

Project brief 1

プロジェクト紹介

インドネシア国アッパーチソカン揚水発電プロジェクトの概要

～2つのRCCダム高速施工と大規模地下発電所空洞、可変速機の導入～

松井 義幸

MATSUI Yoshiyuki
日本工営株式会社
CS Team Leader



西田 雅

NISHIDA Masaru
株式会社ニュージェック
Design Team Leader



はじめに

インドネシア共和国は、赤道付近東西5,000km以上に渡り分散する13,700もの島々により構成され、人口約2.7億人（2020年）の大半は首都ジャカルタを含むジャワ島に居住する。世界第2位の地熱資源国である一方、水力による発生電力は564万kW（2021年）であり、総電力の約7.5%を占める（再生可能エネルギー全体では11.3%）。

アッパーチソカン揚水発電所プロジェクトは、インドネシア国営電力会社（PLN）が世界銀行ほかの融資を受け同国初となる出力104万kWの大規模揚水発電所を西ジャワ州、チタルム川の上流域に約60か月をかけて建設する事業である。

土木工事契約の締結後、工事用道路に大規模災害が発生し事業が休止。融資の一時中断や工事監理コンサルタントの交代など様々な経緯を経て、2022年4月に日本工営、ニュージェックおよび現地企業2社から成る共同企業体が詳細設計および工事監理コンサルタント（FIDIC工事契約約款における“エンジニア”）業務を受託し、2023年7月に本格的な再開を迎えた。建設工事は、土木、水車・発

電機、送電、鉄構の4契約に分割され、うち水車・発電機契約は時代のニーズに合わせ可変速揚水技術を導入する。図1にプロジェクト位置図、図2にプロジェクトスキームを示す。

日本工営は1950年代から同国の多くの水力発電の開発・建設に携わり、現在もスマトラ島においてプサンガン1 & 2、アサハン3の水力事業の工事監理を実施中である。またニュージェックは、チソカン川を含むチタルム川水系においてサグリン・チラタの2大水力事業の計

画から工事監理に携わり、本プロジェクトについても1985年のプロジェクト形成調査から主導してきた実績がある。

プロジェクトの概要

プロジェクトは、チソカン川と支流チルミス川の標高差を利用した揚水発電計画で、上部ダム（堤高75.5m）・下部ダム（同98m）をRCC（Roller Compacted Concrete）工法で建設し、地下発電所を経由する延長約2km、有効落差約300mの水路で繋ぐ。地下発電所



図1 位置図（衛星写真：Google）

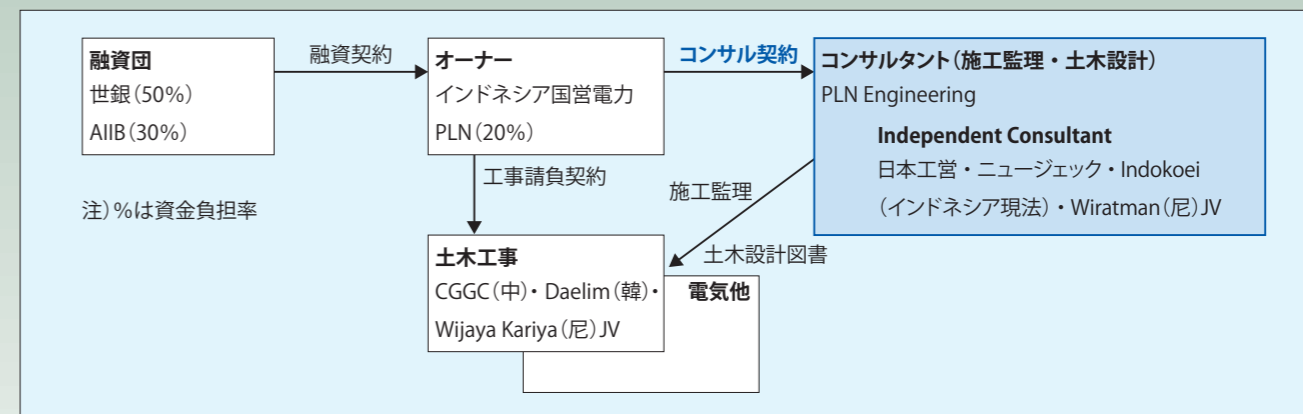


図2 プロジェクトスキーム

表1 主要構造物の諸元

出力	1,040MW (260MW×4,うち可変速機2)	
最大落差	301.5m	
ダム	上部	H=75.5m RCC
	下部	H=98m RCC
地下発電所	W=26m, H=52m, L=270m	
水路系	約2,000m×2条	

