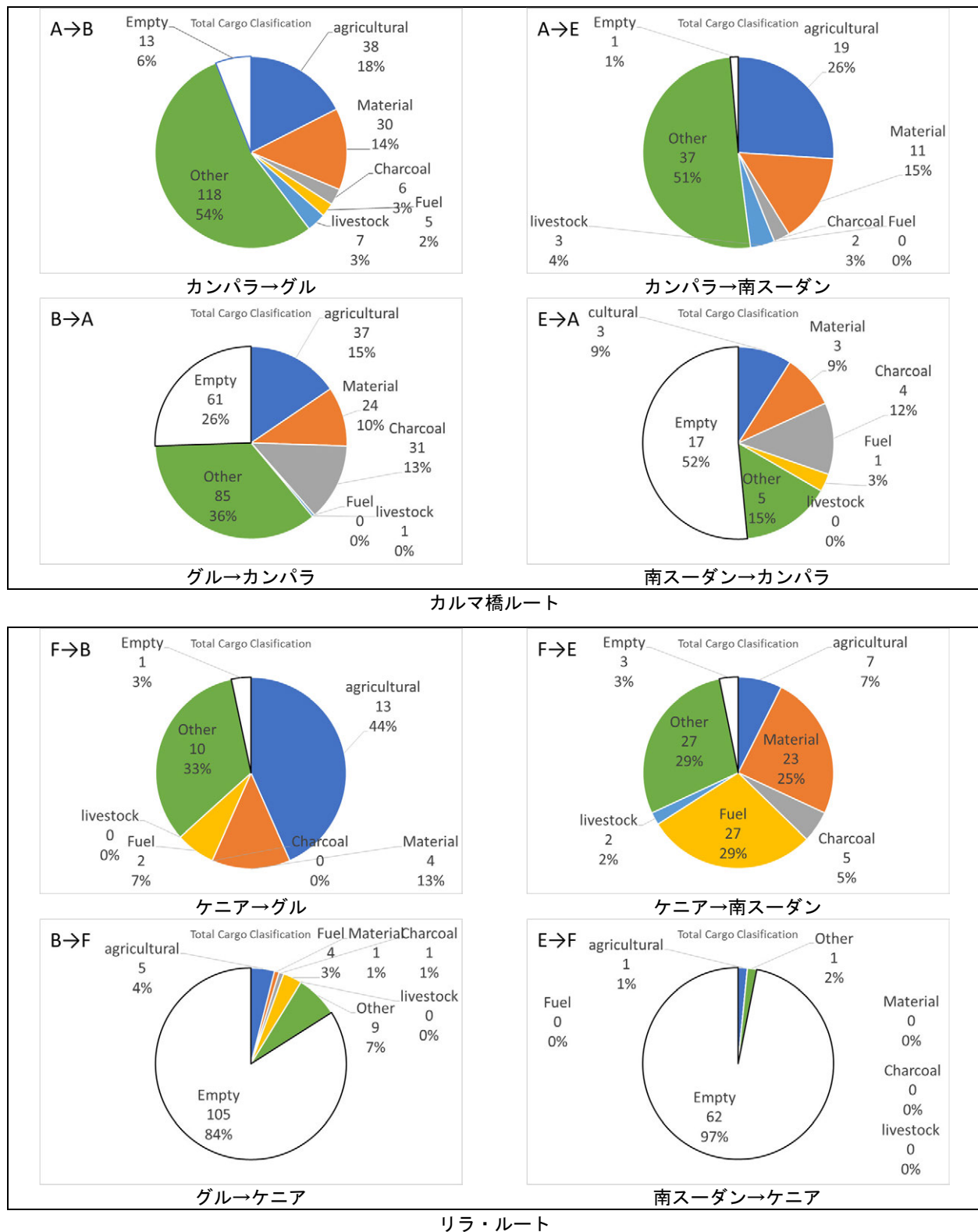
出典：JICA 調査団

図 1-2-6 OD 調査結果（ルート別集計結果）

OD 調査に基づく輸送貨物の内訳としては、以下の特徴がある。

- カルマ橋ルートを経由して輸送される品目は、農作物や加工製品が多い。これに対して、リラ・ルートを経由して輸送される品目は石油が大きな割合を占めており、この石油はモンバサ港から輸送されている。
- 南スーダンやグル方面からの交通は空荷の割合が目立つ。特に、リラ・ルートの空荷率が高いのが顕著である。

1. プロジェクトの背景・経緯



出典：JICA 調査団

図 1-2-7 OD 調査結果（輸送貨物内訳）

ニムレ／エレグ国境での通関データ

表 1-2-12 は、ウガンダ歳入庁（URA: Uganda Revenue Authority）から提供された 2022 年 1 月～9 月のニムレ／エレグ国境における通関データを示している。このデータによれば、ウガンダから南スーダンへ輸送される貨物総量のうち、カルマ橋ルートを経由する交通のシェアは以下の通りである。

- 取扱金額ベース： 72.0%
- 取扱重量ベース： 9.2%
- 車両台数ベース： 44.2%

表 1-2-12 ニムレ／エレグ国境を経由し南スーダンへ輸送される貨物

	荷出地	取扱金額		取扱重量		車両台数	
		百万 UShs	(%)	トン	(%)	台	(%)
カルマ橋ルート ¹	ウガンダ	1,074,339	11.9%	523,868,629	6.9%	16,912	14.2%
	UAE	211,451	2.3%	16,806,230	0.2%	1,392	1.2%
	中国	5,237,408	57.8%	151,861,748	2.0%	34,489	28.9%
	小計	6,523,199	72.0%	692,536,607	9.2%	52,793	44.2%
カルマ橋ルート以外		2,538,084	28.0%	6,856,404,258	90.8%	66,567	55.8%
合計		9,061,283	100.0%	7,548,940,865	100.0%	119,360	100.0%

注：カルマ橋ルートの情報はカンパラおよびムトゥクラ（タンザニア国境）の税関に申告されたトランジット貨物情報を抽出

出典：URA

さらに、運送会社へのヒアリング結果から、モンバサ港から南スーダンへ輸送される貨物には以下の 2 つの輸送経路が存在することが確認された。

- リラ・ルートを経由して直接南スーダンへ輸送されるケース
- カンパラのインランド・コンテナ・デポ（ICD）で一時仮置きされた後、カルマ橋ルートを経由して輸送されるケース

表 1-2-12 に示したカルマ橋ルートを通る貨物のうち、第三国を荷出地とする貨物は、上記の後者の経路に該当する可能性が高いと考えられる。

(3) ウガンダ北部難民支援における役割

ウガンダ北部地域は、米、豆類、粟、トウモロコシ、綿花などを産する穀倉地帯であり、住民は自給自足の生活を営む一方で、余剰農産物を隣国スーダンに供給して現金収入を得るなど、経済的に自立し安定した地域であった。

しかし、1980 年代以降、この地域は「神の抵抗軍（LRA: Lord's Resistance Army）」による深刻な紛争状態に陥り、社会基盤への投資が停止するとともに、地方政府の機能も事実上停止した。この結果、住民の 61%が貧困状態に追い込まれた。特に、アチョリ地域では住民の 90%以上が紛争中に国内避難民（IDP: Internally Displaced Person）となった。

2006 年に LRA との和平交渉が開始された後、JICA を含む国際ドナー機関は、これらの IDP の帰還と定住化を支援するため、住居やインフラ設備の整備に向けた支援を積極的に進めてきた。

1. プロジェクトの背景・経緯

さらに、2016 年 7 月に発生した南スーダンの首都ジュバでの武力衝突以降、同国南部の治安悪化を受け、ウガンダ北部地域は南スーダンからの難民を受け入れている。これに加え、コンゴ民主共和国などからの難民も流入しており、UNHCR の統計によると、2022 年 9 月現在でウガンダ北部地域に避難している難民の総数は 152 万人に達している。

多くの難民は南スーダン国境に近いユンベ県やアジュマニ県（いずれも西ナイル地域）に流入しており、この 2 地域だけで全体の約 3 割を占める。難民の約 6 割が南スーダンから、約 3 割がコンゴ民主共和国から来ており、これら 2 か国の難民が全体の約 9 割を占めている。

カンパラ〜グル／アルア道路は、カンパラと北部地域を結ぶ唯一の幹線道路であり、IDP（国内避難民）の帰還・定住化や、隣国からの難民支援において、重要な物流ルートとして機能している。

表 1-2-13 ウガンダ北部地域を支援するプロジェクト

機関	プロジェクト名	分野	期間	地域
JICA	西ナイル地域の難民受入地域における国道改修計画	運輸交通	2021.02 G/A	西ナイル
	西ナイル・難民受入地域レジリエンス強化プロジェクト	平和構築	2021.11 ～2026.10	西ナイル
	アチョリ・西ナイル地域コミュニティ・レジリエンス強化のための地方行政能力向上プロジェクト	平和構築	2016.06 ～2020.06	西ナイル・アチョリ
	グル市内道路改修計画	運輸交通	2016.09 G/A	アチョリ
	北部ウガンダ生計向上支援プロジェクト	農業開発 ／農村開発	2015.12 ～2020.11	西ナイル・アチョリ
	アチョリ地域国内避難民の再定住促進のための給水計画	水資源・防災	2013.07 G/A	アチョリ
	ウガンダ北部アチョリ地域国内避難民帰還・再定住促進のためのコミュニティ再建計画	平和構築	2012.02 G/A	アチョリ
	アチョリ地域コミュニティ開発計画策定能力強化プロジェクト	平和構築、 ガバナンス	2011.11 ～2015.11	アチョリ
	アチョリ地域地方道路網開発計画プロジェクト	運輸交通	2011.04 ～2012.04	アチョリ
	ウガンダ北部地域国内避難民帰還促進のための生活基盤整備計画	平和構築	2010.08 ～2013.05	アチョリ
	アムル県総合開発計画策定支援プロジェクト	運輸交通	2009.08 ～2011.01	アチョリ
	アムル県国内避難民帰還促進のためのコミュニティ開発計画策定支援プロジェクト	都市開発 ・地域開発	2009.08 ～2011.01	アチョリ
WB	Development Response to Displacement Impact Project	平和構築	実施中	西ナイル・アチョリ
UNDP	生計向上事業、行政能力向上事業等	平和構築	実施中	西ナイル・アチョリ
GIZ	Response to increased demand on Government Service and creation of economic opportunities in Uganda (RISE)	平和構築、 ガバナンス	実施中	西ナイル
AfDB	The Community Agricultural Infrastructure Improvement Programme-Project II	農業開発 ／農村開発	2009～2016	アチョリ

出典：JICA 調査団

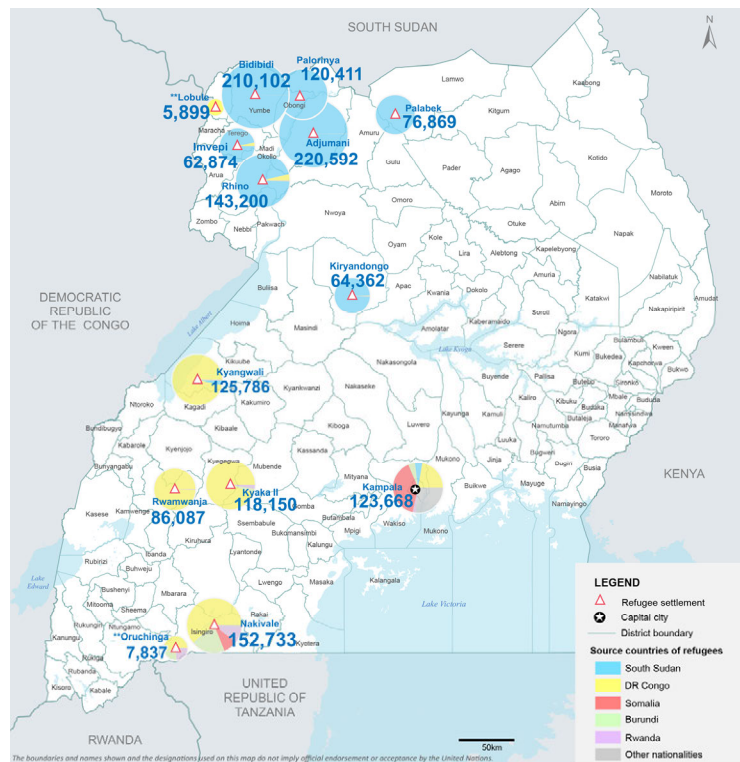
表 1-2-14 難民の受け入れ先

難民受け入れ先		人数	
アジュマニ	西ナイル	220,592	14.5%
ユンベ	西ナイル	210,102	13.8%
Madi Okollo, Terego	西ナイル	206,074	13.6%
Isingiro		160,570	10.6%
Kikuube		125,786	8.3%
カンパラ		123,668	8.1%
Obongi	西ナイル	120,411	7.9%
Kyegegwa		118,150	7.8%
Kamwenge		86,087	5.7%
Lamwo	アチョリ	76,869	5.1%
キリヤンドンゴ		64,362	4.2%
Koboko	西ナイル	5,899	0.4%
合計		1,518,570	

表 1-2-15 難民の出身国

難民出身国	人数	
南スーダン	898,299	59.2%
コンゴ民主共和国	459,221	30.2%
ソマリア	61,694	4.1%
ブルンジ	40,134	2.6%
エリトリア	26,821	1.8%
ルワンダ	22,290	1.5%
エチオピア	5,316	0.4%
スーダン	3,951	0.3%
その他	844	0.1%
合計	1,518,570	

出典：Office of the Prime Minister, UNHCR, Government of Uganda



出典：UNHCR, Government of Uganda (2022. 09. 30)

図 1-2-8 難民の受け入れ状況

(4) 現カルマ橋が通行不能になった場合の迂回ルート

カルマ橋が落橋による通行止めや、橋梁の老朽化により通行車両に対する重量規制が必要となった場合の迂回ルートは次の2つ。

- ・ チョガ湖の東側へ大きく迂回するルート
- ・ オイル・ロードを経由するルート

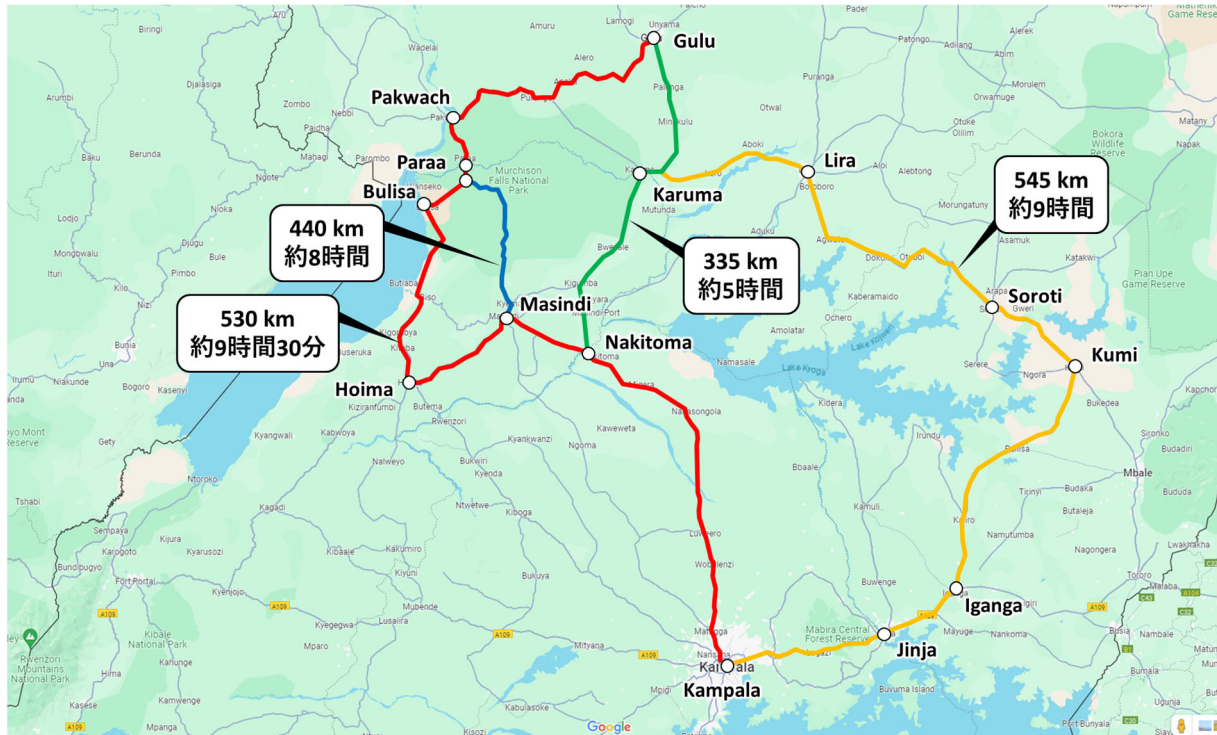
いずれの代替ルートも2倍近い移動時間を要し、旅客および貨物の輸送に大きな影響が生じることが予想される。特に、南スーダンへ輸送される多くの国際貨物はカンパラのICDを介して輸送されていることから、これらの交通が直接的な被害を受けることになる。

1. プロジェクトの背景・経緯

表 1-2-16 カンパラ～グル間の代替ルートの比較

代替ルート	道路延長	移動時間	備考
カルマ橋を通るルート	335km	5 時間	
チョガ湖東側へ迂回するルート	545km	9 時間	
オイル・ロードへ迂回するルート	440～530km	8 時間～9 時間 30 分	国立公園内は通行許可が必要

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 1-2-9 カルマ橋の代替ルート

1-3 我が国の援助動向

運輸交通分野における我が国の援助実績（技術協力プロジェクト、有償資金協力および無償資金協力）を表 1-3-1 に示す。

表 1-3-1 我が国の技術協力・資金協力案件（運輸交通分野）

協力内容	実施年度	案件名	概要
技術協力	2021-	カンパラ首都圏都市開発マスタープランプロジェクト	大カンパラ首都圏を含むカンパラ特別計画区域において、都市開発マスタープランの更新、地区別詳細計画の策定ガイドライン並びに地区別詳細計画を策定し、都市開発に関連するステークホルダー間の連携・調整のための体制を整備するもの。
無償資金協力	2021-	西ナイル地域の難民受入地域における国道改修計画	西ナイル地域においてユンベ県内の国道、周辺の支線道路および橋梁等を改善するもの。
無償資金協力	2019-2023	カンパラ市交通管制改善計画	カンパラ市内の交差点の信号化・改良工事および交通管制センターの整備を行うもの。
無償資金協力	2019	アルア県ニャラ橋建設計画（UNOPS 連携）	多くの難民を受け入れている西ナイル地域の二つの難民居住区間を繋ぐ橋の建設を行うもの。
技術協力	2015-2020	カンパラ市交通流管理能力向上プロジェクト	カンパラ首都圏庁（KCCA）に対し、交差点改良、信号機設置・維持管理や交通安全に関する意識啓発等の能力強化を図るもの。
無償資金協力	2016	グル市内道路改修計画	グル市内道路について、河川渡河構造物を含む、車道舗装および歩道舗装、排水を中心とした道路改修を行うもの。
有償資金協力	2015-	カンパラ立体交差建設・道路改良事業	カンパラ市の道路網において特に混雑の激しい主要交差点改良および既存道路拡幅等を行うもの。
有償資金協力	2010-2018	ナイル架橋建設事業	ウガンダの首都カンパラから約 80km 東のジンジャ県にある北部回廊の一部であるナイル川を渡河する橋梁およびアクセス道路等の建設を行うもの。
開発調査	2010	大カンパラ都市圏道路網および交通改善計画調査	全国および大カンパラ都市圏（GKMA）の運輸交通マスタープランのフレームワークに準拠した計画を策定するもの。
有償資金協力	2010-2016	アティアク-ニムレ間道路改修事業	北部地域に位置するアティアク村から南スーダンとの国境にあるニムレ町に至る既存道路約 36km の改修を行うもの。

出典：JICA 調査団

1. プロジェクトの背景・経緯

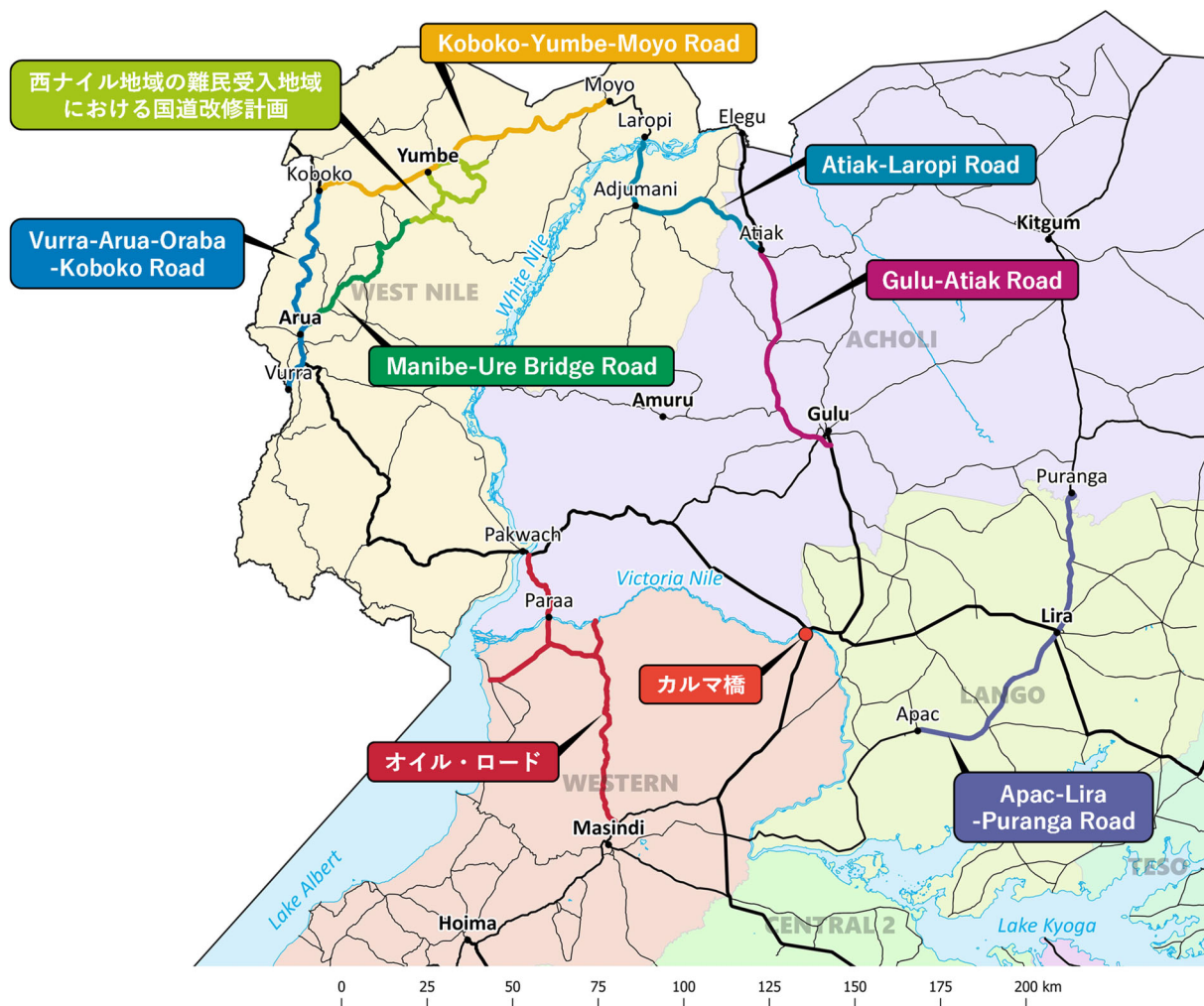
1-4 他ドナーの援助動向

カルマ橋周辺や北部地域での運輸交通分野に対する他ドナーの援助実績を表 1-4-1 に示す。

表 1-4-1 他ドナーによる援助実績

案件名	実施年度	協力内容	概要
オイル・ロード事業	-2022	中国輸出入銀行 (有償)	マーチソン・フォールズ国立公園内での道路整備
Roads and Bridges in the Refugee Hosting Districts Project	2020-実施中	世界銀行 (無償)	コボコーユンベーモヨ道路（総延長 103 km）の道路改修事業
アティアク～Laropi 間道路改修事業	2020-実施中	欧州投資銀行 (有償)	アティアク～Laropi 間（66km）の道路改修事業
Apac-Lira-Puranga 間道路改修事業	実施中	IsDB (有償)	Apac-Lira-Puranga 間（191km）の道路改修事業
Vurra-Arua-Oraba-Koboko 間道路改修事業	-2015	世界銀行 (有償)	Vurra-Arua-Oraba-Koboko 間（92km）の道路改修事業
グル～アティアク間道路改修事業	-2015	世界銀行 (有償)	グルから北部地域に位置するアティアク村に至る既存道路約 74km の改修

出典：JICA 調査団



出典：UNRA

図 1-4-1 他ドナーによる援助実績

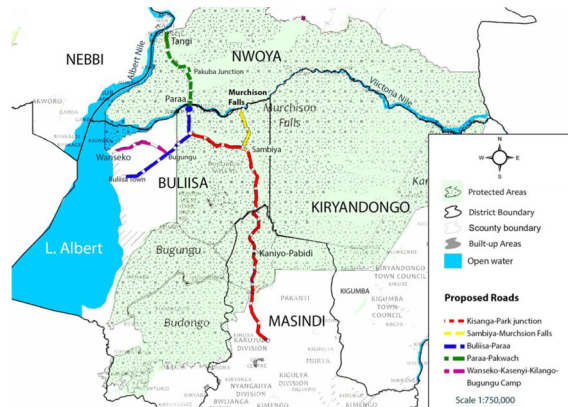
(1) オイル・ロード事業

ウガンダのマーチソン・フォールズ国立公園は、同国最大の国立公園であり、観光地としても重要な役割を果たしている。しかし近年、この地域における石油開発の進展に伴い、アクセス道路や橋梁の整備が求められてきた。この背景を受け、公園内には「オイル・ロード」と「パラア橋」が、中国輸出入銀行の支援を受けて建設された。

オイル・ロードは、公園内で進む石油資源開発の物流を支えるために整備された道路である。この道路は、マーチソン・フォールズ国立公園を縦断し、周辺の油田開発地域と既存の交通ネットワークを結ぶ重要なインフラとなっている。オイル・ロード事業では、以下の3路線が整備された。

- Masindi Park Junction - Tangi Junction - Paraa - Bulisa Roads (159km)
- Buhimba - Nalweyo - Bulamagi & Bulamagi - Igayaza - Kakumiro Roads (93km)
- Masindi - Biiso, Hohwa - Nyairongo - Kyarusheesha - Butoole, and Kabaale - Kiziranfumbi Roads (97km)

パラア橋は、全長 525m、幅員 15.95m の PC-I 桁橋で、ナイル川を横断する新たな橋梁として建設された。この橋は、公園内の北部と南部を直接結び、観光や物流の効率化に寄与している。架橋位置は、マーチソン・フォールズとアルバート湖の中間地点に位置し、国立公園の管理計画ではツーリズム・ゾーンに属している。この橋の完成により、公園内のアクセス性が飛躍的に向上し、観光および石油開発関連の物流効率が大幅に改善された。従来、公園内の移動はフェリーに依存していたが、橋の供用開始により時間的制約が解消され、交通の円滑化が実現した。



出典：UNRA

図 1-4-2 オイル・ロード事業の位置図



オイル・ロード (Tangi～Paraa 間)



ナイル川に架橋されたパラア橋

出典：JICA 調査団

図 1-4-3 オイル・ロード事業の整備状況

2. プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

本事業の実施機関はウガンダ国道公社（UNRA: Uganda National Roads Authority）である。UNRA は 2008 年 7 月に設立され、ウガンダの国道ネットワークに関する計画、建設、維持管理、ならびに車両軸重の計測管理を担う組織である。

UNRA の組織図と人員数を図 2-1-1 および表 2-1-1 に示す。2023 年 6 月時点で、UNRA には 1,442 名の職員が所属している。また、UNRA が管轄する地域ごとのステーション事務所一覧を表 2-1-2 に示す。カルマ橋は UNRA の Masindi ステーション（UNRA 本部 Directorate of Road Maintenance の出先事務所）が管轄している。

表 2-1-1 UNRA の人員数

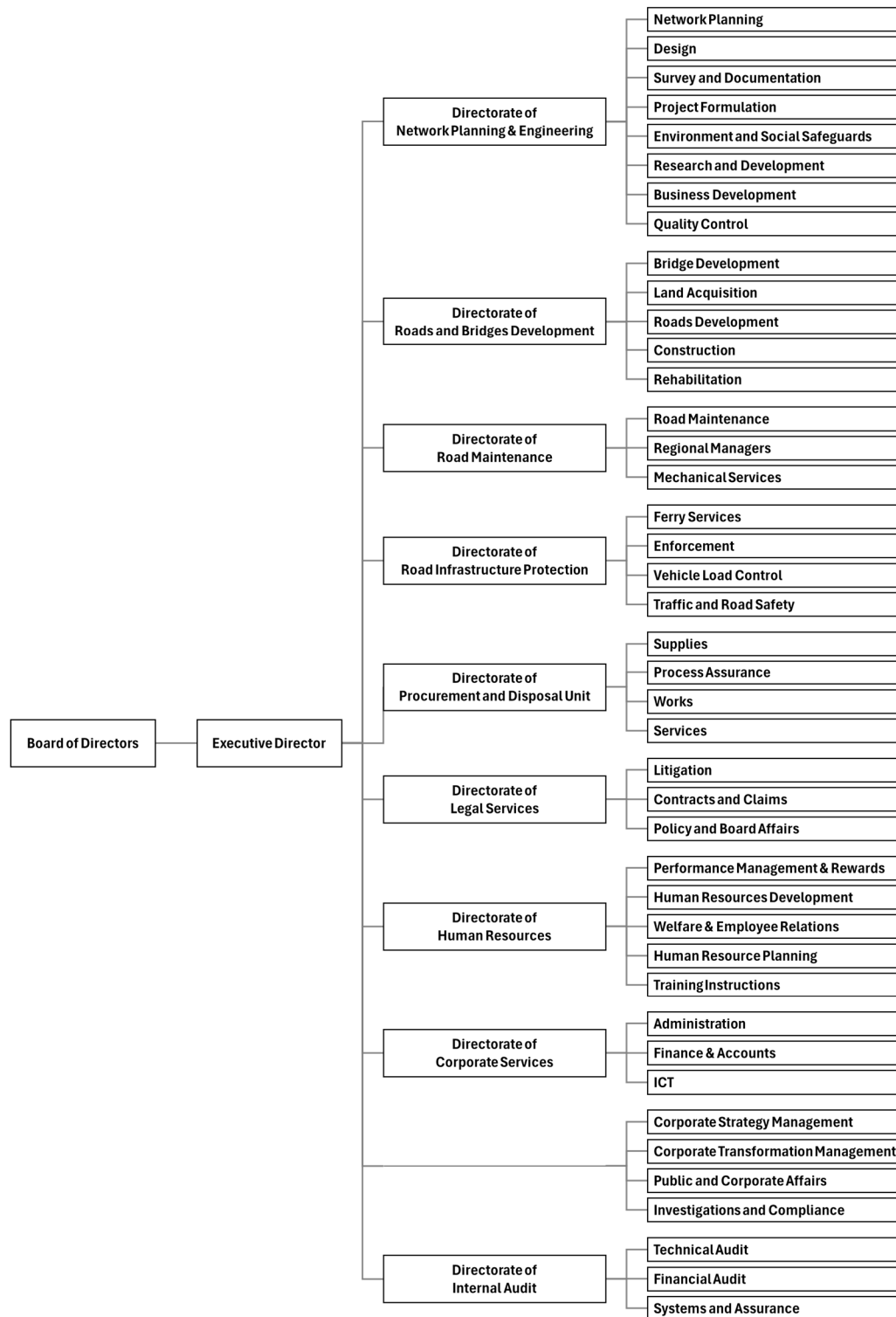
部署	略称	人員数 (2023/06)
Directorate of Network Planning & Engineering	DNPE	113
Directorate of Roads and Bridges Development	DRBD	163
Directorate of Road Maintenance	DRM	678
Directorate of Road Infrastructure Protection	DRIP	191
Directorate of Procurement and Disposal Unit	DPDU	34
Directorate of Legal Services	DLS	25
Directorate of Human Resources	DHR	20
Directorate of Corporate Services	DCS	173
Directorate of Internal Audit	DIA	19
Office of the Executive Director	OED	26
合計		1,442

出典：UNRA. 2023. 08. Annual Performance Report FY 2022/23

表 2-1-2 UNRA のステーション事務所

Central Region	Eastern Region	Northern Region	South-Western Region	Western Region	North-Eastern Region
Kampala Lawero Masaka Mpigi Mubende	Jinja Mbale Tororo	Arua Gulu Kitgum Lira Moyo	Ibanda Kabale Kasese Mbarara	Fort Portal Hoima Masindi	Soriti Kotido Moroto

出典：UNRA



出典：UNRA

図 2-1-1 UNRA の組織図

2-1-2 財政・予算

ウガンダにおける道路関連省庁の予算推移を表 2-1-3 に示す。ウガンダ道路基金（URF：Uganda Road Fund）は、2008 年に議会法によって設立された組織であり、道路使用料（燃料税、通行料、交通安全関連の罰金、車軸荷重の罰金など）を主な財源としている。この基金は、ウガンダ国内の全道路の維持管理を目的として運用されている。

URF からは、道路維持管理の予算が UNRA に配賦されており、国道ネットワークの維持管理のための財政的な支柱として重要な役割を果たしている。

表 2-1-3 国家予算および道路関係省庁予算の推移

単位：UGX Billion

項目	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
国家予算	23,972.25	26,360.45	29,008.54	32,702.82	40,487.90
MoWT	928.02	403.32	461.11	880.96	1,656.33
UNRA	1,812.22	2,634.12	3,620.94	3,130.41	4,019.07
URF	417.93	417.84	542.52	542.52	448.83

出典：MOFPED

UNRA の財源は、ウガンダ政府からの交付金や URF からの交付金に加え、複数の国際ドナー機関からの支援によって成り立っている。これらの国際ドナー機関には、アフリカ開発銀行（AfDB）、欧州連合（EU）、世界銀行（World Bank）、アフリカ経済開発アラブ銀行（BADEA：Arab Bank for Economic Development in Africa）、中国輸出入銀行（The Export-Import Bank of China）、および JICA などが含まれる。

表 2-1-4 UNRA の道路整備の実績

単位：UGX Billion

項目	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
道路整備 GOU	1,532.80	1,612.7	1,299.43	1,753.73	1,301.59
道路整備 ドナー	907.45	863	1,014.33	1,621.36	1,495.47
維持管理 URF	267.9	312.6	234.91	310.29	235.09
合計	2,708.15	2,788.30	2,548.67	3,685.38	3,032.15

出典：UNRA

2-1-3 技術水準

ウガンダにおける道路・橋梁建設に際しては、公共事業・運輸省（MoWT）が発行する以下のガイドラインが使用されている。これらのガイドラインは内容が十分に整備されており、その技術水準はプロジェクトの実施において特段の問題はないと評価される。

- Road Design Manual (MoWT, 2010.01)
- Road Project Implementation Manual (MoWT, 2010.01)
- Road Maintenance Management Manual (MoWT, 2010.01)
- Road Design and Construction Manual (MoWT, 2018.07)

UNRA が所掌する道路や橋梁の維持管理は、UNRA の直営で実施されている。しかしながら、財源や人材が限られていること、特に地方部への資源配分が少ないことが、道路セクターにおける課題として挙げられる。

また、ウガンダで支間長 120m 以上の長大橋は、日本の円借款事業により建設され、2018 年 10 月に完工したナイル架橋（ジンジャ橋）のみである。この橋の維持管理には、橋梁の構造健全性を監視するシステム（Bridge Structural Health Monitoring System）が導入されており、コンクリートのひび割れを計測する日本の技術「KUMONOS」もシステムの一部として活用されている。このような技術導入により、橋梁の長期的な維持管理が強化されている。

2-1-4 既存施設

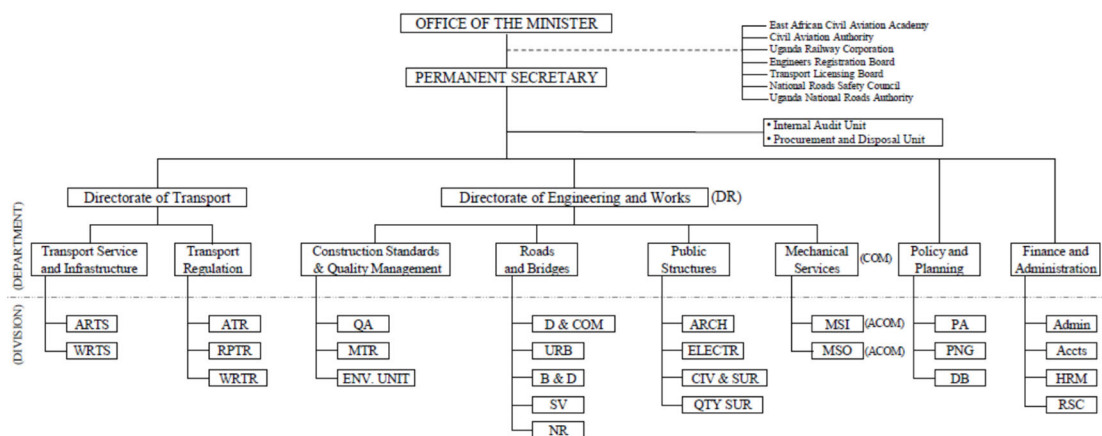
前述のとおり、現カルマ橋は道路設計上の問題として幅員の不足、交通安全上の課題、さらに床版コンクリートの劣化といった構造的な問題を抱えている。しかしながら、この橋は当該地域で唯一の幹線道路上に位置する重要な交通拠点であることから、ウガンダ軍による警備が実施されている。この厳重な管理体制により、不適切な利用は行われていない状況である。

2-1-5 実施機関の変更

ウガンダ政府は、2024年11月6日に「ウガンダ国道公社（UNRA）法2006」を廃止し、大統領は同年12月18日に承認、12月23日に官報に掲載した。これにより、UNRA およびその機能は官報掲載日をもって正式に廃止され、公共事業・運輸省（MoWT）がその機能を引き継ぐこととなった。この決定は、長年指摘されてきた UNRA の運営効率や費用対効果に関する問題への対応として、政府が実施した構造改革の一環である。UNRA は2006年の設立以来、ウガンダ全土の国道の設計、管理、維持・修繕を担ってきたが、近年、その運営に関する課題が顕在化していた。今回の統合は、行政業務の一元化と効率化を目的としており、重複業務の排除や運営体制の最適化を通じて、道路管理能力を強化するとともに、計画から実施までのプロセスを統一し、行政手続きの簡素化やコスト管理の向上を図るものである。

これに伴い、UNRA が担っていた国道の設計、工事管理、維持・修繕事業はすべて MoWT の管轄となる。また、UNRA の職員については、その専門性と経験を考慮し、MoWT の関連部門に再配置される予定である。さらに、UNRA が進めていた事業の継続性を確保するため、すべてのプロジェクト実施ユニット（PIU）は維持され、当面の6か月間は契約が継続される。その後、公共サービス省（Ministry of Public Service）の勧告に基づき、恒久的な雇用条件が決定される予定である。

本事業の実施にあたっては、UNRA から MoWT への職務、責任、義務の円滑な移行が不可欠である。本調査では、UNRA および MoWT との協議を通じ、MoWT が UNRA の機能を正式に引き継いだ後、事業実施機関としての全責任を担うことを確認した。さらに、その旨を JICA に対して書面で正式に通知することで合意に達している。この移行プロセスを円滑に進めることで、本事業の着実な実施と持続可能な運営体制の確立が求められる。なお、本報告書作成時点では、UNRA を吸収した MoWT 内の組織改変は未確定であることから、本事業の実施体制は、今後、詳細設計段階において MoWT と具体的な確認を進める予定である。参考として、図2-1-2に UNRA を吸収する以前の MoWT の組織図を示す。



出典：MoWT

図 2-1-2 MoWT の組織図

2-2 プロジェクトサイトおよび周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

本事業の対象地域において、移設の対象となり得る公共インフラ施設には、電線や電柱、看板、警察の CCTV カメラが含まれる。



電線や電柱、CCTV カメラ



看板

出典：JICA 調査団

図 2-2-1 事業対象地域の気候条件

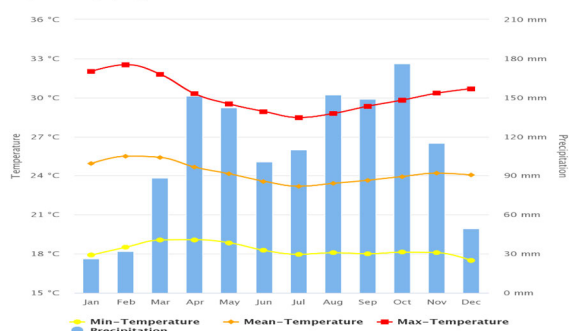
2-2-2 自然条件

2-2-2-1 気候

ウガンダは東アフリカ高原に位置する内陸国で、国土面積は約 24.1 万 km²である。このうち、ヴィクトリア湖やチョガ湖などの内水面積が約 4.4 万 km²（全体の 18%）を占めており、陸地面積は約 19.7 万 km²である。国土の平均標高は 1,100m で、南部地域から北部地域のスーダン平原にかけて、ナイル川の流れに沿う形でなだらかに下っている。

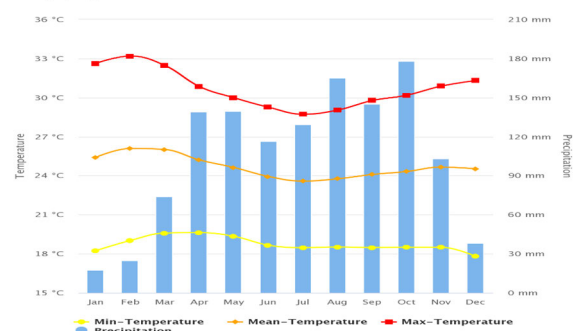
ウガンダの気候はケッペンの気候区分でトロピカルサバンナ気候に分類される。世界銀行のデータベースによれば、キリヤンドンゴ県およびヌウォヤ県における 1991 年から 2020 年までの平均気温は約 24℃、年間平均降雨量は約 1,300mm である。降雨量が多い時期は、4～5 月の小雨季と 8～10 月の大雨季に集中している（図 2-2-2 参照）。

Monthly Climatology of Min-Temperature, Mean-Temperature, Max-Temperature & Precipitation 1991-2020
Kiryandongo, Uganda



キリヤンドンゴ県

Monthly Climatology of Min-Temperature, Mean-Temperature, Max-Temperature & Precipitation 1991-2020
Nwoya, Uganda



ヌウォヤ県

出典：World Bank Group, Climate Change Knowledge Portal

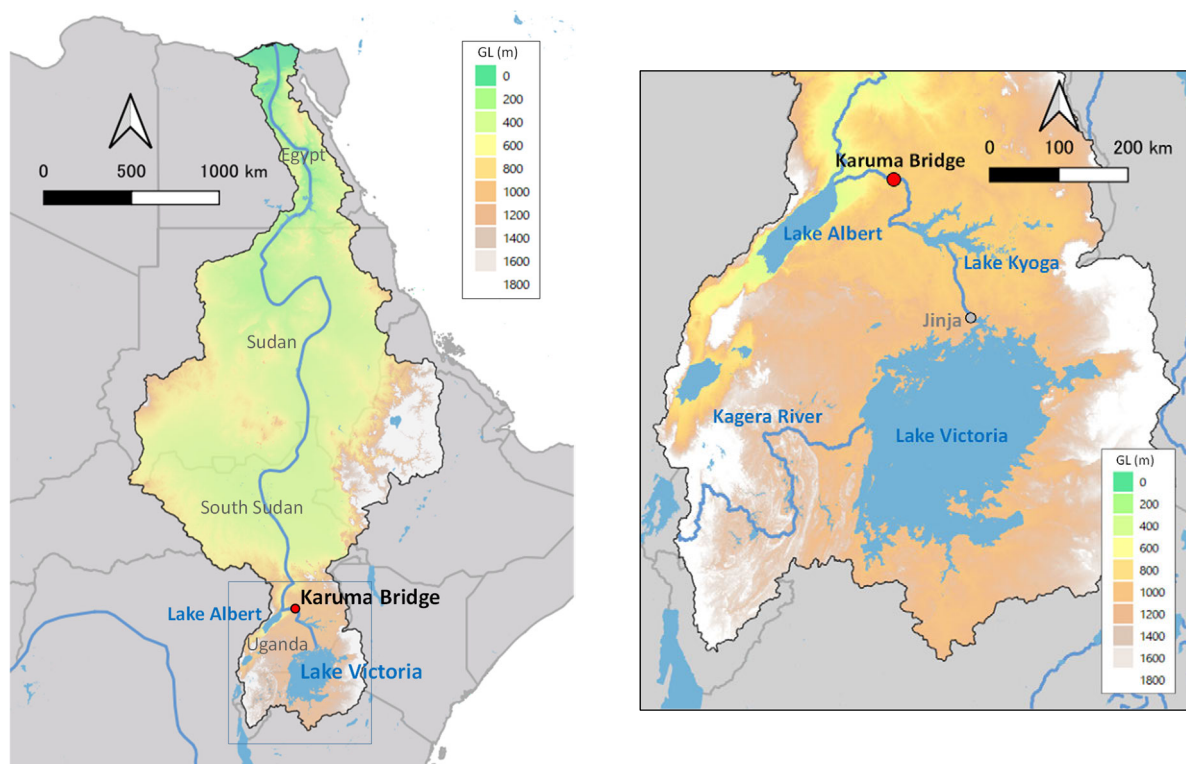
図 2-2-2 事業対象地域の気候条件

2-2-2-2 河川・水文

(1) 流域・事業対象地の概要

カルマ橋が横断するナイル川は、ウガンダ、タンザニア、ケニアにまたがるヴィクトリア湖に流れ込む最大の河川であるカゲラ川を源流とし、ウガンダ、南スーダン、スーダン、エジプトを經由して地中海に注ぐ国際河川である。

ヴィクトリア湖北岸のジンジャから流れ出たナイル川は、約 125km 北に位置するチョガ湖に流入し、その後コンゴ民との国境に位置するアルバート湖へと続く。このアルバート湖に至るまでの区間は「ヴィクトリア・ナイル」と呼ばれ、アルバート湖以降は「アルバート・ナイル」と呼ばれる。また、スーダン共和国に入ると「白ナイル」と称され、首都ハルツームでエチオピア連邦民主共和国のタナ湖を源流とする「青ナイル」と合流する。ナイル川の流域面積は約 290 万 km²、全長は 6,695km に及び、アフリカ大陸で最も長い河川である。

