

# 栃木県寺山ダムにおけるダム ESCO 事業

## THE INTRODUCTION OF “TERAYAMA DAM-ESCO PROJECT” IN TOCHIGI

鷹尾伏 亮\*・三木将生\*・酒井盛雄\*  
Toru TAKAOBUSHI, Masao MIKI and Morio Sakai

The first Japanese ESCO (Energy Service Company) PROJECT for a dam started operations in September 2013 at the Terayama Dam in Tochigi prefecture. Nippon Koei submitted the business plan of the project to the prefectural government and was awarded the first negotiation rights. The plan included planning, designing, installation, and maintenance of a new hydropower plant attached to the dam along with comprehensive energy solutions. After the detailed design was completed, a new SPC (Special Purpose Company), NK Dam-ESCO TOCHIGI, was established. The SPC contracted with Tochigi prefecture to execute the business plan. This article describes the project structure and benefits of Dam-ESCO Projects.

**Keywords** : Dam-ESCO, ESCO, TOCHIGI, hydropower

### 1. はじめに

平成 25 年 9 月に、栃木県矢板市に位置する寺山ダム（写真-1）において、本邦初となるダム ESCO 事業のサービスが開始された。

本事業は、「寺山ダムの管理用発電の活用による ESCO 事業（ダム ESCO）以下」（以下、本事業）と称し、栃木県が事業者を公募した。水力発電設備の計画、導入、製造、維持管理に関する技術、並びに、省エネルギーにおける ESCO 事業等、豊富な実績に裏付けられた技術提案の結果、日本工営が事業者として特定された。

日本工営が本事業の実施を目的として設立した特定目的会社（NK ダム ESCO 栃木株式会社）が栃木県と契約を締結し、本事業を運営している。

本稿では、ダム ESCO 事業の紹介、並びに、本事業の報告及び今後の展望を記述する。

### 2. ダム ESCO 事業

ダム ESCO 事業は、栃木県が考案した本邦初の仕組みである。栃木県及び事業者の利益配分を含むダム ESCO 事業のイメージを図-1 に示す。

本事業では、事業者が自らの資金と経営能力により、既存のダムに管理用水力発電を導入し売電する。また、既存設備の省エネルギー化を同時に進め、売電事業と省エネルギーサービス事業を栃木県から受託して、契約に定められた期間中の事業運営を行う。契約期間内は、事業者がダム管理に係る電気料金を栃木県に代って支払う。事業者は、売電収入から投資費用、事業運営費及び利益を確保する。

一方、栃木県は、管理用水力発電設備の設置場所、発電用の流水と落差を事業者に提供する。栃木県は、事業の委託料を事業者に支払い、従前のダム管理に係る電気料金と委託料との差額から利益を得る<sup>1)</sup>。



写真-1 寺山ダム（栃木県矢板市）、栃木県提供

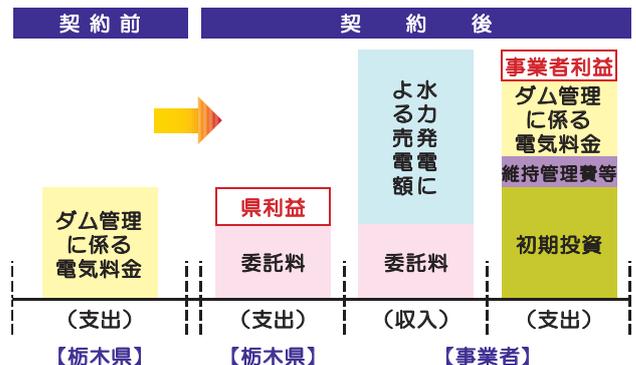


図-1 ダム ESCO 事業のイメージ  
出典) パンフレット「栃木のダム」

\* 電力事業本部 プラント事業部 エネルギーソリューション部

(1) 事業の目的

ダム ESCO 事業は、栃木県が民間活力を活用し、ダム管理に係るエネルギーのマネジメントを行うことにより、賦存の水力エネルギーの有効活用とダム管理における環境負荷の低減、更に管理費（光熱費）の削減を図ることを目的としている。