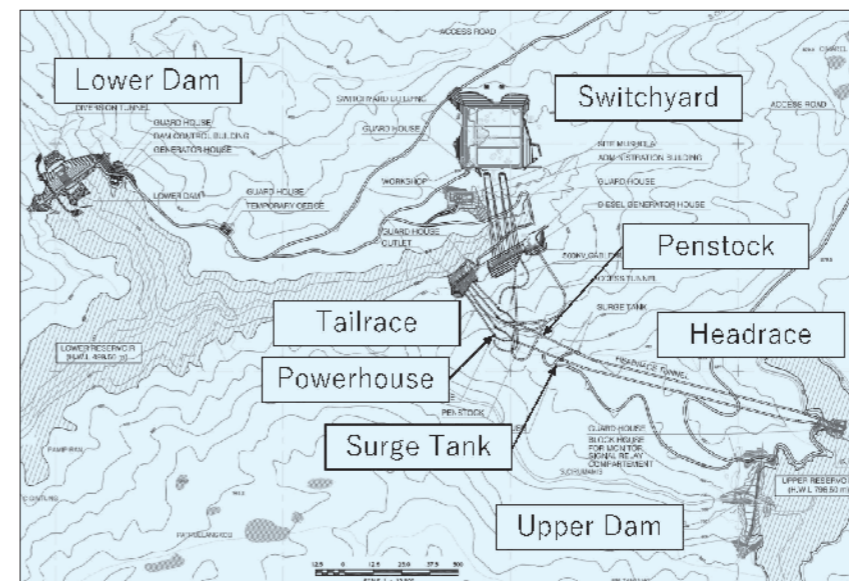


図3 施設レイアウト図

は幅26m、高さ52m、長さ270mの大空洞で、水車・発電機4台を設置。発電6.5時間・揚水8時間で運転する。表1に主要構造物の諸元、図3に施設レイアウトを示す。

プロジェクトを取り巻く環境

図4にプロジェクトサイトの鳥瞰図を示す。サイトは標高700mから1,000mの山岳地帯に位置し、年平

均気温は摂氏25度程度、年間降雨量は約2,500mmで乾季を除き通年の降雨がある。テナガザルやセンザンコウなどの貴重種が多く生息するため、サイト内には計15箇所、319haのBIA（生物多様性保護区）が設定され、開発に著しく制限が掛けられている。工事用道路のBIA通過が避けられない場合、図5に示すような渡橋やカルバートの

設置が求められる。また流域内の森林を着工後5年以内に2,330haから3,800haに拡大する目標が定められている。

上部・下部ダムの建設に伴い面積3.7km²の貯水池が形成され、765世帯の移転が発生する。事業者が用意した移転村への移転はほぼ完了しているが、影響を受ける住民に対して継続的なケアが必要である。事業者はコミュニティ道路、学校やモスク、市場の新設などのCSR活動を継続している。また就業機会の提供を強く要望されており、土木請負業者は建設作業員として地元住民の雇用に努めている。

技術面での課題と対応

プロジェクトは、構想・計画時点から長期が経過したため、発電計画や構造設計の一部に見直しの必要が生じている。コンサルタントは、必要な変更、潜在リスク等を技術・契約・環境面からリストアップし、事業者に提示・説明して早期解決を働きかけてきた。以下に最も重要な3つの技術的課題について述べる。

① RCCダム

世界銀行の融資事業で設置されるProject Review Panelの勧告を受け、同国地震ハザードマップの



図4 プロジェクトサイトの鳥瞰図(衛星写真:Google)