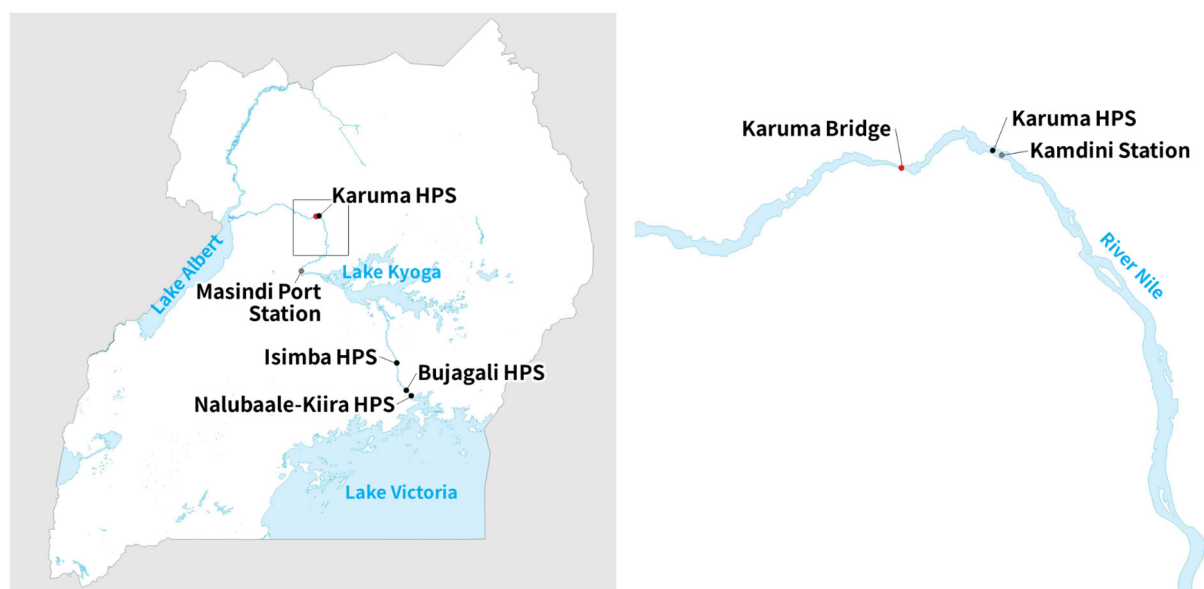


出典：JICA 調査団

図 2-2-3 ナイル川流域

現カルマ橋は、チョガ湖の下流約 128km に位置している。ヴィクトリア湖と現カルマ橋の間には、ナルバレ、キイラ、ブジャガリ、イシンバ、カルマの 5 つの水力発電ダムが存在している。

ナイル川沿いの水文観測所としては、ヴィクトリア湖近くのジンジャ観測所、約 40km 下流の Mbulamuti 観測所、現カルマ橋から約 90km 上流のマシンディ観測所、そして約 10km 上流のカムディニ観測所がある。これらの観測所では、ウガンダ水環境省（MWE: Ministry of Water and Environment）が水文データを管理している。



出典：JICA 調査団

図 2-2-4 カルマ橋位置図

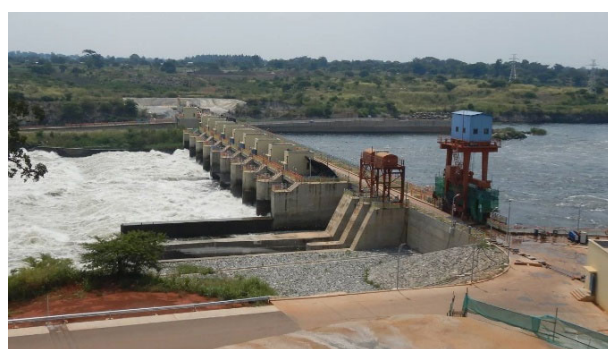
(2) カルマ水力発電事業

カルマ水力発電所事業は、ウガンダ発電公社（UEGCL: Uganda Electricity Generation Company Limited）が中国輸出入銀行の支援を受けて建設を進めているプロジェクトである。同発電所は最大600メガワットの発電能力が計画されており、完成すればウガンダ国内で最大の発電ダム施設となる見込みである。

表 2-2-1 カルマ水力発電所事業の概要

実施年度	ドナー機関	案件名	総事業費	協力形態	概要
2015-実施中	中国輸出入銀行	カルマ水力発電所事業	17 億ドル	借款	発電所の建設

出典：UEGCL



カルマ重力式ダム全景



ダム管理用通路

出典：JICA 調査団

図 2-2-5 カルマ水力発電所

カルマ水力発電所は、現カルマ橋の上流約 4km 地点に建設された重力式ダムの取水口から河川水を取り込み、約 70m の落差を利用して発電タービンで電力を生み出す計画である。発電後の河川水は、地下導水トンネルを介してカルマ橋の下流約 5km の地点に排出される設計となっている。水力発電ダムの主要諸元を表 2-2-2 に示す。

表 2-2-2 カルマ水力発電ダムの諸元

項目	諸元	位置図
ダム形式	重力式コンクリートダム	
天端標高	El. 1,032 m	
堤頂長	314.43 m	
流域面積	346,000 km ²	
総貯水容量	79.87 MCM	
有効貯水容量	45.53 MCM	
洪水時満水位	El. 1,030 m	
最低水位	El. 1,028 m	

出典：Karuma Hydro Power Plant Basic Design Report、MEMD、2015 年

位置図は上記資料を基に JICA 調査団作成

カルマ水力発電ダムの上流には、4 つの既設水力発電ダムが稼働している。それぞれのダムの主要諸元を表 2-2-3 に示す。UEGCL は、これら上流のダムが万が一決壊した場合に下流のダムへ及ぼす影響を検討した結果、大きなリスクは発生しないと結論付けている。¹

表 2-2-3 カルマ水力発電所の上流のダムの諸元

項目	単位	ナルバレ発電所	キイラ発電所	ブジャガリ発電所	イシンバ発電所
ダム形式	-	コンクリート	複合	複合	複合
設計高水流量 (1 万年確率)	m ³ /s		4,200	4,500	4,500
計画放水量	m ³ /s	1,272	1,740	4,500	5,230
最大使用水量	m ³ /s	1,150	1,120	1,375	1,375
堤高	m	30.0	32.0	30.0	26.5
天端標高	m. a. s. l	1,136.15	1,137.00	1,114.54	1,057.50
洪水時満水位	m. a. s. l	1,135.00	1,135.00	1,112.00	1,055.00
堤頂長	m	726	380	850	1,599
竣工年	年	1954	2003	2012	2019
管理者	-	Eskom Uganda Limited		Bujagali Energy Limited	UEGCL

出典：Lessons learnt from dealing with climatic extreme events - A case of L. Victoria and the White Nile Cascade、Manirakiza ら、2022 年

(3) ヴィクトリア湖からの流出量

ヴィクトリア湖では、2019 年末からの集中的かつ長期間にわたる降雨により水位が上昇し、2020 年 5 月および 2021 年 5 月には、ジンジャ橋付近で 1964 年 5 月に記録された既往最大水位（13.46m）を上回る 13.47m が観測された。この水位上昇は、ヴィクトリア湖から唯一の流出河川であるナイル川の最上流部に位置し、湖水位の調節機能を担うナルバレ・ダムおよびキイラ・ダムの流出量にも影響を及ぼした。

2020 年以前におけるナルバレ・ダムからの流出量は、1964 年 5 月に記録された 1,910m³/s が最大であったが（当時はナルバレ・ダムのみが稼働）、2020 年および 2021 年の 5～6 月には、ナルバレ・ダムとキイラ・ダムからの合計最大流出量が 2,400m³/s を超え、観測史上最大となった。この水位上昇により、ヴィクトリア湖沿岸では住宅地や農地が浸水し、数万人が自宅を離れる事態とな

¹ Lessons learnt from dealing with climatic extreme events - A case of L. Victoria and the White Nile Cascade、Manirakiza ら、2022 年

った。水環境省（MWE）は、湖や河川の沿岸地域に居住する住民に対し、避難を促す警報を発出するなど、被害の拡大防止に向けた対応を行った。^{2,3}



2014 年 2 月

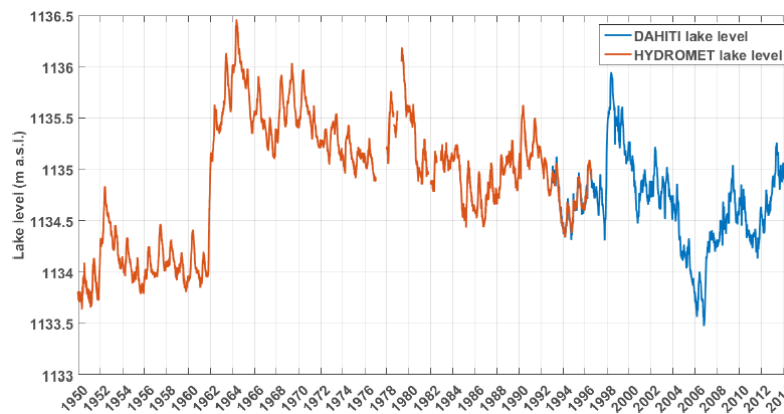


2021 年 9 月

出典：Google Earth

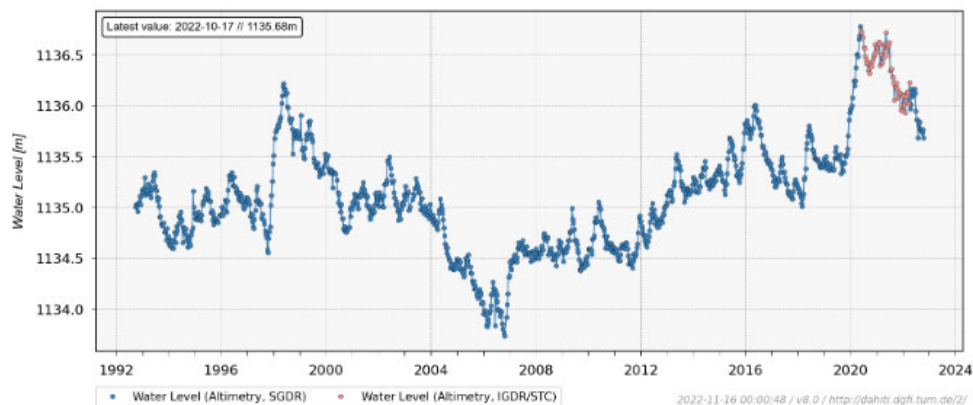
図 2-2-6 ヱィクトリア湖の水面変化

図 2-2-7 および図 2-2-8 は、衛星観測によるヱィクトリア湖の水位推移を示している。データからは、約 15～20 年ごとに水位が大きく上昇する傾向が確認されるが、特に 1964 年および 2020 年～2021 年の水位上昇が顕著であることが分かる。



出典：Modelling the water balance of Lake Victoria (East Africa)、Vanderkelenら、2018 年

図 2-2-7 ヱィクトリア湖の水位の長期推移（1950～2014 年）



*Eskom による 2020 年、2021 年の Jinja 橋における最大観測水位（13.47m）は、1,136.33m に相当する。

出典：DAHITI

図 2-2-8 ヱィクトリア湖の水位の推移（1992～2022 年）

² Lake Victoria's Rising Waters、NASA、2021 年

³ Govt issues flood alert, tells lakeside residents to vacate、Monitor、2021 年

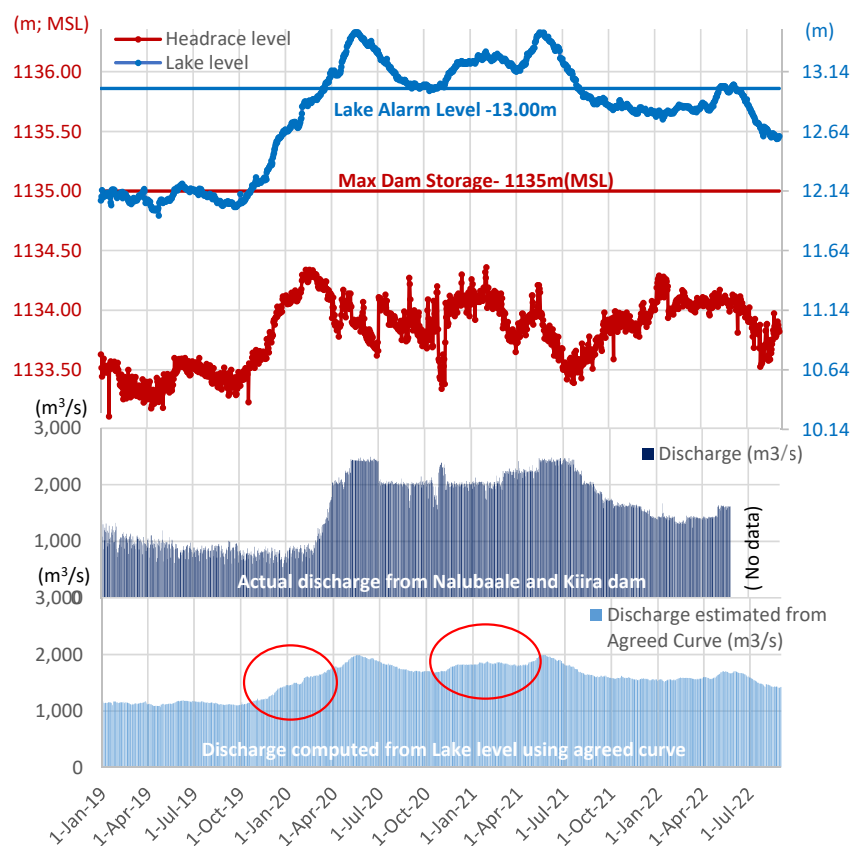
2. プロジェクトを取り巻く状況

図 2-2-9 は、2019 年 1 月から 2020 年 8 月にかけてのヴィクトリア湖水位、ナルバレ・ダム の導水路水位、およびナルバレ・ダムとキイラ・ダムからの合計放流量の推移を示している。また、図の最下段には、ウガンダとエジプト間で 1949 年および 1953 年に合意された「Agreed Curve」（詳細は後述）を用いて、ヴィクトリア湖水位から算出される想定流量も併記されている。

2020 年 3 月以降、ヴィクトリア湖の水位は警報レベル（13.00m）を超え、2020 年 5 月および 2021 年 5 月には 13.47m に達した。乾季にも水位は下がらず、2021 年 8 月まで警報レベルを下回らない状態が続いた。ナルバレ・ダムの導水路における最高水位は 1,134.36m（平均海水面水位：MSL）、ナルバレ・ダムとキイラ・ダムからの最大放流量は $2,497\text{m}^3/\text{s}$ に達したが、ダムの洪水時満水位（1,135.00m MSL）や設計高水流量（ $4,200\text{m}^3/\text{s}$ ）には至らなかった。

ヴィクトリア湖の水位は 2019 年 10 月から 2020 年 5 月にかけて顕著に上昇しており、2020 年 3 月までのダム放流量は Agreed Curve を基に算出される想定流量を下回っていた。この期間の放流量の少なさが、水位上昇およびその後の $2,400\text{m}^3/\text{s}$ を超える放流量の増加に影響を与えた可能性がある。ただし、2020 年 4 月から 12 月の水位と流量の関係を見る限り、ダムの運転条件に関わらず、2020 年の最大流量は $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を上回っていたと考えられる。

また、2021 年 3 月末から 5 月中旬にかけては、 $2,200\sim 2,400\text{m}^3/\text{s}$ の放流量にもかかわらず、ヴィクトリア湖水位と導水路水位が同時に上昇している。この期間における導水路水位と流量の関係から、少なくとも $2,300\text{m}^3/\text{s}$ のピーク流量があったと推定される。



*Agreed curve は、13.19m の水位までの流量しか規定していないため、それ以上の水位については、近似曲線を求めて算出した。

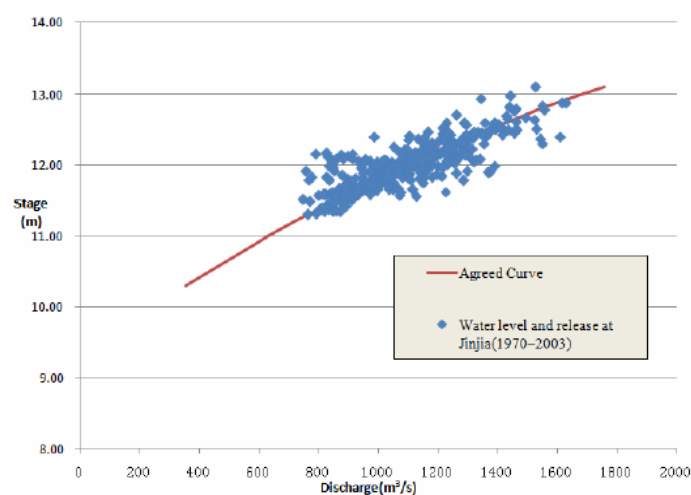
出典：Eskom

図 2-2-9 ヴィクトリア湖・ナルバレ・ダム導水路の水位と流量（2019 年 1 月～2022 年 8 月）

前述のとおり、ナルバレ・ダムおよびキイラ・ダムからの放流量は、ウガンダとエジプト間で合意された Agreed Curve に基づいて決定される。1970 年から 2003 年においては、図 2-2-10 に示されるように、運用が Agreed Curve に準拠していたと考えられる。

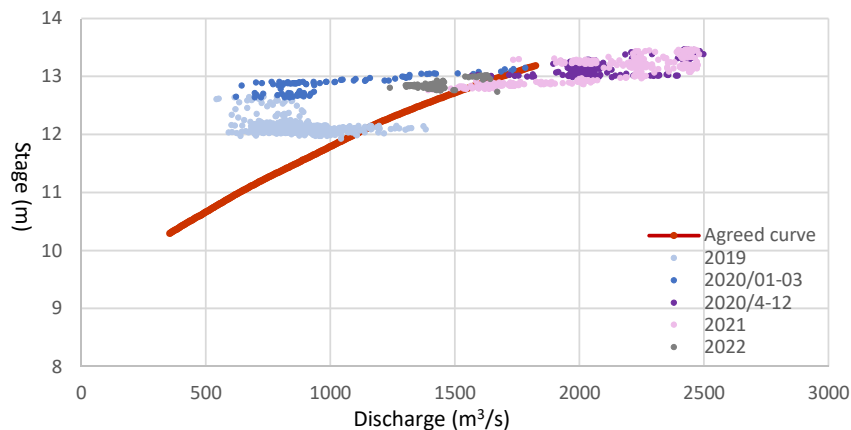
一方、2019 年 1 月から 2022 年 5 月の放流量には Agreed Curve との乖離が見られる（図 2-2-11）。特に、2019 年から 2020 年 3 月までは、Agreed Curve で想定される流量より放流量が少なかった。一方で、2020 年 4 月から 2021 年 11 月にかけては、放流量が Agreed Curve で想定される流量を上回っており、湖水位が Agreed Curve で規定されている水位（13.19m）を超える場合でも、近似曲線で算出される想定流量より放流量が大きかったことが確認されている。

ナルバレ・ダムとキイラ・ダムの管理者である Eskom、および河川や湖沼を含む水資源の管理を担当する水環境省（MWE）の一部局である水資源管理総局（DWRM: Directorate of Water Resources Management）へのヒアリングによれば、通常の湖水位は 12.0m 程度であり、2020 年初旬に湖水位が急激に上昇したことを受け、DWRM がダム管理者に対し放流量の増加を指示したという。これらの情報から、2020 年 3 月までは湖水位を一定の水準で維持するため放流量を抑えていたこと、そしてそれ以降は DWRM の指示に基づき放流量を増加させたことが示唆される。



出典：Karuma Hydro Power Plant Basic Design Report、MEMD、2015 年

図 2-2-10 Agreed curve と Jinja における観測水位および流量（1970 年～2003 年）



出典：Eskom

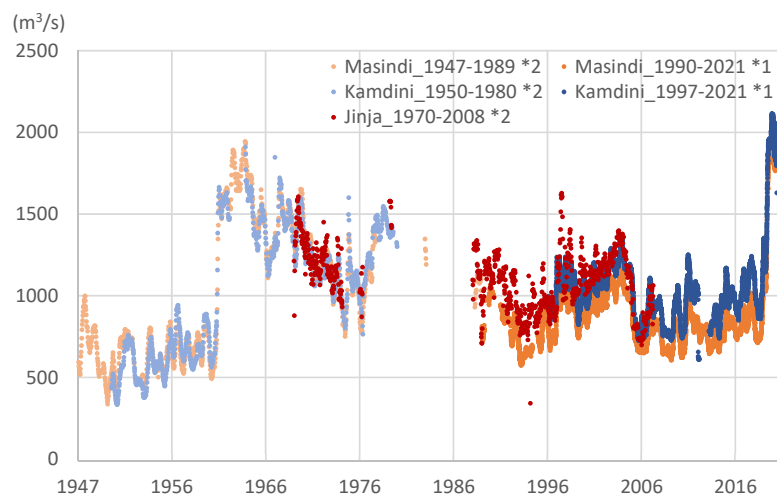
図 2-2-11 Agreed Curve とジンジャにおける観測水位・流量（2019 年 1 月～2022 年 5 月）

2. プロジェクトを取り巻く状況

2021 年 12 月以降、放流量は再び Agreed Curve で想定される流量を下回るようになった。これに伴い、2022 年 5 月から 6 月初めにかけてヴィクトリア湖の水位は再び 13.0m に達し、放流量は最大で約 1,600m³/s を記録した。しかし、その後は湖水水位が徐々に低下していると考えられる。このため、2020 年から 2022 年前半にかけて発生したヴィクトリア湖の水位上昇および流量増加は、一時的な現象であり、恒常的なものではないと推測される。

(4) カルマ橋の水文・水理条件

図 2-2-12 は、カムディニ、マシンディ、ジンジャ観測所におけるナイル川の流量推移を示している。カムディニおよびマシンディ観測所におけるこれまでの既往最大流量は、それぞれ 1,912m³/s および 1,945m³/s（1964 年 10 月）であった。しかし、近年の観測において、カムディニ観測所では 2020 年 11 月に 2,117m³/s、マシンディ観測所では 2021 年 12 月に 2,008m³/s を記録し、いずれも観測史上最大流量を更新した。



出典：MWE(*1)、Karuma Hydro Power Project Hydrological Studies(*2)

図 2-2-12 カムディニ、マシンディ、ジンジャ観測所でのナイル川流量の推移（1947～2021 年）



チョガ湖から約 36km 下流に位置するマシンディ観測所のナイル川では、観測施設内に 2020 年から 2021 年の増水時に残された痕跡が確認された。

隣接するフェリーターミナルも浸水の影響を受け、2020 年 4 月から翌年 4 月まで運行が停止された。その後、浸水箇所の嵩上げ工事が行われ、運行が再開された。

出典：JICA 調査団

図 2-2-13 マシンディ観測所における 2020 年から 2021 年のナイル川流量増の状況

カムディニ、マシندي、ジンジャ観測所における流量の変動は、全体的に似た傾向を示しているものの、ジンジャ観測所の流量はカムディニおよびマシندي観測所の流量よりやや大きい。一方で、1997 年以降、カムディニ観測所の流量はマシندي観測所より約 17%程度大きいことが確認されている。また、カムディニおよびマシندي観測所の流量がジンジャ観測所より小さく、2020 年の最大流量およびその発生時期がナルバレ・ダムおよびキイラ・ダムからの最大放流量およびその時期と異なるのは、両地点の間に位置するチョガ湖の貯留効果が主な原因であると考えられる。

JICA が実施した「ウガンダ国北部回廊インフラ開発のための情報収集・確認調査」におけるカルマ橋の設計流量は、2009 年までの流量データを基に算出されていた。しかし、本調査では、近年の河川流量の増加を踏まえ、2020 年までのデータを用いて再評価を行った。この再評価では、カルマ水力発電事業およびカルマ橋の情報収集確認調査で用いられた設計流量の算出方法を踏襲し、以下のプロセスで確率流量を算出した。

- 現カルマ橋から約 20km 上流に位置するカムディニ観測所で観測された河川流量を基に、橋梁地点での流量と仮定し、年ごとの最大観測流量を算出した。
- カムディニ観測所の流量はマシندي観測所の流量より大きい傾向があるものの、マシندي観測所で観測された年最大流量がカムディニ観測所の観測値を上回る場合、その流量で補正を行った。また、カルマ水力発電事業の設計流量検討ではマシندي観測所のデータがない年を除外していたが、時系列的に流量の変動が妥当と判断される場合には、データが欠けている年も含めた。
- 観測頻度によりピーク流量が観測されていない可能性を考慮し、年最大観測流量に 20%を加算して年最大ピーク流量を算出した。
- 分布との適合性を検討し、妥当性が確認された場合に Gumbel 分布に基づく極値統計解析を実施し、確率流量を算出した。

上記プロセスに基づき算出されたカムディニ観測所の年最大ピーク流量を表 2-2-4 に示す。

表 2-2-4 カムディニ観測所における推定年最大ピーク流量 (m³/s)

年	年最大観測流量	年最大ピーク流量	年	年最大観測流量	年最大ピーク流量
1951	770	924	1979	1,549	1,859
1952	795	954	1997	1,238	1,486
1953	562	674	1998	1,238	1,486
1954	806	967	1999	1,204	1,444
1955	647	776	2000	1,139	1,367
1956	841	1,009	2001	1,204	1,444
1957	944	1,133	2002	1,178	1,413
1958	776	931	2003	1,291	1,550
1959	776	931	2004	1,363	1,636
1960	889	1,067	2005	1,260	1,512
1961	1,608	1,930	2006	1,059	1,271
1962	1,666	1,999	2007	1,110	1,332
1965	1,766	2,119	2008	1,051	1,261
1966	1,649	1,979	2009	930	1,116
1967	1,351	1,621	2010	1,064	1,276
1968	1,722	2,066	2011	1,252	1,502
1969	1,584	1,901	2012	1,225	1,470
1970	1,654	1,985	2013	831	997

2. プロジェクトを取り巻く状況

1971	1, 479	1, 775	2014	946	1, 135
1972	1, 291	, 1549	2015	1, 169	1, 403
1973	1, 286	1, 543	2016	1, 165	1, 398
1974	1, 254	1, 505	2017	1, 165	1, 398
1975	1, 602	1, 922	2018	1, 243	1, 491
1976	1, 187	1, 424	2019	1, 354	1, 625
1977	1, 258	1, 510	2020	2, 117	2, 540
1978	1, 494	1, 793			

出典：MWE の流量データを基に、調査団作成

確率流量の解析結果を表 2-2-5 に示す。極値理論に基づく分布形の適合性を評価するための SCLC (Standard Least Squares Criterion) 値は 0.04 以下には達しなかったものの、最も SCLC 値が小さい Gumbel 分布を適用することが妥当であると判断された。

表 2-2-5 カムディニ観測所における流量統計解析結果

	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev
X-COR (99%)	0.932	0.978	0.961	0.989
P-COR (99%)	0.868	0.982	0.977	0.989
SLSC (99%)	0.074	0.041	0.061	0.044
対数尤度	-360.7	-377.5	-378.9	-375.2
pAIC	725.4	759	761.8	756.3
X-COR (50%)	0.973	0.976	0.972	0.975
P-COR (50%)	0.978	0.977	0.976	0.974
SLSC (50%)	0.089	0.059	0.109	0.085

確率水文量	確率年	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev
	2	1326	1393	1383	1443
	3	1502	1561	1587	1616
	5	1723	1748	1829	1785
	10	2024	1983	2155	1969
	20	2325	2208	2491	2119
	30	2501	2338	2694	2195
	50	2723	2500	2958	2281
	80	2927	2648	3210	2351
	100	3023	2718	3332	2382

JackKnife推定誤差	確率年	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev
	2	53	53	55	56
	3	55	57	62	59
	5	65	66	80	67
	10	87	84	111	87
	20	114	104	149	115
	30	131	116	173	134
	50	153	131	206	159
	80	174	146	239	183
	100	183	153	255	194

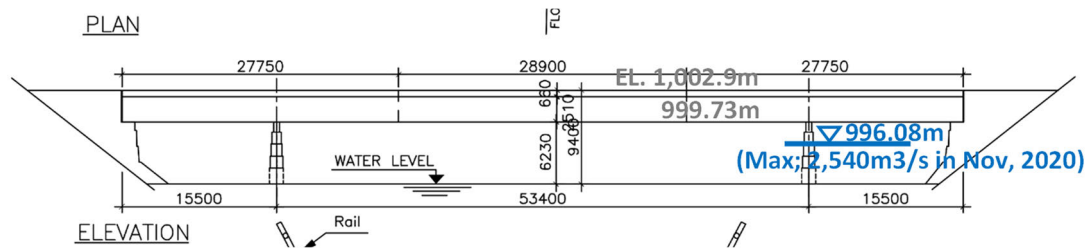
出典：JICA 調査団

表 2-2-6 に、算出された確率規模別のピーク流量を示す。100 年確率流量は $2,718\text{m}^3/\text{s}$ と算出された。一方、現カルマ橋で観測された既往最大流量 ($2,540\text{m}^3/\text{s}$ 、2020 年 11 月) は 57 年確率規模に相当する。また、2020 年 11 月の流況については、当時の状況を知る軍関係者へのヒアリング結果に基づき、洪水痕跡水位の測量を行った結果、同時期の最大水位は 996.08m と推定された (図 2-2-14 参照)。

表 2-2-6 確率規模別ピーク流量

再現期間 (年)	25	50	100	1,000	10,000
ピーク流量 (m ³ /s)	2,279	2,500	2,718	3,440	4,161

出典：Karuma Hydro Power Plant Basic Design Report、MEMD、2015 年



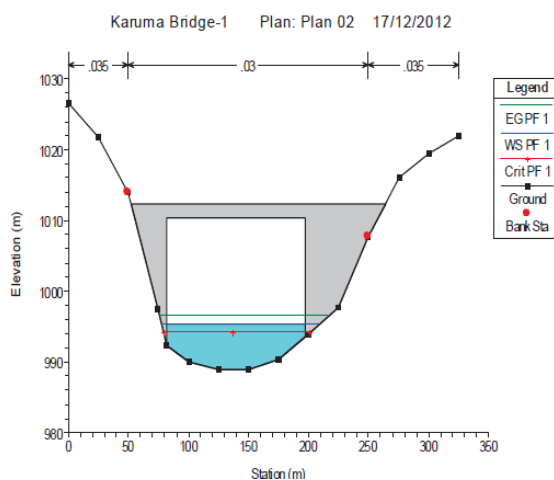
出典：UNRA の図面に調査団が加筆

図 2-2-14 現カルマ橋における既往最大水位の推定

2014 年のカルマ橋詳細設計報告書では、水理解析を通じて 100 年確率流量を設計流量とし、それに基づいて計画高水位が設定されている。本調査では、当時使用されたカルマ橋地点の河道断面図および勾配データを活用し、既往最大流量と水位の観測結果をもとに、等流計算を用いて逆算粗度係数を算出した。この粗度係数を適用し、100 年確率流量における水位を算出した結果、計画高水位は 996.38m と推定された（図 2-2-15、表 2-2-7 参照）。

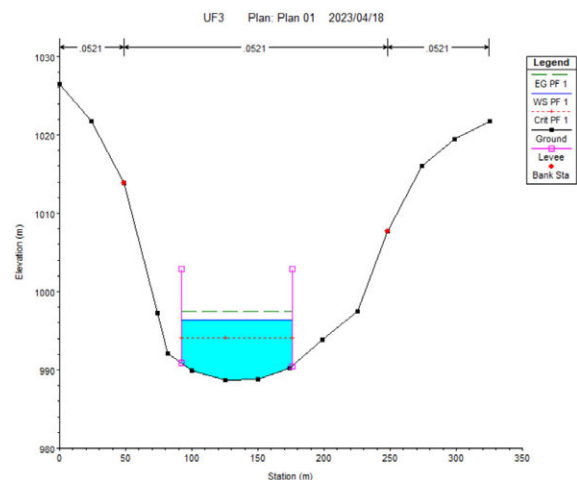
推定結果は、57 年確率流量時の洪水痕跡水位を基にしており、100 年確率流量との差は 7%にとどまることから、算出された 100 年確率流量での水位が実態とかけ離れる可能性は低いと考えられる。また、現地の流況が河川測量を困難にしているものの、推定された水位が橋梁設計に重大な影響を与えることは想定されない。

以上の検討結果を踏まえ、本事業で考慮する計画高水位は 996.38m（設計流量：2,718m³/s）と設定する。なお、MoWT 道路設計マニュアル⁴に従い、余裕高は 1.5m とする。



詳細設計調査で検討された横断面

出典：Karuma Bridge Detailed Design Report



本調査での等流計算に用いた横断面

出典：JICA 調査団

図 2-2-15 カルマ橋地点での河道断面

⁴ Road Design Manual – Vol. II Drainage Design、MoWT、2010 年

表 2-2-7 等流計算結果

	流量 (m³/s)	水位 (m)	流速 (m/s)	断面積 (m²)	粗度係数	フルード数
既往最大値	2,540	996.08	4.47	567.9	0.0521	0.55
100 年確率流量	2,718	996.38	4.58	593.0	0.0521	0.55

*勾配は、0.005 と設定

出典：JICA 調査団

カルマ水力発電事業では、2019 年および 2021 年にダム決壊時のシミュレーションが実施され、それぞれ複数のシナリオに基づいて現カルマ橋地点の水位の推定および安全性の検証がなされた（表 2-2-8 参照）。

2019 年の解析では、現カルマ橋の床版高さを 1,003.2m、橋脚の天端高を約 1,000m と仮定し、10,000 年確率流量時における現カルマ橋地点の水位が、ダム決壊の有無に関わらず橋面を水没させると推定された。10,000 年確率規模の流量シナリオに限らず、平時の流量（1,198m³/s）においても、ダム決壊時の洪水水位が 2021 年の調査結果で推定された床版高さを超えるとされている。

一方、2021 年の解析では、2019 年の解析とほぼ同様のシナリオを想定しているものの、ダムの部分決壊時における流出条件が異なり、それに伴い算出されたピーク流出量にも大きな差異が生じている。2021 年の解析では、2019 年の解析結果よりも低い水位が算出されているが、ゲート操作を伴わないダム決壊条件下では、水位がさらに 1.8m 上昇する結果となった。ただし、これらの状況下でも、ダム決壊による橋そのものへの構造的影響は小さいと評価されている。

しかしながら、これらの解析で算出されたピーク水位は、既往最大流量（2,540m³/s）および痕跡水位（996.08m）と比較すると、いずれも過大である可能性があると考えられる。

表 2-2-8 現カルマ橋の地点におけるダム決壊時の想定水位

シナリオ	ダムへの 流入量 (m³/s)	ダムからの ピーク流出量 (m³/s)	ピーク水位 (m)	
			2019 年*	2021 年**
通常運転（ダム決壊無し）	1,198	－	－	991.0
ダム部分決壊		330*/1,482**	1,004.12	993.3
ダム決壊		1,198*/2,763**	1,004.32	1,000.4
ダム決壊無し	4,660 (10,000 年 確率規模)	－	－	1,004.8
ダム部分決壊		4,828**	1,007.69	－
ダム決壊（ゲート操作有り）		5,100*	－	1,004.8
ダム決壊（ゲート操作無し）		6,650*/5,467**	1,007.98	1,006.6

出典：*Karuma Hydropower Project Dam Break Analysis and Inundation Report、2019 年

**Karuma Hydropower Project Dam Break and Consequence Assessment、2021 年

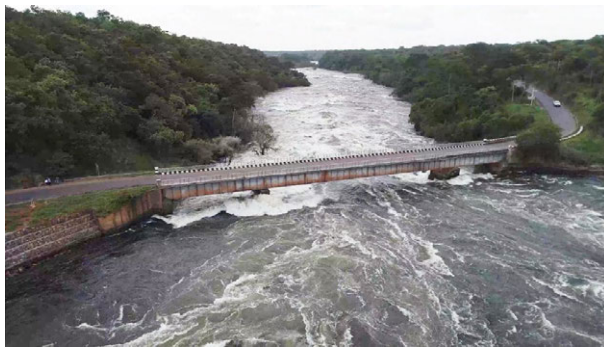
2-2-2-3 地形

架橋位置の道路標高は約 1,000m で、キリヤンドongo県側のカルマ町（標高約 1,040m）との標高差は約 40m、ヌウォヤ県側の近傍交差点（標高約 1,060m）との標高差は約 60m である。この地点での川幅は下流側約 100m 程度の範囲で約 70m と最も狭く、上流側では約 150～380m、下流側では約 100～300m の川幅となっている。

事前の地形分析には、縮尺 1/2,500 程度の精度が期待できる「AW3D 高精細版地形データ 0.5mDTM」および「AW3D オルソ画像 0.5m 解像度」を使用し、取得した範囲（図 2-2-17 および図 2-2-18 参照）は 38km²に及ぶ。このデータを基に架橋位置周辺の地形状況を詳細に分析した。

キリヤンドンゴ県側では、河川沿いの地形が急勾配をなしているが、河川から約 150m 陸地側に入ると緩やかな台地が形成されている。一方、ヌウォヤ県側の現道より東側のエリアは比較的急勾配の丘が連続しており、既存道路はこれらの丘を迂回する形で整備されたものと推定される。

現カルマ橋から上流約 1.5km の範囲は「カルマ・フォール」と呼ばれる中規模の滝が存在し、さらに上流約 4km のカルマ・ダム付近では河床標高が約 1,020m で、現カルマ橋までの区間で約 25m の高低差がある。また、下流約 5km に位置するカルマ発電所の導水トンネル出口付近では、河床標高が約 950m となっており、この間で大きな高低差が見られる。



現カルマ橋の上流側より撮影



現カルマ橋の下流側より撮影

出典：JICA 調査団

図 2-2-16 現カルマ橋周辺の地形状況

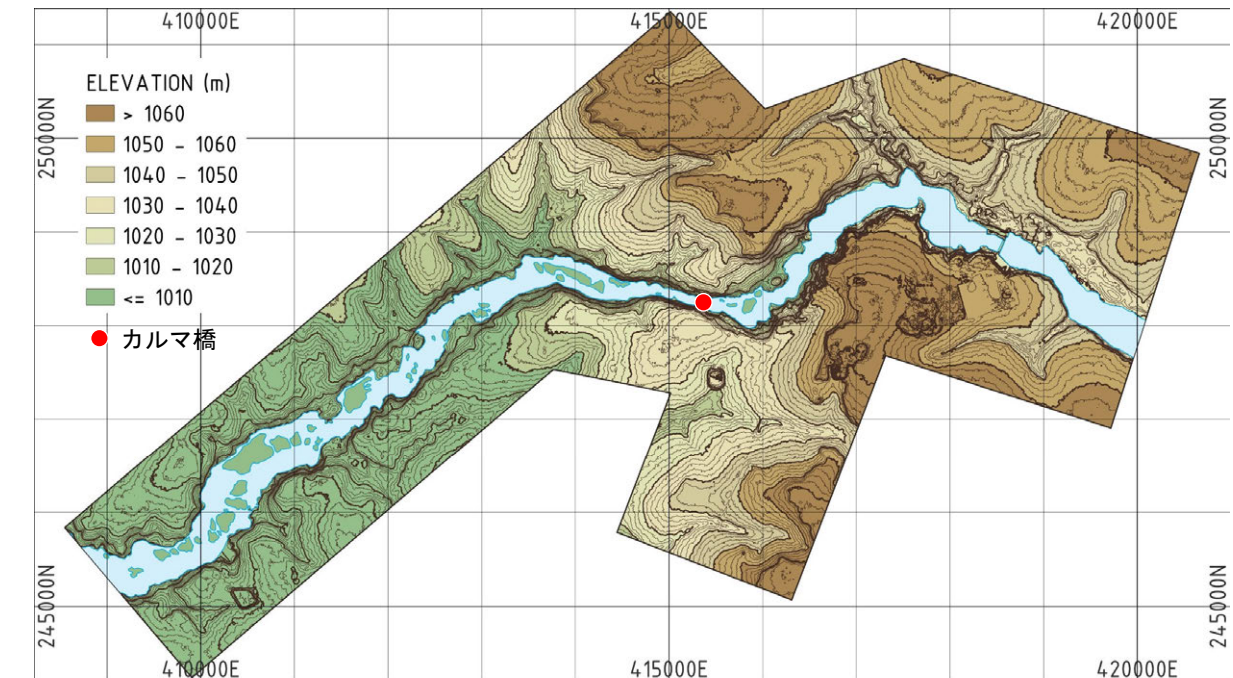
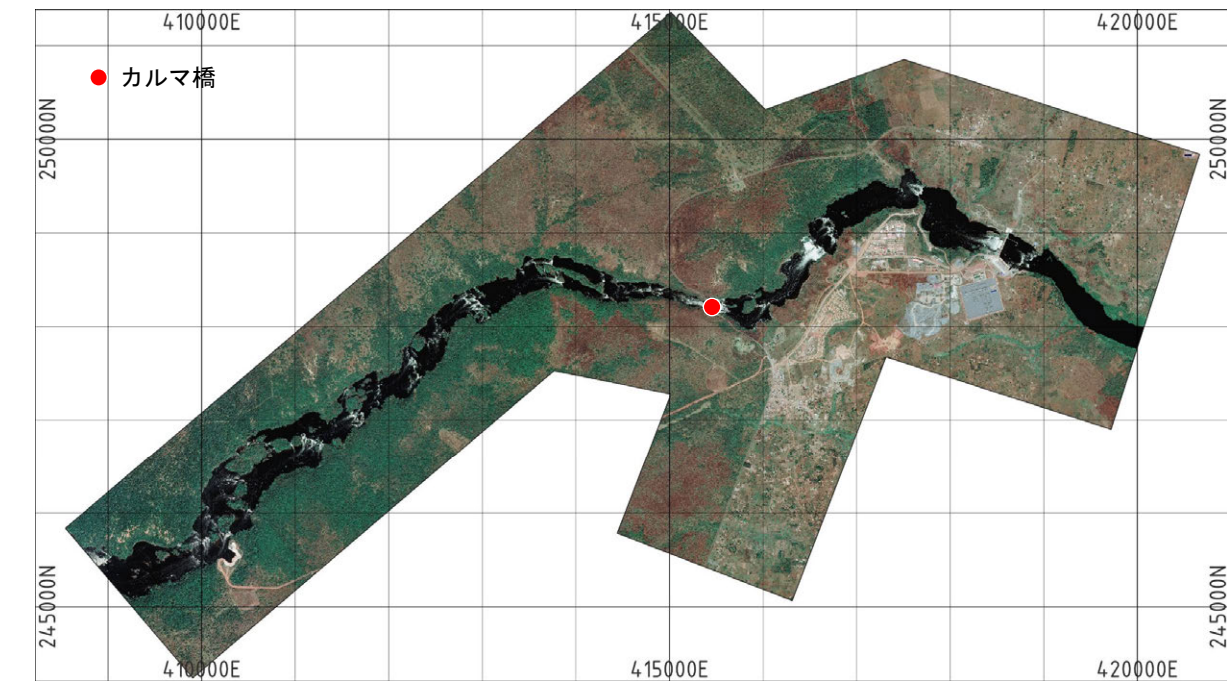


図 2-2-17 AW3D 高精細版地形データ 0.5mDTM

2. プロジェクトを取り巻く状況



座標系 : Arc 1960 / UTM Zone 36N

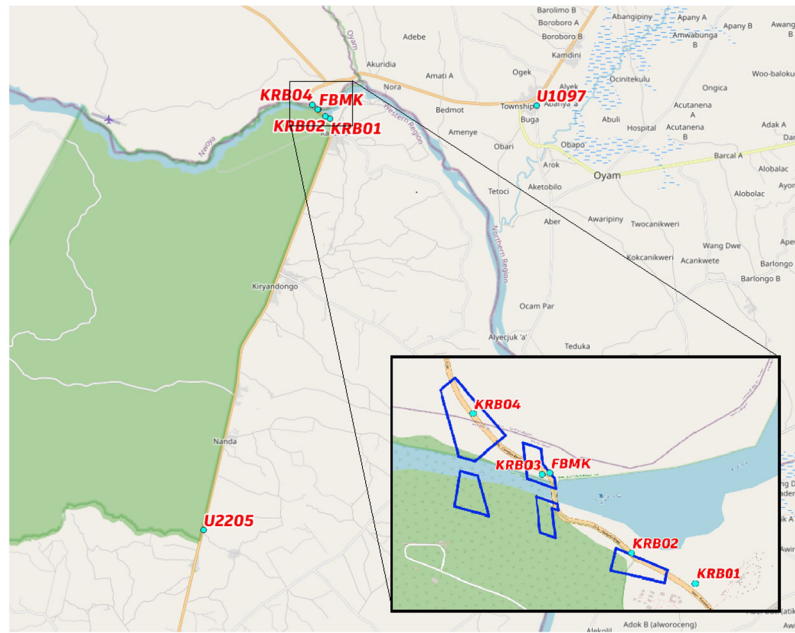
出典 : NTT データ・RETEC

図 2-2-18 AW3D オルソ画像 0.5m 解像度

架橋位置および橋梁形式の検討精度を向上させるため、架橋候補地周辺における地形測量を実施した。この測量に際して、既存の基準点を活用し、カルマ橋周辺に測量のための基準点を新たに 4 か所設置した。各基準点の座標 (UTM Zone 36N) および標高を表 2-2-9 および図 2-2-19 に示す。また、測量に使用したウガンダの国家測位基準 (UGRF: Uganda Geodetic Reference Frame) を表 2-2-10 に示す。

表 2-2-9 測量に使用した基準点一覧

No	X m (Easting)	Y m (Northing)	X m (Elevation)	Note
FBMK	415454.758	248018.040	1006.014	Vertical Datum
KRB01	416040.737	247557.200	1030.324	New Control Point
KRB02	415785.315	247684.195	1020.065	New Control Point
KRB03	415423.353	248011.544	1005.511	New Control Point
KRB04	415143.677	248264.842	1024.936	New Control Point
U1097	426416.790	248204.920	1053.439	Horizontal Datum
U2205	409653.170	226988.300	1099.492	Horizontal Datum



出典：JICA 調査団

図 2-2-19 基準点および測量実施区域

表 2-2-10 測量で使用した各種パラメーター

Datum		Projection	
Name	UGRF (ITRF2005.0 epoch2010.00)	Projection Class	Universal Transvers Mercator
Zone	36N	Latitude of Origin	00° 00 ' 00 "
Geoid	EIGEN6C-4	Central Meridian	33° 00 ' 00 "
Ellipsoid Parameters		Scale factor	0.9996
Ellipsoid Name	GRS 80	False easting	500,000
Semi-Major Axis	6378137.000		
Inverse Flattening	298.25722		

出典：Uganda Geodetic Reference Frame

2-2-2-4 地質

事業対象地域は楕状地に位置し、後期始生代の片麻岩（Gulu banded TTG Gneiss：2,652±8 Ma）が広範に分布している。この地域では、現カルマ橋の下流約 15～30m の地点で、11 箇所において各 20m、1 箇所で 7m のオールコア掘削調査を実施した。着岩までの間には標準貫入試験を行い、その結果、地盤は基盤岩である片麻岩から構成され、その上部には 1～3m の表層土（SS）が覆っていることが確認された。