(2) 事業内容

事業者は、事業開始から終了までの間、水力発電や省エネルギー化のノウハウを活かして、事業者自らの資金で水力発電設備を含む設備機器の設計・施工を実施し、その後の運転・維持管理等を行うとともに、県に対して省エネルギーなどの効果を保証する。

(3) 事業者の募集

事業者は公募型プロポーザル方式にて募集され、サービス期間は最長 20 年間と設定された。事業者は、単独のみでなくグループでの提案も可能であり、事業期間や具体的な事業内容についても自由に提案できた。また、提案提出後に、設立条件について栃木県と合意したうえで、事業運営を目的とした特定目的会社の設立が可能とされていた。

3. 本事業の概要

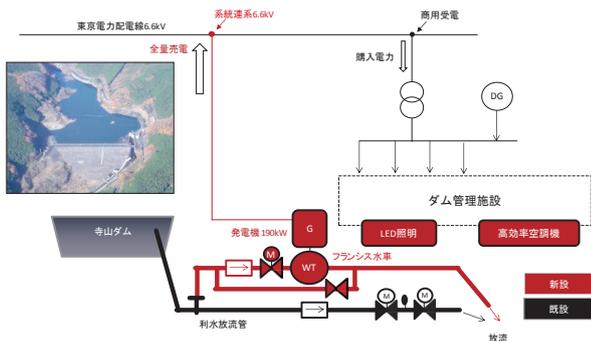
本事業の概要を以下に示す。

(1) 導入設備

本事業では、水力発電設備（最大出力 190kW）および省エネルギー設備を導入した。水力発電設備は寺山ダムの利水放流を利用し、発電した電力を電力会社に全量売電する。年間約 60 万 kWh の発電量を見込んでいる。省エネルギー設備としては、ダム管理所及びダム監査廊内に設置されている蛍光灯を LED 化し、ダム管理所内の空調機 1 台を高効率タイプに更新した（図－2 参照）。

(2) 事業スケジュール

以下に示すとおり、平成 23 年 12 月に事業者の募集が開始され、詳細協議を経て、平成 25 年 9 月に工事が完了した。



図－2 導入設備

平成 43 年 8 月末に事業が終了する。

事業者の募集開始	平成 23 年 12 月
優先交渉権者の決定	平成 24 年 3 月
優先交渉権者と詳細協議	平成 24 年 4 月～
事業者の決定	平成 24 年 8 月
契約の締結・設計製作着手	平成 24 年 10 月～
現地工事	平成 25 年 6 月～
発電所竣工、サービス開始	平成 25 年 9 月
事業終了	平成 43 年 8 月末 (事業期間 18 年)

(3) 事業実施体制

栃木県との合意により、日本工営の 100% 出資により「NK ダム ESCO 栃木株式会社（東京都千代田区麹町 2-5）」を設立し、同社が栃木県と契約後、本事業を運営している。設計、施工、維持管理、売電事業を含むトータルサービスを提供するにあたって、専門要員体制による事業実施体制の構築が事業実施において効果的であると判断し、特定目的会社による事業運営を採用した。

図－3 に、栃木県、NK ダム ESCO 栃木および日本工営との契約関係と、電力会社を含む事業実施体制を示す。

(4) 寺山ダムにおける維持管理上の効果

本事業を導入することにより、主に以下の 3 つの維持管理上の便益が得られる（以下に示す数値は、栃木県砂防水資源課計算値）。

- 1) 県民への安定的な電力の提供
  - ・ 一般家庭約 170 世帯分の電力量を提供できる。
- 2) CO<sub>2</sub> 排出量（環境負荷）の低減
  - ・ 年間で杉の木約 16,600 本が吸収する CO<sub>2</sub> と同量の排出を削減できる。
- 3) ダム管理費の削減
  - ・ 従前の電気料金 294 万円 / 年 (5,290 万円 / 18 年間) の支出が寺山ダムで不要となる。
  - ・ 設置から 27 年経過した既存の空調設備、照明設備の更新費や管理費が不要となる。
  - ・ 事業者との契約終了後は、県に設備の所有権が移転され、水力発電や省エネルギー化による利益を全て寺山ダムの管理に充てることができる。