改訂(2017年)を基に地震ハザード解析(SHA)が再検討された結果、サイトの最大加速度(PGA)が大きく上方修正された。両ダム(計約100万 m^3)の堤体積が増大し、設計と施工計画の策定ならびにコストと工程に大きく影響を及ぼしている。スロープ・レイヤー工法

やRCC配合のゾーニングなどの最新技術を導入し、世界屈指のRCCダム高速施工を目指す。また、ダム下流域のBIAに配慮し効率的な減勢工とするため、バンドン工科大学で水理模型実験を実施中である(図6)。

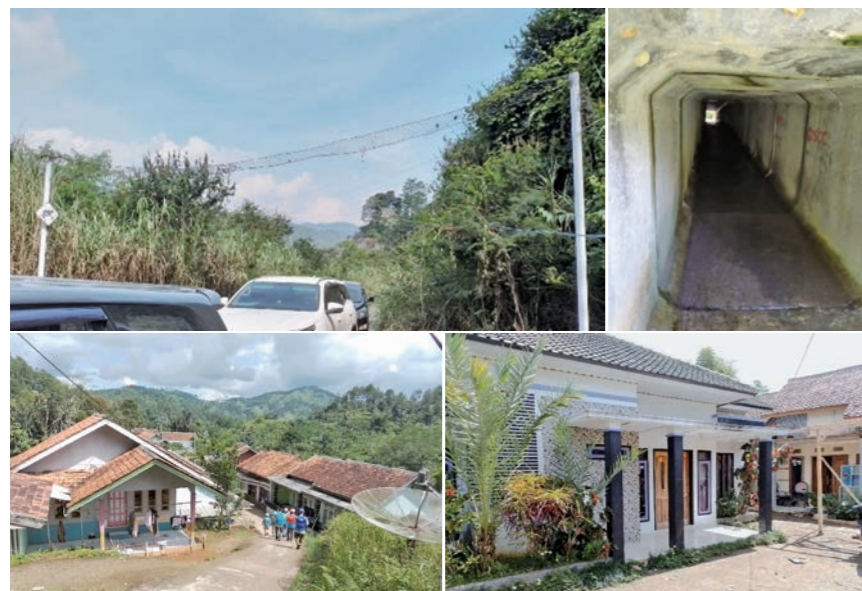


図5 自然・社会環境対策(左上:渡橋、右上:カルバート、下:移転村)

②発電所地下空洞

地下発電所位置ではプレートテクトニクス活動に伴う地山応力が作用し、急峻な地形、安山岩と堆積岩の互層から成る複雑な地質のなかに発電所室・主変圧機室・変換器室およびアクセストンネルが配置される。可変速揚水技術の導入に伴い、施設配置、機器据付け、運転・メンテナンスに必要なスペースを複数階に配置するレイアウト変更を行った。工事監理ではAIを利用した掘削切羽の地質評価手法を開発し、空洞の逐次解析と合わせた分析・評価をすることで省力化とリスクマネジメントを向上する計画である。図7に地下空洞の3Dイメージを示す。

③可変速揚水技術の導入

事業再開時に水車・発電機工事が新たに入札される機会をとらえ、4台の水車・発電機のうち2台を可変速揚水発電機に変更した。可変速機の導入は、VRE (Variable