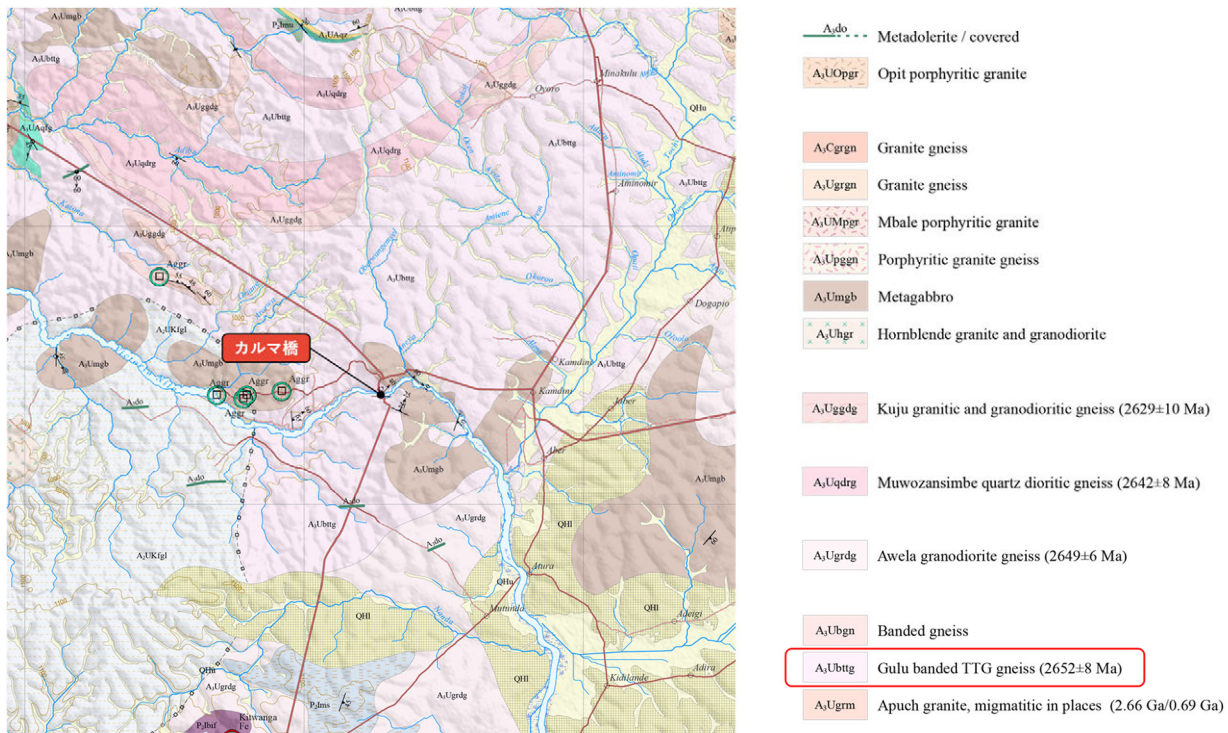
基盤岩は、同一の岩種であるが風化の程度によって、新鮮岩（gn IV）、弱風化岩（gn III）、風化岩（gn II）、および強風化岩（gn I）の 4 層に区分されることが判明した。

- SS： qu=0.14 MPa、 Vp=1,090 m/s
- gn I： qu=6.10 MPa、 Ed=1,630 MPa、 Vp=1,650 m/s、 岩級区分 D
- gn II： qu=13.6 MPa、 Ed=3,630 MPa、 Vp=2,800 m/s、 岩級区分 CL～D
- gn III： qu=25.9 Mpa、 Ed=6,920 MPa、 Vp=4,130 m/s、 岩級区分 CH
- gn IV： qu=56.8 Mpa、 Ed=15,170 MPa、 Vp=4,900 m/s、 岩級区分 B

(1) 調査対象地域の地質概況

アフリカ大陸は地殻変動の影響を比較的受けにくい安定した大地であり、先カンブリア代の変成岩類が長期間にわたる風化や浸食を経て形成した「楕状地」と呼ばれる平坦な地形（準平原）が広く分布している。ウガンダもこの特徴を有しており、西側の国境付近ではアフリカ大地溝帯、東側ではエルゴン山を擁するケニア国境地帯を除き、標高約 1,100m 前後の平坦な地形が広がっている。

本事業対象地域も楕状地に位置しており、後期始生代の片麻岩（Gulu banded TTG Gneiss : 2,652 ± 8 Ma）が広く分布している（図 2-2-20 参照）。



出典：Sustainable Management of Mineral Resources Project: Geological Mapping, Geochemical Surveys and Mineral Resources Assessment in Selected Areas of Uganda / Contract No. : Memd/Smmrp/Services/2006/00004 Ndf

図 2-2-20 調査対象周辺地質図

片麻岩は、大陸地殻の深部で高温・中圧の変成を受けて形成された岩石であり、鉱物が配列することで弱い片状構造を示すことが多い。しかし、結晶片岩のように薄く割れやすい性質はそれほど強くなく、花崗岩に近い硬さと耐久性を持つため、石材としても利用されることがある。

河岸沿いでは浸食の影響により風化部分が薄く、比較的新鮮な岩盤が浅い深度から現れると考えられる。図 2-2-21 は現カルマ橋の左岸側取り付け部における露岩の状況を示しており、硬質な岩盤が露頭しているのが確認できる。

現地で測定された層状構造の走向・傾斜を、図 2-2-22 の調査位置図に示す。全体の平均走向は N79W で、河川に沿った方向となっており、傾斜は 60N を示している。このため、左岸側（南側）は流れ盤、右岸側（北側）は受け盤の構造となっていることが判明した。

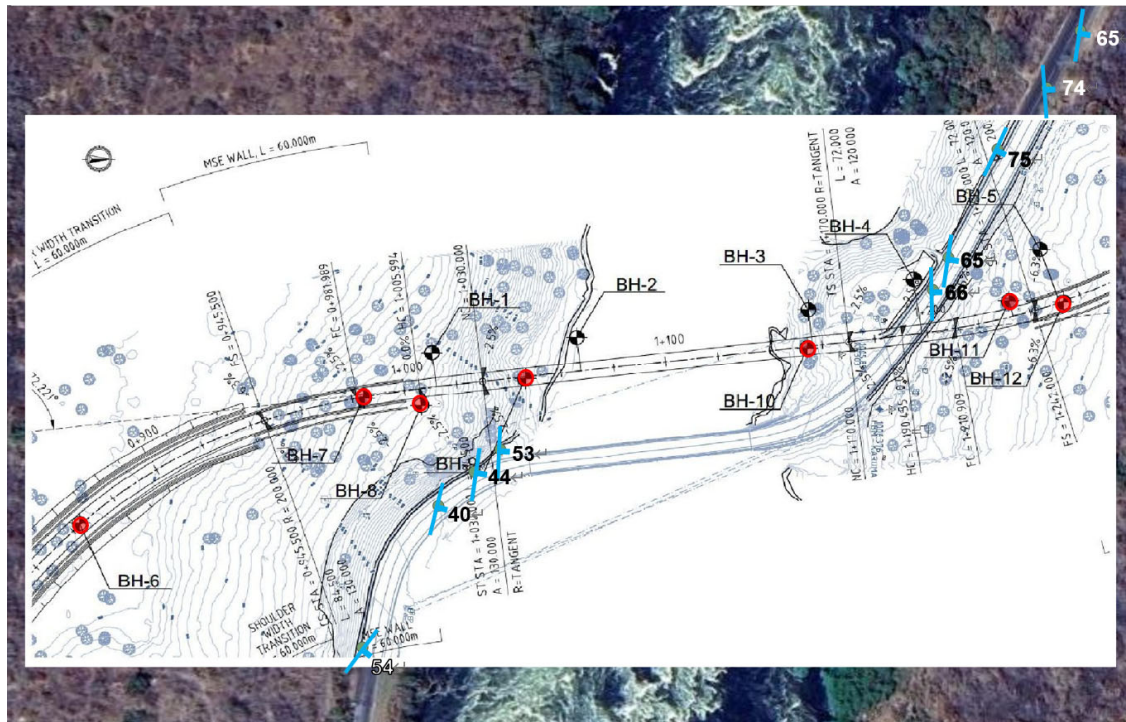


出典：JICA 調査団

図 2-2-21 事業対象地域の片麻岩露頭

(2) 地質調査実施地点

調査ボーリングを図 2-2-22 および表 2-2-11 に示す地点において 2022 年、2024 年の 2 度に分けて実施した。



出典：JICA 調査団

図 2-2-22 調査位置図

表 2-2-11 ボーリング調査地点出典：JICA 調査団

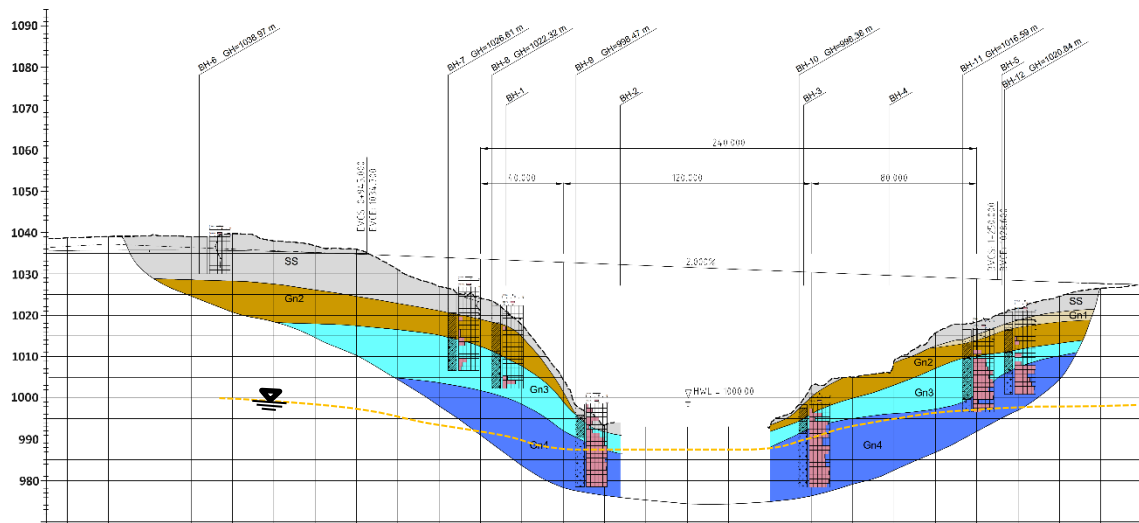
No.	Northing (m)	Easting (m)	Elevation (m)	Length (m)	Year
BH-1	247848	415432	1021.51	20.00	Oct, 2022
BH-2	247903	415426	994.06	20.00	Oct, 2022
BH-3	247991	415415	1000.84	20.00	Oct, 2022
BH-4	248031	415403	1008.51	20.00	Nov, 2022
BH-5	248079	415391	1020.70	20.00	Nov, 2022
BH-6	247714	415500	1038.97	7.00	Feb, 2024
BH-7	247822	415450	1026.61	20.00	Feb, 2024
BH-8	247844	415453	1022.32	20.00	Feb, 2024

2. プロジェクトを取り巻く状況

BH-9	247883	415443	998.47	20.00	Feb, 2024
BH-10	247990	415430	998.38	20.00	Feb, 2024
BH-11	248067	415412	1016.57	20.00	Feb, 2024
BH-12	248088	415412	1020.84	20.00	Mar, 2024

Coordinates System : WGS84 UTM Zone 36N

各調査地点では、オールコアによる 20m の掘削を実施し、着岩までの間に標準貫入試験を行った。地盤の強度に関連する試験としては、標準貫入試験に加えて、現場では PS 検層を実施し、室内試験では一軸圧縮試験、点载荷試験、さらに点载荷試験試料を用いた超音波速度測定（P 波のみ）を実施した。これらの地質調査から得られたデータを基に、推定地質断面図を作成し、その結果を図 2-2-23 に示す。



出典：JICA 調査団

図 2-2-23 推定地質縦断面図 (V:H=2 : 1)

(3) 切土区間の検討

BH-6 は平坦な台地上に位置しており、切土区間となるため、のり面設計の基礎データを取得する目的で実施した。この地点では、1m ごとに標準貫入試験を実施するとともに、4.6m～5.0m の深度から粘性土の乱さない試料を採取し、三軸圧縮試験を行った。また、一軸圧縮強度は標準貫入試験値を用いて以下の式で推定することが可能である。

$$q_u = 12.5N \text{ (kPa)} \text{ —— Terzaghi \& Peck Formula} \quad (\text{式 2-2-1})$$

表層土の土質は粘性土を主成分とし、風化残留物に由来する砂分や小岩片を含んでいることが確認された。標準貫入試験の N 値は 14～27 の範囲を示し、層ごとの大きな強度の差異は見られない。具体的には、深度 4m 以浅では N 値 14～18、4m 以深では N 値 22～27 を示している。この結果を基に、式 2-2-1 を用いて一軸圧縮強度を換算すると、175～338 kPa と算出された。また、乱さない試料を用いた試験結果を表 2-2-12 に整理する。

表 2-2-12 切土部粘性土層の性状

No.	採取深度 m	密度 t/m ³	含水比 %	細粒分含有量 %	土質区分	粘着力 kPa	内部摩擦角 (°)
BH-6	4.6～5.0	1.85	26	58	砂質シルト	70.7	0

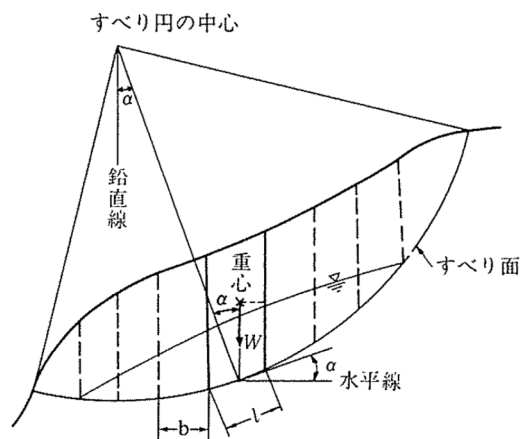
出典：JICA 調査団

乱さない試料を採取した深度での標準貫入試験値（N 値）は 22 であり、この値を式 2-2-1 に代入して求めた一軸圧縮強度は 275kPa となる。一方、三軸圧縮試験で得られた粘着力から計算される一軸圧縮強度（ $qu=2c$ ）は 140kPa であり、ほぼ半分の値となっている。この差異は、N 値が高いために打撃貫入で試料を採取しており、その過程で試料が若干乱され、強度が低下した結果と推測される。

日本道路協会の「切土に対する標準のり面勾配」では、これら土質状況に対して 0.8～1.2 が標準勾配として推奨されている。本検討では、のり面勾配を 0.8、のり面高さを 5m と仮定し、日本道路協会の「道路土工 切土工・斜面安定工指針」に示されている簡便法（図 2-2-24 参照）を用いて斜面安定性を評価した。

解析においては、BH-6 のボーリング調査結果に基づき、以下の 3 層に区分した。

- 0～1.4m：砂質土／密度は類似土質の値を採用し、粘着力は安全側を考慮して $c=0$ とした。内部摩擦角は、N 値を基に「道路橋示方書」の簡易式（ $\phi=15+(15N)^{0.5}$ ）を適用し、 31.4° と推定した。
- 1.4～2.4m：粘性土（砂質シルト）／下層の砂質シルトと類似しているが、N 値がやや低い。ため、粘着力を下層の値の $2/3$ （47kPa）に低減して採用した。
- 2.4～5.0m：砂質シルト／4.5～5.0m の乱さない試料による三軸圧縮試験の結果を適用した。



出典：日本道路協会、道路土工 切土工・斜面安定工指針

図 2-2-24 簡便法に依る地すべりの安定計算法

$$F_s = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (\text{式2-2-2})$$

ここに、 F_s ：安全率

c ：粘着力（kN/m²）

ϕ ：せん断抵抗角（度）

l ：各分割片で切られたすべり面の弧長（m）

u ：間隙水圧（kN/m²）

b ：分割片の幅（m）

W ：分割片の重量（kN/m）

α ：分割片で切られたすべり面の中点とすべり円の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角（度）

2. プロジェクトを取り巻く状況

図 2-2-25 に示す 2 つの地点 (a および b) を中心とした円弧崩壊の安全率を算出した結果、それぞれの安全率 (F_s) は 7.8 および 3.5 であることが確認された。この結果から、1:0.8 の切土勾配は安定していると判断できる。

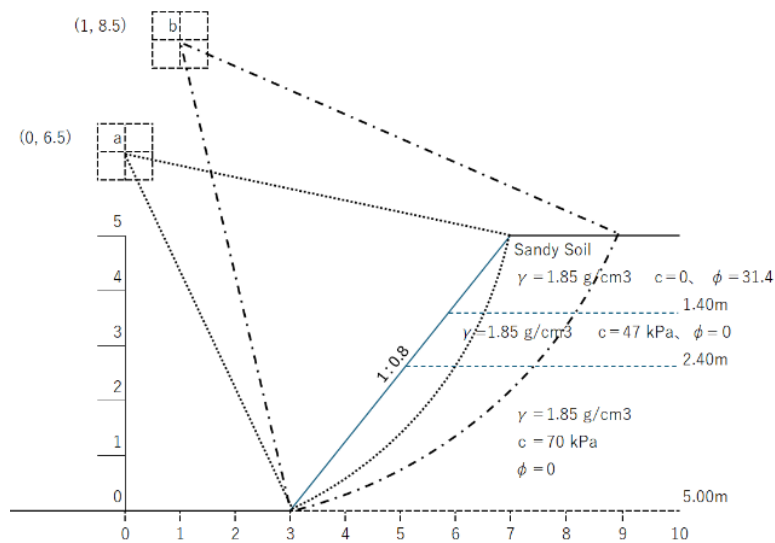


図 2-2-25 斜面安定検討断面

(4) 基盤岩の性状

岩盤の強度を評価するために、現場での PS 検層、採取したコアを用いた一軸圧縮試験、超音波試験 (P 波速度測定)、および点載荷試験を実施した。なお、2024 年の試験値については「****2」として表示した。

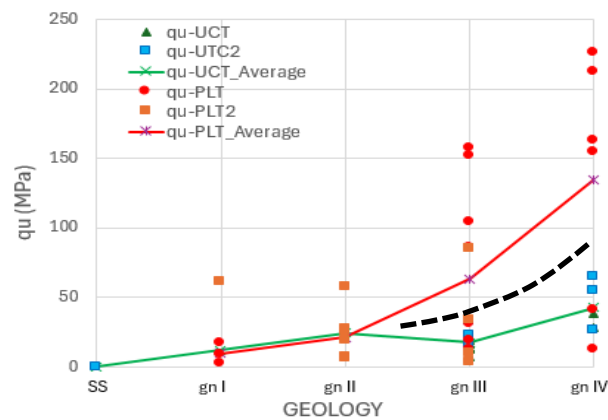
一軸圧縮試験は、「gn III」および「gn IV」に分類されるコアで実施したが、得られた値は 6.8 ～ 64.8 MPa と、想定よりもかなり小さい結果となった。この原因として、片麻岩の層状構造が約 60 度の傾斜を持ち、せん断面が層状構造に沿って発生したことが考えられる。このため、層状構造の影響を受けにくい点載荷試験を同深度のコアを用いて実施した。

点載荷試験による点載荷強度 (I_s) は、一軸圧縮強度と相関関係 ($q_u=23I_s$: ASTM D-5731-2, Sandstone) を持つが、ここでは比例定数を 20 として一軸圧縮強度を推定した。その結果、一軸圧縮試験の約 3 倍に相当する強度が得られた。また、片麻岩の一軸圧縮強度の一般値として 65～85 MPa (Hanssen, 1988; Hoek and Brown, 1980; Hoek et al., 1992) というデータがあることを考慮し、安全側の設計基準として一軸圧縮試験結果と点載荷試験結果の中間値を採用する方針とした。

地質毎の一軸圧縮試験 (UCT) および点載荷試験 (PLT) の結果を基に推定した一軸圧縮強度を図 2-2-26 に示す。各層の一軸圧縮強度の平均値は以下の通りである。

- gn I : 9.5 MPa
- gn II : 21.3 MPa
- gn III : 40.5 MPa
- gn IV : 88.8 MPa

なお、これらの強度は室内試験によるコアサンプルから得られたものであり、そのまま原位置の地盤強度として使用することはできない。このため、次節において岩盤の強度についてさらなる検討を行う。



出典：JICA 調査団

図 2-2-26 地質と q_u の関係

(5) 設計定数の検討

岩盤の圧縮強度

原位置で実施した地盤の弾性波速度と、採取したコアの弾性波速度の比を用いて、圧縮強度の割引率を検討した。PS 検層データと超音波試験により得られた P 波速度を比較した結果を図 2-2-27 に示しており、この分析から得られた比例定数は 0.793 であることが確認された。

岩盤の圧縮強度（準岩盤圧縮強度）は、日本土木学会が提唱する以下の算定式を用い、コア試験と原位置での P 波速度の比率を基に推定可能である。このアプローチにより、現場における実際の岩盤特性を反映した設計強度を導き出すことができる。

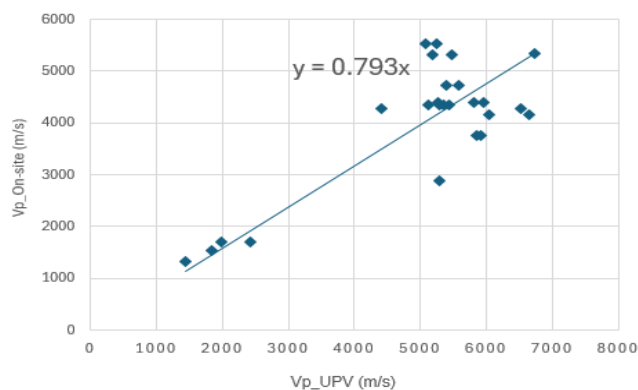
$$\sigma_c = q_u \cdot (V_{ps}/V_{pc})^2 \quad (\text{式 2-2-3})$$

ここに、 σ_c ：準岩盤圧縮強度（亀裂を考慮した地山の圧縮強度）

q_u ：ボーリングコアによる試験片の一軸圧縮強度

V_{ps} ：現場 PS 検層による地山の P 波伝搬速度

V_{pc} ：ボーリングコアによる試験片の P 波伝搬速度



出典：JICA 調査団

図 2-2-27 P 波速度の比較 (PS 検層－超音波試験)

2. プロジェクトを取り巻く状況

式 2-2-3 の V_{ps}/V_{pc} を 0.8 とすると準岩盤強度は以下のように求められる。

- gn I : 6.1 MPa
- gn II : 13.6 MPa
- gn III : 25.9 MPa
- gn IV : 56.8 MPa

地盤のヤング率

ボーリング孔内で実施した PS 検層により、地盤の P 波速度 (V_p) および S 波速度 (V_s) が測定されている。これらのデータを基に、剛性率、ヤング率、ポアソン比を以下の式で算出することが可能である。

$$\text{ポアソン比} \quad \nu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2\{(V_p/V_s)^2 - 1\}} \quad (\text{式 2-2-4})$$

$$\text{剛性率} \quad G_d = \rho \times V_s^2 \quad (\text{kN/m}^2) \quad (\text{式 2-2-5})$$

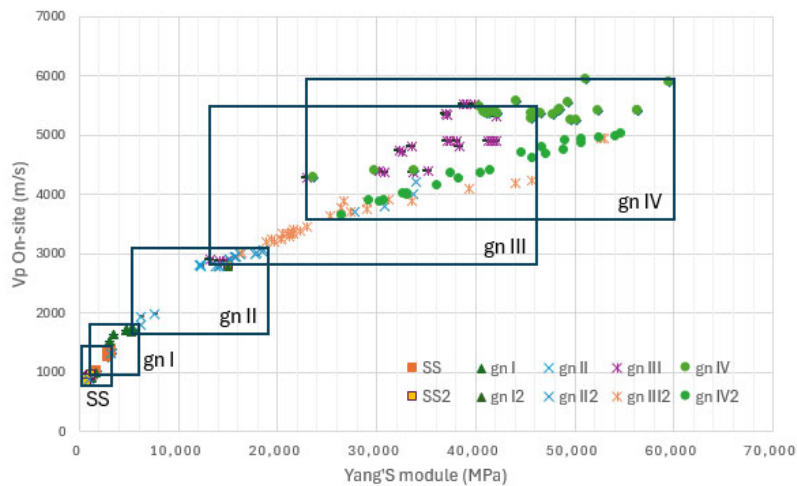
$$\text{ヤング率} \quad E_d = 2G_d(1+\nu) \quad (\text{kN/m}^2) \quad (\text{式 2-2-6})$$

ここに、 V_p : P 波速度 (m/s)

V_s : S 波速度 (m/s)

ρ : 密度 (t/m^3)

これらの式を用いて算出したヤング率と P 波速度の関係を、図 2-2-28 に示す。



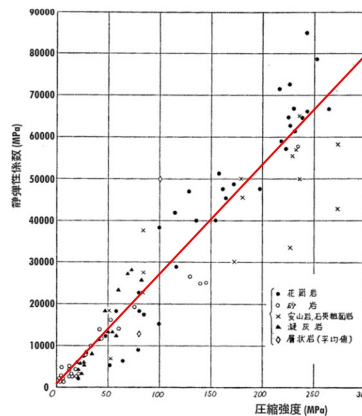
出典：JICA 調査団

図 2-2-28 PS 検層によるヤング率と P 波速度の関係

各地層におけるヤング率 (E_d) と P 波速度 (V_p) の平均値は以下の通りである。

- SS : $E_d = 2,250 \text{ MPa}$ 、 $V_p = 1,190 \text{ m/s}$
- gn I : $E_d = 4,800 \text{ MPa}$ 、 $V_p = 1,650 \text{ m/s}$
- gn II : $E_d = 15,800 \text{ MPa}$ 、 $V_p = 2,800 \text{ m/s}$
- gn III : $E_d = 33,800 \text{ MPa}$ 、 $V_p = 4,130 \text{ m/s}$
- gn IV : $E_d = 43,600 \text{ MPa}$ 、 $V_p = 4,900 \text{ m/s}$

また、圧縮強度と弾性係数の間には相関関係があることが確認されており、その詳細を図 2-2-29 に示す。



出典：各種岩石の応力 - 歪の特性について（応用地質 1973）

図 2-2-29 圧縮強度と弾性係数の関係

この相関式に基づき、静弾性係数と圧縮強度の関係は次のようになる。

$$(\text{静弾性係数}) = 267 \times (\text{圧縮強度})$$

この式を用いて、各層の圧縮強度から静弾性係数を算出すると以下の通りである。

- gn I : $E_d = 1,630 \text{ MPa}$
- gn II : $E_d = 3,630 \text{ MPa}$
- gn III : $E_d = 6,920 \text{ MPa}$
- gn IV : $E_d = 15,170 \text{ MPa}$

一方、弾性波速度から算出される動弾性係数は、一般的に静弾性係数よりも大きい値を示す傾向がある。その差は通常 1～2 倍程度であるが、今回の結果では約 3 倍の差異が確認されている。これは、後述する一般値の表と比較すると、圧縮強度から求めた弾性係数が現地条件に整合していることを示唆している。したがって、安全側の設計を考慮し、静弾性係数としては圧縮強度から算出された値を採用することが望ましいと判断される。

地盤の密度

室内試験で実施した三軸圧縮試験および一軸圧縮試験で直接測定された地層別の密度を図 2-2-30 に示す。

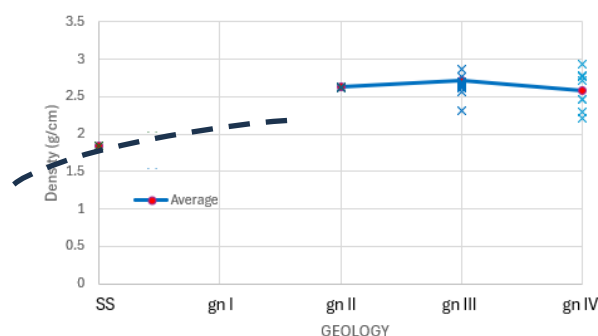


図 2-2-30 室内試験試料の密度

2. プロジェクトを取り巻く状況

SS 層（表層土）の密度は、三軸圧縮試験に使用された試料で測定され、 1.85 g/cm^3 である。gn II ～gn IV 層については、平均値に大きな差が見られず、全体の平均値である 2.64 g/cm^3 を採用することが適切である。gn I 層（強風化岩）に関しては測定データがないため、強風化岩としての性質を考慮し、密度 2.40 g/cm^3 と設定する。

(6) 地山分類

地山の分類は、以下の要素を総合的に評価して行われる：コアの打音、亀裂の量、亀裂面の性状、RQD（岩芯回収率）、弾性波速度、岩石の種類など。この評価に基づき、通常 A～D 等級に分類される。一般的に使用される岩級区分を表 2-2-13 に示し、岩級区分に基づいて判断される物理特性の一般値を表 2-2-14 に整理する。

表 2-2-13 岩級区分の目安

名称	特徴
A	- 極めて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けていない。亀裂、節理はよく密着し、それらの面にそって風化の跡はみられないもの。 - ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
B	- 岩質堅硬で開口した（たとえ 1mm でも）亀裂又は節理はなく、よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化、変質が見られる。 - ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
CH	- 造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は比較的堅硬である。一般に褐鉄鉱などによる変色、節理又はき裂の間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土物質の薄層が残留することがある。 - ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。
CM	- 造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟化しており、岩質も多少軟らかくなっている。節理又は亀裂の間の粘着力は多少減少しており、ハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の層が残留することがある。 - ハンマーによって打診すれば少し留った音を出す。
CL	- 造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており岩質も軟らかくなっている。 - 節理又は亀裂の間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質が残留する。 - ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。
D	- 造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。 - 節理あるいは亀裂の間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによって僅かな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。 - 剥脱面には粘土質物質が残留する。 - ハンマーによって打診すれば若しく濁った音を出す。

出典：杭基礎設計便覧（日本道路協会 2015, P62）

表 2-2-14 各岩盤等級から予想される物理定数の範囲

岩盤等級	岩盤の変形係数 (MN/m^2)	岩盤の静弾性係数 (MN/m^2)	岩盤の粘着力 (kN/m^2)	岩盤の内部摩擦角 ($^\circ$)	岩盤の弾性波速度 (km/sec)	ロックテストハンマー反発度	孔内水平載荷試験による		引き抜き試験によるせん断強度 (kN/m^2)
							変形係数 (kN/m^2)	接線弾性係数 (kN/m^2)	
A～B	5,000以上	8,000以上	4,000以上	55～65	3.7以上	36以上	5,000以上	10,000以上	2,000以上
C _H	5,000～2,000	8,000～4,000	4,000～2,000	40～55	3.7～3	36～27	6,000～1,500	15,000～6,000	
C _M	2,000～500	4,000～1,500	2,000～1,000	30～45	3～1.5	27～15	2,000～300	6,000～1,000	2,000～1,000
C _L	500以下	1,500以下	1,000以下	15～38	1.5以下	15以下	600以下	1,500以下	1,000～500
D									500以下

出典：岩盤分類とその適用（土木工学者 1989）

表 2-2-13 の基準に基づき、事業実施地域における岩盤を以下の等級に区分した。

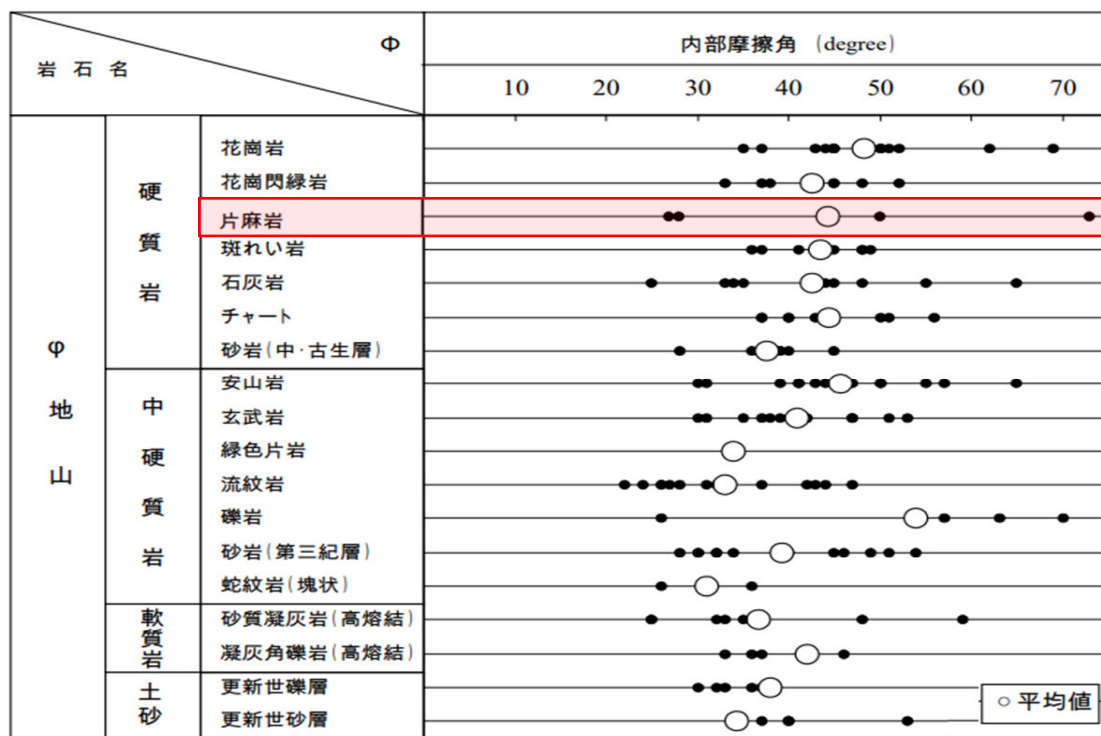
- gn I : D
- gn II : CL~D
- gn III : CH
- gn IV : B

(7) 設計に用いる地盤の性状

これまでに検討した各層の性状を表 2-2-16 に示す。岩盤の粘着力 (c) については、表 2-2-15 に記載された片麻岩の平均値や、前出の表 2-2-14 で示された特性を考慮し、一軸圧縮強度 (q_u) に基づくモール円を用いて粘着力を算出した。なお、各層の内部摩擦角は以下の通りとした：

- gn I : 30°
- gn II : 35°
- gn III および gn IV : 43°

表 2-2-15 地山の内部摩擦角



出典：岩盤分類とその適用(土木工学会 1989)

表 2-2-16 基盤岩の平均的な性状

区分	RQD (%)	N値	Density (g/cm ³)	Ed (MPa)	q_u (σ_c) (MPa)	c (MPa)	ϕ (degree)	岩盤等級
SS	0	6-50	1.85		0.14	0.07	0	--
gn I	0	50 <	2.40	1,630	6.10	1.7	30	D
gn II	10	--	2.64	3,630	13.6	3.5	35	CL~D
gn III	35	--	2.64	6,920	25.9	5.6	43	CH
gn IV	80	--	2.64	15,170	56.8	12.3	43	B

注) q_u : 一軸圧縮強度、Ed : ヤング率

出典：JICA 調査団

(8) 地盤の透水性

本調査では、掘削孔全体を対象とした透水試験を BH-2 および BH-3 で実施した。また、パッカーを用いて区間を区切る方法での透水試験を BH-2、BH-3、BH-4、BH-9、BH-10 で実施した。試験結果の詳細は表 2-2-17 に示す。

表 2-2-17 現場透水試験結果

No.	孔内水位 (m)	オープンホール式		パッカー式	
		対象区間 (m)	透水係数 (cm/s)	対象区間 (m)	透水係数 (cm/s)
BH-2	1.00m	0～20m	4.69×10^{-5}	4.5～7.5m	3.84×10^{-6}
BH-3	1.84m	0～20m	2.49×10^{-4}	4.0～8.0m	4.00×10^{-4}
BH-4	7m～8m	—	—	7.0～12.0m	非常に大きい
BH-9	8.00m	—	—	13.0～16.0m	1.75×10^{-4}
BH-10	6.50m	—	—	7.5～10.5m	1.68×10^{-4}

出典：JICA 調査団

BH-1、BH-5、BH-6、BH-7、BH-8 では、掘削完了時に地下水位の確認ができなかったため、水位は 20m 以深に位置していると推定される。また、BH-11 および BH-12 についても地下水位の確認はできなかったが、標高を考慮すると孔底付近に地下水面が存在する可能性がある。一方、BH-2、BH-3、BH-4 では掘削後に確認された水位が記録されており、表 2-2-17 に示されている。しかし、「gn III」および「gn IV」層の透水性が低いため、平衡水位が正確に測定されていない可能性がある。

BH-4 においては透水性が高いと判断された区間で水位が安定している。このことから、その下位に位置する低透水性地盤が水の流出を妨げ、水が滞留していた可能性が示唆される。推定地質断面図（図 2-2-23 参照）には、表 2-2-17 のデータに基づき地下水ラインをオレンジの線で示している。

透水性に関しては、「gn III」および「gn IV」層では亀裂間隙がほとんど見られず、地山の弾性波速度が高い値を示していることと整合している。BH-4 で実施された透水試験は RQD がゼロとなる区間で行われており、この区間には開口亀裂が存在すると判断される。一方、隣接する掘削地点（BH-3）の透水性が低いことを踏まえると、地層構造（北に約 50 度の傾斜）に沿った岩質の弱い部分が局所的に存在する可能性が考えられる。

(9) 構造物設計における注意事項

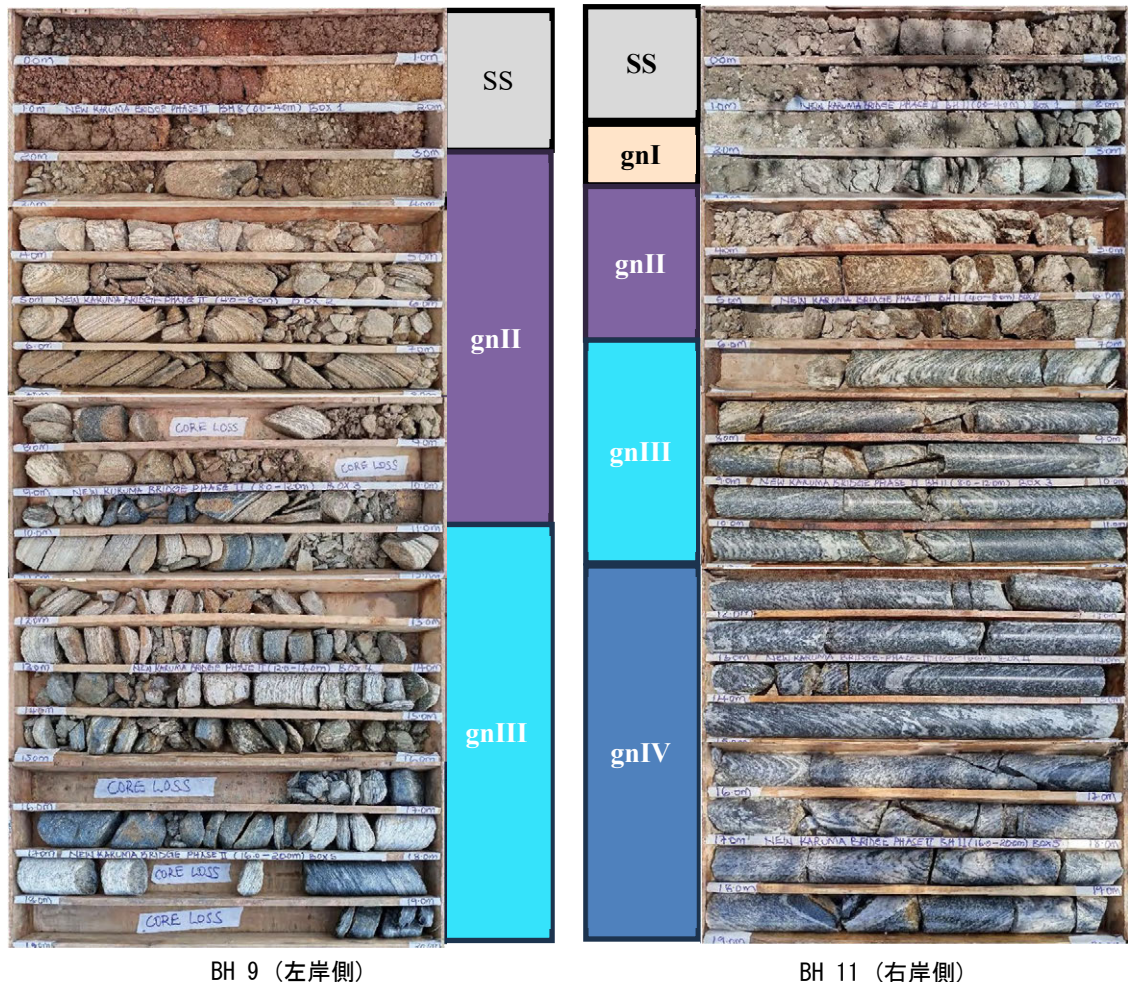
前述のとおり、現地地質には北に平均 60 度傾斜を持つ層状の片麻岩が分布している。この地質構造により、右岸側は層理面の傾斜が斜面の傾斜と逆方向である「受け盤」となり、左岸側は層理面の傾斜が斜面の傾斜と同方向である「流れ盤」となっている。

層状構造を有する地質では、層理面に沿って風化の進行や亀裂、剥離が生じやすい。受け盤側では斜面崩壊が層理面を横断する形となるため、構造的な安定性が高く、風化にも比較的強い特性を示す。これに対し、流れ盤側では、層理面に沿った崩落が発生しやすく、風化が進行する速度も速い傾向が認められる。

ボーリング調査の結果、左岸側では層理面に沿った亀裂が細かく発達し、岩盤の風化が進行していることが確認された（図 2-2-31 参照）。右岸側のボーリングコア（BH-11）と左岸側のボーリングコア（BH-9）の比較では、左岸側では層理面に加えてコア自体の風化が進行していることが見て

取れる。また、一部でコアが採取できていない箇所があり、これらは風化によって土砂化したか、亀裂部で岩盤が動き、その間に土砂が充填されていた可能性が考えられる。

これらの調査結果から、左岸側では流れ盤に起因する地質特性を十分に考慮した設計が極めて重要であると結論付けられる。この評価に基づき、橋梁下部工において適切な設計および施工計画を策定する必要がある。



出典：JICA 調査団

図 2-2-31 左岸・右岸の風化状況比較

(10) 材料試験結果

架橋位置での地質調査に加えて、道路舗装材料の候補となる風化土砂およびコンクリート骨材の候補となる岩ずりについて材料試験を実施した。試料の採取地点は、カルマ・ダム建設で利用されている場所であり、その位置を図 2-2-32 に示す。

写真 1 は道路舗装材の候補として採取されたもので、岩盤表層の強風化部分を採取した土取場の状況を示している。写真 2 は、導水路トンネル建設時に発生した掘削ずりを集積した場所を示している。なお、カルマ・ダムの建設工事はほぼ終了しており、これらの材料をカルマ橋工事に利用できる可能性がある。しかし、これらの資材を実際に使用する場合、詳細設計時においてダム管理者およびウガンダ政府との正式な交渉が必要である。



写真 1：岩ずり仮置き場



写真 2：土砂採取場所

図 2-2-32 コンクリート骨材等の試料採取地点

CBR 試験

CBR 試験は、図 2-2-32 の写真 1 の場所で採取した土砂を用いて実施した。この試料は、風化した岩盤から生成された礫質土であり、風化の過程で生じた細粒土や砂質土も含まれている（表 2-2-18 参照）。

表 2-2-18 CBR 試験試料の粒度分布

	Particle Size		
	Graver (2mm<)	Sand (2 ~ 0.074mm)	Silt/Clay (<0.074mm)
Weight %	62.0 %	13.7 %	24.3 %

出典：JICA 調査団

突き固め試験の結果、最適含水比は 10.0%、乾燥密度は 2.06g/cm³と求められた。CBR 試験の結果を表 2-2-19 に示す。

表 2-2-19 CBR 試験結果

	突き固め度		
	93%	95%	98%
CBR値	25	35	50

出典：JICA 調査団

骨材試験

材料試験に用いた骨材は、カルマ・ダムの導水路トンネルの掘削時に発生した岩ズリであり、調査ボーリングで確認された片麻岩と同じ地層の岩石である。試験結果を表 2-2-20 にまとめる。この結果から、本事業において骨材として十分に使用可能な材料であることが確認された。

表 2-2-20 骨材試験結果

試験項目	試験結果	許容値	備考
比重	2.87	-	BS812: Part2 : 1995
粒度	表2-2-18参照	-	BS812: Part103.1: 1985
ロスアンゼルスすり減り試験	24%	30%以下	ASTM C 131-1989
硫酸ナトリウムによる安定性試験	0.1%	10%以下	ASTM C 88-1990
骨材破碎試験	18.7%	(30%以下)	BS812: Part110: 1990
骨材衝撃試験	16.4%	30%以下	BS812: Part112: 1990
10% Fines Value	10.8%		BS812: Part111: 1990
Flakiness	16%		BS 812: Section 105.1: 1989

出典：JICA 調査団

表 2-2-21 試験骨材の粒度分布

Sieve (mm)	50.0	37.5	28.0	20.0	14.0	10.0	6.3	5.0	2.36	1.70	1.18
Retained (%)		11.96	45.86	33.38	8.31	0.64	0.07	0.01	0.01	0.05	0.02

出典：JICA 調査団

2-2-3 交通状況

(1) 現在の交通状況

これまでに現カルマ橋付近で実施された交通調査の結果を表 2-2-22 に示す。

表 2-2-22 現カルマ橋の断面交通量

調査日	交通量 (台/日)							
	二輪車	乗用車	バン	ミニバス	大型バス	トラック	トレーラ	合計
2018 年 2 月*	770 (28%)	225 (8%)	648 (24%)	189 (7%)	128 (5%)	569 (21%)	221 (8%)	2,750
2019 年 2 月**	991 (31%)	910 (28%)	0 (0%)	203 (6%)	180 (6%)	731 (23%)	192 (6%)	3,207
2019 年 3 月*	834 (28%)	252 (9%)	644 (22%)	188 (6%)	189 (6%)	552 (19%)	268 (9%)	2,927
2021 年 3 月*	1,335 (33%)	440 (11%)	823 (20%)	227 (6%)	245 (6%)	593 (15%)	410 (10%)	4,073
2022 年 2 月*	1,410 (34%)	540 (13%)	610 (15%)	307 (7%)	252 (6%)	252 (11%)	597 (11%)	4,159

出典：*：UNRA

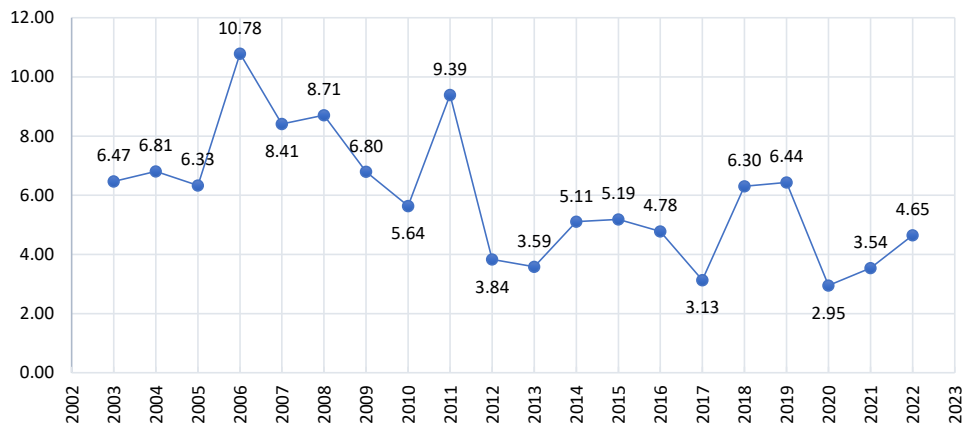
**：ウガンダ国北部回廊インフラ開発のための情報収集・確認調査

(2) 将来の交通需要

交通需要予測にあたっては、UNRA が実施した過去の調査（2018 年 2 月、2019 年 3 月、2021 年 3 月、2022 年 2 月）および JICA による調査（2019 年 2 月）の結果をベースラインとして採用し、算定を行った。また、将来の交通量増加率については、過去 20 年間の GDP 成長率の平均値（5.92%）および IMF による GDP 成長率の予測値（2022 年 3 月の四条協議レポートに基づく）を参考に設定し