図－3 契約および事業実施体制

#### 4. 水力発電設備

売電方法、最適規模、変流量・変落差への対応の観点から最適な水力発電設備を検討し、日本工営製のフランシス水車を採用し、寺山ダムに導入した。

##### (1) 売電方法

本事業は、平成 24 年 7 月に施行された再生エネルギー固定価格買取制度の利用を前提として計画した。同制度は、再生可能エネルギーによる電気の買取を電力会社に義務づけ、社会全体で再生可能エネルギーを普及・拡大させるものであり、電気の買取単価および買取期間が法律で保証されている。

水力発電設備からの送電線は、寺山ダム近傍に位置する電力会社の high voltage 配電線 (6.6kV) に接続し、発電した電力の全量を電力会社に売電している。

##### (2) 変流量・変落差への対応

水力発電設備は寺山ダムの利水放流を利用し発電するため、既存利水放流設備の放流バルブの役割を代替する。従って、現行のダム維持放流の運用を継続する必要がある。

水力発電設備の出力は流量及び落差で決定され、本事業においては、ダムの利水放流量が流量、ダムの貯水位と放水水位との標高差が落差に該当する。

寺山ダムの利水放流量は 0.2 ~ 1.2m<sup>3</sup>/s、貯水位は季節に応じて、およそ EL.393 ~ 405m で変動する (図-4 参照)。水車の放水水位が EL.369.2m であることから総落差は 23.8 ~ 35.8m の間で変動する。すなわち、変流量・変落差に追従し、発電できる水車が求められる。

一般に、変流量・変落差の追従については、導水管の流量および圧力 (落差) を流量計と圧力計で検知し、水車の機構により取水量を制限し出力を制御する。流量制御の機構としては、フランシス水車ではガイドベーン開度の制御、クロスフロー水車では 2 枚ガイドベーンによる多段制御、ペルトン水車ではノードルによる噴射量制御等がある。本事業では、日本

工営の製造部門で最も実績が多く、かつ、寺山ダムの利水放流の現行運用に追従できるフランシス水車を採用した。

流量および落差に対する効率特性は、水車の模型実験により得られる。本事業においては、日本工営 (福島事業所・須賀川工場) の特許技術である効率曲線 (流量及び落差に対する効率特性) を用いて、寺山ダムの変流量・変落差を考慮した最大年間発電量を算出し提案している。日本工営の水車メーカーとしての特許技術による提案力である。

##### (3) 最適規模

水車の最適な規模を選定するために、寺山ダムの利水放流量の範囲に応じた水車規模を複数立案し、比較検討した (表-1 参照)。比較の結果、最も年間発電量が多く、かつ、機器サイズが小さい D 案 (流量 0.2 ~ 0.8m<sup>3</sup>/s、フランシス水車 1 台) を採用した。なお、最適規模の選定後に施行された固定価格買取制度の買取単価が、最大出力 200kW 未満の場合で 34 円 /kWh、200kW 以上の場合で 29 円 /kWh と設定された。同表の D 案では、最大出力を 220kW としているが、採算性を考慮し、最大出力を 190kW に変更した。

また、最大出力を 200kW 未満に変更したことで、ダム水路主任技術者の選任および工事計画書の届出が不要になり、行政手続きが緩和された。

表-1 最適規模の検討

水車	考え方	流量 [m <sup>3</sup> /sec]	総落差	出力 [kW]	年間 発電量 [kWh/年]	コスト (高い順番)	評価	
			(m) 最低					
A案	横軸フランシス1台 立軸フランシス1台	全流量域に対応するため、2台の水車で発電する。	0.2~1.2	21.28	60+280	676,809	1	△
B案	立軸フランシス1台	A案に対し、大流量域を1台で発電する。	0.4~1.2	21.28	280	528,189	2	△
C案	立軸フランシス1台	B案に対し、対応流量域を最大1.0に下げた。	0.2~1.0	21.28	280	633,675	2	○
D案	横軸フランシス1台	B案に対し、対応流量域を最大0.8まで下げた。	0.2~0.8	21.28	220	648,618	3	◎