図6 下部ダム階段式洪水吐の水理実験

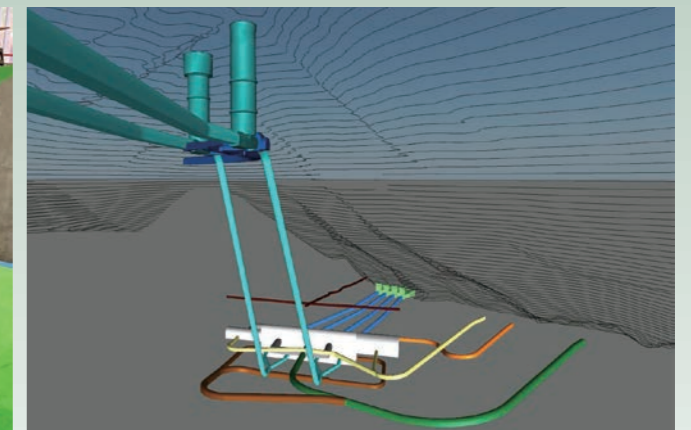


図7 地下発電所3Dイメージ

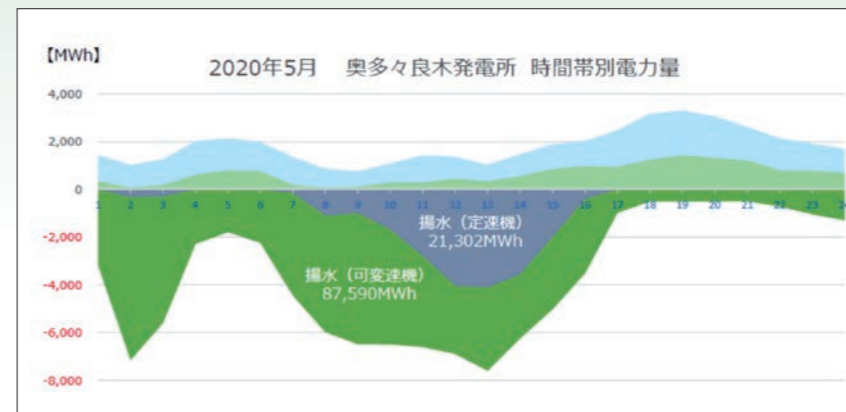


図8 可変速揚水発電の利用の実例(関西電力奥多々良木発電所)

Renewable Energy) 発電割合の増加による電力系統の動揺抑制や受給調整に有効であり、世界各国で建設が増えている。図8に可変速揚水発電利用の実例を示す。

■実施面での課題と対応

サイトでは、民地と公有地の交錯やBIAの散在から、事業用地取得範囲がかなり限定されている。工事着手以降、用地の伐採・地形測量が進んだ結果、工事用道路ルートの一部地形が著しく急峻で道路施工が困難であることが判明した。事業者・土木請負業者・エンジニアによる共同調査により既設村道やトンネルを利用した迂回路案や工法を提案し、パイロット道路を施工して建設を進めるなど全体工事工程への影響緩和を図っている。

■新たな取り組み

当プロジェクトは複雑な地形・地質を有し、かつ環境面の配慮が重要であることから、過去の経験に基づいて潜在リスクに備えるリスクマネジメントプログラムを展開している。土木・水車発電機・送電・鉄構の4つの工事契約が交錯する工事を安全に実施し品質と工期を遵守する。設計・施工段階における不具合事象を未然に防ぐため、BIM/CIMを活用する。例えば、地下空洞に至る複数のトンネル掘削を同時にモニターする際、切羽(掘り進めている先端部、最盛期には11切羽)の状態を少ない人員で迅速・正確に評価し適正な支保工を選定する。貧弱な地質や湧水に遭遇した場合には即座に対策を選択して実施する。技術面での課題

と対応②で述べたAI技術や、前方探査で得られた情報をBIM/CIMに取り込み予測精度の向上と作業の効率化を図る計画である。

■おわりに

当プロジェクトは、インドネシア国政府の再生可能エネルギーの導入促進政策において電力システムの安定に資する重要な発電所であり、国家エネルギー政策と気候変動対策への寄与が期待されている。またサイト周辺は、イスラム教の影響の色濃い社会であり、外国人技術者もそのことを十分に理解し、融和を図ることが重要である。

現在までに30名あまりの技術者が現地入りし、エンジニアとして事業者と工事請負業者の支援にあたっているが、各コンサルタントの本社の支援や日本の各機関の学術経験者の助言も得つつ、日本の高品質なインフラ輸出を担えるよう、情熱と使命感を持って取り組んでいる。品質・工期・コスト・環境・安全を確保し、かつ早期に事業を軌道に乗せて完成に導くことが、同国の期待に沿うことになるとともに、ここでの切磋琢磨が国際的な大規模プロジェクトを担える技術者への成長に繋がることを切に期待する。