2. プロジェクトを取り巻く状況

た。具体的には、2022 年から 2032 年までの 10 年間については年平均 6%の増加率とし、2033 年以降についてはウガンダのガイドラインに従い年平均 3%の増加率を適用した。



出典：World Bank. World Development Indicators

図 2-2-33 過去 20 年間におけるウガンダの GDP 成長率の推移

表 2-2-23 に将来の交通需要推計結果を示す。計画目標年次である 2043 年（本調査実施時点から 20 年後）における交通量は、約 14,500 PCU/日と推定された。この結果から、カルマ橋は将来的にも高い交通需要が見込まれ、本事業の実施が必要であるとの結論が得られる。

表 2-2-23 将来交通需要（PCU/日）

基準値	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
2018 年 2 月 UNRA	4,116	4,363	4,625	4,902	5,196	5,508	5,839	6,189	6,560	6,954	7,371
2019 年 2 月 JICA	-	5,082	5,386	5,710	6,052	6,415	6,800	7,208	7,641	8,099	8,585
2019 年 3 月 UNRA	-	4,406	4,670	4,950	5,247	5,562	5,896	6,249	6,624	7,022	7,443
2021 年 3 月 UNRA	-	-	-	5,905	6,259	6,634	7,032	7,454	7,902	8,376	8,878
2022 年 2 月 UNRA	-	-	-	-	6,400	6,783	7,190	7,622	8,079	8,564	9,078
平均値	-	-	-	-	5,831	6,181	6,551	6,945	7,361	7,803	8,271

基準値	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
2018 年 2 月 UNRA	7,813	8,282	8,779	9,306	9,585	9,873	10,169	10,474	10,788	11,112	11,445
2019 年 2 月 JICA	9,100	9,646	10,225	10,838	11,164	11,499	11,843	12,199	12,565	12,942	13,330
2019 年 3 月 UNRA	7,890	8,363	8,865	9,397	9,679	9,969	10,268	10,576	10,893	11,220	11,557
2021 年 3 月 UNRA	9,411	9,976	10,574	11,209	11,545	11,891	12,248	12,615	12,994	13,384	13,785
2022 年 2 月 UNRA	9,622	10,200	10,812	11,461	11,804	12,158	12,523	12,899	13,286	13,684	14,095
平均値	8,767	9,293	9,851	10,442	10,755	11,078	11,410	11,753	12,105	12,468	12,842

基準値	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
2018 年 2 月 UNRA	11,788	12,142	12,506	12,882	13,268	13,666	14,076	14,498	14,933	15,381	15,843
2019 年 2 月 JICA	13,730	14,142	14,566	15,003	15,453	15,917	16,394	16,886	17,393	17,914	18,452
2019 年 3 月 UNRA	11,903	12,260	12,628	13,007	13,397	13,799	14,213	14,640	15,079	15,531	15,997
2021 年 3 月 UNRA	14,199	14,625	15,063	15,515	15,981	16,460	16,954	17,462	17,986	18,526	19,082
2022 年 2 月 UNRA	14,518	14,953	15,402	15,864	16,340	16,830	17,335	17,855	18,391	18,943	19,511
平均値	13,228	13,624	14,033	14,454	14,888	15,334	15,794	16,268	16,756	17,259	17,777

出典：JICA 調査団

2-3 当該国における無償資金協力事業実施上の留意点

「2-1-5 実施機関の変更」に記載のとおり、2024年12月にウガンダ政府は、本事業の実施機関であるウガンダ国道公社（UNRA）の解体を決定し、その機能を公共事業・運輸省（MoWT）に統合することを決定した。

本事業の実施にあたっては、UNRAからMoWTへの職務、責任、義務の円滑な移行を確実に行うことが重要である。本調査では、UNRAおよびMoWTとの協議を通じ、MoWTがUNRAの機能を正式に引き継いだ後、実施機関としての全責任を引き受けることを確認した。さらに、その旨をJICAに対して書面で正式に通知することで合意に達している。この移行プロセスを通じて、本事業が円滑に実施され、持続可能な運営体制が確立されることが求められる。

なお、本報告書作成時点では、本事業の実施体制は未確定であり、今後、詳細設計段階においてMoWTと具体的な確認を進める必要がある。

2-4 その他（グローバルイシュー等）

特になし。

3. プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

本事業は、キリヤンドongo県とヌウォヤ県の県境に位置するカルマ橋を架け替えることにより、対象区間の交通円滑化と安全の確保を図り、もって北部回廊及び北部地域の物流・交通の円滑化に寄与するものである。

表 3-1-1 プロジェクトの概要

事業名	ウガンダ国カルマ橋架け替え計画 The Project for Reconstruction of Karuma Bridge
事業概要	ウガンダ北部及び南スーダンと首都カンパラを結ぶ唯一の幹線道路である東アフリカ北部回廊上においてカルマ橋を架け替える。
対象地域（サイト）	カルマ橋（ウガンダ国キリヤンドongo県とヌウォヤ県の県境）
実施機関	ウガンダ国道公社（UNRA: Uganda National Road Authority）
事業スキーム	施設・機材等調達方式の無償資金協力
架橋位置	既存橋から下流側約 40m の位置で、既存橋とほぼ平行した道路線形
橋梁形式	エクストラードード橋（40m + 120 m + 80 m = 240 m）
取付道路の延長	キリヤンドongo県側：800m、ヌウォヤ県側：660m（合計 1,460m）

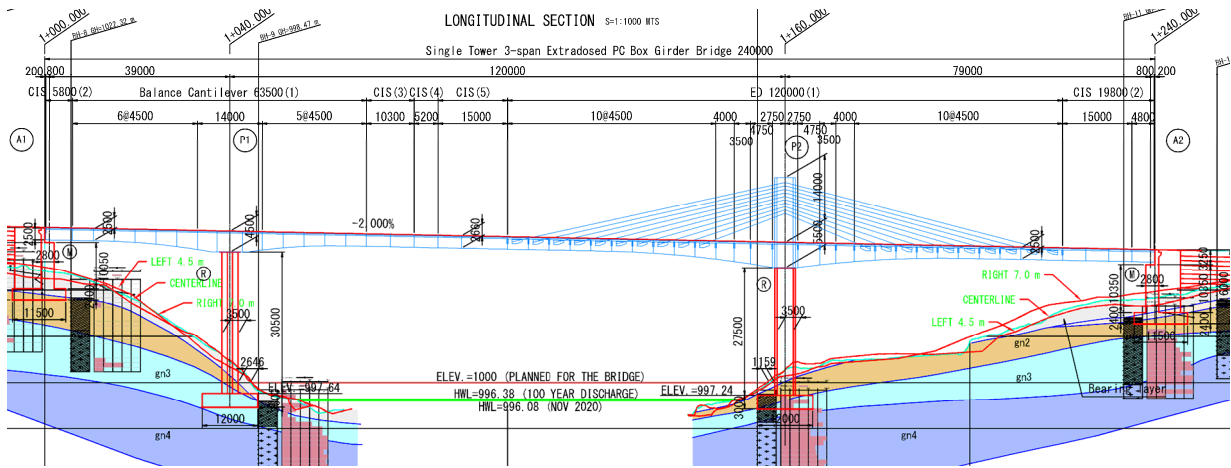
出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3-1-1 架橋位置及び道路線形

3. プロジェクトの内容



出典：JICA 調査団

図 3-1-2 橋梁形式



出典：JICA 調査団

図 3-1-3 新橋の完成イメージ

(1) 事業を実施しない場合の影響評価（既存橋の補修を行うことを含む）による、本事業実施の妥当性の確認



(2) 自然環境への影響を考慮し、保護区を完全に避けた場合の影響評価による、保護区以外の地域において実施可能な代替案が存在しないことの確認



(3) 既存橋近傍に架替える場合の影響評価



(4) 例外的に保護区内で事業実施を可とする場合の5条件の確認

出典：JICA 調査団

図 3-2-2 架橋位置の検討フロー

(1) 事業を実施しない場合の影響評価

事業を実施しない場合の影響を評価するにあたり、以下の前提条件を想定した（これらの前提条件は、架橋位置の検討段階での想定であったが、実際には 2024 年 5 月から大型車の通行禁止措置が既に実施されており、想定されていた懸念が現実化している）。

- 現カルマ橋の損傷・劣化の進行：主たる構造部材において塗装の薄膜化、腐食、床版のひび割れなどの損傷・劣化が顕著であり、床版の損傷が今後も進行すると推測される。このため、今後 5 年以内（2029 年頃まで）には大型車の通行を禁止する必要があると見込まれる。
- 床版の欠落による通行禁止の拡大：5 年後以降には床版の欠落が始まり、大型車の通行規制を行ってもさらに 3 年後（2032 年頃まで）にはすべての自動車交通を通行禁止とせざるを得なくなる可能性が高い。

これを踏まえ、事業を実施しない場合に想定される正の影響と負の影響を表 3-2-1 に整理した。事業を実施しない場合、工事に伴う自然環境および社会環境への影響を回避できるといった正の影響が挙げられる。しかし、それを大きく上回る経済的観点や基礎的生活ニーズ（ベーシック・ヒューマン・ニーズ）の確保における甚大な負の影響が発生することが懸念される。

特に、現カルマ橋の西側はアルバート湖までの地域が全域でマーチソン・フォールズ国立公園に含まれており、代替となる一般道が存在しない。一方、橋の東側はチョガ湖の上流域にしか橋が整備されていないため、現カルマ橋が封鎖された場合には、カンパラからウガンダ北部や南スーダンへ向かう交通がチョガ湖の東側を大きく迂回する必要があるが生じる。この結果、人や物資の流れに甚大な影響を及ぼすことが懸念される（詳細は「1-2 無償資金協力の背景・経緯および概要（4）現カルマ橋が通行不能になった場合の迂回ルート」参照）。

さらに、既存橋の補修を実施した場合でも、構造部材の損傷や劣化に加え、取付道路の不適切な線形や橋梁の幅員不足といった交通安全上の課題が依然として解消されず、交通事故のリスクが残る点が問題である。加えて、当該河川の激しい流れを考慮すると、交通を維持したまま既存橋の拡幅工事を行うことは極めて困難であり、この方法では本事業が抱える課題を解決することは不可能であると考えられる。

以上のことから、事業を実施しないという選択肢は現実的ではなく、本事業を実施する必要性は極めて高いと判断される。

表 3-2-1 事業を実施しない場合の影響評価

正の影響	負の影響	
	影響の内容	影響の程度
- 生息・生育する動植物に対して、建設工事に伴う負の影響が発生しない。 - 工事期間中の通行規制等が発生しないため、カルマ町の商業地域等への社会的影響が発生しない。	▶ カルマ橋の取付道路にて人身事故を含む交通事故が発生し、人命・積荷の喪失等の負の影響が発生する。	年間 10 件程度の交通事故が発生（想定死者数：10～20 人程度）
	▷ 旅客および貨物の輸送に甚大な負の影響が発生する。	走行距離約 210km の増加 走行時間約 3～4 時間の増加 （「1-2 無償資金協力の背景・経緯および概要（4）現カルマ橋が通行不能になった場合の迂回ルート」参照）
	▷ 走行距離の増加（210km の走行距離増加）に伴い温室効果ガスの増加が想定される。	二酸化炭素約 11 万トン/年が追加発生
	▷ 他のルートへの交通の集中により、本事業地以外の場所での交通渋滞の発生と、交通量が増加することに起因する交通事故の増加が想定される。	－
	▷ ウガンダ北部地域からカンパラへの医療緊急搬送が困難になり人命への負の影響が発生する。	－
	▷ カンパラ～グル／アルア道路上で、通行車両に対して物品等を販売しているベンダー（例えば、カルマ町のベンダー）のビジネス機会が喪失され、道路沿線上の経済活動に対して大きな負の影響が発生する。	約 104,000 USD/年のビジネス機会の喪失

注 1：▶：現カルマ橋の老朽化の進行に関わらない負の影響

▷：現カルマ橋の老朽化が進行し、車両の通行規制が必要となった場合に想定される負の影響

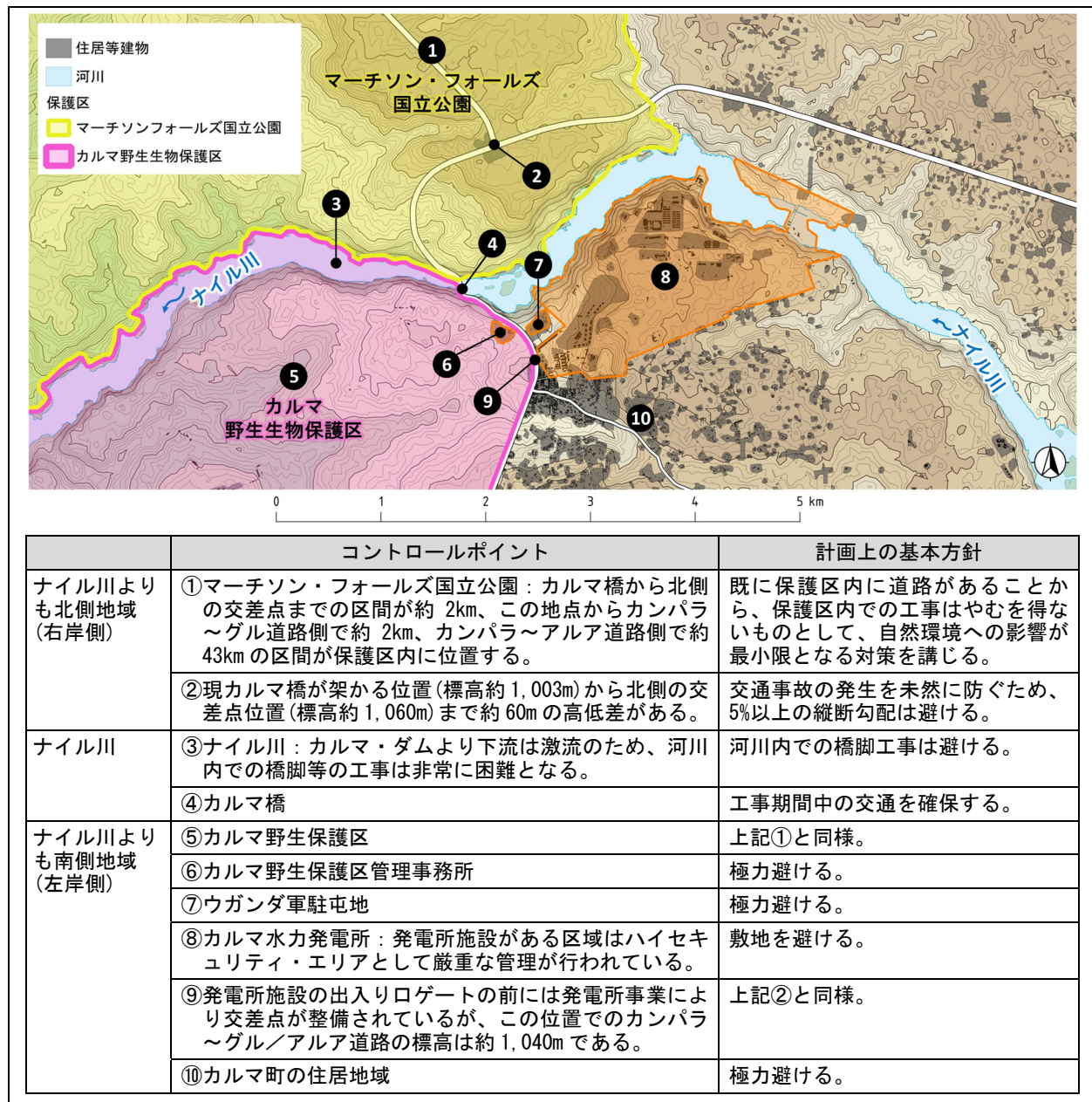
出典：JICA 調査団

(2) 保護区を完全に避ける場合の影響評価

架橋位置を検討するにあたり、現カルマ橋周辺の土地利用状況を図 3-2-3 に示す。保護区を完全に避けてナイル川を渡河するためには、カルマ水力発電所ダムより上流側に橋梁を建設する必要がある。しかし、架橋位置の選定に際しては、以下の 3 点を留意する必要がある。

- 既存道路に求められる機能を維持し、沿線の経済活動への影響を最小限に抑えるためには、可能な限り既存橋に近い位置での架替えが望ましい。
- ナイル川はカルマ水力発電所ダムより上流に進むにつれて川幅が広がるため、経済性の観点から、できるだけ下流側でダムに近い位置で渡河させる方が適している。
- カルマ町における住民移転の規模を最小限に抑えるため、住居密集地帯を避ける必要がある。

3. プロジェクトの内容



出典：JICA 調査団

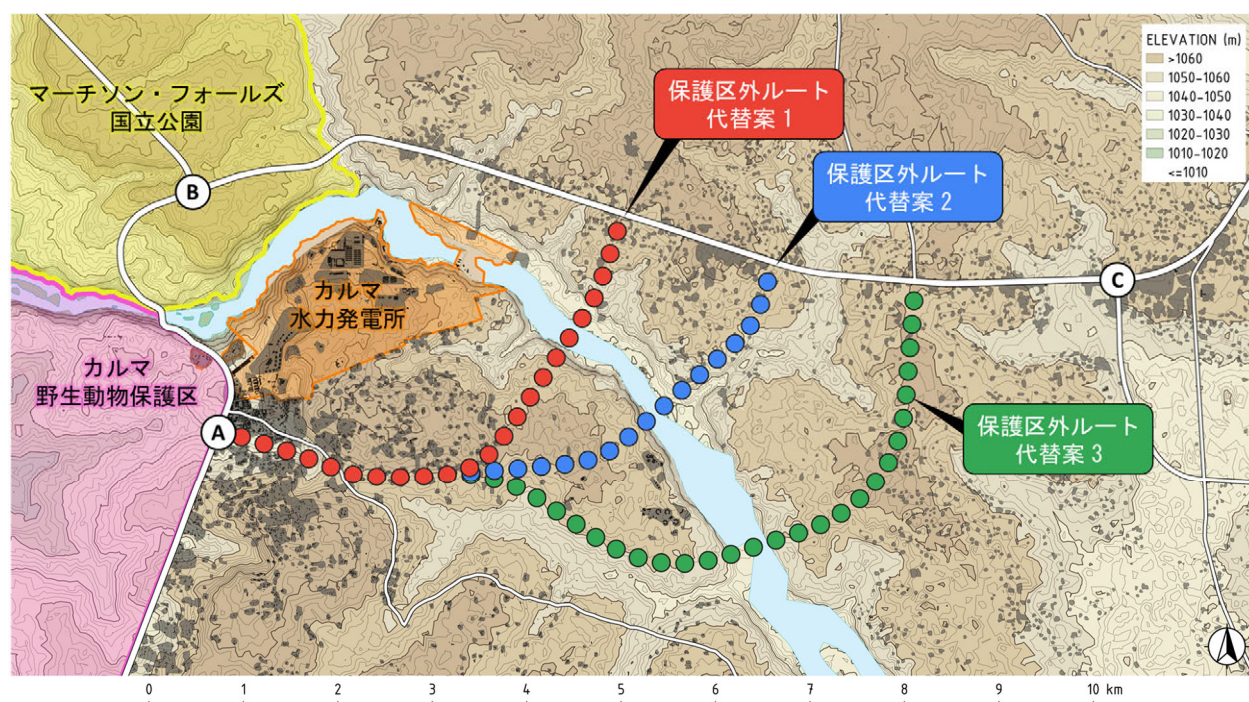
図 3-2-3 架橋位置検討上のコントロールポイント

以上を踏まえた上で、保護区を完全に避けてナイル川を渡河するための架橋位置と橋梁形式を選定するため、①ルート帯の選定、②河川横断区域の選定、③道路線形の選定、④橋梁形式の選定の4段階での検討プロセスによる評価を実施した。

検討プロセス 1：最適なルート帯の選定（保護区外）

橋梁の建設に際し、河川幅の狭い位置は経済性の観点から有利であることを踏まえ、カルマ水力発電所ダムより上流側において河川幅が狭い 3 箇所を抽出した。これらの地点については、周辺の地形条件や住居の配置状況を考慮し、適用可能なルート帯を設定した。

- 保護区外ルート代替案 1：カルマ・ダムの約 1.5km 上流位置
- 保護区外ルート代替案 2：カルマ・ダムの約 2.8km 上流位置
- 保護区外ルート代替案 3：カルマ・ダムの約 4.5km 上流位置



出典：JICA 調査団

図 3-2-4 保護区外のルート帯代替案

表 3-2-2 に比較評価の結果を示す。評価指標および配点は以下のとおり設定した：交通への影響（10 点）、自然環境への影響（30 点）、社会環境への影響（30 点）、経済性（概算工事費）（25 点）、施工性（5 点）の計 5 項目で、合計 100 点とした。自然環境および社会環境の評価項目については、スコーピング・マトリクスを参考に設定している。

比較評価の結果、保護区外のルート帯案では、代替案 1 が他のルート案と比較して自然環境および社会環境への影響が最も軽微であることが判明した。また、交通への影響も小さく抑えられることが確認された。さらに、河川幅が最も狭い位置にあるため、橋梁の最大支間長を短縮でき、経済性の面でも優れていることが明らかとなった。

表 3-2-2 ルート帯代替案の比較（保護区外）

項目		保護区外ルート代替案 1 カルマ・ダムの上流約 1.5km 上流位置		保護区外ルート代替案 2 カルマ・ダムの上流約 2.8km 上流位置		保護区外ルート代替案 3 カルマ・ダムの上流約 4.5km 上流位置		
諸元	河川幅	190 m		220 m		275 m		
	橋梁延長	620 m (最大支間長 200m)		540 m (最大支間長 230m)		620 m (最大支間長 285m)		
	道路延長	6.0 km		7.0 km		10 km		
評価項目		配点	評価内容	評価点	評価内容	評価点	評価内容	評価点
交通 への 影響	地点 A～B 地点間の移動距離	5	7.2km の増加 (3.6km から 10.8km)	1.17	9.8km の増加 (3.6km から 13.4km)	0.94	14.4km の増加 (3.6km から 18.0km)	0.70
	A 地点～C 地点間の移動距離	5	2.2km の短縮 (13.7km から 11.5km)	4.17	3.0km の短縮 (13.7km から 10.7km)	4.48	1.5km の短縮 (13.7km から 12.2km)	3.93
	小計	10		5.34		5.42		4.63
自然 環境 影響	大気汚染	2	交通量・走行速度、沿道環境に大きな差は無いため、大気汚染の程度も同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	廃棄物	2	伐採(面積約 2ha)による建設廃棄物が発生する。	2.00	伐採(面積約 2.6ha)による建設廃棄物が発生する。	1.54	伐採(面積約 6.6ha)による建設廃棄物が発生する。	0.61
	騒音・振動	2	交通量・走行速度、沿道環境に大きな差は無いため、	2.00	同左	2.00	同左	2.00

3. プロジェクトの内容

項目			保護区外ルート代替案 1 カルマ・ダム約 1.5km 上流位置		保護区外ルート代替案 2 カルマ・ダム約 2.8km 上流位置		保護区外ルート代替案 3 カルマ・ダム約 4.5km 上流位置	
			騒音・振動の影響の程度も同程度である。					
	樹木伐採	10	二次林・果樹等の樹木伐採（約 2ha）が必要。	10.00	二次林・果樹等の樹木伐採（約 2.6ha）が必要。	7.69	二次林・果樹等の樹木伐採（約 6.6ha）が必要。	3.03
	生態系	10	道路区間の主な土地利用は農地であり、野生生物もほとんどいない。（※1）ただし、ナイル川渡河区間にはカバ、ナイルワニが生息し影響を受ける可能性が高い。	10.00	同左	10.00	同左	10.00
	水象	2	ナイル川河川内に橋脚が建設され流況が変化する可能性があるが、河川内橋脚数は同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	地形・地質	2	全線を通して盛土区間が多い。特に橋台周辺の比較的高い盛土は土壌流出や法面崩壊のリスクがあるが、同程度である。	1.00	同左	2.00	同左	1.00
	小計	30		29.00		27.23		20.64
社会 環境 影響	非自発的住民移転	10	用地取得：30ha 住民移転：60 軒程度	8.33	用地取得：35ha 住民移転：50 軒程度	8.57	用地取得：50ha 住民移転：60 軒程度	5.00
	雇用や生計手段等の地域経済	4	カルマ町のビジネス地域を通過しないため、生計や地域経済に負の影響を与える。	4.00	同左	4.00	同左	4.00
	土地利用や地域資源利用	4	主に農地を通過するため農業従事者への経済的な負の影響を与える可能性がある。また、ナイル川渡河区間では漁業への影響を与える可能性がある。	4.00	アクセス道路の距離が代替案 1 より長いこと、農業への影響は代替案 1 よりも 17%程度大きい。漁業への影響は代替案 1 と同程度と考えられる。	3.43	アクセス道路の距離が代替案 1 より長いこと、農業への影響は代替案 1 よりも 67%程度大きい。漁業への影響は代替案 1 と同程度と考えられる。	2.40
	既存の社会インフラや社会サービス	4	影響建物数（60 軒程度）に公共施設が含まれる可能性がある。	3.33	影響建物数（50 軒程度）に公共施設が含まれる可能性がある。	4.00	影響建物数（60 軒程度）に公共施設が含まれる可能性がある。	3.33
	感染症※2	2	労働者数は、最大約 750 人/日	2.00	労働者数は、最大約 800 人/日	1.65	労働者数は、最大約 1,150 人/日	1.30
	労働環境（工事中の事故）※2	2	労働者数は、最大約 750 人/日	2.00	労働者数は、最大約 800 人/日	1.65	労働者数は、最大約 1,150 人/日	1.30
	交通事故（供用時）※3	2	道路橋梁区間の延長は、6.62km	2.00	道路橋梁区間の延長は、7.54km	1.76	道路橋梁区間の延長は、10.62km	1.25
	越境の影響および気候変動※4	2	道路橋梁区間の延長は、6.62km	2.00	道路橋梁区間の延長は、7.54km	1.76	道路橋梁区間の延長は、10.62km	1.25
	小計	30		27.67		26.81		19.84
	経済性（概算工事費）	25	比率：1.00 橋梁延長は代替案 2 よりも長い、最大支間長や道路延長が短く、工事費は最小。	25.00	比率：1.05 橋梁延長は最小だが、主橋梁の最大支間長が代替案 1 よりも長いこと、工事費は代替案 1 よりも高い。	23.70	比率：1.36 橋梁規模は他の代替案と同程度だが、道路延長が長いこと、工事費が最も高い。	18.38
施工性	5	支間長 200m を超える橋梁が必要となるため、高い施工精度が求められる。	3.00	同左	3.00	同左	3.00	
選定結果および理由	100	選定 他の代替案より自然および社会環境や交通に与える影響が小さく経済的であるため。	90.01		86.16		66.48	

備考：評価点は、最もよいルート案に満点を付し、定量的な評価がなされているものは、その数量に比例した評価点を与えた。

※1：2023 年 6 月にナイル川南岸の KWR (Karuma Wildlife Reserve) 境界にカルマ町への野生生物の侵入を防止するトレンチ（溝）が設置され、アフリカゾウ、カバ、アフリカスイギュウ等の野生生物はカルマ町周辺に侵入できない状況となっている。

※2：工事中の感染者数、事故数は労働者数に比例して発生するものと想定した。

※3：供用時の事故数は道路橋梁延長に比例して発生するものと想定した。

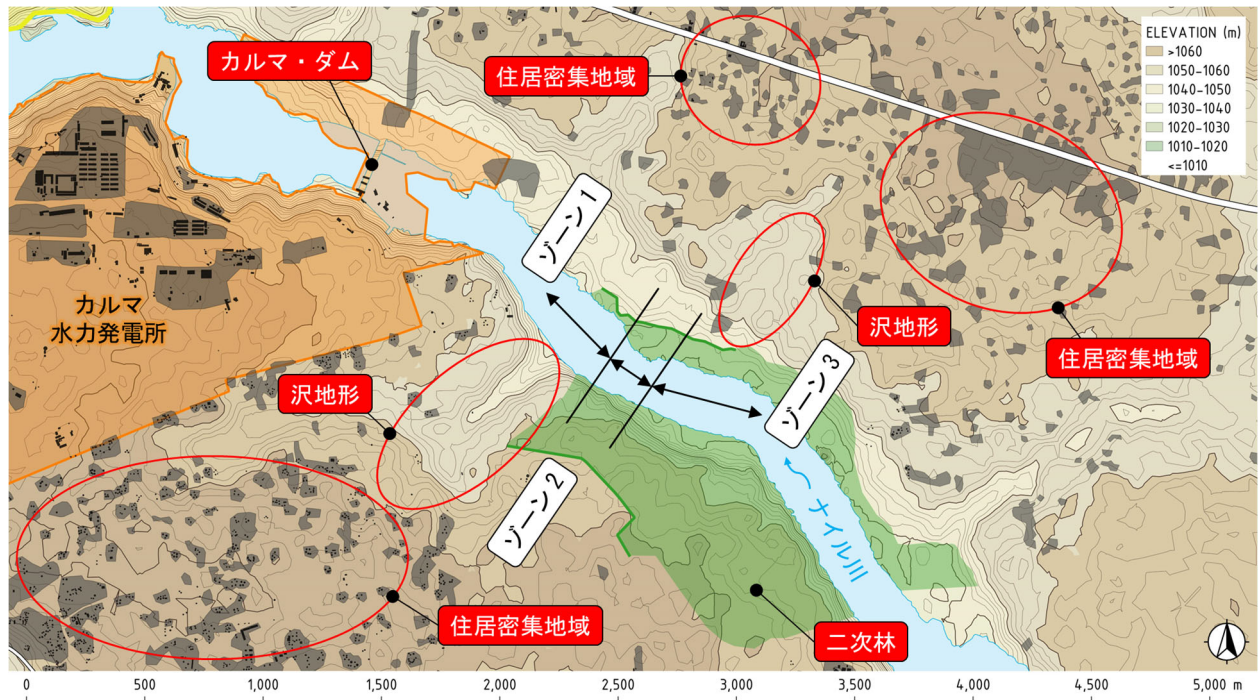
※4：供用時の地球温暖化効果ガス (CO2) は道路橋梁延長に比例して発生する。

出典：JICA 調査団

検討プロセス 2：最適な架橋区域の選定（保護区外）

次に、保護区外ルート帯案の中で最も適していると評価された「保護区外ルート代替案 1」について、さらに詳細に最適な架橋区域を評価した。この評価では、図 3-2-5 に示す河川狭窄部を中心にその前後の区域を以下の 3 つのゾーンに分割し、架橋位置としての適性を比較した。

- ・ ゾーン 1：河川狭窄部の下流位置
- ・ ゾーン 2：河川狭窄部
- ・ ゾーン 3：河川狭窄部の上流位置



出典：JICA 調査団

図 3-2-5 保護区外ルートの架橋区域の比較

表 3-2-3 に比較評価の結果を示すが、以下の結論が得られた。

- ・ 河川狭窄部前後の両岸（ゾーン 1 およびゾーン 3）には沢地形が見られ、道路線形の観点からこれらの区域は避けることが望ましい。また、これらの区域では河川幅が約 200m と広く、河川内に橋脚を設置するためには築堤を伴う下部工施工が必要となるため、経済性或施工性の面で不利である。
- ・ 一方、河川幅が最も狭いゾーン 2 は、築堤が不要となり施工性に優れるだけでなく、経済性の面でも有利である。また、ナイル川両岸に広がる二次林の範囲を考慮すると、ゾーン 2 では二次林を通過する区間が最短となり、自然環境への影響も最小限に抑えられる。

以上のことから、ゾーン 2 が最適な架橋区域であると確認された。

3. プロジェクトの内容

表 3-2-3 最適な架橋区域の比較（保護区外）

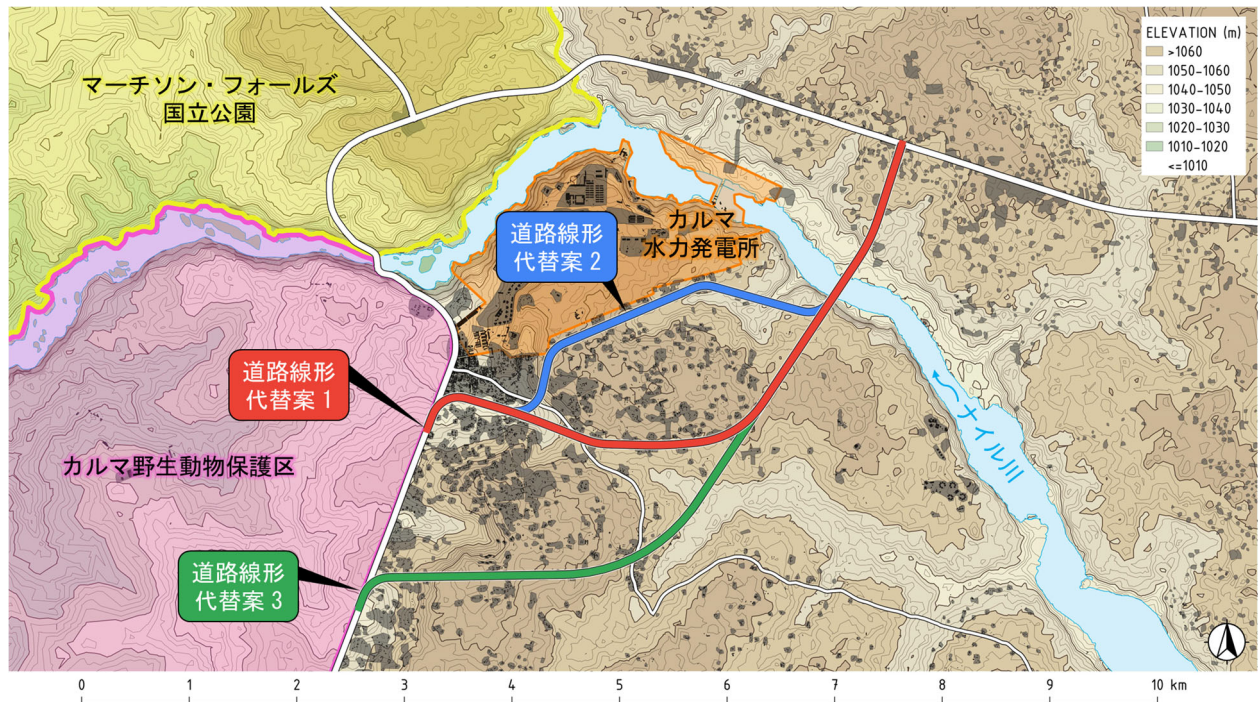
項目		ゾーン1 河川狭窄部よりも下流位置		ゾーン2 河川狭窄部		ゾーン3 河川狭窄部よりも上流位置		
諸元	河川幅	250 ～ 280 m		185 ～ 200 m		200 ～ 230 m		
	必要橋梁延長	620 m（最大支間長 260～290m）		620 m（最大支間長 195～210m）		620 m（最大支間長 210～240m）		
評価項目		配点	評価内容	評価点	評価内容	評価点	評価内容	評価点
自然環境影響	大気汚染	2	交通量・走行速度、沿道環境に大きな差は無いため、大気汚染の程度も同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	廃棄物	2	伐採（面積約 1.4ha）による建設廃棄物が発生する。	1.86	伐採（面積約 1.3ha）による建設廃棄物が発生する。	2.00	伐採（面積約 1.7ha）による建設廃棄物が発生する。	1.53
	騒音・振動	2	交通量・走行速度、沿道環境に大きな差は無いため、騒音・振動の影響の程度も同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	樹木伐採	10	二次林・果樹等の樹木伐採（約 1.4ha）が必要。	9.29	二次林・果樹等の樹木伐採（約 1.3ha）が必要。	10.00	二次林・果樹等の樹木伐採（約 1.7ha）が必要。	7.65
	生態系	10	橋梁延長が同程度であるため、河川生態系への影響も同程度の規模である。	10.00	同左	10.00	同左	10.00
	水象	2	ナイル川河川内に橋脚が建設され流況が変化する可能性があるが、河川内橋脚数は同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	地形・地質	2	沢地形の盛土が必要であるため、法面崩壊や土壌流亡やのリスクが想定される。	1.00	沢地形が存在しないため、法面崩壊や土壌流亡のリスクはほとんどない。	2.00	沢地形の盛土が必要であるため、法面崩壊や土壌流亡やのリスクが想定される。	1.00
	小計	30		28.14		30.00		26.18
社会環境影響	非自発的住民移転	10	住民移転は発生しない。架橋取付位置の用地取得面積は同程度である。	10.00	同左	10.00	同左	10.00
	雇用や生計手段等の地域経済	4	架橋取付位置の農地の用地取得面積は同程度である。	4.00	同左	4.00	同左	4.00
	土地利用や地域資源利用	4	農地への用地取得、漁業への影響の程度は同程度である。	4.00	同左	4.00	同左	4.00
	既存の社会インフラや社会サービス	4	架橋範囲に公共施設等は存在しない。	4.00	同左	4.00	同左	4.00
	感染症	2	橋梁延長は同程度であり、想定労働者数と感染症リスクも同程度と考えられる。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	労働環境（工事中の事故）	2	橋梁延長は同程度であり、想定労働者数と事故発生も同程度であると考えられる。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	交通事故（供用時）	2	橋梁延長は同程度であり、事故発生も同程度であると考えられる。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	越境の影響および気候変動	2	架橋延長は同程度であり、CO2 発生量は同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	小計	30		30.00		30.00		30.00
経済性（概算工事費）	25	比率：1.11 橋梁延長は他の代替案と同等だが、最大支間長が最も長く、工事費は最大	22.52	比率：1.00 最大支間長が最小で、工事費は最小	25.00	比率：1.05 最大支間長が代替案 2 よりも長く、代替案 1 より短い ため、工事費は中位	23.81	
施工性	5	支間長 200m を超える橋梁が必要となるため、高い施工精度が求められる。	3.00	同左	3.00	同左	3.00	
選定結果および理由	100		83.66	選定 他の代替案より自然環境への影響が少なく、最も経済的であるため。	88.00		82.99	

出典：JICA 調査団

検討プロセス 3：最適な道路線形の選定（保護区外）

前述の架橋区域（ゾーン 2）において、道路線形として適用可能な 3 つの案を抽出し、それぞれの適性を比較評価した。

- 道路線形案 1：住居密集地を回避し、最短ルートで設定された線形
- 道路線形案 2：発電所用地の近接エリアを通過する線形
- 道路線形案 3：住居密集地を回避しつつ、起点をカンパラ側へ移動させた線形



出典：JICA 調査団

図 3-2-6 保護区外ルートの道路線形代替案の比較

表 3-2-4 に比較評価の結果を示す。以下の理由から、道路線形案 1 が最適な道路線形であることが確認された。

- 走行性：線形案 1 および線形案 3 は、起点部を除いて緩やかな平面曲線を有しており、高い走行性が期待できる。一方、線形案 2 は住居密集地を通過するため、道路の曲線が多く、走行性がやや劣る。また、地域の分断が生じることで歩行者の横断に関わる事故のリスクが若干高いと評価された。
- 自然環境への影響：いずれの案も自然環境への影響に大きな差異は見られない。
- 社会環境への影響：用地取得および住民移転の規模については、線形案 1 と線形案 2 が最小である。
- 経済性：橋梁規模は各案で共通しているが、道路延長が長く、地形の起伏が大きい案ほど工事費が増加する傾向にある。線形案 1 は地形の起伏が最も少ないため、工事費が最も低くなると判断された。

以上の点から、道路線形案 1 が道路線形として最適であると結論付けられた。

表 3-2-4 道路線形代替案の比較（保護区外）

項目		道路線形案1 住居密集地を回避し、 最短ルートで設定された線形		道路線形案2 発電所用地の近接エリアを通過する 線形		道路線形案3 住居密集地を回避しつつ、 起点をカンパラ側へ移動させた線形		
諸元	道路延長	6.2 km		6.1 km		7.4 km		
	橋梁延長	620 m		620 m		620 m		
	最大支間長	200 m		200 m		200 m		
	最小曲線半径	R = 800 m		R = 250 m		R = 1500 m		
評価項目		配点	評価内容	評価点	評価内容	評価点	評価内容	評価点
走行性		5	起点部を除き、緩やかな曲線の道路線形であるため、高い走行性が期待できる。	5.00	住居密集地を縫うような線形となり、若干、走行性に劣る。	4.00	代替案1と同程度	5.00
交通安全性		5	地域の分断は少なく、歩行者の道路横断に係る事故が発生する可能性は低い。	4.00	地域の分断が一定程度あり、歩行者の道路横断に係る事故が発生する可能性が若干高い。	3.00	代替案1と同程度	4.00
自然環境影響	大気汚染	2	交通量・走行速度、沿道環境に大きな差は無いため、大気汚染の程度も同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	廃棄物	2	伐採(面積約2ha)による建設廃棄物が発生する。	2.00	伐採(面積約3.7ha)による建設廃棄物が発生する。	1.08	伐採(面積約3.6ha)による建設廃棄物が発生する。	1.11
	騒音・振動	2	交通量・走行速度、沿道環境に大きな差は無いため、騒音・振動の影響の程度も同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	樹木伐採	10	二次林・果樹等の樹木伐採(約2ha)が必要。	10.00	二次林・果樹等の樹木伐採(約3.7ha)が必要。	5.41	二次林・果樹等の樹木伐採(約3.6ha)が必要。	5.56
	生態系	10	道路区間の主な土地利用は農地であり、野生生物もほとんどいない。(※1)ただし、ナイル川渡河区間にはカバ、ナイルワニが生息し影響を受ける可能性が高い。	10.00	同左	10.00	同左	10.00
	水象	2	ナイル川河川内に橋脚が建設され流況が変化する可能性があるが、河川内橋脚数は同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	地形・地質	2	全線を通して盛土区間が多い。特に橋台周辺の比較的高い盛土は土壌流亡や法面崩壊のリスクがあるが、同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	小計	30		30.00		24.49		24.67
社会環境影響	非自発的住民移転	10	用地取得：30ha 住民移転：60軒程度	10.00	用地取得：30ha 住民移転：60軒程度	10.00	用地取得：35ha 住民移転：80軒程度	6.43
	雇用や生計手段等の地域経済	4	カルマ町のビジネス地域を通過しないことで、生計や地域経済に対して負の影響を及ぼす可能性がある。	4.00	同左	4.00	同左	4.00
	土地利用や地域資源利用	4	主に農地を通過することから、農業従事者に経済的な負の影響を及ぼす可能性がある。さらに、取付道路の距離が代替案2より長いため、農業への影響は代替案2に比べて約2%程度大きいと推定される。また、ナイル川の渡河区間においては、漁業活動にも影響を与える可能性が懸念される。	3.94	取付道路の距離が最短であるため、影響も最小である。漁業への影響は同程度と考えられる。	4.00	取付道路の距離が代替案1より長いため、農業への影響は代替案2よりも19%程度大きい。漁業への影響は同程度と考えられる。	3.35
	既存の社会インフラや社会サービス	4	影響建物数(60軒程度)に公共施設が含まれる可能性がある。	4.00	影響建物数(60軒程度)に公共施設が含まれる可能性がある。	4.00	影響建物数(80軒程度)に公共施設が含まれる可能性がある。	3.00
	感染症※2	2	労働者数は、最大約760人/日	1.97	労働者数は、最大約750人/日	2.00	労働者数は、最大約890人/日	1.68

項目			道路線形案 1 住居密集地を回避し、 最短ルートで設定された線形	道路線形案 2 発電所用地の近接エリアを通過する 線形	道路線形案 3 住居密集地を回避しつつ、 起点をカンバラ側へ移動させた線形
労働環境（工事中の事故）※2 交通事故（供用時）※3 越境の影響および気候変動 小計	2	2	労働者数は、最大約 760 人 / 日 1. 97	労働者数は、最大約 750 人 / 日 2. 00	労働者数は、最大約 890 人 / 日 1. 68
	2	2	道路橋梁区間の延長は、 6. 82km 1. 97	道路橋梁区間の延長は、 6. 72km 2. 00	道路橋梁区間の延長は、 8. 02km 1. 68
	2	2	道路橋梁区間の延長は、 6. 82km 1. 97	道路橋梁区間の延長は、 6. 72km 2. 00	道路橋梁区間の延長は、 8. 02km 1. 68
	30	30	29. 82	30. 00	23. 48
経済性（概算工事費）			比率：1. 00 道路延長は代替案 2 と同程度で、工事費は最小。 25. 00	比率：1. 02 道路延長は最小であるものの、沢を横断する区間において橋梁または高盛土の施工が必要となるため、工事費は代替案 1 と比較してやや高くなると見込まれる。 24. 57	比率：1. 07 道路延長が最も長く、工事費は最大。 23. 35
選定結果および理由			選定 高い走行性と安全性が期待でき、社会環境影響が最小で、経済性も高いため。 93. 82	86. 06	80. 50

備考：評価点は、最もよいルート案に満点を付し、定量的な評価がなされているものは、その数量に比例した評価点を与えた。

※1：2023 年 6 月にナイル川南岸の KWR (Karuma Wildlife Reserve) 境界にカルマ町への野生生物の侵入を防止するトレンチ（溝）が設置され、アフリカゾウ、カバ、アフリカスイギュウ等の野生生物はカルマ町周辺に侵入できない状況となっている。

※2：工事中の感染者数、事故数は労働者数に比例して発生するものと想定した。

※3：供用時の事故数は道路橋梁延長に比例して発生するものと想定した。

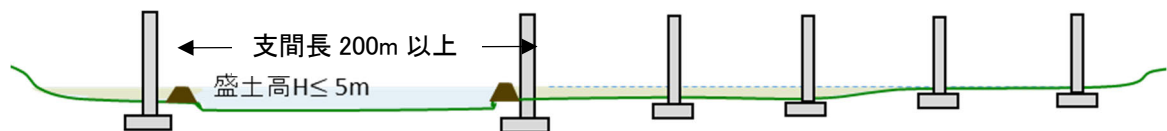
※4：供用時の地球温暖化効果ガス (CO2) は道路橋梁延長に比例して発生する。

出典：JICA 調査団

検討プロセス 4：最適な橋梁形式の選定（保護区外）

上記で選定された道路線形に対して、適用可能な橋梁形式についての検討を行った。以下のサイト条件を考慮した結果、「斜張橋+PC 箱桁橋（90+200+90+3@60=620m）」が最適な橋梁形式であると評価された。

- 当該渡河地点におけるナイル川の河川幅は 200～300m であり、特に河川中央付近は水深が 5m を超える。これにより、大規模な築堤が必要となるため、自然環境への負の影響を最小限に抑えるためにも、深い河川中央部での橋脚設置は避ける必要がある。このため、中央支間長を 200m と設定する（図 3-2-7 参照）。

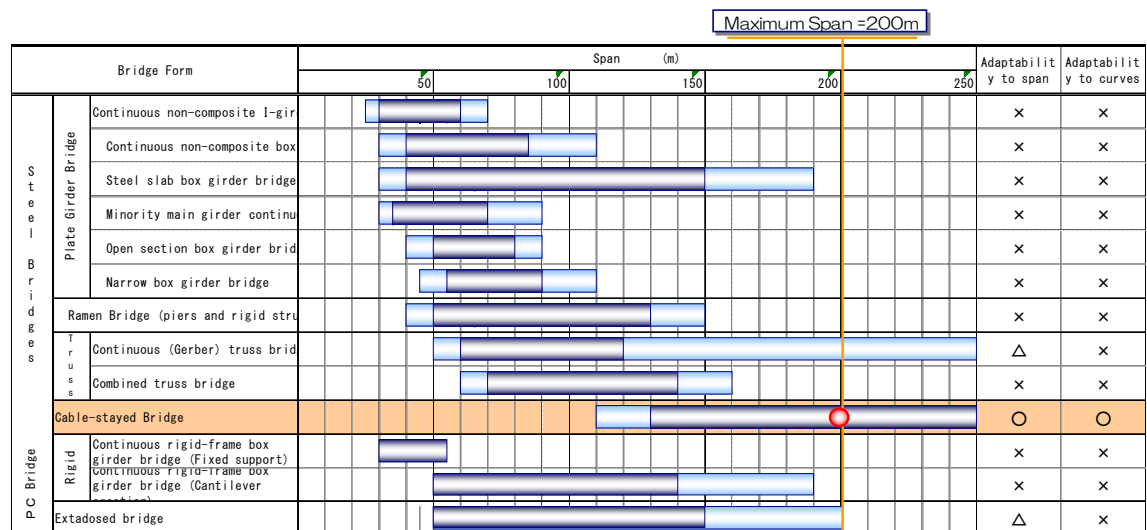


出典：JICA 調査団

図 3-2-7 河川内盛土をできるだけ回避した盛土計画イメージ

- 支間長 200m を適用可能な橋梁形式としては、鋼トラス橋、鋼斜張橋、PC エクストラードーズド橋などが挙げられる（図 3-2-8 参照）。本検討では、200m 級支間長の橋梁形式として実績が豊富な鋼斜張橋を採用する。

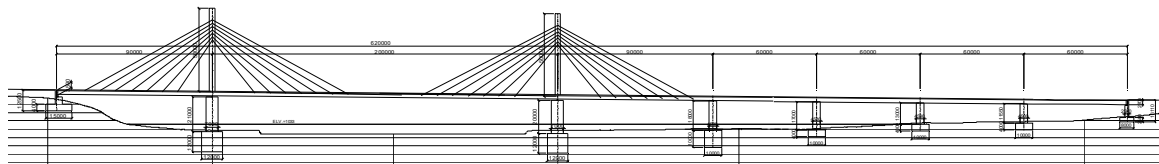
3. プロジェクトの内容



○：最適、△：経済性は劣るが採用可能、×：採用不可
出典：JICA 調査団

図 3-2-8 橋梁形式別適用支間

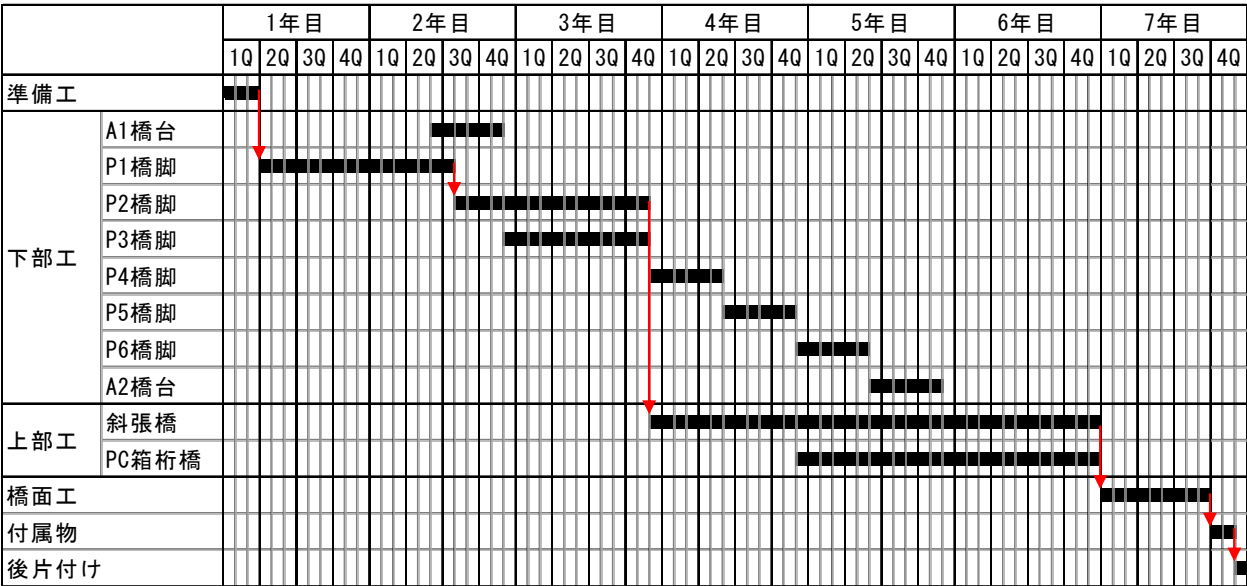
- 河川区域外の低平地区間では、交差条件がないため、経済性に優れる PC 箱桁橋を採用する。



出典：JICA 調査団

図 3-2-9 橋梁計画側面図

なお、図 3-2-10 に示すとおり、この橋梁形式を採用した場合、必要な工期は約 7 年間、概算工事費は 150 億円強と見積もられる。



出典：JICA 調査団

図 3-2-10 保護区外ルートの記事スケジュール

総合評価：保護区以外の地域において実施可能な代替案が存在しないことの評価

これまでの検討結果を総合的に評価した結果、保護区を完全に避けるルートは、以下の理由から「事業として成立しない」との結論に至った。このため、「保護区以外の地域において実施可能な代替案が存在しない」ことが確認された。

- 社会環境への影響：保護区を完全に避けるルートは、カルマ町南部の集落を通過する新たな道路建設を伴い、30ha 以上の用地取得（主に農地）が必要となる。また、一定数の住民移転が発生し、生計手段の喪失や減少が懸念される。さらに、道路整備による地域コミュニティの分断や交通事故の増加といった影響も予測される。加えて、このルートはカルマ町を東側に大きく迂回する形状となるため、現カルマ橋南側の既存道路沿道に立地する商業地域や露店（ベンダー）に対しても経済的な負の影響を与えることが想定される。
- 自然環境への影響：2023 年 6 月にカルマ野生生物保護区（KWR：Karuma Wildlife Reserve）と隣接するカルマ町の境界に野生生物侵入防止トレンチが設置され、野生生物の行動範囲は保護区内に限定されている。そのため、保護区外の代替案ルートの範囲では陸上野生生物への影響はほとんど見られない。しかし、架橋位置はカバやナイルワニの生息域であり、それらの生息環境に影響を与える可能性がある。また、二次林や河畔林の約 20ha に及ぶ樹木伐採が必要となり、自然環境への負の影響も避けられない。
- 事業性・経済性の評価：保護区を完全に避けるルートの工事費は約 150 億円と試算され、これは無償資金協力事業の予算上限を大幅に超過する。事業実施には円借款など別の資金スキームを適用する必要があるが、試算された経済的内部収益率（EIRR）は 2.7%にとどまり、用地取得や住民移転に要する期間が延び、工事着工が遅れる場合には EIRR がマイナス値を示す可能性もある。このため、無償資金協力事業としても有償資金協力事業としても実現性が乏しいと判断される（経済分析に関する詳細は後述）。

(3) 既存橋近傍に架替える場合の影響評価

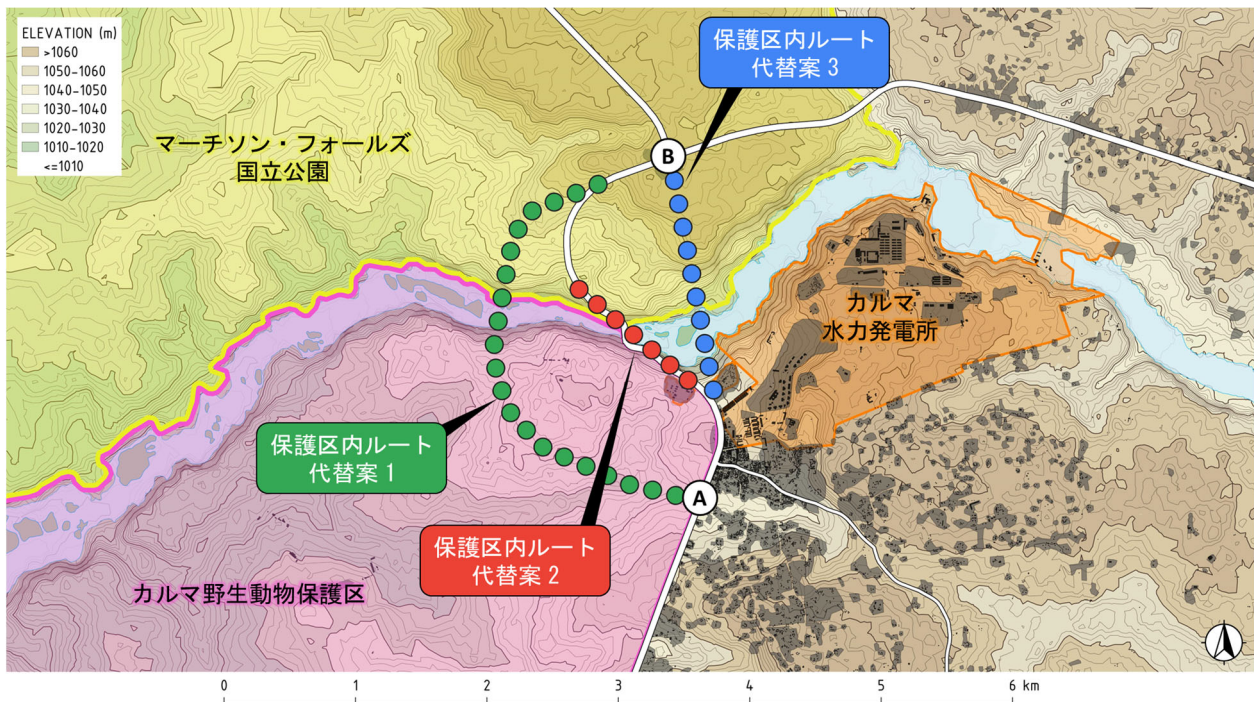
保護区を完全に避ける場合と同様に、既存橋近傍に架替える案についても、①ルート帯の選定、②河川横断区域の選定、③道路線形の選定、④橋梁形式の選定の 4 段階での検討プロセスによる評価を実施した。

検討プロセス 1：最適なルート帯の選定（保護区内）

新橋建設の候補となり得るルート帯を 3 箇所抽出し、比較検討を行った。

- 保護区内ルート帯案 1：既存橋の西側を迂回するルート
- 保護区内ルート帯案 2：既存橋に近接するルート
- 保護区内ルート帯案 3：既存橋の東側を迂回するルート

3. プロジェクトの内容



出典：JICA 調査団

図 3-2-11 保護区内のルート帯代替案

表 3-2-5 に比較評価の結果を示す。評価指標および配点は以下のとおり設定した：交通への影響（10 点）、自然環境への影響（30 点）、社会環境への影響（30 点）、経済性（概算工事費）（25 点）、施工性（5 点）の計 5 項目で、合計 100 点とした。自然環境および社会環境の評価項目については、スコーピング・マトリクスを参考に設定している。

比較評価の結果、ルート帯案 2 は他の案と比較して以下の点で優れていることが確認された：

- 環境への影響と事業範囲を縮小できる可能性が高いこと。
- 事業地域の交通および社会環境への影響を最小限に抑えられること。

以上の理由から、ルート帯案 2 が保護区内における最適なルート帯として選定された。

表 3-2-5 ルート帯代替案の比較（保護区内）

項目		保護区内ルート帯案 1 既存橋の西側を迂回するルート		保護区内ルート帯案 2 既存橋に近接するルート		保護区内ルート帯案 3 既存橋の東側を迂回するルート		
諸元	河川幅	300～380 m		70～100 m		300～380 m		
	橋梁延長	約 700 m (最大支間長 320m)		250～500 m (最大支間長 120m)		約 800 m (最大支間長 320m)		
	道路延長	4.0 km		2.0 km		2.2 km		
評価項目		配点	評価内容	評価点	評価内容	評価点	評価内容	評価点
交通 への 影響	地点 A～B 地点 間の移動距離	10	0.4km の増加 (3.6km から 4.0km)	6.3	増減なし (3.6km)	7.00	1.0km の短縮 (3.6km から 2.6km)	9.69
自然 環境 影響	大気汚染	2	交通量・走行速度、沿道環 境に大きな差は無いため、 大気汚染の程度も同程度で ある。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	廃棄物	2	伐採(面積約 2ha)による建 設廃棄物が発生する。	1.00	伐採(面積約 1ha)による建 設廃棄物が発生する。	2.00	伐採(面積約 1.1ha)による 建設廃棄物が発生する。	1.82
	騒音・振動	2	交通量・走行速度、沿道環 境に大きな差は無いため、 騒音・振動の影響の程度も 同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00

項目			保護区内ルート帯案 1 既存橋の西側を迂回するルート		保護区内ルート帯案 2 既存橋に近接するルート		保護区内ルート帯案 3 既存橋の東側を迂回するルート	
	保護区／樹木伐採	10	両保護区を通過し、道路延長も長く伐採面積(約 2ha)が大きく生態系への影響が著しい。	5.00	両保護区を通過するが、道路延長は最短、既存橋梁周辺であるため伐採面積が約 1ha であり、最も小さい。	10.00	保護区通過はマーチソン・フォールズ国立公園のみであるが、保護区を通過する道路延長が代替案 2 より長く、伐採面積も約 1.1ha であり影響度も大きい。	9.09
	生態系	10	カバの生息範囲であり、陸上アクセス地点や主要な餌場に影響を与える可能性が高い。	6.00	河川幅が最も小さいため、流速が早く、カバ、ナイルフニ、魚類の主要な生息の場となっていない。既存道路近傍に位置するため、影響は最も小さいと考えられる。	10.00	アフリカゾウの休息、水場への移動コースに影響を与える可能性が高い。	6.00
	水象	2	ナイル川内に橋脚は設置されず影響はない。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	地形・地質	2	道路延長が約 4km と最も長く、土工区間(切土・盛土)の法面の安定性に留意する区間も最も長い。	1.00	道路延長が約 2km と最も短く、土工区間(切土・盛土)の法面の安定性に留意する区間も最も短い。	2.00	道路延長が約 2.2km と代替案 2 の次に短く、土工区間(切土・盛土)の法面の安定性に留意する区間も比較的短い。	1.81
	小計	30		19.00		30.00		24.72
社会 環境 影響	非自発的住民移転	10	民地の用地取得は想定されない。	10.00	民地の用地取得は想定されない。	10.00	両岸とも小規模な用地取得/住民移転が想定される。	5.00
	雇用や生計手段等の地域経済	4	アクセス道路はカルマ町の商業地域を通過しないため、既存道路沿道の地域経済(カルマ町の沿道商業活動)への負の影響が大きい。	2.00	既存橋周辺に限定した工事になるため地域経済(沿道商業活動)への影響はほとんどない。	4.00	既存の沿道商業地域より北側が工事範囲となるため、地域経済(沿道商業活動)への影響はない。	4.00
	土地利用や地域資源利用	4	渡河位置が KFA の漁場に近いためから影響を及ぼす可能性がある。	2.00	渡河地域は、既知の漁場から離れているため影響はほとんど無い。	4.00	渡河地域は、既知の住民の漁場となっており、影響を及ぼす可能性がある。	2.00
	既存の社会インフラや社会サービス	4	公共施設等への影響はない。	4.00	公共施設等への影響はない。	4.00	ナイル川南岸架橋位置周辺に UPDF(ウガンダ人民軍)の施設があり影響を与える可能性がある。	2.00
	感染症※1	2	労働者数は、最大約 470 人/日	1.19	労働者数は、最大約 280 人/日	2.00	労働者数は、最大約 330 人/日	1.70
	労働環境(工事中的事故)※1	2	労働者数は、最大約 470 人/日	1.19	労働者数は、最大約 280 人/日	2.00	労働者数は、最大約 330 人/日	1.70
	交通事故(供用時)※2	2	道路橋梁区間の延長は、4.7km 程度	1.06	道路橋梁区間の延長は、2.5km 程度	2.00	道路橋梁区間の延長は、3km 程度	1.67
	越境の影響および気候変動※3	2	道路橋梁区間の延長は、4.7km 程度	1.06	道路橋梁区間の延長は、2.5km 程度	2.00	道路橋梁区間の延長は、3km 程度	1.67
	小計	30		22.51		30.00		19.73
経済性(概算工事費)		25	比率: 2.44 新設道路延長、橋長とも長く事業規模が代替案 2 より大きい。	10.23	比率: 1.00 河川狭窄部に新橋を架設、事業規模は一番小さい。	25.00	比率: 1.40 右岸側の新設道路区間と橋長が長く、事業規模が代替案 1 より大きい。	11.03
施工性		5	代替案 2 よりも下部工の基数が多く、基岩への基礎工事に時間がかかる。	4.00	河川幅が最も狭く、陸上での工事が可能であることから、施工難易度が最も低い。	5.00	急斜面における基礎・下部工の施工が困難。	3.00
選定結果および理由		100		62.04	選定 他の代替案と比較して、環境影響と事業範囲を最小化でき、また、事業地域の交通と社会環境への影響も最小化できるため。	97.00		68.17

備考: 評価点は、最もよいルート案に満点を付し、定量的な評価がなされているものは、その数量に比例した評価点を与えた。

※1: 工事中的感染者数、事故数は労働者数に比例して発生するものと想定した。

※2: 供用時の事故数は道路橋梁延長に比例して発生するものと想定した。

※3: 供用時の地球温暖化効果ガス(CO2)は道路橋梁延長に比例して発生する。

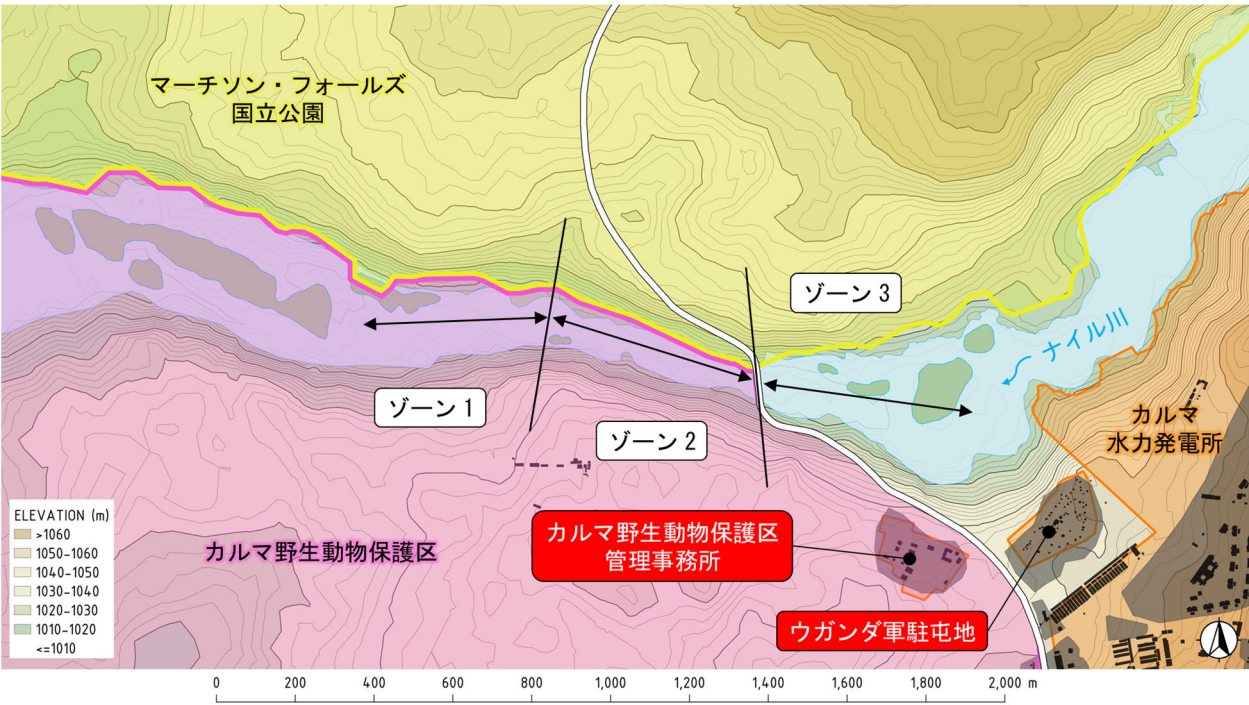
出典: JICA 調査団

3. プロジェクトの内容

検討プロセス 2：最適な架橋区域の選定（保護区内）

次に、保護区内ルート帯案の中で最も適していると評価された「保護区内ルート帯案 2」について、さらに詳細に最適な架橋区域を評価した。この評価では、図 3-2-12 に示す河川狭窄部を中心にその前後の区域を以下の 3 つのゾーンに分割し、架橋位置としての適性を比較した。

- ゾーン 1： 河川狭窄部の下流位置
- ゾーン 2： 河川狭窄部
- ゾーン 3： 河川狭窄部の上流位置



出典：JICA 調査団

図 3-2-12 保護区内ルートの架橋区域の比較

表 3-2-6 に比較評価の結果を示す。評価の結果、ゾーン 2（河川狭窄部）が以下の理由から架橋区域として最適であることが確認された。

- 自然環境への影響の最小化：保護区内の自然環境への影響を最小限に抑えることが可能である。
- 経済性の確保：河川幅員が最も狭いため、橋梁規模を最小化でき、工事費用の削減が見込まれる。

表 3-2-6 最適な架橋区域の比較（保護区内）

項目		ゾーン 1 河川狭窄部の下流位置		ゾーン 2 河川狭窄部		ゾーン 3 河川狭窄部の上流位置	
諸元	河川幅	150 ～ 300 m		70 ～ 100 m		150 ～ 300 m	
	必要橋梁延長	350～500 m（最大支間長 170m）		250～400 m（最大支間長約 120m）		350～500 m（最大支間長 210～240m）	
評価項目		配点	評価内容	評価点	評価内容	評価点	評価点
自然環境影響	大気汚染	2	交通量や走行速度、沿道環境には大きな違いが見られず、大気汚染の程度も同等である。	2.00	同左	2.00	同左

項目			ゾーン1 河川狭窄部の下流位置		ゾーン2 河川狭窄部		ゾーン3 河川狭窄部の上流位置	
	廃棄物	2	橋脚数は同程度であり掘削土（建設残土）の量も同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	騒音・振動	2	交通量・走行速度、沿道環境に大きな差は無いため、騒音・振動の影響の程度も同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	伐採樹木	10	橋梁区間の伐採樹木は同程度である。	10.00	同左	10.00	同左	10.00
	生態系	10	架橋位置（南岸）はカバの上陸ポイントが複数あり、影響を受ける可能性が高い。	3.00	現橋から下流 300m 以遠に架橋位置を設定する場合、カバの上陸ポイントが存在することから、これらへの影響が懸念される。一方で、下流 300m の範囲では流速が速いため、大型哺乳類やナイルワニが生息するには不向きであり、これらへの影響は比較的低いと考えられる。	5.00	架橋位置は、カバの生息が確認されており、影響を受ける可能性がある。	3.00
	水象	2	河川内に橋脚は建設されないため水況の変化はない。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	地形・地質	2	橋台の盛土高さも同程度であり、土壌流出や法面崩壊のリスクは同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	小計	30		23.00		25.00		23.00
社会 環境 影響	非自発的住民移転	10	民地の用地取得および住民移転はない。	10.00	同左	10.00	同左	10.00
	雇用や生計手段等の地域経済	4	雇用や生計手段等への影響はないと考えられる。	4.00	同左	4.00	同左	4.00
	土地利用や地域資源利用	4	既知の漁場は 1km 以遠（下流）にあるため影響はないと考えられる。	4.00	既知の漁場は 1km 以遠（下流）にあるため影響はないと考えられる。	4.00	既知の漁場が現橋梁の上流約 400m 程度にあり、影響を及ぼす可能性がある。	2.00
	既存の社会インフラや社会サービス	4	架橋範囲に公共施設等は存在しない。	4.00	同左	4.00	同左	4.00
	感染症	2	橋梁延長は最大 500m 程度であり、延長に応じた想定労働者数と感染症リスクが生じると考えられる。	1.60	橋梁延長は最大 400m 程度であり、延長に応じた想定労働者数と感染症リスクが生じると考えられる。	2.00	橋梁延長は最大 500m 程度であり、延長に応じた想定労働者数と感染症リスクが生じると考えられる。	1.60
	労働環境（工事 中の事故）	2	橋梁延長は最大 500m 程度であり、延長に応じた想定労働者数と事故リスクが生じると考えられる。	1.60	橋梁延長は最大 400m 程度であり、延長に応じた想定労働者数と事故リスクが生じると考えられる。	2.00	橋梁延長は最大 500m 程度であり、延長に応じた想定労働者数と事故リスクが生じると考えられる。	1.60
	交通事故（供用 時）	2	橋梁延長は最大 500m 程度であり、延長に応じた交通事故リスクが生じると考えられる。	1.60	橋梁延長は最大 400m 程度であり、延長に応じた交通事故リスクが生じると考えられる。	2.00	橋梁延長は最大 500m 程度であり、延長に応じた交通事故リスクが生じると考えられる。	1.60
	越境の影響および 気候変動	2	橋梁延長は最大 500m 程度であり、延長に応じた CO2 が発生する。	1.60	橋梁延長は最大 400m 程度であり、延長に応じた CO2 が発生する。	2.00	橋梁延長は最大 500m 程度であり、延長に応じた CO2 が発生する。	1.60
	小計	30		28.40		30.00		26.40
経済性（概算工事費）	25	比率：1.40 橋梁規模が比較的大きく、経済性に劣る。	17.86	比率：1.00 橋梁規模が最小で、経済性に優れる。	25.00	比率：1.40 橋梁規模が比較的大きく、経済性に劣る。	17.86	
施工性	5	河川幅が代替案 2 よりも広く、施工難易度が高い。	4.00	河川幅が最も狭く、施工難易度が最も低い。	5.00	河川幅が代替案 2 よりも広く、施工難易度が高い。	4.00	
選定結果および理由	100		73.26	選定 保護区の自然環境への影響を最小限に抑えることができ、さらに河川幅が狭いため橋梁規模を縮小でき、経済性にも優れているため。	85.00		71.26	

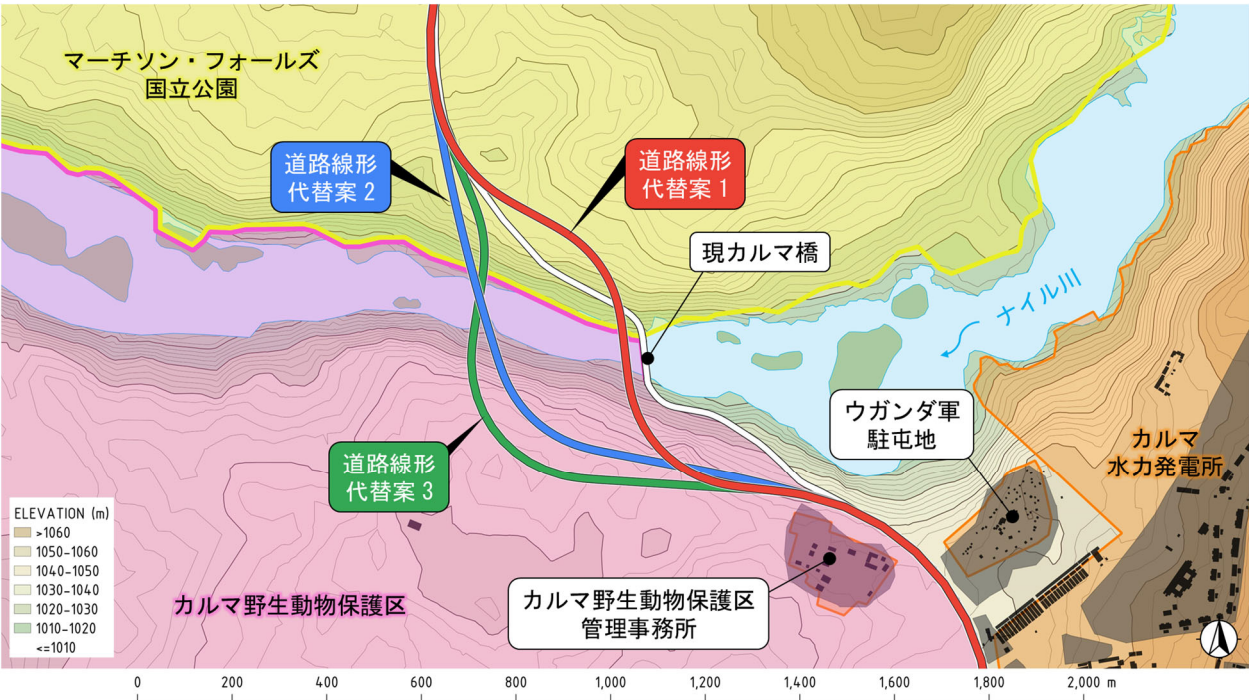
出典：JICA 調査団

3. プロジェクトの内容

検討プロセス 3：最適な道路線形の選定（保護区内）

前述の架橋区域（ゾーン2）において、道路線形として適用可能な3つの案を抽出し、それぞれの適性を比較評価した。

- 道路線形案 1： 経済性を最優先し、橋梁規模を最小限に抑えるため、現カルマ橋に最も近い位置に建設する案。兩岸の工事規模は同程度で、既存道路との交差が発生する。道路線形は渡河部を中心としたS字線形となる。
- 道路線形案 2： S字線形を解消し、橋梁区間前後で直線的な道路線形を採用することで走行性を向上させる案。
- 道路線形案 3： 案 1 と案 2 を組み合わせた折衷案であり、UNRA の既存計画に最も近い形となる。



出典：JICA 調査団

図 3-2-13 保護区内ルート of 道路線形代替案の比較

表 3-2-7 に比較評価の結果を示す。環境社会への影響が最小であり、経済性に最も優れていることから、道路線形案 1 が既存橋近傍に架替える場合の推奨案として選定された。

表 3-2-7 道路線形代替案の比較（保護区内）

項目		道路線形案 1 橋梁規模を最小にした案		道路線形案 2 走行性を優先した案		道路線形案 3 折衷案	
諸元	道路延長	1,700 m		1,850 m		1,800 m	
	橋梁延長	280 m		390 m		300 m	
	最大支間長	120 m		170 m		160 m	
	最小曲線半径	R = 200 m		R = 250 m		R = 250 m	
評価項目	配点	評価内容	評価点	評価内容	評価点	評価内容	評価点
走行性	5	道路構造令の「最小曲線半径の望ましい値」を満足し、快適な走行性が担保できるが代替案 2 に劣る。	4.00	道路構造令の「最小曲線半径の望ましい値」を満足しており、快適な走行性が担保できる。	5.00	道路構造令の「最小曲線半径の望ましい値」を満足しており、快適な走行性が担保できる。	4.50

項目		道路線形案 1 橋梁規模を最小にした案		道路線形案 2 走行性を優先した案		道路線形案 3 折衷案		
交通安全性		5	両岸の取付道路から橋梁が容易に視認可能であり、交通安全性に優れている。	5.00	同左	5.00	同左	5.00
自然環境 影響	大気汚染	2	交通量・走行速度、沿道環境に大きな差は無いため、大気汚染の程度も同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	廃棄物※1	2	伐採(面積約 2.9ha)による建設廃棄物が発生する。	2.00	伐採(面積約 3.3ha)による建設廃棄物が発生する。	1.76	伐採(面積約 3.1ha)による建設廃棄物が発生する。	1.87
	騒音・振動	2	交通量・走行速度、沿道環境に大きな差は無いため、騒音・振動の影響の程度も同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	樹林伐採	10	自然林が約 2.9ha 伐採される。	10.00	自然林が約 3.3ha 伐採される。	8.79	自然林が約 3.1ha 伐採される。	9.35
	生態系※2	10	現道と代替案ルート間の新たな分断面積は約 7.1ha。	10.00	現道と代替案ルート間の新たな分断面積は約 14.3ha。	4.97	現道と代替案ルート間の新たな分断面積は約 17.7ha。	4.01
	水象	2	ナイル川内の橋脚の建設はない。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	地形・地質	2	いずれの代替案も土工（切土、盛土）は同程度である。	2.00	同左	2.00	同左	2.00
	小計	30		30.00		23.51		23.24
	社会環境 影響	非自発的住民移転	10	民地の用地取得および住民移転はない。	10.00	同左	10.00	同左
雇用や生計手段等の地域経済		4	カルマ町のビジネス地域への影響はない。	4.00	同左	4.00	同左	4.00
土地利用や地域資源利用		4	既知の漁場まで 1.5km 以上離れており影響はない。	4.00	同左	4.00	同左	4.00
既存の社会インフラや社会サービス		4	公共施設等に影響はない。	4.00	同左	4.00	同左	4.00
感染症※2		2	労働者数は、最大約 200 人/日	2.00	労働者数は、最大約 230 人/日	1.75	労働者数は、最大約 210 人/日	1.87
労働環境（工事中の事故）※2		2	労働者数は、最大約 200 人/日	2.00	労働者数は、最大約 230 人/日	1.75	労働者数は、最大約 210 人/日	1.87
交通事故（供用時）※3		2	道路橋梁区間の延長は、1.78km	2.00	道路橋梁区間の延長は、2.04km	1.75	道路橋梁区間の延長は、1.90km	1.87
越境の影響および気候変動		2	道路橋梁区間の延長は、1.78km	2.00	道路橋梁区間の延長は、2.04km	1.75	道路橋梁区間の延長は、1.90km	1.87
小計		30		30.00		28.98		29.49
経済性（概算工事費）		25	比率：1.00 最大支間長 120m は、経済的な橋梁形式である PC 箱桁橋が採用可能で経済性に優れる。	25.00	比率：1.47 最大支間長 170m は、経済的な橋梁形式である PC 箱桁橋の採用が難しくさらに橋長が最も長い場合、最も経済性に劣る。	17.01	比率：1.19 最大支間長 160m は、経済的な橋梁形式である PC 箱桁橋の採用が難しく、経済性に劣る。	21.01
施工性		5	工期：2.7 年	5.00	工期：3.5 年	3.86	工期：2.9 年	4.66
選定結果および理由		100	選定 自然環境および社会環境への影響が最小であり、経済性に最も優れているため。	99.0		83.36		87.90

備考: 評価点は、最もよいルート案に満点を付し、定量的な評価がなされているものは、その数量に比例した評価点を与えた。

※1: 伐採面積は代替案 1 の伐採範囲(切土、盛土、道路・橋梁の範囲等)を算出し、道路・橋梁延長から代替案 2 および 3 の伐採面積を算出した。

※2: 現道と代替案ルートで切り取られる部分は、その生態系が分断されると判断し、その面積が大きいほど保護区へ負の影響が大きいと想定した。

※3 工事中の感染者数、事故数は労働者数に比例して発生するものと想定した。

※4: 供用時の事故数は道路橋梁延長に比例して発生するものと想定した。

※5: 供用時の地球温暖化効果ガス(CO2)は道路橋梁延長に比例して発生する。

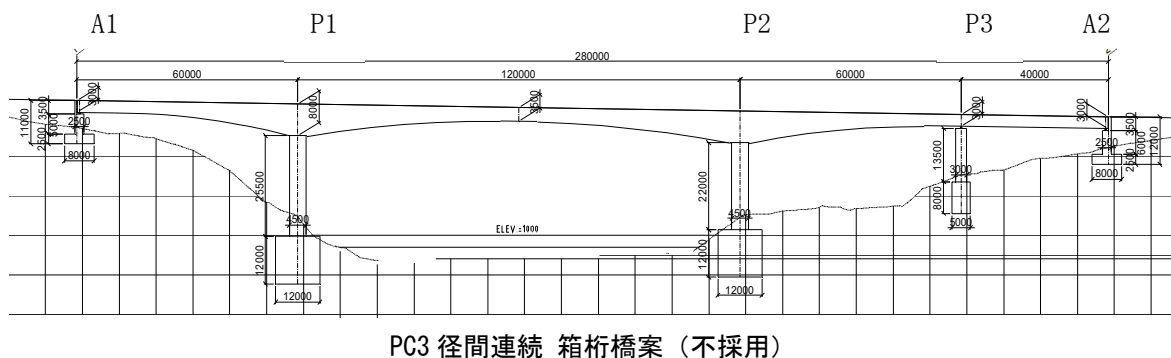
出典: JICA 調査団

3. プロジェクトの内容

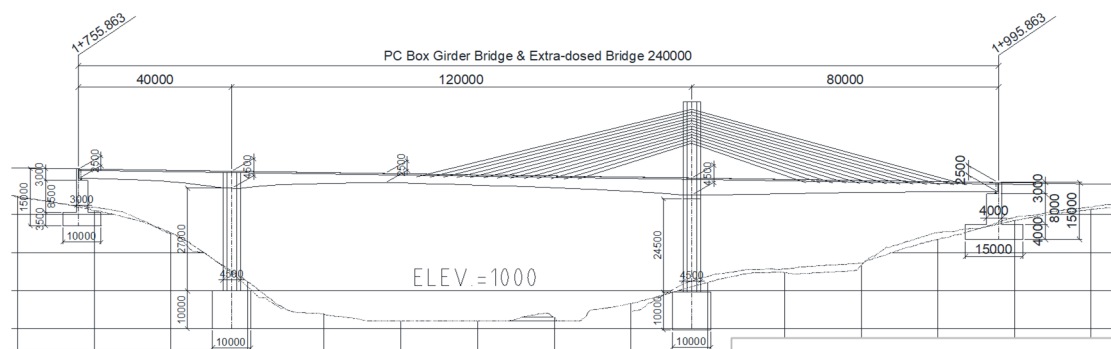
検討プロセス 4：最適な橋梁形式の選定（保護区内）

上記で選定された道路線形に対して、適用可能な橋梁形式を検討した結果、以下の理由により、「PC3 径間連続箱桁+エクストラードズ橋(40+120+80=240m)」が最適な橋梁形式として評価された。

- 支間長の条件：当該渡河地点は河川幅が最も狭く、流速が非常に速く危険であるため、河川内に橋脚を設置するのは極めて困難である。高水位を考慮した場合、河川外に橋脚を設置するために必要な橋梁支間長は 120m となる。
- 課題 1（側径間長の延伸）：支間長 120m を持つ PC 箱桁橋（張出架設）は経済的な上部工形式であるが、側径間長（起点側 60m）は中央支間長の 1/2 であるため、現況地形に対し必要以上に支間長を延長せざるを得ない。
- 課題 2（橋脚削減による影響）：終点側で P3 橋脚を省略することでコスト削減が可能だが、その場合、側径間長を 80m 程度まで延ばす必要がある。しかし、中央支間長 120m を持つ PC 箱桁橋（張出架設）では、80m の側径間長は過剰に長い設計となる。
- 解決策：起点側では支間長を短縮する目的で PC 箱桁橋を採用し、終点側では支間長を延伸するためにエクストラードズ橋を採用することで、上部工の支間割を最適化した。この設計により橋長を 280m から 240m に短縮し、工事費の削減と経済性の向上を実現することが可能となった。



PC3 径間連続 箱桁橋案（不採用）



PC3 径間連続 箱桁+エクストラードズ橋案（最終選定結果）

出典：JICA 調査団

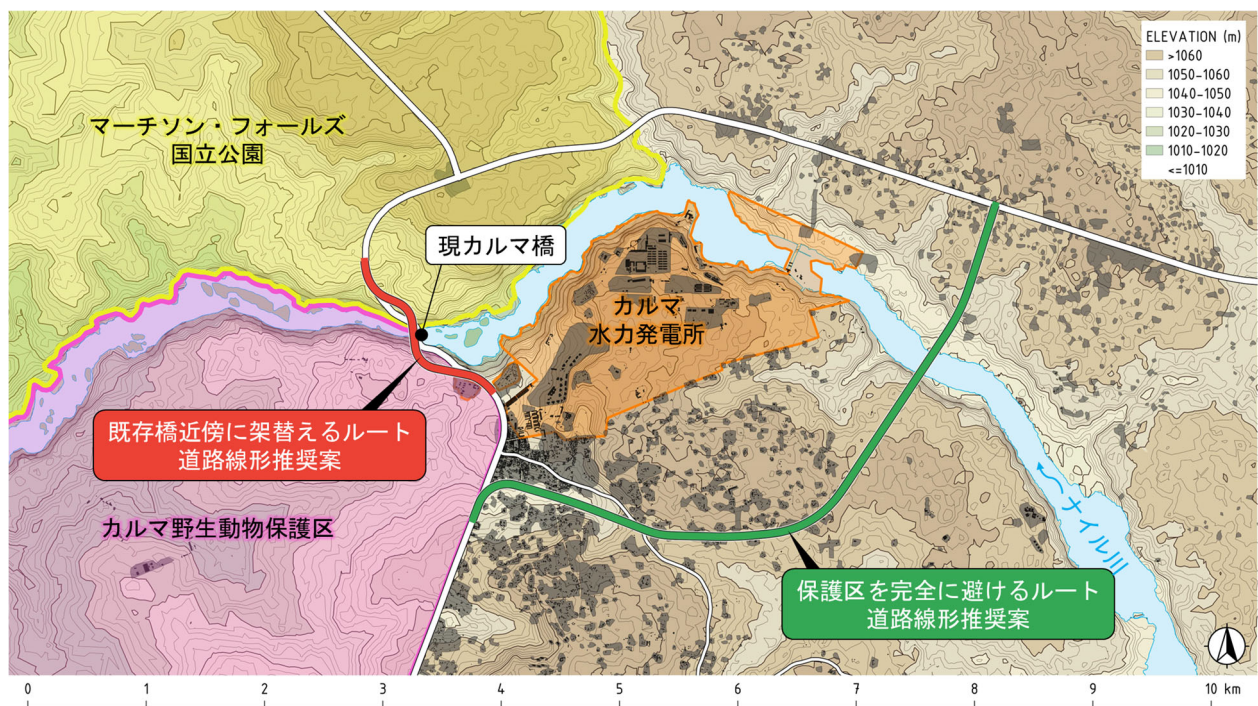
図 3-2-14 保護区内ルート of 橋梁形式

(4) 例外的に保護区内で事業実施を可とする場合の5条件の確認

条件1：保護区以外の地域において、実施可能な代替案が存在しないこと

表 3-2-8 に、「事業を実施しない場合」、「保護区を完全に避ける場合」、「既存橋近傍（保護区内）に架替える場合」の比較評価結果を示す。以下の理由から保護区以外の地域で実施可能な代替案は存在せず、既存橋近傍（保護区内）に架替えることが妥当と結論付けられた。

- ・ 走行性：保護区を完全に避ける案では、現道から約 7km の迂回が必要となり、地域住民の利便性が大幅に低下する。一方で、既存橋近傍に架替える案では、現状と大きな変化が生じず、利便性が維持されることから優位である。
- ・ 自然環境への影響：改変面積や GHG 排出量の観点から、既存橋近傍に架替える案が有利と評価された。保護区内の改変区域は、キーストーン種の主要な生息地となる可能性が低く、現行の道路や橋梁の供用による影響と比較して顕著に大きくはない。また、緩和策を講じることで環境への影響は最小化できる。
- ・ 社会環境への影響：民地の用地取得や住民移転の影響を考慮すると、既存橋近傍に架替える案が望ましい。さらに、現地ステークホルダー会議のアンケートでは、既存橋の損傷状況や早期建設の可能性を理由に、90%以上が保護区内を通過するルートをサポートしている。
- ・ 事業期間：保護区を完全に避ける案では、用地取得や住民移転に伴う遅延が想定されるのに対し、既存橋近傍に架替える案ではそれらが不要であり、早期着工が可能である。さらに、保護区を完全に避ける場合、大規模橋梁（斜張橋）の建設に 7 年程度を要すると見積もられるが、既存橋近傍に架替える場合、小規模橋梁の建設で工期は約 2.7 年となる。現カルマ橋の架替えの緊急性を踏まえると、既存橋近傍案が適切である。
- ・ 経済性：保護区を完全に避ける案では、経済的内部収益率（EIRR）が 2.7%と低く、社会的割引率 12%を下回るため、事業実施は困難である。一方で、既存橋近傍に架替える案では EIRR が 20.6%と高く、社会的割引率を上回ることから、事業の実施可能性が確認されている。



出典：JICA 調査団

図 3-2-15 保護区外ルートと保護区内ルートの比較

3. プロジェクトの内容

表 3-2-8 代替案の最終比較結果

		事業を実施しない場合	保護区を完全に避ける場合 (保護区外の道路線形代替案 1)	既存橋近傍に架替える場合 (保護区内の道路線形代替案 1)
事業規模 (総延長)		-	総延長: 6,100m 橋梁区間: 620m 道路区間: 5,480m	総延長: 1,700m 橋梁区間: 240m 道路区間: 1,460m
走行性		-	現道より約 7km の迂回が必要となり、周辺住民の利便性が低下。交通運用上、新橋の架け替え、交通の切り替えに対し、課題が多い。	現橋近傍に新橋を建設することで、走行距離は現況とほとんど変わらない。現道が事故の起きやすい道路線形であるのに対して、線形が改良されるため走行上の安全性・快適性が向上する。交通運用上、新橋の架け替え、交通の切り替えに対し、問題はない。
自然環境への影響	樹木伐採・廃棄物	-	約 2ha (主に二次林・果樹)	約 2.9ha (自然林)
	保護区・生態系	-	保護区域内の改変はないが約 16ha の改変を伴う。 ナイル川渡河部では河川内に橋脚が設置されることから、そこに生息するカバやナイルワニ等への影響の可能性がある。ただし、それ以外の陸上部は、保護区境界の侵入防止トレンチの設置に伴い、保護区からの野生生物は制御され、アフリカゾウ、カバ、アフリカスイギュウ等の野生生物への影響はほとんどないと想定される。	保護区内の改変が約 2.9ha 想定される。本案ではナイル川内に橋脚は設置されないことや架橋位置は河川幅員が狭く、河川内流速が早いことから、カバやナイルワニの利用は困難であることから影響は著しくないと考えられる。一方、陸上部は、カバ、アフリカゾウ、アフリカスイギュウ等の行動圏の一部となっており、それらの重要な種に影響を及ぼす可能性がある。
	温室効果ガス (GHGs)	走行距離の増加に伴い GHGs が増加する。(大型車の迂回による走行距離が増加する場合)	旅行速度は上昇するが、道路距離が増加するため、GHGs 発生量が増加する。	道路距離は現状とほぼ変わらないが旅行速度の上昇により GHGs は現状より減少する。
社会環境への影響	用地取得・住民移転	-	用地取得: 30ha(農地・宅地) 住民移転: 60 棟程度 (一定数の住民移転を想定)	用地取得: なし(公用地) 住民移転: なし
	生計手段の喪失	カルマ町のベンダー等の生計手段の減少・喪失が想定される。(大型車の通行規制により交通量が減少する場合)	農地、果樹喪失に伴う生計手段の減少・喪失が想定される。	影響は想定されない。
	地域分断	現橋の通行規制により南岸と北岸の移動が困難になり、地域分断が発生する。 ※カルマ町住民の多くは Gulu 方面の出身者が多く、親戚の住む Gulu 方面に定期的に訪問している。	道路・橋梁整備に伴うコミュニティ分断が想定される。	影響は想定されない。
	交通事故	人身事故を含む交通事故が発生し、人命・積荷の喪失等の負の影響が想定される。	住宅地の中を幹線道路が通過することから交通事故件数の増加が想定される。	取付道路の線形改良により交通事故は減少する。
事業期間	用地取得・住民移転	-	5 年 補償等の遅延による事業の遅れが想定される。	0 年
	工事	-	7.0 年 ダム湖に架かる橋で特別な基礎工事や、斜張橋など大規模な橋梁の建設が必要。	2.7 年 現カルマ橋付近から資機材を搬入し、橋梁工事が可能。一般的な規模の橋梁の建設。
経済性	事業費	-	147 億円 (工事費 123 億円)	45 億円 (工事費 38 億円)
	維持管理費	-	20 億円	8 億円
	経済分析 (2050 年)	-	EIRR:2.7%(<12%)事業化不可 供用開始: 2035 年～	EIRR:20.6%(>12%)事業化可能 供用開始: 2029 年～
選定結果および理由		選択肢とはなり得ない 現カルマ橋に通行規制が実施されると、カンバラとウガンダ北部および南スーダンを結ぶ人流・物流に深刻な支障をきたし、さらに交通安全上の課題も解決されないため。	実施困難 農地の用地取得や住民移転に伴う負の影響が大きく、事業の実施に時間を要することから、カルマ橋架け替えの緊急性に対応できないうえ、事業実施に必要な経済的内部収益率 (EIRR) が確保できないため。	実施可能 樹林伐採面積を除く自然環境および社会環境の全項目において、さらに事業性や経済性の観点からも保護区内ルートが優位であるため。

注: 影響度の評価は、相対評価により◎・○・△・▲・×の5段階で行った。

出典: JICA 調査団

参考として、以下の条件に基づき、With Project Case と Without Project Case の比較を通じて、事業性および経済性の評価を実施した。

- Without Project Case（事業を実施しない場合）：現在のカルマ橋は、2029 年 9 月以降に大型車の通行が禁止される（床版の損傷が顕著化）、さらに 2033 年以降には全車両の通行が禁止される（床版損傷の進行および欠落の発生による通行停止）と想定した。この場合、現在利用されている既存橋を通るルートが使用不可となり、迂回路としてチョガ湖東岸ルートを利用することを前提とする。
- With Project Case（事業を実施する場合）：With Project Case では、以下の 2 つの代替ルートを想定して評価を行った。
 - ▶ 既存橋近傍に架替えるルート
 - ▶ 保護区を完全に避けるルート

経済分析は、プロジェクトの投資効果を国民所得全体の増減というマクロの観点から評価するものであり、費用便益を社会全体の視点で考慮する。そのため、経済分析に用いるプロジェクト費用は、潜在価格（Shadow Price）を基に算出した新橋の建設費および維持管理費とする。

一方、プロジェクトによる便益も潜在価格で表されるが、比較すべき項目は「IRR 算出マニュアル（第 3 章道路（橋梁含む）2017 年 9 月 JICA 企画部）」に基づき、表 3-2-9 に示す便益項目を選定した。ただし、以下の理由により一部項目は算入対象外とした。

- 代替交通の維持管理費等の節約効果：Without Project Case における代替交通の投資費用や維持管理費は想定されていないため、この項目は便益に算入しない。
- 安全性の向上（交通事故削減効果）：カルマ橋周辺での交通事故に関して、ヌウォヤ県およびキリヤンドンゴ県の両警察署へのインタビューから、2023 年における死亡事故件数は 14 件、死者数は 29 名と報告された。カルマ橋に最も近い Karuma Police Station（キリヤンドンゴ県）では、毎年 10 件程度の交通事故が発生し、10～20 名の死者が出ているとされている。「IRR 算出マニュアル（2017 年）」では、EIRR 算出時に「安全性の向上」を便益として人的資本の機会費用（交通事故死亡者が将来得ていたであろう所得）を加えることが推奨されている。しかし、人命の価値を数値化することには議論の余地があるため、今回は便益には含めず、定性的な評価にとどめる。

表 3-2-9 便益算入項目・不算入項目

項目		便益への算入	
		算入	不算入
利用者効果	時間費用（TTC）の節約効果	●	
	車両の走行費用（VOC）の節約効果	●	
	代替交通の維持管理費等の節約効果		●
	安全性の増加（交通事故の削減）の効果		●
	環境汚染物質、温室効果ガス（GHG）等の削減効果	●	
	快適性、利便性の増加		●
供給者効果	料金収入の増加		●
波及効果	地域開発効果		●

出典：JICA IRR 算出マニュアル

3. プロジェクトの内容

以上のことから、分析における便益は、以下の項目を対象とする。

- 走行時間費用（TTC：Travel Time Cost）の節約：時間短縮による消費者余剰を金額化する。なお、本事業では車両の時間価値を基に計算を行い、消費者余剰（雇用者所得）と事業者の営業余剰の区別はしていない。そのため、これを雇用者所得と営業余剰を合わせた増分として解釈する。
- 走行費用（VOC：Vehicle Operating Cost）の節約：走行距離および走行時間の短縮により生じる運行費用の節約額を金額化する。この節約は、事業者の営業余剰の増大として反映される。
- 温室効果ガス（GHG）の削減：With/Without Project Case の比較に基づき削減される CO₂ 排出量を、EU-ETS（排出量取引制度）の価格を基に金額化する。

また、分析における社会的割引率は 12%とした。この値は、ウガンダの 10 年国債利回りを参考に設定したものである。日本国内では一般的に 4%が採用されるが、世界銀行（WB）やアジア開発銀行（ADB）が実施する国際的な案件では 10～12%が一般的に採用されているため、国際的な基準に準拠した値である。

経済分析の結果、「既存橋近傍に架替えるルート」の経済的内部収益率（EIRR）は 20.6%であり、基準となる社会的割引率 12%を上回ることから、経済的に実現可能であることが確認された。一方で、「保護区を完全に避けるルート」の EIRR は 2.7%に留まり、マクロ経済的な観点からは事業実施の意義が低いと評価される。これは、より高い経済投資効率を有するプロジェクトへの資金配分が望ましいことを示している。

さらに、費用が±10%、便益が±10%変動する条件を仮定した感度分析を実施した結果は表 3-2-10 に示すとおりである。この感度分析においても、「保護区を完全に避けるルート」はすべてのシナリオで経済的に実現可能とは言えず、経済的観点から推奨される案ではないことが明確となった。

表 3-2-10 感度分析の結果

		既存橋近傍に架替えるルート			保護区を完全に避けるルート		
		費用			費用		
		-10%	基本ケース	+10%	-10%	基本ケース	+10%
便益	+10%	24.6%	22.5%	20.6%	4.9%	3.7%	2.7%
	基本ケース	22.7%	20.6%	18.9%	3.8%	2.7%	1.6%
	-10%	20.6%	18.7%	17.1%	2.7%	1.5%	0.5%

出典：JICA 調査団

条件 2：保護区における開発行為が、相手国の国内法上認められること

ウガンダの法令（Wildlife Act など）およびそれに基づく保護区の開発実施ガイドラインでは、適切な環境影響評価（ESIA）が実施され、承認を受けることを条件に、保護区内での道路や橋梁の建設が許可されている。2014 年に UNRA が作成した新カルマ橋建設に関する ESIA（現カルマ橋から約 400m 下流を通過するルートを対象）は、2016 年にウガンダ国家環境管理局（NEMA）によって承認

を受けている。このことから、本事業はウガンダ国内法に基づき実施が認められることが確認された。なお、本件に関連するウガンダの国内法としては、以下の法令が挙げられる。

- Wildlife Act 2019：本法では、「国立公園および野生生物保護区内において、適切な環境アセスメントが実施されれば、経済的活動が認められる」と規定されている（第 26 条、5 項 e、6 項 f）。なお、「経済的活動」の具体的な定義は本法内には明記されていないが、ウガンダ野生生物庁（UWA：Uganda Wildlife Authority）によると、「観光に必要なホテルや道路インフラの建設を含む」と解釈されている。
- Murchison Falls National Park General Management Plan（2013-2023：2024 年現在も有効）：Wildlife Act 2019 第 17 条 3 項 b（UWA の Executive Director は保護区域の管理計画の策定と実施に責任を有する）に基づき UWA が策定した管理計画。現カルマ橋周辺は、「ツーリズム・ゾーン」に分類されており、その区域は「マーチソン地域の壮大な景観や野生動物を楽しむための地域」と定義されている。このゾーンでは、スポーツフィッシングや観光に必要な道路整備などが実施されている（4.1 The Tourism Zone）。
- Operational Guidelines for Developments in Wildlife Protected Areas：Wildlife Act 2019 第 17 条 3 項 b（UWA の Executive Director は保護区域の管理計画の策定と実施に責任を有する）に基づき UWA が策定した運用ガイドライン。「3 ガイドライン／3.3 インフラストラクチャー／3.3.1 道路およびパイプラインの建設と運用」において、以下のとおり規定されている。
 - ▶ 幹線道路、アクセス道路、パイプライン、送電線、その他のインフラ整備は、事前に承認を受けたものに限定される。また、パイプラインや送電線については、可能な限り地下に設置することが求められる。新たに想定外のアクセス道路を計画する場合には、事業実施機関は National Environment Act（2019）および Wildlife Act（2019）に基づき、環境社会影響評価（ESIA）を実施する義務がある。
 - ▶ 承認されたアクセス道路や送電線のルートについては、生態学的に敏感な生態系や観光活動への影響を回避するため、UWA（ウガンダ野生生物庁）の承認を受ける必要がある。

条件 3：プロジェクトの実施機関等が、保護区に関する法律や条例、保護区の管理計画等を遵守すること

本事業の実施機関である UNRA は、保護区管理計画のゾーニング計画および運用ガイドラインを遵守する必要性を認識している。その上で、本調査による支援を受け、以下の法令およびガイドラインに基づき、適切な環境アセスメントを実施した。

- National Environmental Act 2019
- National Environment Regulation 2020
- Wildlife Act 2019
- Murchison Falls National Park General Management Plan（2013-2023）2014
- Operational Guidelines for Developments in Wildlife Protected Areas 2020
- JICA Guidelines for Environmental and Social Considerations 2010

条件4：プロジェクトの実施機関等が、保護区の管理責任機関、その周辺の地域コミュニティ、およびその他適切なステークホルダーと協議し、事業実施について合意が得られていること

UNRA は、過去（2015 年）に法令に準拠した環境アセスメント（ESIA）を実施し、その過程で地域コミュニティやその他のステークホルダーとの協議を行い、合意形成を図った。さらに、本調査で実施した ESIA 更新作業においても、2 回の現地ステークホルダー会議を開催し、本事業の実施について基本的な合意を得ている。また、代替案選好ルートに関するアンケートを実施した結果、回答者の 90%以上が既存橋近傍に架け替えるルートを支持した。

保護区の管理機関である UWA および環境アセスメント承認機関である NEMA は、本調査で作成された環境社会影響声明（ESIS）の内容をレビューし、事業者との議論を経て承認を予定している。

条件5：保護区がその保全の目的に従って効果的に管理されるために、プロジェクトの実施機関等が、必要に応じて、追加プログラムを実施すること

UNRA は、環境アセスメントの手続きにおいて、保護区の管理機関である UWA や承認機関である NEMA からの要請に基づき、適切な緩和策を講じる予定である。本調査で作成した環境社会影響評価（ESIS：Environmental and Social Impact Statement）には、緩和策やモニタリング計画を含む環境管理計画（EMP：Environmental Management Plan）が明記されている。

さらに、本事業の実施にあたり、自然保護区の保全を強化するため、UNRA と UWA が連携し、環境モニタリングを継続的に実施することを計画した。モニタリングの結果に基づき、必要に応じて追加的な緩和策の実施や、さらなるモニタリングの検討を行うことで、保護区の保全と効果的な管理を確保することを目指している。

3-2-1-2 気候リスクの評価と適応策の検討

気候変動は、極端な気温、強い降雨、干ばつなどの極端現象の頻度と強度を変化させ、陸域・海洋の生態系、水資源、農業、都市インフラ、健康、福祉、貧困などに多大な影響を及ぼしている。特に開発途上国は気候変動リスクに脆弱であり、影響を回避・緩和する対策が必要となっている。

また、温室効果ガスの排出は、先進国からの歴史的な累積排出量が多い一方、途上国でも近年の経済成長に伴い排出量が急増している。大幅な排出削減が 21 世紀の気候リスクを低減し、持続可能で強靱な社会の構築に寄与すると認識されている。

このような背景から、日本政府および JICA は、グローバルアジェンダ事業戦略として、途上国支援における気候変動対策を推進しており、以下の基本方針を掲げている。

- コベネフィット型の対策推進：途上国政府の気候変動対策能力を向上させると同時に、各開発課題と気候変動対策の推進を両立させるコベネフィット型の対策を推進する。これにより、気候変動枠組条約の国際目標の達成と持続可能で強靱な社会の構築に貢献する。
- パリ協定の目標達成：パリ協定の目標に整合する形で、途上国の温室効果ガス（GHG）排出削減と吸収増進、気候変動への適応策の双方を支援する。これにより、途上国の各開発課題への対処と気候変動対策の推進を図る。

したがって、本事業においても、期待される効果・成果がプロジェクトライフの期間継続的に生み出され、持続可能な開発に貢献する事業設計・内容とするため、また、気候変動リスクを特定し、それに対する対処方針を検討するため、気候リスクの評価と適応策の検討を行った。

なお、「気候リスク」とは、気候ハザード（高温、少雨、豪雨、暴風、干ばつ、洪水、海面上昇等）により、以下のような事象が生じることで事業の計画段階で予定していた事業の提供価値、発現することが期待されていた機能・効果を生み出すことができなくなることを指す。

- 対象施設・資産が構造的にその機能を果たさなくなる状態に至る（物理的機能障害）
- 気候変動に起因した過大な需要や想定を超えた状況のもとでの供用により対象施設・資産の劣化等が生じ、あらかじめ意図したサービス・機能が提供できない状態となる（サービスレベルの低下）
- 維持管理に多額のコストが発生する（供用の際の経済性の悪化）

また、「適応策」とは、気候リスク評価の結果を踏まえて、当該 JICA 事業が、プロジェクトの提供価値、発現することが期待されていた機能・効果を生み出すことができるような方策である。

(1) 気候リスク評価

気候変動（Climate Change）の定義については、UNFCCC と IPCC の両方で異なる定義が示されているが、JICA では後者である IPCC の定義を採用している。このため、本事業における気候変動リスクの評価は IPCC の定義に基づき実施し、その結果を表 3-2-11 に整理する。

表 3-2-11 気候リスクの評価

		気候ハザード			
		H1	H2	H3	H4
		豪雨と洪水	高温	地すべり	生態系の変化
現状頻度		+	+	—	—
将来		↗	↗	↗	↗
曝露	橋梁	1	1	0	0
	道路舗装	1	1	0	0
	道路排水	1	0	1	0
	法面	1	0	1	0
	交通	1	0	0	1

注) 発生頻度 ++: これまでや現在、頻繁に生じている
 +: これまでや現在、時々生じている
 —: これまでや現在、ほとんど生じていない
 影響レベル 3: これまでに生じている事象、影響は、対処、処理できないほど困難であった。
 2: これまでに生じている事象、影響は、管理・対処することが中程度困難であった。
 1: これまでに生じている事象、影響の対処、処理はそれほど困難ではなかった。
 0: 生じている、もしくは、生じた影響は軽微であった。ある程度対処できていた。
 0: これまでに生じている事象による影響は、ほとんどなかった。

出典：JICA 調査団

第 2 章で述べたとおり、過去 5 年間のヴィクトリア湖の水位上昇に伴うナイル川流量の増加は、現カルマ橋がこれまで経験したことの無い規模の気候リスクと考えられる。このため、本事業における道路および橋梁の設計では、「豪雨と洪水（気候変動による水位の上昇、流速の増加）」を将来的に重大な気候ハザードとして位置付けた。また、地球温暖化による気温上昇がアスファルト舗

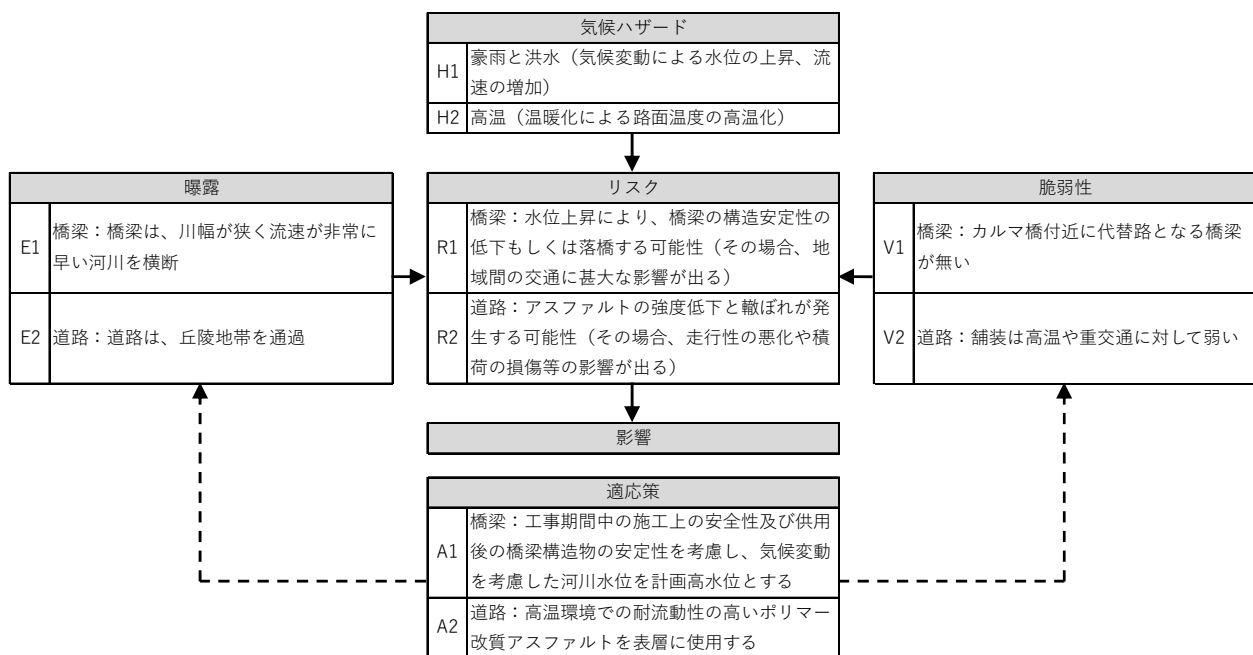
3. プロジェクトの内容

装の強度に影響を及ぼす可能性も懸念されることから、「高温（温暖化による路面温度の高温化）」も本事業における重要な気候ハザードとして評価した。

一方、本事業地域では硬質な岩盤が露出しているため、「地すべり」の発生は確認されておらず（詳細は第 2 章参照）、また環境影響評価の結果に基づき、「生態系の変化」も本事業における気候リスクとして評価されなかった（詳細は第 5 章参照）。これらの理由から、「地すべり」と「生態系の変化」は本事業の気候ハザードには含めないこととした。

(2) 適応策の検討

上記の気候リスクを踏まえた、本事業での対応策を図 3-2-16 に整理する。



出典：JICA 調査団

図 3-2-16 対応策も含めた気候リスクツリー

気候変動を考慮した計画高水位の設定

2019 年末から始まったヴィクトリア湖の水位上昇は、2020 年から 2021 年にかけて記録的な高さに達し、唯一の流出河川であるナイル川の河川流量の増加にも寄与している。カルマ・ダムの上流に位置するカムディニ観測所における推定年最大ピーク流量を基に算出した確率規模別ピーク流量や、2020 年 11 月の推定最大水位、世界銀行による 2035～2064 年の雨量予測値とそれに伴う推定河川流量および水位を表 3-2-12 に整理する。

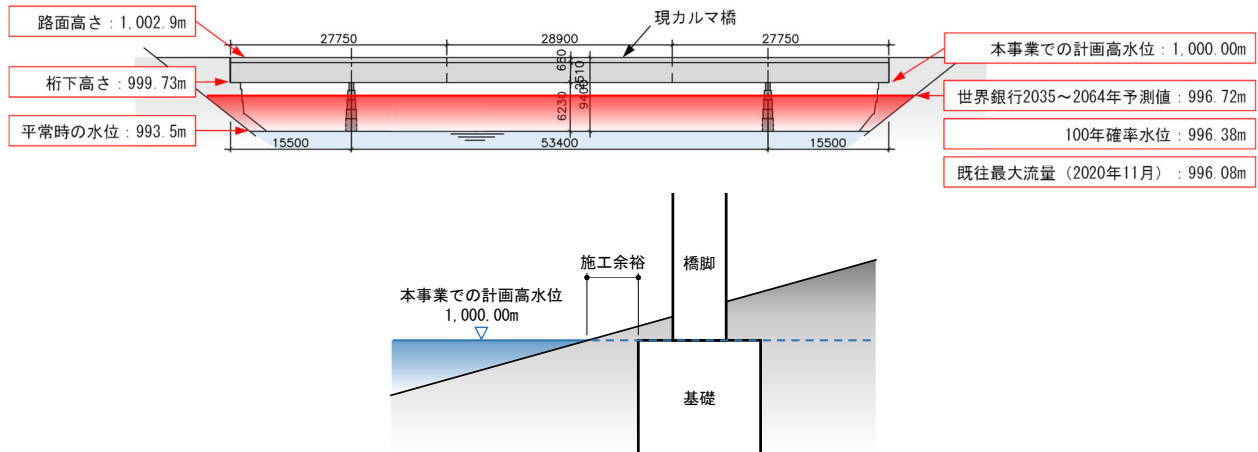
表 3-2-12 水位の比較

	ピーク流量 (m³/s)	推定水位 (m)
既往最大流量 (2020 年 11 月)	2,540	996.08
100 年確率高水位	2,718	996.38
世界銀行 2035～2064 年予測値	2,926	996.72
設計上の計画高水位	—	1,000.00

出典：Karuma Hydro Power Plant Basic Design Report (MEMD, 2015 年)、世界銀行 Climate Change Knowledge Portal を基に調査団作成

本事業における架橋位置でのナイル川の流速は非常に早く、施工計画を立案する上での危険リスクとなる。このため本事業では、過去の記録的な水位や、カルマ・ダム of ダム決壊シミュレーション結果、現カルマ橋の上部工桁下高さを考慮し、設計上の計画高水位を 1,000m と設定し、橋梁の橋脚基礎の工事はこの高さよりも高い位置に計画した。

この計画高水位は、世界銀行の 2035～2064 年予測値に基づく推定水位よりも高いことから、本事業での計画は、気候変動にも対応が可能と言える。



出典：JICA 調査団

図 3-2-17 計画高水位の設定根拠と橋脚基礎の高さ関係

気候変動を考慮したアスファルト材料の選定

流動わだち掘れのようなアスファルト混合物の変形は、アスファルト混合物の配合（骨材粒度、バインダの種類や量等）、および外的要因としての交通荷重と温度によるものが最も大きいことから、比較的温暖な地域で重交通車両の多い道路で見られ、主に高温と重交通によるアスファルト混合物の流動（塑性変形）がその原因とされている¹。特に、NEXCO の調査結果によると、路面温度が 45℃以上になる時間の累積が 100 時間を超えるとわだち掘れ量が急激に増加することが確認されている。

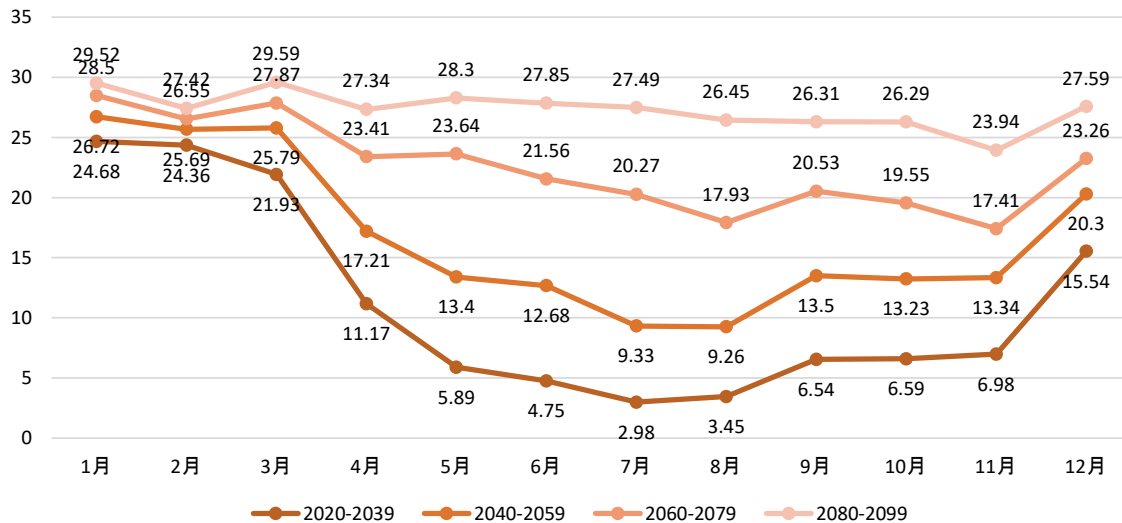
「JICA 無償資金協力事業 道路舗装ハンドブック（2020 年 2 月）」によると、こういった流動わだち掘れ対策として、以下の 3 点の対応が推奨されている。

- 気温・荷重・道路構造を考慮した適切な指標（DS：Dynamic Stability）の採用
- 改質材等による混合物の機能向上
- ホイールトラッキング試験による混合物の評価試験の導入

世界銀行のデータベースによると、1991～2020 年にかけてのキリヤンドンゴ県とヌウォヤ県での平均気温は約 24℃、年間降雨量は約 1,300mm であるが、図 3-2-18 に示すように、今後、日中の気温が 30℃を超える日数が増加していくことが予測されている（2020～2039 年で平均 134.86 日、2040～2059 年で平均 200.45 日、2060～2079 年で平均 270.48 日、2080～2099 年で平均 328.09 日）。

¹ 開発途上国における道路舗装の耐流動性向上に係る調査分析（JICA、2020 年）

3. プロジェクトの内容



出典：World Bank Group, Climate Change Knowledge Portal を基に JICA 調査団作成

図 3-2-18 日中の気温が 30°C を超える日数の予測値（キリヤンドンゴ県）

以上のことから、気候変動を考慮したアスファルト材料の選定（わだち掘れ対策）として、アスファルト混合物の表層に耐流動性の高い改質材を使用することとし、更には軟化点の高い改質 III 型を使用することとする。

3-2-1-3 道路設計条件

(1) 幾何構造設計基準

道路の幾何構造設計基準は、ウガンダ MoWT の道路設計マニュアルを原則適用することとし、必要に応じて日本の道路構造令を参考に、表 3-2-13 に示す設計条件を採用する。

表 3-2-13 道路幾何構造設計条件

設計項目		現 況	ウガンダ設計基準		道路構造令	採用値
道路区分		—	II Paved (Rolling)	II Paved (Mountainous)	第 3 種第 3 級 山地部	II Paved (Mountainous)
設計速度		—	70 km/h	60 km/h	60 km/h	60 km/h
車線幅員		3.1 m	3.0 m	3.0 m	3.25 m	大型車交通を考慮して 3.5 m
路肩幅員	橋梁区間	0.57 m	1.0 m	1.0 m	0.5 m 注 1	長大橋梁のため 0.5 m
	取付道路	1.0 m	2.0 m	2.0 m	0.75 m	2.0 m
最小制動停止視距		—	95 m	75 m	75 m	75 m
最小曲線半径		80 m	185 m	130 m	最小値 150 m 望ましい値 200 m	200 m
最急縦断勾配		7%	5.5% (7.5%注 2)	6% (8%注 2)	5% (8%注 2)	大型車の登坂能力を考慮し 5%
縦断曲線半径 (K 値)	凸形曲線	—	22	14	最小値 14 望ましい値 20	20
	凹形曲線	—	20	15	最小値 10 望ましい値 15	15

注 1：50m 以上の橋梁の場合の特例値

注 2：地形条件等、特別な場合に許容される特例値

道路区分

交通需要予測の結果、計画上の目標年次である 2043 年の交通量は 14,500PCU/日と推計された。MoWT の道路設計マニュアルに基づく、この交通量に対しては最も規格の高い道路区分である「Ia Paved」を採用することが求められるが、以下の理由により、「II Paved（山地部）」の設計条件を適用することとした。

- 当該地域の地形は、ナイル川を挟んで兩岸ともに比較的急な斜面地形であり、不必要に高い設計速度を適用し自然保護区内での地形の改変量を増やすことは適切でない。
- 日本の道路構造令に照らし合わせると、「第3種第3級（山地部）」相当で計画することが妥当であり、この場合の設計速度は 60km/h となる。
- MoWT の道路設計マニュアルで設計速度 60km/h が適用される道路区分は「II Paved（山地部）」であり、UNRA が過年度に実施した調査においても「II Paved（山地部）」が採用されている。
- 本事業区間は全域において保護区内に位置するため、運用上の規制速度は 40km/h となる見込みである。ただし、安全性を考慮し、平面線形および縦断線形といった道路幾何構造は、60km/h の設計速度で設定する。

車線幅員

道路区分「II Paved」の標準車線幅員は 3.0m とされているが、当該道路では大型車の交通割合が 30%を超えている。このため、安全な交通環境を確保する観点から、車線幅員を 3.5m に設定する。この幅員設定は、「道路構造令の解説と運用」においても、「大型車の交通割合がおおむね 30%を超える場合」に推奨される条件に合致している。

路肩幅員

取付道路の路肩は標準幅員の 2.0m とし、橋梁区間の路肩幅員はウガンダ基準で 1.0m までの縮小が認められているところ、さらなるコスト削減の観点から道路構造令の特例値である 0.5m とする。

歩道幅員

橋梁区間に設置する歩道は、コスト削減の観点、および将来の 4 車線化整備時の横断構成を考慮し、片側（上流側）のみに設置する。なお、取付道路区間には歩道は設置せず、歩行者は路肩を使用する。路肩における歩行者の通行の安全を確保するため、デリニエーター等の交通安全施設を配置することとする。

最小制動停止視距

最小制動停止視距は道路区分「II Paved（山地部）」の標準値 75m を採用する。なお、これは道路構造令の設計速度 60km/h と同じ条件である。

最小曲線半径

平面線形の曲線半径の最小値は、「II Paved（山地部）」で 130m、道路構造令で 150m であるが、道路構造令の解説と運用が推奨する望ましい値の 200m を採用する。

3. プロジェクトの内容

最急縦断勾配

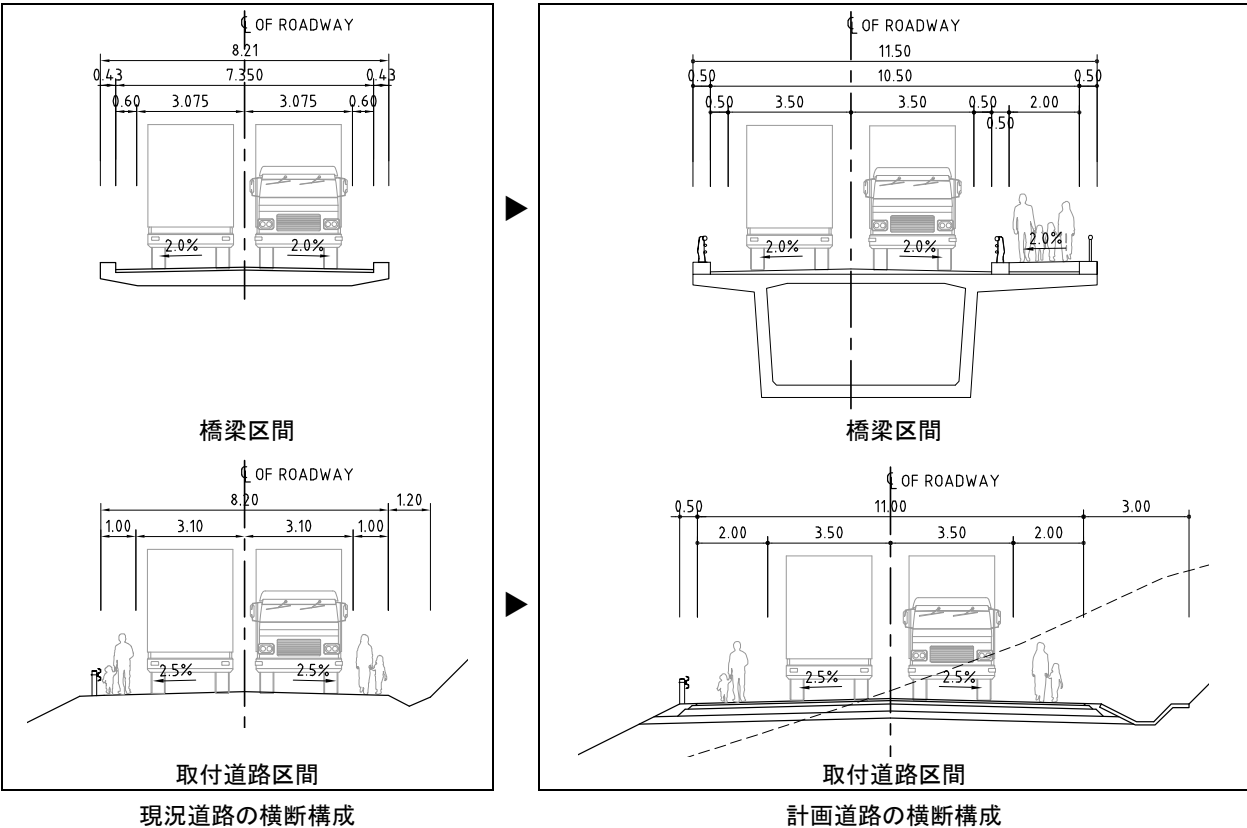
縦断線形の最急縦断勾配は、「II Paved（山地部）」で6%、道路構造令で5%であるが、大型車の登坂能力を考慮し5%とする。

縦断曲線半径(K 値)

縦断線形の曲線半径（K 値）の最小値は、「II Paved（山地部）」で凸形曲線 14・凹形曲線 15、道路構造令で凸形曲線 14・凹形曲線 10 であるが、こちらも「道路構造令の解説と運用」が推奨する望ましい値の凸形曲線 20・凹形曲線 15 を採用する。

(2) 標準横断構成

上記の設計基準を基に、図 3-2-19 に示す標準横断構成を設定した。



出典：JICA 調査団

図 3-2-19 標準横断構成

表 3-2-14 片勾配

	Vd=30km/h		Vd=40km/h		Vd=50km/h		Vd=60km/h	
R(m)	e(%)	L(m)	e(%)	L(m)	e(%)	L(m)	e(%)	L(m)
1500	NC	0	NC	0	NC	0	NC	0
1400	NC	0	NC	0	NC	0	RC	33
1300	NC	0	NC	0	NC	0	RC	33
1200	NC	0	NC	0	NC	0	RC	33
1000	NC	0	NC	0	RC	28	RC	33
900	NC	0	NC	0	RC	28	RC	33
800	NC	0	NC	0	RC	28	RC	33
700	NC	0	RC	22	RC	28	2.9%	33
600	NC	0	RC	22	2.5%	28	3.3%	33
500	NC	0	RC	22	2.9%	28	3.8%	33
400	RC	17	2.6%	22	3.5%	28	4.4%	33
300	RC	17	3.3%	22	4.2%	28	5.2%	33
250	RC	17	3.8%	22	4.7%	28	5.7%	33
200	2.9%	17	4.3%	22	5.3%	28	6.3%	37

$e_{max} = 7\%$
R = radius of curve
V = assumed design speed
e = rate of superelevation
L = minimum length of runoff (does not include tangent run out)
NC = normal crown section
RC = remove adverse crown, superelevation at normal crown slope
Width of lane = 3.5 m
Normal crown slope = 2.5%; Adverse crown slope = 1.5%

出典：Road Design Manual, Vol. 1: Geometric Design, Ministry of Works, Housing and Communications

3-2-1-4 橋梁設計条件

(1) 適用基準

UNRA との協議の結果、橋梁設計ではウガンダ基準およびユーロコードを用いることが確認された。また、British Standard、AASHTO、道路橋示方書についても適宜引用するものとする。適用する橋梁設計基準は下記に示すとおりである。

- Road Design Manual, 2010, Vol. 4: Bridge Design (Ministry of Works, Housing and Communications)
- UNI EN 1991: Eurocode 1 – Actions on structures
- UNI EN 1992: Eurocode 2 – Design of concrete structures
- UNI EN 1993: Eurocode 3 – Design of steel structures
- UNI EN 1994: Eurocode 4 – Design of composite steel and concrete structures
- UNI EN 1997: Eurocode 7 – Design of geotechnical design
- UNI EN 1998: Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance
- British Standard 5400-2: 2006 Steel, concrete and composite bridges. Specification for loads
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 9th edition
- Specifications for Highway Bridges I to V, 2017 version (Japan Road Association)

(2) 荷重条件

死荷重

コンクリート、鉄筋、鋼材等の構造部材の重量に加え、舗装、ガードレール、添架物等の非構造部材の重量を表 3-2-15 に示す。

表 3-2-15 死荷重

タイプ	材料	単位重量
死荷重	鉄筋コンクリート	25 kN/m ³
	(均し) コンクリート	23 kN/m ³
	砕石	19 kN/m ³
	鋼材	78.5 kN/m ³
非構造部材の死荷重	舗装 (アスファルト)	2.3 kN/m ²
	防水層	0.1 kN/m ²
	ガードレール	10 kN/m
	添架物	5 kN/m

出典：JICA 調査団

活荷重

橋梁設計に使用するレーン数の関係を表 3-2-16 に示す。

表 3-2-16 幅員と設計上のレーン数

幅員 (m)	設計上のレーン数	レーンの幅員 (w_l)	残りの幅員 (m)
$w < 5.4m$	$n_l=1$	3m	$w-3m$
$5.4m \leq w < 6m$	$n_l=2$	$w/2$	0
$6m \leq w$	$n_l=\text{Int}(w/3)$	3m	$w-3 \times n_l$

出典：UNI EN 1991, Eurocode 1

3. プロジェクトの内容

橋梁は、活荷重として、集中荷重（TS）と分布荷重（UDL）を考慮して設計を行う。

- 集中荷重（TS）：2軸の荷重を考慮したものである。

$$TS = \alpha_Q \times Q_k$$

ここに、 α_Q ：調整係数

Q_k ：集中荷重（kN）（表 3-2-17 参照）

- 分布荷重（UDL）：下に示す荷重を設計上のレーンに作用させる。

$$UDL = \alpha_q \times q_k$$

ここに、 α_q ：調整係数

q_k ：分布荷重（kN）（表 3-2-17 参照）

調整係数 α_{Qi} 、 α_{qi} 、および α_{qr} の値は、予想される車両重量に応じて設定する必要がある。

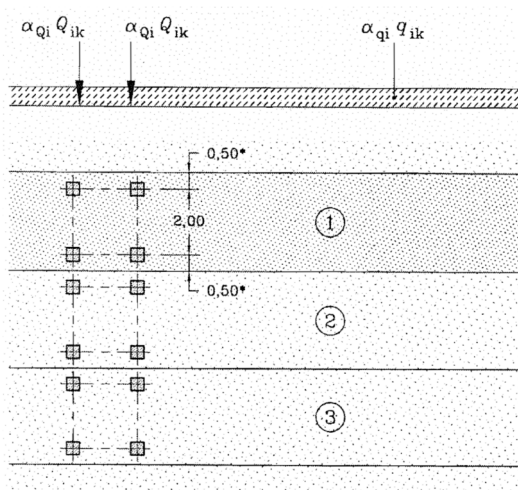
- 荷重モデル 1：一般的に使用されるモデルで、車両が橋梁に与える影響を集中荷重（TS）と分布荷重（UDL）で表現したもの。詳細を表 3-2-17、図 3-2-20、図 3-2-21 に示す。

表 3-2-17 荷重モデル 1：活荷重重量

Location	集中荷重 (TS) Q_{ik} (kN)	分布荷重 (UDL) q_{ik} もしくは q_{rk} (kN/m ²)
レーン 1	1 軸：600 (300/タイヤ) 2 軸：300 (150/タイヤ)	9
レーン 2	1 軸：400 (200/タイヤ) 2 軸：200 (100/タイヤ)	2.5
レーン 3	1 軸：200 (100/タイヤ) 2 軸：100 (50/タイヤ)	2.5
その他のレーン	0	2.5
残エリア	0	2.5

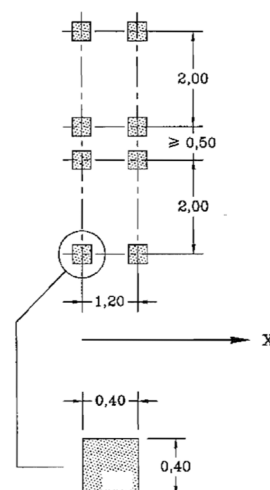
注記：the characteristic values of Q_{ik} and q_k , dynamic amplification is included

出典：UNI EN 1991, Eurocode 1



出典：UNI EN 1991, Eurocode 1

図 3-2-20 荷重モデル 1 の詳細図



出典：UNI EN 1991, Eurocode 1

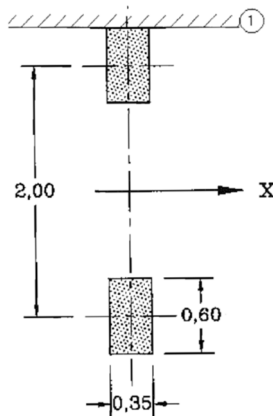
図 3-2-21 集中荷重の詳細図

- 荷重モデル 2：単一の車軸荷重で構成され ($\beta_Q \times Q_{ak}$)、 $Q_{ak} = 400\text{kN}$ としたモデル。作用させるのは一軸のみで、 $200 \beta_Q (\text{kN})$ ／ホイールである（図 3-2-22 参照）。なお、 $\beta_Q = \alpha_Q$ である。

伸縮装置が近くにある場合は、以下の式により衝撃を考慮する。

$$\Delta\phi_{fat} = 1.3 (1 - (D/26)), \Delta\phi_{fat} \geq 1$$

ここに、D：伸縮装置からの距離



注記：X 方向=橋軸方向

出典：UNI EN 1991, Eurocode 1

図 3-2-22 荷重モデル 2 の詳細図

- 荷重モデル 3（特殊車両）：特殊車両が通る場合、特殊車両のモデルを定義し、考慮する必要がある。
- 荷重モデル 4（群衆荷重）：群衆荷重は、5 kN/m²として、分布荷重（UDL）で載荷させる必要がある。
- 遠心力および橋軸直角方向荷重：遠心力 Q_{tk} は、橋面上で橋軸直角方向に作用する力として考慮する。

$$Q_{tk} = 0.2 Q_v \text{ (kN) } (r < 200\text{m})$$

$$Q_{tk} = 40Q_v/r \text{ (kN) } (200 \leq r \leq 1500\text{m})$$

$$Q_{tk} = 0 \text{ (kN) } (r > 1500\text{m})$$

ここに、r：道路中心での曲線半径（m）、 Q_v ：鉛直方向の最大 TS 荷重（kN）

- 制動荷重：制動力である Q_{lk} は、橋面上で橋軸方向に作用する力として考慮する。 Q_{lk} の最大は、橋梁の全幅に対して 900 kN である。

$$Q_{lk} = 0.6\alpha Q_l (2Q_{lk}) + 0.10\alpha q_l \times q_{lk} \times w_l L \text{ (180}\alpha Q_l \text{ (kN)} \leq Q_{lk} \leq 900 \text{ (kN)})$$

ここに、L：床版の長さ

必要に応じて、横滑りによる橋軸直角方向の力を考慮する。横方向の制動力である Q_{tr} は、橋軸方向力 Q_{lk} の 25%とし、橋面上で Q_{lk} と同時に作用させる。

- 衝突荷重：橋脚や支持部材への衝撃と高欄への衝突の双方を考慮する必要がある。橋脚や支持部材への衝撃に関しては、車両進行方向における衝撃力を 1000kN、垂直方向の衝撃力を 500kN として想定し、衝撃の作用する高さを地表面から 1.25m とする。また、高欄への衝突については、集中荷重（TS）を勘案し、その影響を適切に考慮する。

3. プロジェクトの内容

(3) 風荷重

構造物に作用する風荷重

構造物の重要性を鑑み、実際の風速を $V_{DZ}=35\text{m/sec}=126\text{km/h}$ と想定した。設計上の基本風速は、Road Design Manual Volume 4: Bridge Design, 2010 に従い、基本風速 $V_B=160\text{km/h}$ とする。また、 $V_B=160\text{km/h}$ の場合の風圧 P_B を表 3-2-18 に示す。

表 3-2-18 基本風速 $V_B=160\text{km/h}$ の場合の風圧 P_B

風向きと 構造物の角度	柱およびアーチ部材		桁	
	横方向荷重 (MPa)	軸方向荷重 (MPa)	横方向荷重 (MPa)	軸方向荷重 (MPa)
0	0.0036	0	0.0024	0
15	0.0034	0.0006	0.0021	0.0003
30	0.0031	0.0013	0.0020	0.0006
45	0.0023	0.0020	0.0016	0.0008
60	0.0011	0.0024	0.0008	0.0009

出典：Road Design Manual Volume 4: Bridge Design, 2010

構造物に直交する風の場合、構造物への作用力は以下の通りである。

$$PD=PB(V_{DZ}/V_B) = 0.0036 \times 126/160 = 0.002835 \text{ MPa}$$

ここに、 P_B ：基本風速に対する風圧 (MPa)

V_{DZ} ：構造物に作用する風速 (km/h)

V_B ：基本風速 (160km/h)

車両に作用する風荷重

車両に作用する風荷重は、Road Design Manual Volume 4: Bridge Design, 2010 に従い、1.46 N/mm とし、高さは路面から 1800mm の位置に作用するものとする。

鉛直に作用する風荷重

鉛直上向き風力 (WV) は、 9.6×10^{-4} MPa とし、床版幅を考慮した風力を橋軸方向に線荷重として作用させる。水平方向の風荷重を考慮する場合は、本風荷重は考慮しない。

(4) 温度変化

グルの観測所では、最低気温が 8°C (8 月)、最高気温が 37°C (2 月、3 月) であることを踏まえ、温度変化の影響は、 $37^{\circ}\text{C} - 8^{\circ}\text{C} \rightleftharpoons 30^{\circ}\text{C}$ とする。なお、線膨張係数は $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ とする。

(5) 地震荷重

加速度係数

ウガンダの設計基準によると、カルマ橋周辺の加速度係数は $A = 0.15g$ (Zone 1) である。

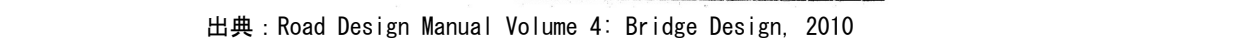


図 3-2-23 ウガンダの地震マップ

各構成部材の修正応答係数は、表 3-2-19 に示すとおりである。

下部工	R	連結部	R
-----	---	-----	---

出典：Road Design Manual Volume 4: Bridge Design, 2010

応答スペクトルを図 3-2-24 に示す。



3. プロジェクトの内容

- $1.0EQ-X + 0.3EQ-Y$
- $0.3EQ-X + 1.0EQ-Y$

(6) クリープおよび乾燥収縮

クリープおよび収縮は British Standard により算出する。

クリープ

コンクリートのクリープひずみ Δ_{cc} は以下の式により算出する。

$$\Delta_{cc} = (f_c / E_{28}) * \phi$$

ここに、 f_c ：持続荷重による応力度

E_{28} ：材令 28 日のコンクリートのヤング係数

ϕ ：コンクリートのクリープ係数

乾燥収縮

コンクリートの乾燥収縮係数は 0.0002 とする。

(7) 沈下

沈下の許容値は、スパン長の 1/1200 倍または 10mm のいずれか小さい方とする。

(8) 使用材料

コンクリート

使用するコンクリートはユーロコードに準拠し、表 3-2-20 に示すとおりである。

表 3-2-20 コンクリート強度

	構造タイプ	$f_{ck, cube}$ (N/mm ²)	f_{ck} (N/mm ²)	f_{cm} (N/mm ²)	$f_{ctk, 0.05}$ (N/mm ²)	ϵ_{c1} (‰)	E_{cm} (kN/mm ²)
上部工	プレストレストコンクリート (桁、床版等)	50	40	48	2.5	2.3	35
		45	35	43	2.2	2.25	34
		37	30	38	2.0	2.2	33
下部工 基礎工	橋台・橋脚、基礎工	30	25	33	1.8	2.1	31
	踏掛版、ウイング	30	25	33	1.8	2.1	31
	均しコンクリート	15	12	20	1.1	1.8	27
橋面工	高欄・縁石	25	20	28	1.5	2.0	30

注記：
 $f_{ck, cube}$ ：コンクリートの圧縮強度（キューブ）
 f_{ck} ：コンクリートの圧縮強度（シリンダー）
 f_{cm} ：コンクリート打設後 28 日目の圧縮強度
 $f_{ctk, 0.05}$ ： $f_{ck, cube}$ の 5%
 ϵ_{c1} ： f_{cm} のときの収縮率
 E_{cm} ：ヤング係数

出典：UNI EN 1992, Eurocode 2

鉄筋

使用する鉄筋は、ユーロコードに準拠し、表 3-2-21 に示すとおりである。

表 3-2-21 鉄筋

	f_{yk} (N/mm ²)	f_{yd} (N/mm ²)	E_s (kN/mm ²)
B450C	450	391	200

出典：UNI EN 1992, Eurocode 2

3-2-2 基本計画

3-2-2-1 道路計画

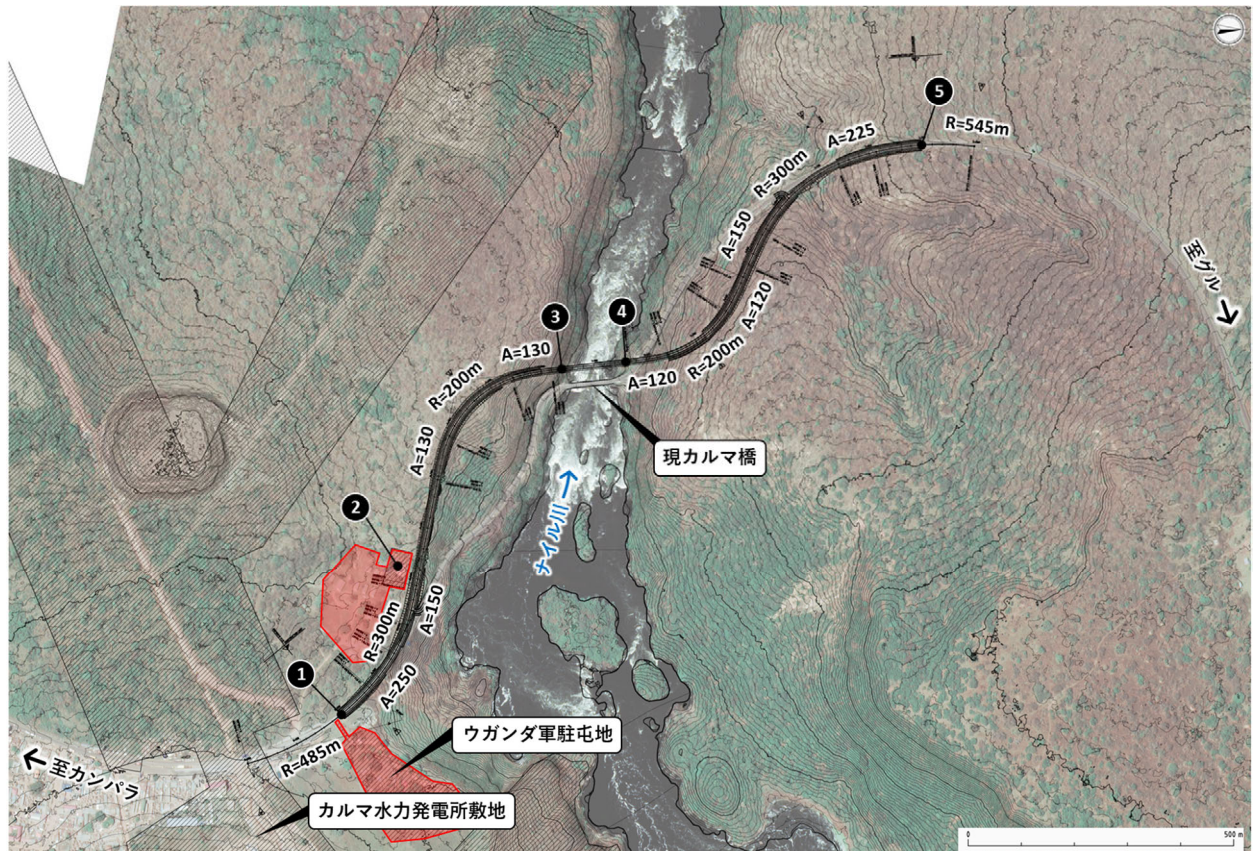
(1) 平面線形設計

カルマ橋の取付道路における平面線形は、表 3-2-22 に示すコントロールポイントを考慮して設定した。

表 3-2-22 平面線形設定上のコントロールポイント

番号	測点	コントロールポイント	設計方針
①	0+000	起点部の平面線形	既存道路の道路中心線に合わせる。
②	0+550	KWR 管理事務所敷地	フェンスから道路中心線まで 20m 以上の離隔を確保する。
③	1+140	P1 橋脚設置位置	橋脚基礎の工事に必要なヤードスペースを確保する。
④	1+260	P2 橋脚設置位置	橋脚基礎の工事に必要なヤードスペースを確保する。
⑤	2+000	終点部の平面線形	既存道路の道路中心線に合わせる。

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3-2-25 平面線形設定上のコントロールポイント

設定した平面線形の具体的な線形要素を表 3-2-23 に示す。現カルマ橋の取付道路において交通事故が多発している状況を踏まえ、以下の点に留意して線形設計を行った。

- 起点部と終点部はいずれも平面曲線半径約 500m のカーブで、既存道路の平面線形から山側に反らす形が求められる。そのため、既存道路の曲線半径を大円（曲線半径約 500m）とし、これに 0.6 倍程度の小円（曲線半径 300m）を接続する卵形曲線を採用。この大円と小円の間には、緩和区間の最小長（50m）以上を満たす緩和曲線を配置した。

3. プロジェクトの内容

- 新橋の中央径間長は 120m であり、橋脚付近には片勾配の変化を設けない方が施工性が高い。このため、橋脚位置から前後 10m ずつの余裕を確保し、計 140m を直線区間とした。
- 橋梁前後で S 字線形となるが、ドライバーに快適性を提供するとともに、切土や盛土といった地形改変を最小限に抑える必要がある。そのため、「道路構造令の解説と運用」で規定されている「最小曲線半径の望ましい値」である 200m を採用。さらに、緩和区間の最小長 (50m) および片勾配のすりつけに必要な長さ (58.8m) を満たす緩和曲線を配置した。

表 3-2-23 平面線形要素

	測点	経度 (m)	緯度 (m)	曲線半径 (m)	パラメータ	曲線長 (m)	交角
BP	0+000.000	416185.7020	247284.7720	485.000	-	273.302	-
CS	0+273.302	416044.2576	247513.7871				
SC	0+352.770	415980.3496	247560.7616	-	250.000	79.467	-
PI-1	0+251.672	416111.5726	247551.3797	300.000	-	59.346	63.066°
CS	0+412.116	415926.2335	247584.8850				
ST	0+487.116	415853.3820	247602.4878	-	150.000	75.000	-
TS	0+593.399	415651.0246	247642.5438	∞	-	206.284	-
SC	0+777.899	415569.6539	247664.6973	-	130.000	84.500	-
PI-2	0+861.699	415465.4547	247679.2769	200.000	-	167.601	72.221°
CS	0+945.500	415459.3064	247784.3113				
ST	1+030.000	415443.7719	247867.2007	-	130.000	84.500	-
TS	1+170.000	415427.7250	248006.2780	∞	-	140.000	-
SC	1+242.000	415415.2174	248077.0781	-	120.000	72.000	-
PI-3	1+311.044	415410.2465	248157.7630	200.000	-	138.089	60.186°
CS	1+380.089	415334.3690	248185.6442				
ST	1+452.089	415270.1213	248217.9137	-	120.000	72.000	-
TS	1+477.578	415246.6991	248227.9680	∞	-	25.489	-
SC	1+552.578	415179.1194	248260.3745	-	150.000	75.000	-
PI-4	1+720.111	414987.1710	248339.3741	300.000	-	185.547	73.386°
CS	1+738.125	415057.2003	248396.3153				
SC	1+813.986	415033.7833	248468.3423	-	225.000	75.860	-
EP	2+000.000	415023.5806	248653.1738	545.000	-	186.014	-

出典：JICA 調査団

(2) 縦断線形設計

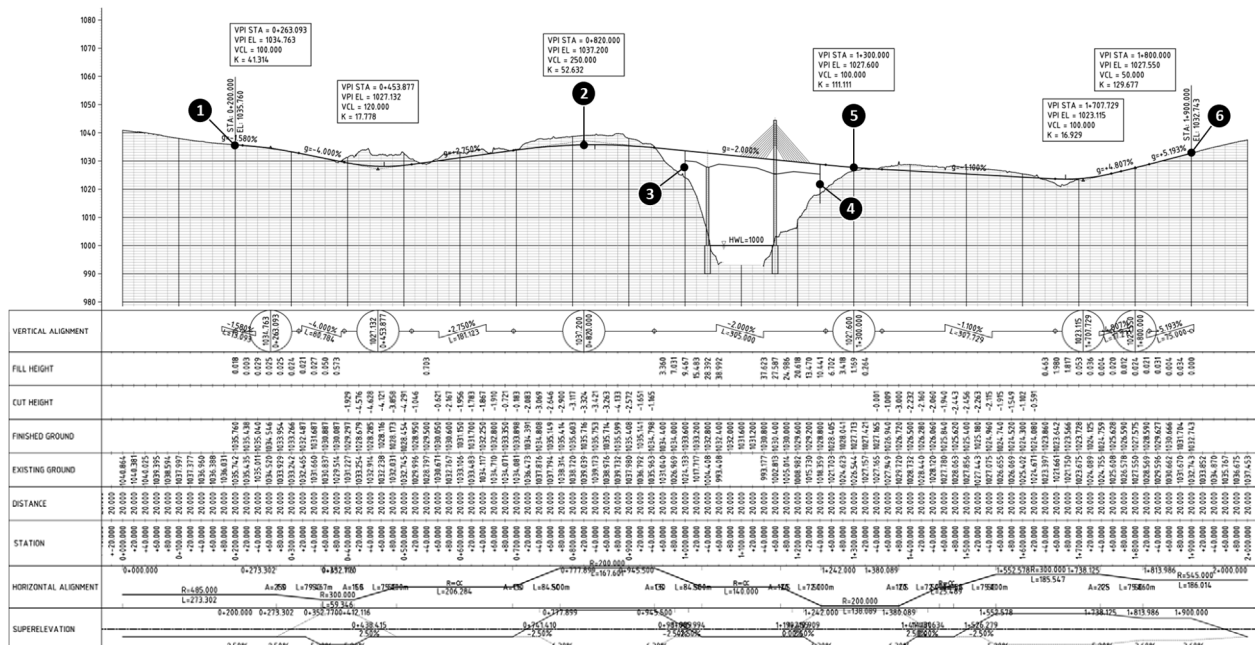
現カルマ橋の取付道路で頻発している交通事故は、急な下り勾配の直線区間の後に急な平面線形と組み合わせることで生じる道路線形上の問題が一因と評価した。このため、新橋の取付道路の縦断線形を設計する際には、以下の条件を考慮し、表 3-2-24 に示すコントロールポイントに基づいて設定した。

- 平面曲線と縦断曲線とを重ね合わせる。
- 平面曲線と縦断曲線との大きさの均衡を保つ。
- 急な平面曲線に対して急な縦断勾配を組み合わせることを避ける。
- 一つの平面曲線内または一つの直線内で凹凸を繰り返す縦断線形を避ける。

表 3-2-24 縦断線形設定上のコントロールポイント

番号	測点	コントロールポイント	設計方針
①	0+000	起点部の縦断線形	既存道路との分岐点位置まで既存道路の道路面高さに合わせる。
②	0+820	橋梁手前のカーブ区間	規定値の 1.5～2 倍程度の視認性(視距)を確保する。
③	1+000	A1 橋台位置	橋台位置での現地盤からの高さを 10m 程度確保する。
④	1+240	A2 橋台位置	橋台位置での現地盤からの高さを 10m 程度確保する。
⑤	1+300	橋梁手前のカーブ区間	規定値の 1.5～2 倍程度の視認性(視距)を確保する。
⑥	2+000	終点部の縦断線形	既存道路との分岐点位置まで既存道路の道路面高さに合わせる。

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3-2-26 縦断線形設定上のコントロールポイント

設定した縦断線形の具体的な線形要素を表 3-2-25 に示す。

表 3-2-25 縦断線形要素

交点測点	交点高さ (m)	縦断勾配	縦断曲線長 (m)	縦断曲線半径 (K)
0+200.0000	1,035.7600	-	-	-
0+263.0930	1,034.7630	-1.5802%	100.000	41.314
0+453.8770	1,027.1316	-4.0000%	120.000	17.778
0+820.0000	1,037.2000	2.7500%	250.000	52.632
1+300.0000	1,027.6000	-2.0000%	100.000	111.111
1+707.7290	1,023.1150	-1.1000%	100.000	16.929
1+800.0000	1,027.5500	4.8065%	50.000	120.677
1+900.0000	1,032.7430	5.1930%	-	-

出典：JICA 調査団

3. プロジェクトの内容

(3) 交差点設計

本事業区間では主要道路との交差はなく、交差点設計の対象は既存道路との分岐点に限られる。基本方針として、交通を新橋へ円滑に案内し、現カルマ橋への誤進入を防ぐため、既存道路との分岐点は T 字型の平面交差とした。この際、新橋への取付道路を主方向、既存道路を従方向として設計した。

さらに、新橋開通後は現カルマ橋の利用がほとんどなくなると予想され、利用範囲は新橋の維持管理活動に限定される見込みである。このため、これらの交差点については、小型自動車（長さ 6m 以下の乗用車相当）を設計車両とするコンパクトな形状を採用し、効率的かつ合理的な設計とした。



グル側の既存道路との分岐点



カンパラ側の既存道路との分岐点

出典：JICA 調査団

図 3-2-27 既存道路との分岐点における交差点計画

(4) 舗装設計

交通需要予測の結果および UNRA から受領した軸重計量所のデータに基づき、カルマ橋の取付道路の舗装設計を行った。各種設計条件を表 3-2-26 に整理する。舗装設計は米国 AASHTO の舗装設計ガイド 1993 年版に基づくものとする。

表 3-2-26 舗装設計条件

設計条件		採用値	備考
設計期間		20 年	ウガンダ基準
車線別分布係数		100%	AASHTO
車種別等値換算係数		表 3-2-27 参照	
累積 ESAL		75.9×10^6	表 3-2-29 参照
設計 ESAL (W_{18})		38.0×10^6	
信頼性		90%	P. 11-9, AASHTO 1993
信頼性に対応する標準正規偏差 (Z_R)		-1.282	P. 1-62, AASHTO 1993
標準偏差 (S_0)		0.45	P. 11-10, AASHTO 1993
供用性指数の初期値 (P_0)		4.2	P. 11-10, AASHTO 1993
供用性指数の終局値 (P_t)		2.5	P. 11-10, AASHTO 1993
供用性指数の低下 (ΔPSI)		1.7	$= P_0 - P_t$
舗装構成層係数	アスファルト・コンクリート	0.35	ウガンダ基準
	アスファルト安定処理路盤 (DBM40)	0.30	Fig 2.9, AASHTO 1993
	粒調碎石上層路盤 (CRS)	0.14	ウガンダ基準
	粒調碎石下層路盤 (G30)	0.11	ウガンダ基準 CBR=30
レジリエント係数 (MR)	アスファルト安定処理路盤 (DBM40)	200,000	舗装構成層係数= 0.30
	粒調碎石上層路盤 (CRS)	28,000	CBR = 80
	粒調碎石下層路盤 (G30)	14,000	CBR = 30
	路床 (G15)	15,000	$= 1,500 \times \text{CBR}$ (修正 CBR=10)

出典：JICA 調査団

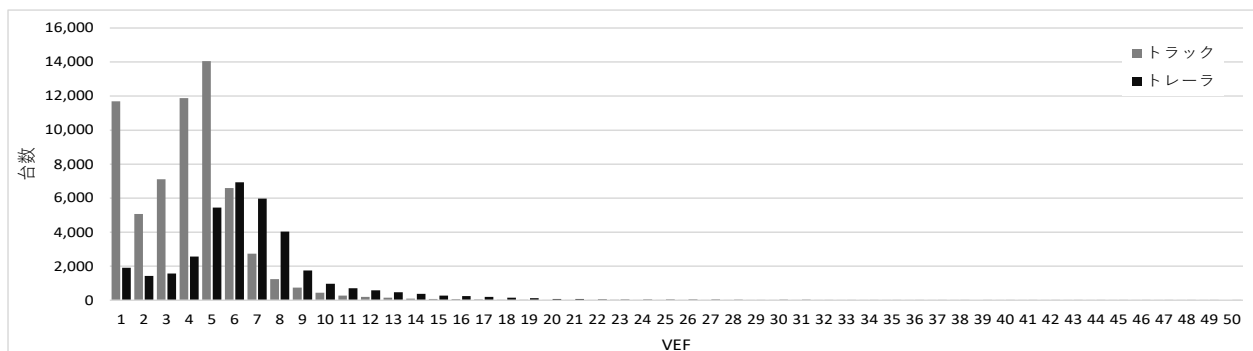
舗装設計に用いる基本式は以下のとおり。

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

ここで、

- W_{18} : 供用期間内の 18kip(=8.2t)換算の軸荷重通過数
 Z_R : 信頼性に対応する標準正規偏差
 S_0 : 標準偏差
 ΔPSI : 供用性指数の初期値と終局値の差
 M_R : レジリエント係数 (psi)

UNRA が運営する Luwero 軸重計量所における 2019 年の年間計量結果を図 3-2-28 に示す。軸重計量所の計量結果に基づく車種別等値換算係数の平均値は、MoWT が設定する基準よりも高い値となった。このため、本事業での舗装設計に用いる車種別等値換算係数については、軸重計量所のデータを基に設定し、トラックを 3.6、トレーラを 6.5 とすることとした（表 3-2-27 参照）。



出典：UNRA Luwero 軸重計量所における 2019 年の年間計量結果を基に JICA 調査団作成

図 3-2-28 Luwero 軸重計量所における 2019 年の年間計量結果

表 3-2-27 車種別等値換算係数

	MoWT 基準	2019 年 Luwero	採用値
二輪車	0	－	0
乗用車	0.000022	－	0.000022
バン	0.00057	－	0.00057
ミニバス	0.00098	－	0.00098
中型バス	0.96	－	0.96
大型バス	0.96	－	0.96
小型トラック	0.0054	－	0.0054
トラック	0.052	3.6068	3.6
トレーラ	3.41	6.4327	6.5

出典：MoWT および UNRA 資料を基に JICA 調査団作成

表 3-2-28 に車種別の将来交通需要、表 3-2-29 に舗装設計に用いる ESAL の算出結果をそれぞれ示す。舗装設計の設計期間は 20 年間と設定し、1 車線あたりの設計 ESAL は 38.0×10^6 と算出された。

3. プロジェクトの内容

表 3-2-28 交通需要予測（往復交通量）

年	乗用車	バン	小型バス	中型バス	大型バス	小型トラック	トラック	トレーラ	合計
1 2030	852	978	352	52	353	274	686	688	4,235
2 2031	904	1,038	375	55	375	290	726	731	4,494
3 2032	956	1,100	396	59	398	308	770	774	4,761
4 2033	986	1,133	408	59	409	315	793	797	4,900
5 2034	1,015	1,167	418	63	422	328	817	820	5,050
6 2035	1,046	1,202	434	67	434	339	841	847	5,210
7 2036	1,077	1,236	446	68	451	346	868	871	5,363
8 2037	1,110	1,272	462	71	461	355	894	897	5,522
9 2038	1,141	1,313	473	73	477	367	918	923	5,685
10 2039	1,176	1,354	485	73	490	376	947	950	5,851
11 2040	1,211	1,396	503	77	505	392	977	977	6,038
12 2041	1,247	1,434	515	77	519	402	1,005	1,009	6,208
13 2042	1,286	1,480	532	78	535	413	1,030	1,040	6,394
14 2043	1,321	1,525	551	79	553	427	1,067	1,070	6,593
15 2044	1,364	1,566	566	83	567	440	1,095	1,101	6,782
16 2045	1,406	1,617	583	89	584	454	1,132	1,138	7,003
17 2046	1,449	1,663	600	91	601	465	1,165	1,171	7,205
18 2047	1,489	1,717	615	92	623	476	1,197	1,202	7,411
19 2048	1,535	1,764	637	98	638	494	1,234	1,240	7,640
20 2049	1,581	1,818	655	100	659	509	1,273	1,278	7,873

出典：JICA 調査団

表 3-2-29 ESAL 18-kip

年	乗用車	バン	小型バス	中型バス	大型バス	小型トラック	トラック	トレーラ	合計
VEF	0.000022	0.00057	0.00098	0.96	0.96	0.0054	3.60	6.50	
1 2030	7	203	126	18,221	123,691	540	901,404	1,632,280	2,676,472
2 2031	7	216	134	19,272	131,400	572	953,964	1,734,298	2,839,862
3 2032	8	229	142	20,674	139,459	607	1,011,780	1,836,315	3,009,213
4 2033	8	236	146	20,674	143,314	621	1,042,002	1,890,883	3,097,882
5 2034	8	243	150	22,075	147,869	646	1,073,538	1,945,450	3,189,979
6 2035	8	250	155	23,477	152,074	668	1,105,074	2,009,508	3,291,214
7 2036	9	257	160	23,827	158,030	682	1,140,552	2,066,448	3,389,964
8 2037	9	265	165	24,878	161,534	700	1,174,716	2,128,133	3,490,400
9 2038	9	273	169	25,579	167,141	723	1,206,252	2,189,818	3,589,964
10 2039	9	282	173	25,579	171,696	741	1,244,358	2,253,875	3,696,714
11 2040	10	290	180	26,981	176,952	773	1,283,778	2,317,933	3,806,896
12 2041	10	298	184	26,981	181,858	792	1,320,570	2,393,853	3,924,546
13 2042	10	308	190	27,331	187,464	814	1,353,420	2,467,400	4,036,938
14 2043	11	317	197	27,682	193,771	842	1,402,038	2,538,575	4,163,432
15 2044	11	326	202	29,083	198,677	867	1,438,830	2,612,123	4,280,119
16 2045	11	336	209	31,186	204,634	895	1,487,448	2,699,905	4,424,623
17 2046	12	346	215	31,886	210,590	917	1,530,810	2,778,198	4,552,973
18 2047	12	357	220	32,237	218,299	938	1,572,858	2,851,745	4,676,666
19 2048	12	367	228	34,339	223,555	974	1,621,476	2,941,900	4,822,851
20 2049	13	378	234	35,040	230,914	1,003	1,672,722	3,032,055	4,972,359
累積 ESAL	194	5,778	3,579	527,002	3,522,922	15,315	25,537,590	46,320,690	75,933,069

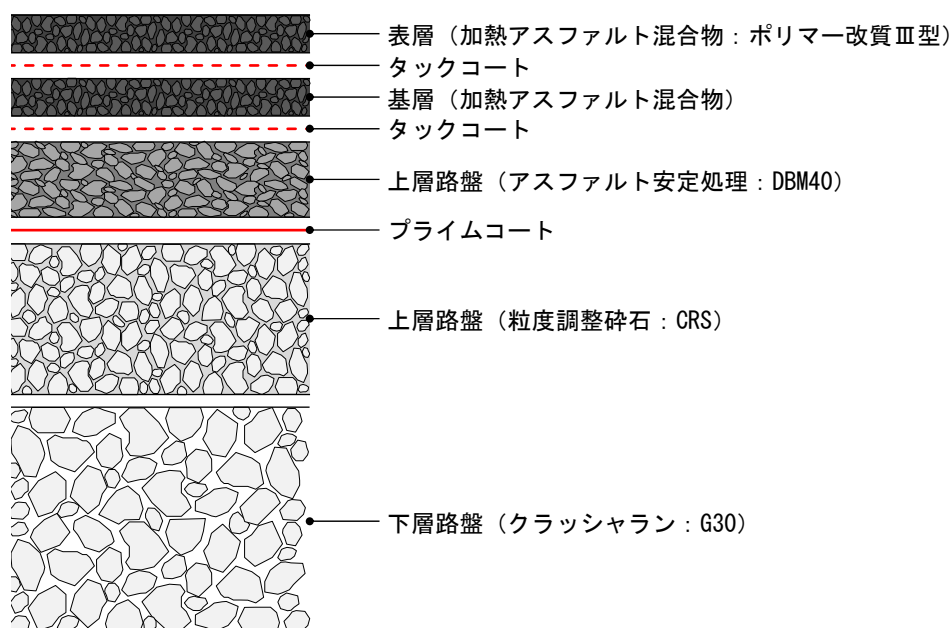
出典：JICA 調査団

上述の設計条件に基づき、表 3-2-30 に示す舗装構成および各層の厚さを設定した。

表 3-2-30 舗装構成および各層の厚さ

	a	D (cm)	d (inch)	SN (axd)	
表層（加熱アスファルト混合物：ポリマー改質Ⅲ型）	0.35	5.00	1.969	0.689	
基層（加熱アスファルト混合物）	0.35	5.00	1.969	0.689	
上層路盤（アスファルト安定処理：DBM40）	0.30	10.00	3.937	1.181	
上層路盤（粒度調整碎石：CRS）	0.14	20.00	7.874	1.102	
下層路盤（クラッシャラン：G30）	0.11	30.00	11.811	1.299	
路床 (G15)	—				
		70.00		4.961	>4.770

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3-2-29 舗装構成

(5) 排水設計

排水施設は、ウガンダの道路設計マニュアルおよび日本の道路土工要領（旧道路土工 排水工指針）に基づき計画した。既存道路には石張側溝が設置されていることから、排水施設の連続性を確保するため、基本的に石張側溝を採用する方針とした。また、流末地点では必要に応じて横断カルバートを設置する計画とした。

3-2-2-2 橋梁計画

(1) 橋梁計画のために想定する工事用進入路および施工ヤード

本橋は河川橋であるが、河川内への進入は想定していないこと、また各下部構造には工事用進入路等により施工時・近接することができるため、橋梁計画を実施するうえで特に工事上の制約はないものとして計画を行う。

3. プロジェクトの内容

(2) 基礎工計画

本調査で得られた地質調査結果に基づき、基礎形式の検討を行った。橋脚の設置箇所では、地層がSS層、gn II層、gn III層、gn IV層で構成されており、調査結果からgn III層以深が支持層として適切であると判断された。橋脚位置では表層からgn III層までの深さが約5mと比較的浅く、直接基礎および基礎規模の平面形状を小さくできる深礎杭基礎の適用性を検討した。基礎形式の比較結果を表3-2-31に示す。

直接基礎は深礎杭基礎と比較してコンクリート量を削減できること（経済性の向上）、および自然保護区内での騒音や振動の発生リスクを低減できることから、本橋の基礎形式として採用することとした。橋台についても同様の地質条件であるため、同じく直接基礎を採用する方針とした。

表 3-2-31 基礎形式比較

	第1案 大口径深礎基礎 (D=9.0m, L=7.5m)	第2案：直接基礎 (12m×12m×3m)
概要図		
構造概要	地下水位の低い比較的堅固な地盤において土留めを用いて地盤を掘削し、支持層の状況を目視等で直接確認し、気中と同様の施工条件および施工管理にて鉄筋コンクリートを構築する基礎形式。	地盤を比較的浅く広く掘削してフーチングを構築し、上部構造からの荷重を直接良質な支持層に伝える基礎形式。
使用コンクリート量	V=477m ³ (1.10) △	V=432m ³ (1.00) ○
施工性	自然保護区内での掘削となり、施工方法が限られる（発破不可）。 △	掘削深が浅いため硬質な岩盤の掘削量を最小化できる。工期短縮。 ○
経済性	1.30 △	1.00 ○
評価		○ 推奨

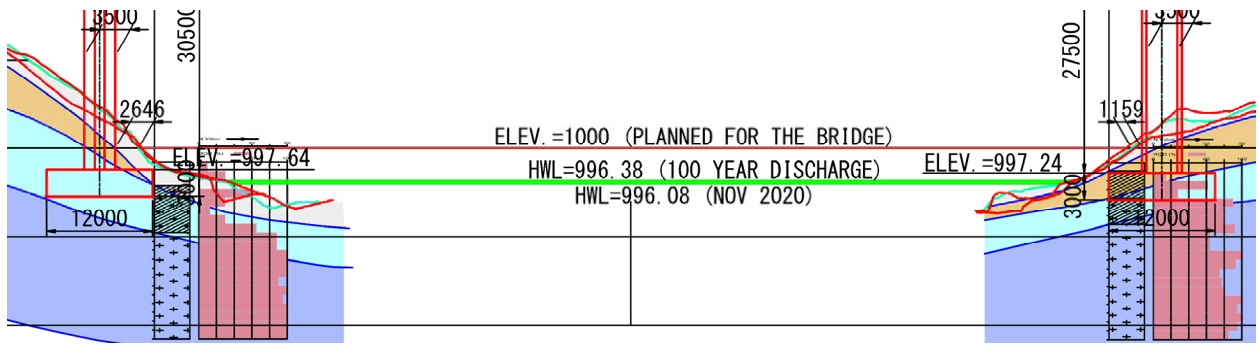
出典：JICA 調査団

(3) 下部構造計画

P1 および P2 橋脚の設置位置は、橋梁の供用期間（目標耐用年数 100 年）において河川環境に影響を与えないよう計画した。ナイル川の 100 年確率高水位（HWL）が 996.38mであることを考慮し、橋梁計画上の河川水位を EL=1000m 程度に設定した。この計画により、中央支間長は 120m とした。

A1 および A2 橋台の位置は、上部工のスパンバランスを考慮し、起点側（A1 橋台）は P1 橋脚から 40m 起点側、終点側（A2 橋台）は P2 橋脚から 80m 終点側にそれぞれ配置する。また、橋台背面が盛土構造（擁壁構造）となるため、背面構造への影響を配慮し、ウイングを設置する設計とした。

P2 橋脚については、エクストラドーズド橋のアウトターケーブルからの荷重を効率的に下方へ伝達させること、橋脚基部の形状を可能な限りコンパクトにすること、さらに橋脚自体の重量（材料使用量）を最小限に抑えることを目的として、2 柱式構造を採用する計画とした。



出典：JICA 調査団

図 3-2-30 中央支間長の決定根拠

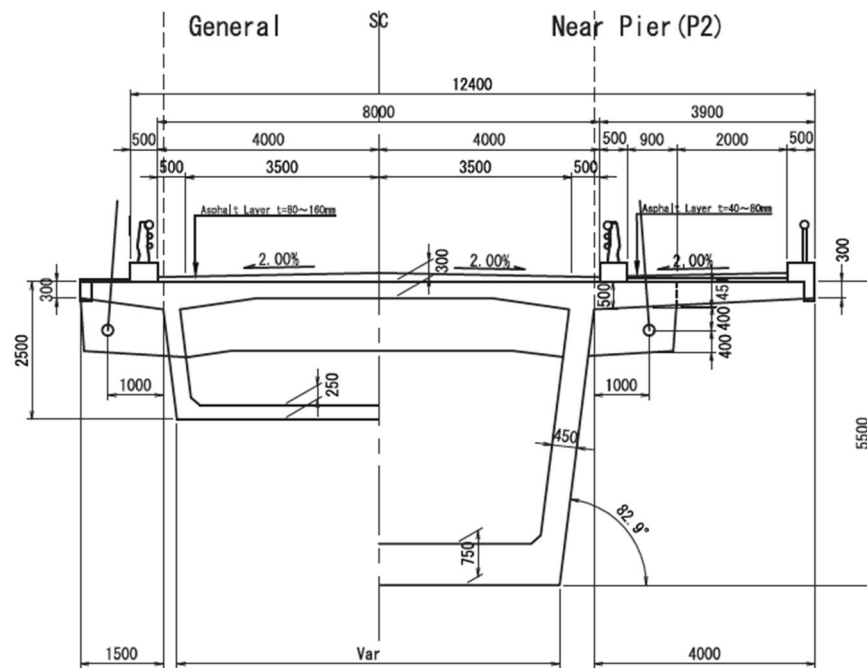
(4) PC エクストラードボード箱桁橋（張出架設）計画

桁断面

エクストラードボード橋区間では、外ケーブルの張力を上部工のウェブに効率的に伝達するため、ウェブ位置を車道部の高欄位置に合わせて設計する。また、長い床版支間に対応するために PC 床版を採用し、1 室箱桁構造とする。歩道部については、PC 張出し構造を採用して対応する。

桁高

エクストラードボード橋区間における張出し長は 80m であり、支間長は 160m に相当する。この場合、中間支点上および支間中央部の桁高は、過去の実績からそれぞれ 4~6m、2.5~3.5m となることが一般的である。本橋では、コスト削減の観点から設計計算を満足する範囲でできるだけ桁高を小さくするものとし、中間支点上および支間中央部の桁高をそれぞれ 5.5m および 2.5m とした。桁断面の詳細を図 3-2-31 に示す。



出典：JICA 調査団

図 3-2-31 PC エクストラードボード部 上部構造断面

主塔高さ

主塔のうち、橋面より上部に設置される部分の高さは、支間長に対して 1/8～1/15 程度で設定されるのが一般的である。本橋のエクストラードード橋区間における支間長は 160m 相当であり、この比率に基づく適切な主塔の高さは 10m～20m と見積もられる。本橋では、桁の剛性を最大限に活用する設計方針を採用しており、その結果、主塔の高さを 14m に設定した。これにより、主塔の高さを平均的な範囲よりやや低めに抑えつつ、設計の最適化と全体的な効率向上を図った。

斜材定着部の主塔構造

主塔への外ケーブルの定着方法については、近年、多様な定着工法が提案されている。本橋では、主塔断面を小型化できる利点を重視し、連続ケーブルタイプを採用する。

(5) PC 箱桁橋（張出架設）計画

桁断面

PC 箱桁橋部の桁断面については、エクストラードゾド橋箱桁断面との接続を考慮し、同断面と統一性を持たせた設計とする。そのため、PC 床版構造を前提に中ウェブを有しない 1 室箱桁断面とする。

桁高

PC 張出し式箱桁橋の桁高スパン比は、過去の実績に基づき 1/15～1/35 の範囲で設定するのが一般的である。本橋では支間長（40m×2＝80m 相当）に対してこの範囲を適用した結果、中間支点部で桁高 5.3m、支間中央部で桁高 2.5m となる計算である。支間中央部はエクストラードード橋側との接続部分であるため、接続箇所の桁高をエクストラードード橋の設計と整合させ、2.5m とした。また、支点部の桁高についてもエクストラードード橋区間と同様、コスト削減の観点から設計計算を満足する範囲でできるだけ小さくし、4.5m を採用した。標準断面図を図 3-2-32 に示す。

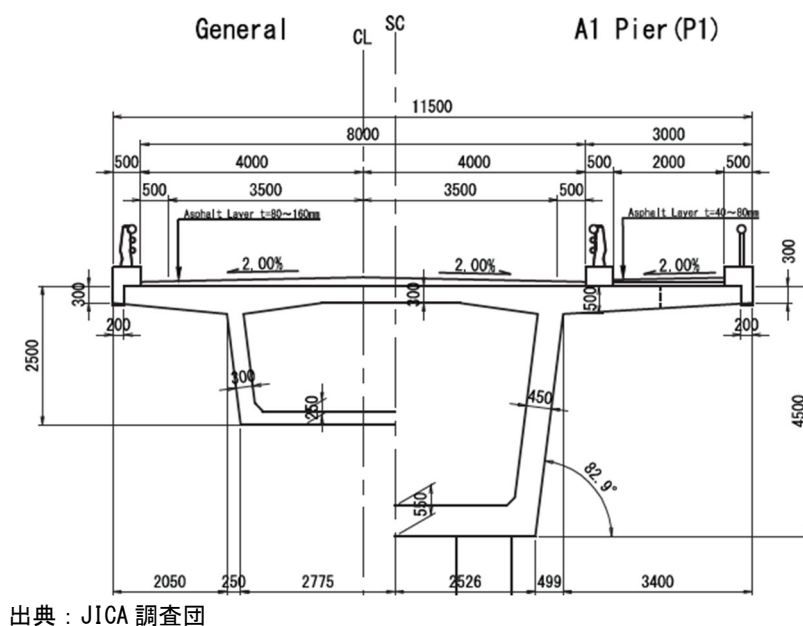


图 3-2-32 PC 箱桁部上部構造断面

3-2-3 概略設計図

表 3-2-32 に概略設計図の図面リストを示す。なお、概略設計図は別添資料に含めている。

表 3-2-32 図面リスト

番号	図面タイトル
1	TYPICAL CROSS SECTIONS
2-4	PLAN
5-7	PROFILE
8-20	CROSS SECTIONS
21-27	MISCELLANEOUS
28-29	BRIDGE GENERAL VIEW
30	P1 PIER STRUCTURAL DRAWING
31	P2 PIER STRUCTURAL DRAWING
32	A1 ABUTMENT STRUCTURAL DRAWING
33	P1 PIER FOUNDATION STRUCTURAL DRAWING
34	P2 PIER FOUNDATION STRUCTURAL DRAWING
35	A2 ABUTMENT STRUCTURAL DRAWING

出典：JICA 調査団

3-2-4 施工計画／調達計画

3-2-4-1 施工方針／調達方針

(1) 概要

現カルマ橋は、カンパラ〜グル／アルア道路上に位置し、多数の旅客および物流交通が利用している。また、マーチソン・フォールズ国立公園およびカルマ野生生物保護区内に位置し、周辺ではバブーン（ヒヒ）やコロブスなどのサル類が生息し、アフリカゾウやカバなどの貴重な哺乳類の活動も確認されている。このため、新橋の建設にあたっては、既存交通への配慮に加え、野生動物や環境に配慮した施工方法が求められる。

さらに、架橋位置のナイル川では流速が非常に速いことに加え、現カルマ橋では道路線形が原因とされる重大な事故が発生している。このため、高所からの落下防止などの安全対策を含む交通安全対策を十分に講じる必要がある。

資機材の調達に関しては、可能な限りウガンダ国内のリソースを活用することを前提とする。ただし、エクストラードード橋の斜材のように品質の確保が困難な資材や、片持架設用移動作業車やタワークレーンなどの特殊な仮設資機材については、第三国または日本からの調達を計画する。また、ウガンダの人的資源を有効に活用し、必要に応じて教育訓練を実施することで、技術移転を図る方針とする。

(2) 工事用進入路および施工ヤード

工事用進入路および施工ヤードについては、地形改変を可能な限り回避する観点から、計画道路の道路用地内を優先的に利用し、河川内への侵入を極力避ける方針とする。施工のイメージは、施工計画図を別添資料に含めている。

A1 橋台および A2 橋台の施工については、工事用進入路および施工ヤードは、新橋への取付道路の道路用地を利用し、橋台背面からの工事实施を基本とする。

3. プロジェクトの内容

P1 橋脚は急峻な斜面に位置しているため、斜面の河川側に盛土を施し、工事用進入路と施工ヤードを確保する計画とする。施工ヤードの規模は、クローラクレーンおよび機材の配置を考慮し、幅 15m 程度の平場を確保する（クローラクレーンヤード 10m＋機材等 5m）。

P2 橋脚については、既存道路と P2 橋脚との間に平場が確保できることから、当該スペースを施工ヤードおよび工事用進入路として活用する計画とする。

(3) 基礎工事

本調査で実施した地質調査の結果、基礎床付け面付近には地下水位が確認されておらず、基礎施工において特段の問題が生じる可能性は低いと判断される。また、支持地盤付近では C_H 級の強固な岩盤が確認されているものの、環境保護の観点から、大規模な騒音や振動を伴うダイナマイトによる掘削は実施しない方針とする。代わりに、ブレイカーなどの機械設備を使用した掘削を原則とし、施工時の環境負荷を最小限に抑える計画とする。

(4) 下部工躯体工事

P1 および P2 橋脚の躯体工事は、高さが 20m を超えるため、自昇式足場と型枠を使用して効率的に施工を進める計画とする。また、本橋の構造は上部工とラーメン構造で接続する仕様となっているため、設計図で指定された箇所までを下部構造として施工し、それ以降は上部工工事に引き渡して作業を継続する。この際、コンクリートの設計基準強度など仕様が異なる部分があるため、十分な注意が求められる。

A1 および A2 橋台については、斜面上に位置するため掘削量を低減する目的で段差フーチングを採用している。施工にあたっては、フーチングの形状に応じて床付け面を整備した上で、コンクリートの打設手順に従い躯体を構築する計画である。

(5) PC 箱桁橋張出架設工事

P1 橋脚の構築完了後、起点側に位置する PC 箱桁橋は張り出し架設工法を用いて速やかに施工を開始する計画である。A1 側の現場打ち区間については、支保工を設置して施工を進める。

支承条件は可動支承構造を採用しているが、上部工の乾燥収縮などの影響により、架設完了後数か月の間に上部構造端部の位置が変動する可能性がある。そのため、支承を固定するタイミングについては、設計で想定されたスケジュールから逸脱しないよう慎重に管理し、適切な施工を行う必要がある。

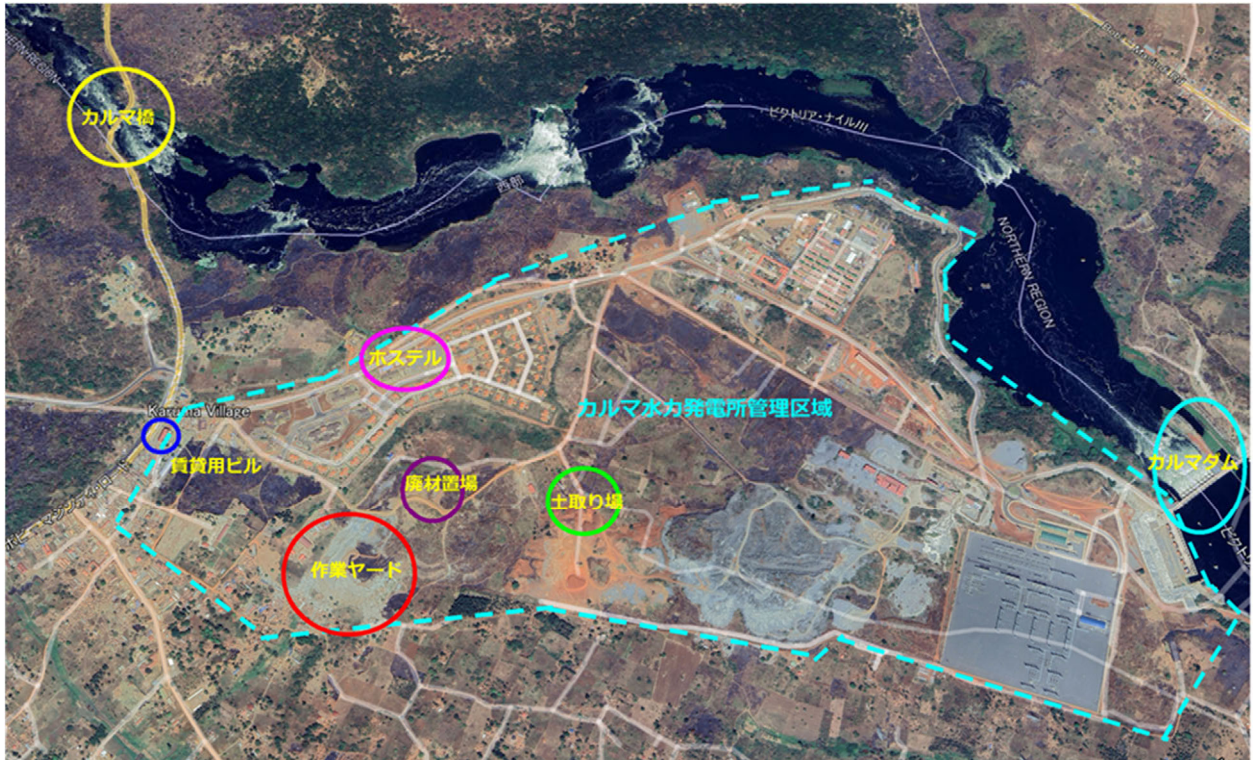
(6) PC エクストラドーズド箱桁橋張出架設工事および閉合

P2 橋脚の構築が完了次第、上部構造の柱頭部と主塔の建設を順次開始する。主塔の構築が完了した後、PC 箱桁部と同様に張り出し架設工法を用いて施工を進める。

外ケーブルの設置が必要となるセグメントに到達したタイミングで、外ケーブルの設置および緊張作業を実施する。張り出し架設が完了した後は、終点側の現場打ち区間の施工を行い、最終的に橋の中央部を閉合して全体を一体化させる。

3-2-4-2 施工上／調達上の留意事項

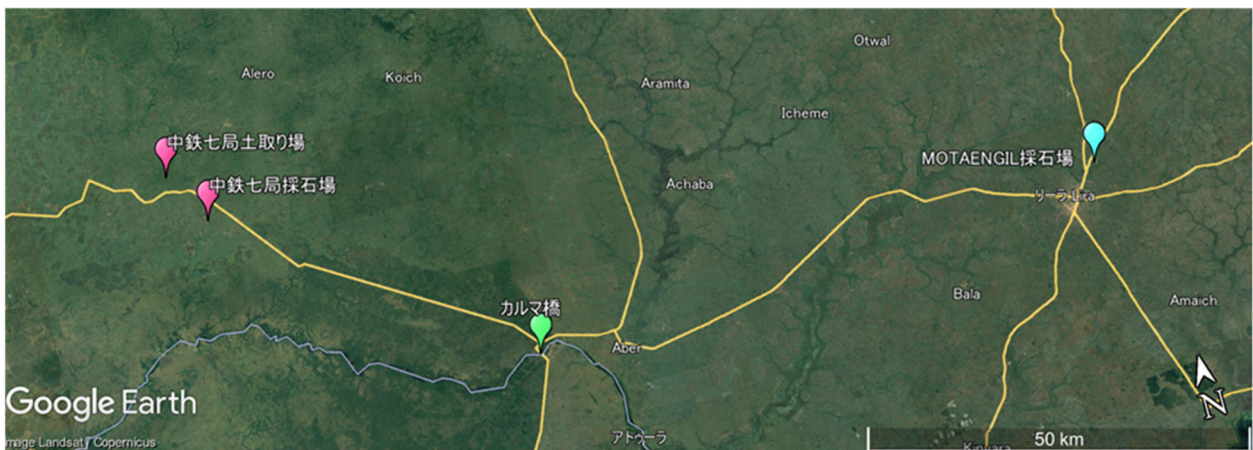
施工業者のキャンプおよび作業基地ヤードは、国立公園や保護区内への設置は避けることが望ましい。本事業地域周辺にはカルマ水力発電所の管理施設があり、関係者への聞き取り調査の結果、同施設内にある導水トンネル掘削で発生したズリ置場跡地を活用することが可能であるとの情報が得られた。この跡地を利用することで、環境への影響を最小限に抑えつつ、効率的な工事運営が期待できる。



出典：JICA 調査団

図 3-2-33 カルマ水力発電所内利用可能施設位置図

また、本事業にて新規の採石場や土取場の開発することは困難であるため、本事業地域周辺で UNRA が実施中の道路改良工事が使用する既存施設から資材を調達することを想定する。



出典：JICA 調査団

図 3-2-34 カルマ橋周辺既設採石場、土取り場位置図

3-2-4-3 施工区分／調達・据付区分

本事業を日本の無償資金協力により実施するにあたり、日本側およびウガンダ側の負担区分は以下のとおりとする。

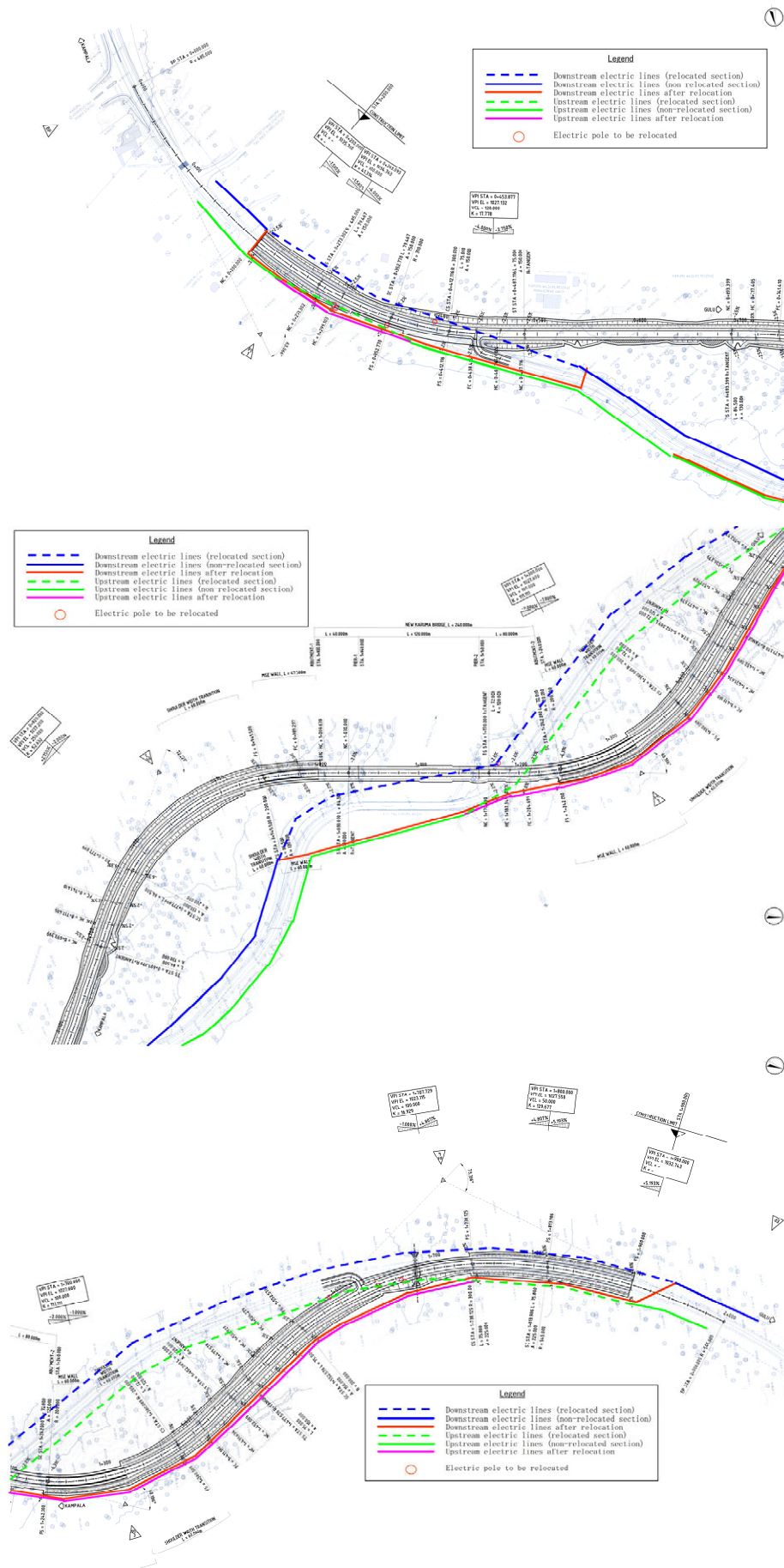
(1) 日本側負担分

- 資機材の日本または第三国から荷揚港（ケニア国モンバサ港）までの海上輸送
- 資機材の荷揚港またはウガンダ国内の資機材調達先から事業地までの陸上陸送
- 設計図面に示される橋梁・道路施設（コンクリート構造物、舗装、排水、付属物工等）の建設
- 建設工事に伴う作業基地、作業帯、切り回し道路、キャンプの建設と撤去
- 建設工事に必要な資機材、労務の調達
- 建設工事に必要な工事管理業務の実施
- 事業実施に必要なコンサルタント業務の提供

(2) ウガンダ国負担分

- 工事に必要となる用地の確保と用地取得状況に関する状況報告書の作成
- 工事に必要な施工ヤード、資材置き場、現場事務所等の用地の確保と借地料金負担
- 工事に必要な土取場、土捨て場、建設廃棄物処分用地の確保および許可の取得
- 工事に支障となる電柱、電線、通信施設の移設（移転費用含む）
- 工事に必要となる資機材に関する関税や付加価値税の免税
- 日本国内の銀行に口座を開設する手数料および支払い手数料の負担
- 日本人および実施に必要な物品／サービスの際の課税免除
- 日本人および第三国人がウガンダに滞在するために必要な法的措置
- 建設許可、土工事許可、工事中の交通規制許可、電線／通信施設の移設許可等の必要な許認可証明書の発行
- 環境ライセンスの取得と環境管理計画、環境モニタリング計画の適正な実施および JICA への報告
- 社会配慮に関するモニタリングの実施と報告書の JICA への提出
- 本事業によって建設される施設の正しくかつ効果的な維持、管理、保全
- 住民または第三者と問題が生じた場合、その解決への協力
- 日本国の無償資金協力によるもの以外の経費負担
- 工事終了後供用時の大気質、水質などの自然・社会環境に関する計画的な観察、計測・分析の実施・また、測定結果に対する問題点の対応・対策。
- 工事区域内での不法投棄の禁止
- 事業実施に係るプロジェクトモニタリングレポートやプロジェクト完成報告書の作成と JICA への提出
- 事故等の発生や環境社会に関連する問題発生時の JICA への速やかな報告

なお、電柱・電線移設に関する位置図を図 3-2-35 に示す。



出典：JICA 調査団

図 3-2-35 電柱・電線移設位置図

3. プロジェクトの内容

3-2-4-4 施工監理計画／調達監理計画

本事業の実施に際しては、まず日本政府とウガンダ政府間で本事業の無償資金協力に関する交換公文（E/N：Exchange of Notes）が締結され、その後、JICA とウガンダ政府間で贈与契約（G/A：Grant Agreement）が締結される。これらの手続きが完了した後、コンサルタントは JICA から発行される推薦状に基づき、実施機関であるウガンダ国道公社（UNRA）との間で、詳細設計、入札補助業務および施工監理に関わるコンサルタント業務契約を締結する。コンサルタント契約の内容には以下が含まれる。

(1) 入札図書の作成

本調査の結果に基づき、入札契約図書の作成を行い UNRA の承認を得る。入札契約図書作成業務の内容は以下のとおりである。

- 設計図、数量
- 入札指示書、工事契約書の作成

(2) 工事入札の実施

コンサルタントは UNRA が工事入札を実施するのを補佐する。入札補助の業務内容は以下のとおりである。

- 入札公示
- 事前資格審査
- 入札説明会および現場説明
- 入札評価
- 契約交渉

(3) 施工監理

JICA による工事契約の認証を受け、コンサルタントは施工業者に対し、工事着工命令の発行を行い、施工監理業務に着手する。施工監理業務では、工事進捗状況を UNRA、現地日本大使館等に直接報告するとともに、施工業者には作業進捗状況、品質、安全、支払いに関わる事務行為、および技術的に工事に関する改善策の提案などの業務を行う。また必要に応じて JICA、現地日本大使館およびウガンダ政府と調整・協議を行う。主な内容は表 3-2-33 のとおりである。

表 3-2-33 施工監理業務の内容

監理項目	業務内容
施工計画・施工図承認	施工業者より提出される施工計画書、工程表、施工図が契約書、契約図面、仕様書等に適合しているかどうかを照査して承認を与える。
工程管理	施工業者より工事の進捗状況の報告を受け、工期内に工事が完了するように必要な指示を出す。
品質管理	工事材料や施工の品質が契約図面や仕様書に適合しているかどうかを検査して承認を与える。
出来高監理	完成断面や平面形状等を検査し、出来形が監理基準を満足しているかチェックを行うと同時に数量の確認をする。
証明書の発行	施工業者への支払、工事の完了、瑕疵担保期間の終了等に際して必要な証明書を発行する。
報告書の提出	施工業者が作成する工事月報、完成図面、完成写真等を検査し、「コ」国政府側と JICA に提出する。また、工事完了後に完了報告書を作成し、JICA へ提出する

出典：JICA 調査団

3-2-4-5 品質管理計画

品質管理は、本事業で作成される仕様書に基づいて実施するものとする。仕様書は、AASHTO 基準または日本の基準および試験方法に準拠する。品質管理計画（案）および出来形管理計画（案）を、それぞれ表 3-2-34 および表 3-2-35 に示す。

表 3-2-34 品質管理計画（案）

工事	対象項目	検査、監理試験等	検査、試験頻度
土工、アスファルト舗装工、路体、路床、構造物埋戻し	材料管理	CBR 試験、土質試験（比重、粒度、含水量、液性・塑性限界、密度）、骨材試験（比重、粒度、強度、吸水率）、瀝青材（品質証明書、成分分析表）	施工前
	日常管理	締固め密度試験、含水比、瀝青材（安定度、フロー値、空隙率、マーシャル試験、温度）	施工直後 施工箇所一層毎 1 日 1 回
コンクリート工	バッチャープラント	計量機器、練り混ぜ性能、静荷重検査・計量制御装置、動荷重検査、練り混ぜ性能	施工前、毎月（動荷重は 3 ヶ月毎）
	材料	セメント、水・規格証明により検査を行う細骨材、粗骨材試験・粒度・比重・吸水率・単位重量・耐久性・アルカリ骨材反応	施工前および使用材料変更時
	コンクリート基準試験	試験練りを実施し配合を決定する。スランプ・空気量・温度・試験体強度	施工前
	日常管理	フレッシュコンクリート：空気量・スランプ・温度	最初の連続 5 台、以降 50m ³ ごと、供試体作成時
		コンクリート打設：打設方法・締固め・打継ぎ位置・養生方法・レイタンス処理 コンクリート供試体：供試体圧縮強度試験・コンクリート管理図作成	打設時立合検査 1 日 1 回供試体作製打設後 7 日および 28 日
鉄筋 PC 鋼材	材料	鉄筋、PC 鋼材は、製造工場のミルシートにより確認。品質・引張試験・曲げ試験	施工前
	設置検査 日常管理	組上がったものに対し以下について検査を行う 材料サイズ・寸法・配置・ラップ長・かぶり・固定状況・打継目処理状況	コンクリート施工
PC 鋼材緊張	コンクリート強度確認	コンクリートの供試体圧縮強度	緊張前
	緊張装置	ジャッキ、ポンプのキャリブレーション	緊張前、50 本のケーブル緊張 毎緊張装置の組合せ変更時
	試験緊張	緊張管理図による	本緊張前
	緊張管理	ケーブル 1 本毎の管理・ケーブルのグループによる管理・横締め鋼材の管理	緊張時
PC グラウト	配合設計	配合設計コンシステンシー・ブリージング率膨張率・強度・塩分総量	使用前
		コンシステンシー・温度	1 日 1 回、5 バッチ毎
		ブリージング率・膨張率・圧縮強度	1 日 1 回

出典：JICA 調査団

表 3-2-35 出来高管理計画

工事	工種	項目	基準値	備考
土工	路体	計画高	0cm 以上	20m 間隔
		幅員	-10cm 以上	"
	路盤	計画高	-2.5cm 以上	"
		仕上り厚	-5cm 以上	"
		幅員	-10cm 以上	"
舗装	アスファルト舗装	幅員	-3cm 以上	"
		厚さ	-1.5cm 以上	"
基礎工事	直接基礎	底面地盤高	設計計画高以下	4m メッシュ
コンクリート構造物	フーチング	計画高	±5cm	
			±75mm 又は±3%	
	橋脚、橋台、擁壁	平面位置	±30mm	
		計画高	-30mm～+10mm	
		天端長・幅	±30mm	
		断面寸法	-10mm～+20mm 又は±2%	
	床版	橋長	-25mm～+30mm	
		幅員	0mm～+30mm	
		床版、地覆高さ	-20mm～+20mm	
		厚さ	-10mm～+20mm	
PC 構造物	桁	橋長	-25mm～+30mm	
	完了後検査		トルク値の±10%	各ボルト群の 10%を抽出
	軸力計		精度検定	船積前直前

出典：JICA 調査団

3-2-4-6 資機材等調達計画

(1) 労務

ウガンダにおける一般的な労働条件は、以下に示すとおりである。

最低賃金

現在のウガンダには法定の最低賃金は存在しない。最後に定められたのは 1984 年で、6,000 ウガンダ・シリング（当時のレートで約 2 米ドル）とされたが、それ以降、更新されていない。2015 年には新たな最低賃金法案が議会で可決されたものの、大統領により廃案となった。この状況により、雇用者には労働者に対して公正で適切な賃金を支払う責任が求められている。

労働時間

ウガンダにおける労働関連の主要法である雇用法（Employment Act、2006）では、労働時間について以下のように定められている。

- 規定就業時間：労働者の所定労働時間を週 48 時間までと定めている。ただし、雇用者と労働者の合意がある場合、1 日 10 時間または週 56 時間を超えない範囲で週 48 時間を超える労働が認められる。
- 休憩時間：1 日 8 時間以上労働する場合、労働者には 1 日あたり 30 分の休憩を与えることが必要とされる。
- 時間外労働：時間外労働に関する具体的な割増賃金率についての明確な法的規定は確認されていない。

休日と有給休暇

ウガンダでは日曜日のほか、以下の祝日が法定の公休日として定められている。

- 1月 1日 新年
- 1月 26日 NRM 解放記念日
- 2月 16日 ジャナニ・ルウム大主教記念日
- 3月 8日 国際婦人デー
- 3月 29日 聖金曜日
- 4月 1日 イースターマンデー
- 5月 1日 労働者の日
- 6月 3日 殉教者の日
- 10月 9日 独立記念
- 12月 25日 クリスマス
- 12月 26日 ボクシングデー
- イスラム教の祝祭日であるイード・アル＝フィトル（ラマダン明けの祭り）やイード・アル＝アドハー（犠牲祭）は、イスラム暦に基づくため毎年日付が変動

これに加えて、労働者に対して以下の休暇取得権が保障されている。

- 有給休暇：労働者は、4 か月間勤務するごとに 7 日間の年次有給休暇を取得する権利がある。このため、年間で合計 21 日間の年次有給休暇が認められている。
- 産休および育休：女性労働者は、出産または流産の際に 60 日間の有給産休を取得する権利がある。

(2) 機材

ウガンダでは、これまでに斜張橋（円借款事業：ナイル架橋建設事業）や立体交差（円借款事業：カンパラ立体交差建設・道路改良事業）の建設が行われており、大型クレーンを含む主要な機材の調達実績が十分にある。また、移動可能な砕石プラント、アスファルトプラント、コンクリートプラントについても、調達可能な現地企業が存在する。ただし、品質面を考慮した場合、一部の資材や設備についてはケニアなどの第三国から調達する必要がある。

砕石およびアスファルト混合物の調達については、近隣で実施中の道路改良事業に設置されているプラントを活用することが可能である。特にアスファルト混合物に関しては、運搬時間が 2 時間程度であれば品質の劣化が生じないとされており、周辺プロジェクト現場のプラントを利用することが現実的であると判断される。

一方、本事業の主構造物である橋梁では、生コンクリートの品質確保が特に重要である。このため、バッチングプラントをカルマ水力発電所の管理区域内に設置し、品質管理を本事業の管理下で徹底する体制を構築することが望まれる。

表 3-2-36 機材調達先

	日本	ウガンダ	第三国	摘要
バックホウ		○		
トラッククレーン		○		
架設用タワークレーン	○	○	○	
ローラー		○		
アスファルトフィニッシャー		○		
コンクリートプラント		○		
アジデーター	○	○	○	
片持ち架設用移動作業車	○			
仮設機材（工事用エレベーター等）	○			

出典：JICA 調査団

(3) 資材

機材と同様に、橋梁用鋼線やケーブルを除く主要な資材については、ウガンダ国内での調達が可能である。ただし、鉄筋は国内で電炉製造によるものが主流であり、型钢に関しては国内での製造が行われていない。このため、鉄筋や型钢については品質を考慮し、近隣諸国や日本からの調達を検討する必要がある。骨材に関しては、近隣で実施されている道路工事現場に設置されたプラントから調達が可能と見込まれる。

表 3-2-37 資材調達先

	日本	ウガンダ	第三国	摘要
セメント		○		
骨材		○		
生コンクリート		○		
アスファルトコンクリート		○		
鉄筋		○	○	
鉄鋼製品	○		○	電炉製品除く
PC 鋼	○			
PC ケーブル（斜材）	○			
舗装材料		○		
道路二次製品		○		

出典：JICA 調査団

(4) 輸送経路

日本または第三国から調達された資機材は海上輸送により運搬され、ケニアのモンバサ港で陸揚げされる。その後、ケニアとウガンダ国境に位置するマラバ OSBP（ワンストップ・ボーダーポスト）を経由して本事業の施工現場まで輸送される。マラバからカルマ橋までの輸送ルートとしては、カンパラまたはリラを経由する 2 つのルートが存在する。どちらのルートも全般的に道路状況は良好であるが、カンパラを経由するルートの場合、カンパラ周辺で渋滞が発生する可能性があるため、注意が必要である（リラ～カルマ橋間は現在改良工事中である）。

モンバサ港からカルマ橋までの輸送期間については、現地運送会社の見積もりによると、通関手続きを含めて 10 日から 14 日程度を要するとされている。輸送ルートの概要は図 3-2-36 に示す。



出典：JICA 調査団

図 3-2-36 輸送ルート

3-2-4-7 初期操作指導・運用指導等計画

本事業にて整備する橋梁および取付道路に関しては、現地技術者に対する初期操作や運用に関する特別な指導は不要である。

3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画

(1) ソフトコンポーネント計画の目的

本事業では、継続的な環境モニタリングの実施が求められている。これに対応するため、UNRA（特に地方事務所の職員）、UWA（MFNP および KWR の職員）、周辺地域の住民代表（カルマ町およびカムディニ町）、および保護区内で活動する漁民を対象に、環境社会影響評価（ESIA）の全体説明を通じた意識啓発を行う。この取り組みにより、保護区の環境保全に対する認識を高め、対象者間の協力体制を確立するとともに、供用開始後の持続可能な環境モニタリングにおいて重要な役割を担う「環境モニタリング・メンバー」としての関与を促進させる。具体的には、対象者に対して、簡易機材を用いた測定方法、データの記録・収集手法、報告書作成の手順などに関する技術移転を実施する。

工事の終了時点では、UNRA および UWA（漁民を含む）が主体的に行う環境モニタリング計画の内容を確認する。その上で、供用開始後の継続的な環境管理プログラムについて、コンサルタントが策定および提言を行い、UNRA と UWA の間で合意を得ることを目指す。この合意に基づき、承認済みの ESIA の方針に沿った適切で継続的な環境社会配慮を取り入れた道路管理が可能となる体制を確立するものである。

(2) ソフトコンポーネントの目標

ソフトコンポーネントの目標を以下の通り設定する。

3. プロジェクトの内容

表 3-2-38 ソフトコンポーネントの目標

目標	内容
上位目標	カルマ橋建設を通して、首都カンパラと同国北部地域の安全で円滑な接続を維持し、ウガンダ国北部地域の経済成長に寄与する。
プロジェクト目標	カルマ橋の安全かつ安定的な交通が確保される。
ソフトコンポーネント目標	関連する現地ステークホルダー（UNRA、UWA、現地住民など）が、本事業における環境社会配慮（環境アセスメント全体、環境緩和策、環境モニタリング）について十分な理解を深めることを目的とする。また、UNRA および UWA の職員が、本事業が保護区内で実施されるものであることを踏まえ、JICA 環境社会配慮ガイドラインの環境カテゴリ A で求められる定量的な数値を適切に把握し、道路供用後も自力で環境モニタリングの一部を継続して実施できる能力を習得することを目指す。

出典：JICA 調査団

(3) ソフトコンポーネントの成果

ソフトコンポーネントの成果を、以下の通り設定する。

表 3-2-39 ソフトコンポーネントの成果

成果	対象者
1. 環境アセスメントの概要を理解する。	UNRA、UWA、住民代表、漁民等
2. 環境緩和策および環境モニタリングの内容を理解する。	UNRA、UWA、漁民
3. 供用開始から 4 年目以降、自力で環境モニタリング（動植物調査や生活環境項目の調査など）を実施できるようになる。	環境モニタリング・メンバー（以下から選定）： UNRA(地方事務所職員)、UWA(MFNP 職員・KWR 職員)、漁民
4. 供用期間中のモニタリング（3 年間）の終了後、UNRA と UWA が共同で取り組むべき環境管理プログラムが策定され、そのプログラムがウガンダ側の主導により継続して実施されるために必要な知識および活動手順を習得する。	環境モニタリング・メンバー（以下から選定）： UNRA(地方事務所職員)、UWA(MFNP 職員・KWR 職員)、漁民

出典：JICA 調査団

(4) ソフトコンポーネントの活動内容・スケジュール(案)

ソフトコンポーネントの活動内容および想定されるスケジュール(案)は以下の通りである。なお、本ソフトコンポーネントにおける各回の派遣で議論された内容については、施工監理に定期的に派遣される日本人環境要員（自然環境専門家、社会環境専門家）や現地の環境要員により、継続的にフォローアップが行われる予定である。

表 3-2-40 ソフトコンポーネントの活動内容・スケジュール（案）

実施時期(案)	活動内容	対象者
施工監理期間 2026 年 10 月 (0.5 ヶ月)	環境アセスメントの概要、緩和策・モニタリング内容、モニタリング実施方法について座学およびワークショップを実施する。環境モニタリングの一部（モバイル測定機材の使い方等）OJT も実施する。	UNRA、UWA、住民代表、漁民
2027 年 9 月 (0.5 ヶ月)	環境モニタリングが前年度 2026 年から実施され、1 年間の環境モニタリングの結果蓄積・分析と円滑なモニタリング体制が構築されることを目的に OJT を行う。	環境モニタリング・メンバー（以下から選定）：UNRA(地方事務所職員)、UWA(MFNP 職員・KWR 職員)、漁民
2029 年 7 月 (0.5 ヶ月)	環境モニタリング結果の評価についてワークショップを行う。また供用後以降の環境モニタリングの内容、体制等について確認を行う。	環境モニタリング・メンバー（以下から選定）：UNRA(地方事務所職員)、UWA(MFNP 職員・KWR 職員)、漁民

出典：JICA 調査団

専門分野	2026年 (施工時)												2027年 (施工時)												2028年 (施工時)												2029年 (施工時)	
	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb		
ソフト コン ポー ネン ト	1. 生活環境	■	1 回目： 環境アセスメントの概要、緩和策・モニタリング内容、モニタリング実施方法についてワークショップを実施する。										■	2 回目： 環境モニタリングの実施に関する◀vov▶を行う。																							■	
	2. 自然環境	■													■																							■
	3. 社会環境	■													■																							■
	4. 野生動物	■													■																							■

出典：JICA 調査団

図 3-2-37 ソフトコンポーネントの活動内容・スケジュール（案）

(5) ソフトコンポーネントの実施リソース

本ソフトコンポーネントの実施にあたっては、本事業の工事期間中に、日本人コンサルタント（①生活環境専門家、②自然環境専門家、③社会環境専門家、④野生生物専門家）を派遣し、それぞれの専門分野に基づいて対応を行う。

(6) ソフトコンポーネントの成果品

本ソフトコンポーネント業務における成果品は、以下の通りとする。

- ワークショップ研修報告書
- OJT 実施報告書
- ソフトコンポーネント実施報告書

(7) ソフトコンポーネントに関するウガンダ側の対応事項

本ソフトコンポーネント業務の実施において、ウガンダ側に求められる責務は以下の通りである。

- 適切なカウンターパートの配置
- 共同モニタリングへの参加者（UNRA 地方事務所職員、UWA 職員、住民代表、漁民など）への参加要請

3-2-4-9 実施工程

本事業における交換公文（E/N）の締結後、コンサルタントはウガンダ政府との間でコンサルタント業務契約を締結する。本事業は B 型国債案件として実施が予定されており、契約締結後、速やかに無償資金協力事業としての実施設計業務が開始される。業務開始後、コンサルタントは現地調査を実施し、その調査結果を基に国内で詳細設計や入札書類の作成を進める。

実施設計が完了した後、コンサルタントはウガンダ政府が実施する入札手続きに対する支援業務として、入札補助業務を実施する。この業務には、入札書類の準備、入札公告の発出、P/Q（予備審査）の実施、入札、業者選定、さらには工事契約締結に関連する作業が含まれる。

入札により選定された施工業者は、ウガンダ政府と工事契約を締結し、その契約内容について JICA の認証を受けた後、コンサルタントは工事着工命令を施工業者に発出する。これにより工事が開始され、施工監理業務が実施される。

これら一連の実施工程を図 3-2-38 に示す。



出典：JICA 調査団

図 3-2-38 実施工程

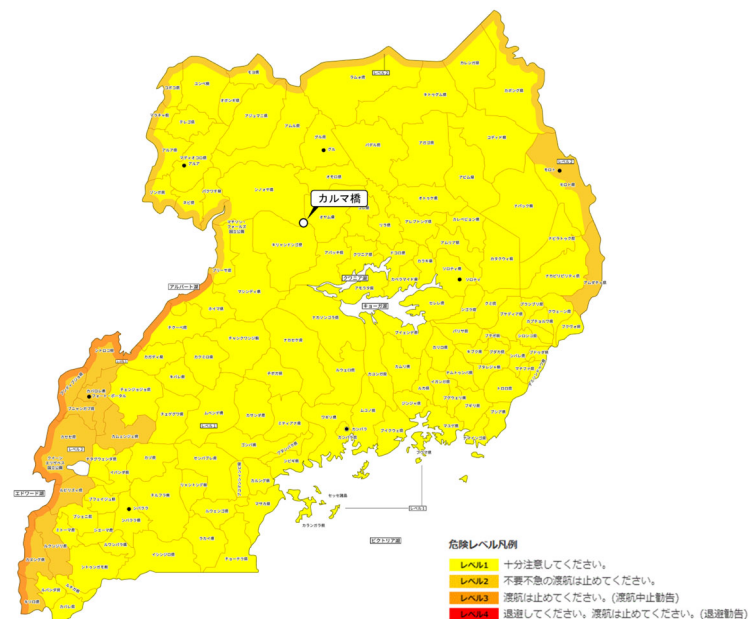
3-2-5 安全対策計画

(1) 対象地域の治安状況

図 3-2-39 にウガンダにおける地域別の危険レベルを示す。本事業地域は、ウガンダ西部のキリヤンドンゴ県と北部地域のヌウォヤ県の境界に位置し、さらにオヤム県とも隣接している。これらの地域の治安は比較的安定しているものの、西部および北部地域は南スーダンやコンゴ民主共和国との国境に接しており、隣国からの越境交通の多くがカルマ橋を通過している。このため、隣国の治安悪化がウガンダ側にも波及する可能性がある。

特に、ウガンダ西部のコンゴ民主共和国との国境地帯（ホイマ県以南）では、反政府組織「民主同盟軍」（ADF）が「イラク・レバントのイスラム国」（ISIL）の影響下でテロ活動を活発化させている。この地域と北部ウガンダを結ぶ主要ルートの一つがカルマ橋であることや、カンパラでは散発的なテロ事件が発生していることを踏まえると、本地域を含むウガンダ全体での治安には注意が必要である。

また、外務省の危険情報によれば、ウガンダ国内の地域を問わず、住居侵入や路上・車上強盗、殺人、営利目的の誘拐、詐欺などの凶悪犯罪が日常的に発生しており、外国人が巻き込まれる事件も確認されている。これらの状況を踏まえ、現地での安全確保には十分な警戒が求められる。



出典：外務省海外安全ホームページ

図 3-2-39 ウガンダ危険レベル

(2) 対象道路の交通事故状況

上述のとおり、現カルマ橋の取付道路では、過去に多くの交通事故が発生しており、交通安全性の改善が喫緊の課題となっている。特に、右岸側の取付道路において、人的被害が大きい事故が多発している。その主な原因として、現カルマ橋手前がある急カーブ区間で車両が曲がりきれず、橋の下に転落する事例が挙げられる。

本事業は、こうした交通事故対策にも寄与することが期待されている。しかしながら、交通事故が頻発する直線の急勾配区間が新橋の建設ルートと交差するため、工事期間中における既存道路の

3. プロジェクトの内容

安全対策にも十分な配慮が求められる。特に、交通誘導や仮設構造物の配置、安全標識の設置など、事故を未然に防ぐための具体的な施策が必要である。

(3) 本事業における安全対策

物理的防御

本事業で使用する事務所、宿舍、キャンプヤードは、安全性および周辺環境保護の観点から、ウガンダ電力公社（UEGCL）が管理するカルマ発電所の管理区域内に敷地を借りることが望ましい。

UEGCL との協議により、事務所および宿舍についてはカルマ水力発電所内に設置された既存ホテル（22 室のゲスト用宿舍）または空き家となっている一軒家型官舎の利用が可能とされている。これらの施設はフェンスで囲まれた発電所管理敷地内にあり、安全性が高いと考えられる。

一方で、キャンプヤードについては、発電所のメインゲートで厳重な出入管理が行われているにもかかわらず、残存する岩塊を採取する目的で、一部の住民がメインゲートを通らずに管理区域内に侵入するケースが確認されている。キャンプヤードには、ラボラトリー、コンクリートプラント、機材整備場などの設置が予定されており、さらに鉄筋、仮設部材、鋼橋部材といった高価で盗難リスクの高い資機材の保管も計画されている。このため、発電所敷地内であっても、トタン材による仮囲いを設置して目隠しと防犯の役割を果たすことが必要である。

以上を踏まえ、キャンプヤードおよび橋梁建設現場（P1 および P2 橋脚の 2 ヶ所）には、次の安全対策を講じる。

- 一次防衛線：トタン材を用いた仮囲いを設置
- 二次防衛線：警備員を配置して安全を確保

これらの安全対策については、図 3-2-40 に詳細を示す。



出典：JICA 調査団

図 3-2-40 一次防衛線と二次防衛線

キャンプヤード予定地、UEGCL の施設、事務所および宿舍として借用予定の建物、ならびに P1 および P2 橋脚サイトの現況写真を図 3-2-41 に示す。



キャンプヤード予定地



UEGCL 施設の状況



宿舎および事務所借り上げ予定建物



P1 および P2 橋脚建設予定地

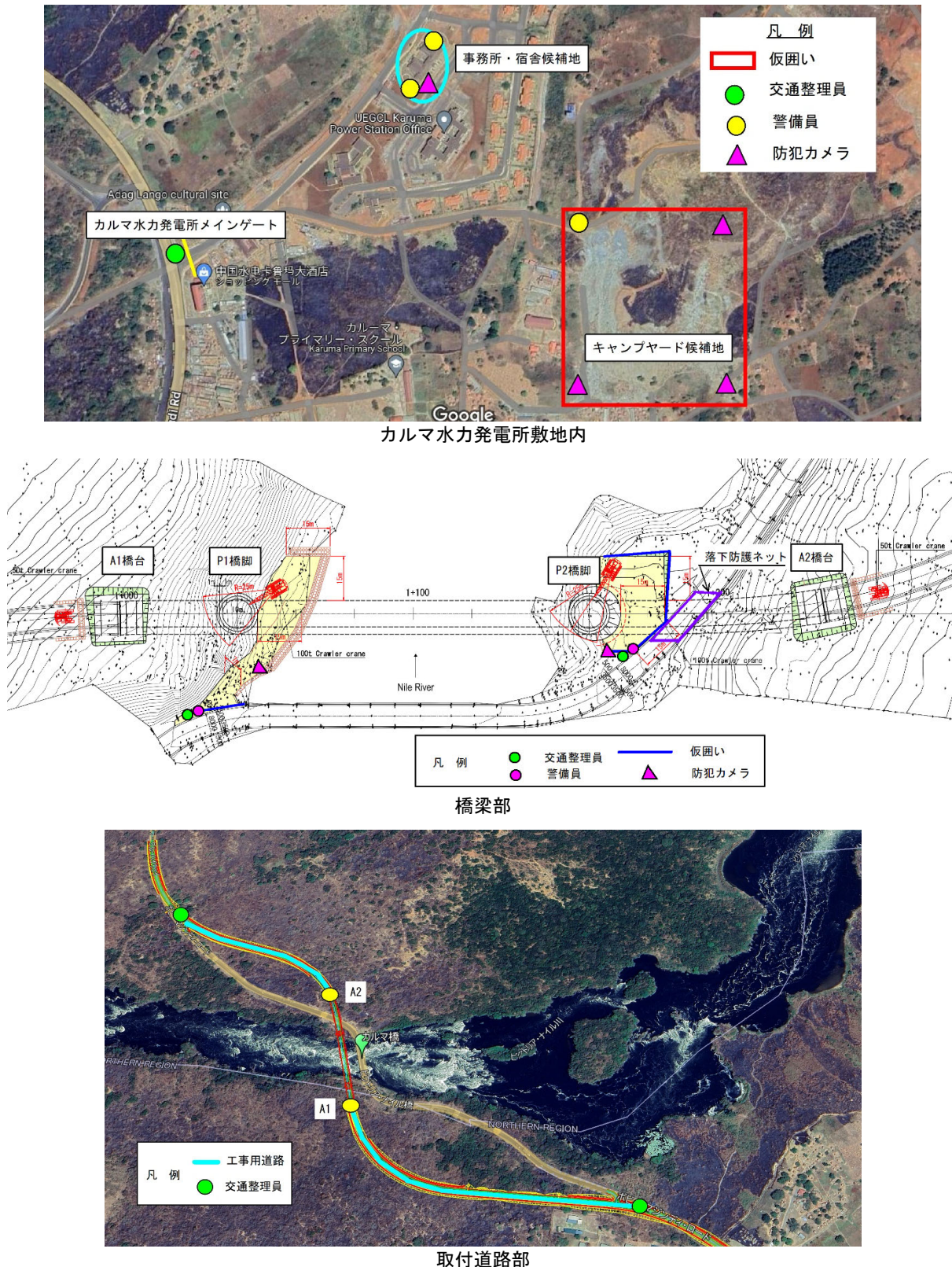
出典：JICA 調査団

図 3-2-41 現況写真

3. プロジェクトの内容

敷地内外監視/警備体制

各防衛線において訪問者の確認や周辺での不審人物の監視を行うため、警備員を配置する。警備員による常時監視が行き届かないエリアについては、監視カメラを設置し、外部からの異常を迅速に察知できる体制を整える（図 3-2-42 参照）。



出典：JICA 調査団

図 3-2-42 安全施設配置図

移動管理

必要な車両台数を確保する。カルマ橋が位置するカンパラ〜グル／アルア道路は舗装されており、整備状況も良好であるため、走行に関して特段の問題は想定されない。このため、警備員によるエスコートは不要と判断される。一方で、スピードの出し過ぎや整備不良車両による事故のリスクは依然として存在するため、安全運転に対する十分な注意が求められる。

通信手段

本事業地域は携帯電話が利用可能なエリアであるため、通信環境は良好である。ただし、緊急時の対応として衛星携帯電話など無線通信手段の多重化を推奨するが、特別な通信手段を新たに配置する必要はないと考えられる。

その他

現場には工事安全専任者を、本社には安全管理担当者を配置し、両者の指導と管理のもと、安全対策を徹底する。これには、緊急連絡網の構築、安全対策マニュアルおよび退避マニュアルの策定、さらに適切な保険への加入などが含まれる。

(4) キャンプヤードおよび工事現場などにおける安全対策

キャンプヤード、工事現場などにおける安全対策を表 3-2-41～表 3-2-45 に示す。

表 3-2-41 キャンプヤードにおける安全対策

Item	項目	単位	数量	仕様
Galvanized iron sheet wall	外壁（仮囲い）	m	400	トタン板による外壁（仮囲い）、高さ 2.5m
Scorpion Wire	鉄線	m	400	外壁上にコイル形状の鉄線を設置
Security Guard	武装警備員	人	5	昼間（スーパーバイザー 1 名＋ジュニア警備員 1 名）＋夜間（シニア警備員 1 名＋ジュニア警備員 2 名）の、1 日当たり 5 名を配置
Security Camera	監視カメラ	式	1	カメラ 6、モニター、録画器等 1 式
Construction vehicle guide	交通監視員	人	1	国道出入口での、交通整理（1 交代）

出典：JICA 調査団

表 3-2-42 工事現場における安全対策

Item	項目	単位	数量	仕様
Galvanized iron sheet wall & Gate	外壁およびゲート	m	20	トタン板による外壁（仮囲い）および観音開きゲート、高さ 2.5m
Keep-out tape	立入防止テープ	m	130	外壁設置が困難区域には立入禁防止テープを設置し、破損があれば適宜再設置（共通仮設費率計算分に含む）
Traffic cone (Safety cone)	カラーコーン	m	適宜	片側通行時に設置し、通過交通の通行帯からの逸脱防止を図る（共通仮設費率計算分に含む）
Security Guard	武装警備員	人	2	銃器装備の警備員を、昼間 1 人、夜間 1 名 2 交代の 1 日当たり 2 名を配置（既設橋に武装警官が常駐）
Construction vehicle guide	交通監視員	人	1	工事現場国道出入口および左岸交差点における交通整理（1 交代）
Traffic guard	交通誘導員	人	4	現道新設道取付部での交通誘導を行う 両岸に 2 名 1 組を、道路工事期間中のみ配置する

出典：JICA 調査団

3. プロジェクトの内容

表 3-2-43 移動における安全対策

Item	項目	単位	数量	仕様
Movement	車両移動	-	-	宿舎は、キャンプサイト内に設置のため、主な移動は現場～キャンプサイトとなる。テグシガルパ等の関連機関・施設への移動については、夜間の移動は行わない

出典：JICA 調査団

表 3-2-44 宿舎における安全対策

Item	項目	単位	数量	仕様
Security Guard	武装警備員	人	2	カルマ発電所ホステルを借上げとした場合、同施設警備体制下となるが、敷地が広大であるため宿舎専用のため、昼夜1名ずつの銃器装備警備員を配置する。

出典：JICA 調査団

表 3-2-45 事務所における安全対策

Item	項目	単位	数量	仕様
Security Guard	武装警備員	人	2	昼夜1名ずつの銃器装備警備員を配置する。

出典：JICA 調査団

3-3 相手国側負担事業の概要

3-3-1 相手国負担事項

本事業の実施に際して、ウガンダ政府の負担事項は以下のとおりである。

(1) 一般事項

- 日本にある銀行と銀行取り極め（B/A：Banking Arrangement）を締結し、政府名義の口座を開設、この口座を通じて無償資金の授受を行う。
- B/A を締結した日本の銀行に対し、ウガンダ政府の代理として支払手続きの執行権を当該銀行に授与する旨通知する証書「支払授權書（A/P：Authorization to Pay）」の発行、通知および手数料の負担。

(2) 事業実施事項

- 本事業を実施するために必要な許認可の取得または発行（EIA 承認、建設許可、工事中の交通規制等の許可、迂回路の設置許可、土工事許可）
- 本事業に必要な建設用地および仮設用地の工事着手までの確保
- 工事に必要な土取場、土捨て場、建設廃棄物捨て場用地の確保
- 本事業実施に支障となる電気関連設備、電話・通信関連設備、街路灯関連設備、その他の埋設管、看板等の撤去・移設
- 建設用地までの電気、水道、排水、その他付帯施設の移設・設置に関わる関係機関との調整および許認可手続き
- 両国の分担取り決めに基づく本事業実施上必要となる経費のうち、日本国の無償資金協力によるもの以外の経費の負担
- 資機材輸入に対する関税・通関手数料の免除および速やかな国内輸送のための措置
- 本事業実施に必要な物品・サービス購入の際の付加価値税、物品税、法人税その他全ての税金についての免除措置
- 本事業に従事する日本人およびウガンダ政府に承認された第三国人がウガンダへ入国および滞在するために必要な措置（査証、就労許可書等の発給）
- 本事業に従事する日本人およびウガンダ政府に承認された第三国人の個人所得税、付加価値税、物品税、源泉徴収税、その他全ての税金についての免除措置
- 本事業実施中における既存橋および本事業対象区間以外の道路の維持保全
- 本事業実施において住民または第三者と問題が生じた場合、先方政府による解決あるいはその解決への協力
- 工事期間中および供用後の環境緩和策の実施および環境モニタリングの実施
- ウガンダ国負担事項についての適切な工期設定とその遵守、確実な履行
- 無償資金協力で建設される施設の適切な使用と維持管理

(3) その他

- 実施設計および施工監理を行う日本のコンサルタントとの契約
- 日本の施工業者および機材調達業者との契約

3-3-2 免税措置

ウガンダにおける我が国の無償資金協力事業に対する免税方法や、ケニア（モンバサ港）を経由した海上貨物の輸送の際の輸入税の免除について、2017年7月19日に MoFPED が発出した通達に以下の通り明記されている。本事業実施に際しては、この通達に基づき、免税措置が取られることとなる。

1. 必要な資機材の輸入・再輸出に関する税金について
 - 1.1 日本の無償資金協力事業で使用するために必要な資機材の輸入および再輸出に関する税金は、East African Community Customs Management Act 2004 により輸入税が免除される。
2. 本事業に必要な製品・サービスをウガンダにおいて購入する際の税金について
 - 2.1 付加価値税 (VAT)
 - 2.1.1 VAT 法は、外国政府による無償資金協力事業や寄付、借款事業に対する供給品に対する VAT の支払いを認めている。
 - 2.1.2 この VAT 法に基づき、供給品が日本の無償資金協力事業にのみ使用される場合、VAT は支払われたものとみなされる。
 - 2.1.3 サプライヤーが、日本の無償資金協力事業にのみ使用される製品やサービスに VAT を課した場合、URA は、日本の無償資金協力事業に割り当てられた施工業者および下請業者に対して VAT を払い戻すものとする。
3. 総所得または所得要素に対して課されるすべての税金について
 - 3.1 所得に対する支払い (PAYE : Pay as You Earn)
 - 3.1.1 交換公文に基づき、日本の無償資金協力事業における日本の元請会社および下請会社の日本人従業員の給与は、ウガンダ政府の実施機関が支払うものとする。
 - 3.1.2 対象となる駐在事務所の PAYE の支払い手続きは、以下の通りである。日本の元請会社および下請会社は、URA に PAYE の申告を行い、申告書の写しを実施機関に提出し、納税を通知する。
 - 3.2 法人税・源泉徴収税
 - 3.2.1 交換公文に基づき、日本の無償資金協力事業における日本の元請会社および下請会社の法人税は、実施機関により支払われるものとする。
 - 3.2.2 ウガンダに税務上の居住者である日本の無償資金協力事業の元請会社および下請会社の手続きおよび税務上の扱いは、以下の通りである。
 - 3.2.2.1 日本人元請業者および日本人下請業者は、URA に申告し、その写しを実施機関に提出し、納税を通知する。
 - 3.2.3 ウガンダの非居住者である日本の無償資金協力事業の元請会社および下請会社の手続きおよび税務上の取り扱いは、以下のとおりとする。
 - 3.2.3.1 源泉徴収税が発生する場合、実施機関は URA に税金を支払うものとする。
4. 上記事項の円滑な実施を確保するため、JICA および MoFPED は、以下の措置をとる。
 - 4.1 JICA および実施機関は、MoFPED に対し、日本の無償資金協力事業の実施のために契約した日本の主契約者および下請け業者について書面で通知する。
 - 4.2 同省は、実施中の無償資金協力事業と、事業を実施する日本の元請会社および下請会社を確認するため、URA に書簡を送り、JICA にも書簡を送るものとする。
 - 4.3 URA は、上記 1、2、3 の規定に沿って、日本の元請会社および下請会社に便宜供与するものとする。
5. 上記に規定された税制上の取決めを実施する上で発生し得る問題は、JICA と MoFPED が相互に協議し、円満に解決されるものとする。
6. 関連する税法および規制が変更された場合、MoFPED と JICA は、必要な措置を協議するものとする。

3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

3-4-1 維持管理業務の内容

必要な維持管理業務は次のとおり。

(1) 定期的点検

- 橋梁：上部工における主桁・横桁・縦桁（腐食、亀裂、破断等）、床版（ひび割れ、遊離石灰、剥離、鉄筋腐食等）、下部構造（ひび割れ、遊離石灰、剥離、鉄筋腐食等）、洗堀、その他付属物の機能障害等の点検
- 取付道路：路面（クラック、不陸、ポットホール等）、路肩・法面（雨水侵食、局部崩壊等）排水施設（土砂、障害物の有無）、路面標示（損傷、変形、汚れ、剥離）、道路付属物（縁石、ガードレール、ガードポスト、照明）等の点検

(2) 日常維持管理

- 橋梁：高欄、排水装置、伸縮装置、支承の目視点検
- 取付道路：路面の清掃、排水施設の土砂・障害物の除去、のり面の除草、樹木の維持管理、道路付属物等の清掃等

3-4-2 不定期的維持・補修

- 橋梁：舗装・伸縮部の補修、高欄の補修、橋梁躯体の損傷部の補修
- 取付道路：舗装クラックのシーリング、ポットホールのパッチング、路肩・法面の損傷部の補修、路面表示の再塗装、その他破損個所の補修等

3-4-3 維持管理業務の留意点

事業効果を十分に発現・持続させるため、以下に示すような維持管理活動を行い、常に良好な走行条件を保つとともに、施設の耐久性の向上を図ることが重要である。

- | | |
|---------------------------|-----------|
| ● 道路の点検（部分的な舗装補修含む） | 1 年に 1 回 |
| ● 路面標示の再施工、高欄・ガードレールの部分補修 | 5 年に 1 回 |
| ● 取付道路の全面的な舗装打ち換え | 10 年に 1 回 |
| ● 橋面舗装の全面的な打ち換え | 10 年に 1 回 |
| ● 橋梁の伸縮継手の交換 | 20 年に 1 回 |
| ● 橋面防水の打ち換え | 20 年に 1 回 |

3. プロジェクトの内容

3-5 プロジェクトの概略事業費

3-5-1 協力対象事業の概略事業費

(1) 概算事業費

施工・調達業者契約認証まで非公表

(2) 積算条件

施工・調達業者契約認証まで非公表

(3) 相手国側負担経費

3-3 に準拠する。

3-5-2 運営・維持管理費

本事業完了後に見込まれる運営および維持管理の内容と、それに要する費用を表 3-5-2 に示す。