備考) 日本工営株式会社 技術提案書より抜粋

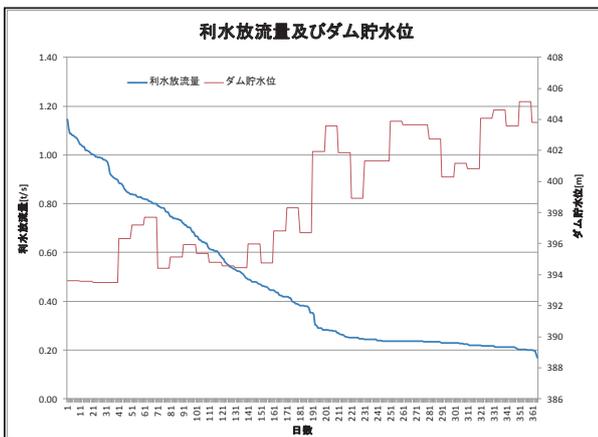


図-4 寺山ダムの流況 (栃木県提供資料に基づき作成)

##### (4) 運転制御

水力発電設備は自動運転を基本としている。ただし、ダム本来の目的である洪水調整、流水の正常な機能維持及び上水道用水の供給を優先確保するため、次に示す自動運転および手動制御機能を導入した。

- 放流量およびダム貯水位をカレンダー機能で設定した自動運転
- カレンダー機能の設定値では放流量が不足又は過剰となった場合の手動運転 (遠方制御含む)

なお、水力発電設備が故障等により自動停止した場合は、ダムの維持放流を、栃木県の職員が手動で、水車から既設の

放流バルブに切替える運用としている。ただし、夜間等切換え操作ができない場合があるので、上水道用水の供給を優先的に確保するために、 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ の放流が可能なバイパス放流管（自動制御）を別途計画し導入した。

#### (5) 監視システム

寺山ダム管理所に、固定 IP を用いたインターネット回線を整備し、発電所の状態をリアルタイムで監視できる監視システムを導入した。インターネットを利用できる端末（パソコン、スマートフォン）があれば、パスワードの入力により同システムを閲覧できる。また、発電所の故障・事故発生時には、登録しているメールアドレスに自動通報する機能も有する。

この監視システムを利用し、NK ダム ESCO 栃木、日本工営の各拠点（福島事業所、半蔵門オフィス等）、栃木県のダム統合管理事務所等において、本事業の関係者が 24 時間体制で発電所を監視している。

### 5. 省エネルギー設備

省エネルギー設備として、LED 照明設備および高効率空調機を本事業で導入した。水力発電設備の売電収入に比べると、削減による経済効果は低いが、導入の背景に老朽化設備に対する更新の目的がある。

#### (1) LED 照明設備

ダム管理所及び監査廊等に設置されている FLR 蛍光灯約 130 台を LED ランプに交換した。器具本体を交換する LED 照明器具は高価であるため、既設照明器具の外箱を流用し、電源部とランプのみを更新するリニューアルキットを採用した。

##### 1) 照明器具の老朽化対策

一般的に、蛍光灯は設置してから約 20 年で老朽化するため器具を更新する。照明器具は主に電源部が老朽化する。寺山ダムの蛍光灯は設置してから 27 年が経過しており、同様に電源部等が老朽化していた。ただし、その他の部分は良好な状態であり、器具全体の更新は必要ないと判断した。リニューアルキットによる LED 化により、電源部が新品に更新されたので、本事業では照明器具を更新した場合と同等の効果が得られた。LED 化により、年間 7 万円程度の電気料金の削減を見込む。

##### 2) 監査廊内照明におけるコスト縮減

照明器具の使用において、監査廊内は湿度が高く、防湿又は防水仕様の照明器具が要求される。監査廊内の既設照明器具の調査において、ランプと照明器具の接続する部分であるソケットの腐食が確認された。絶縁劣化、漏電等の不具合が予測されたので、監査廊内の LED 化については、電源部に加え、ソケットも更新した。

本事業で採用したリニューアルキットは、LED ランプ及び電源部の取替えのみを対象としており、ソケットの交換は含まれ

ていない。

既設の照明器具は 27 年前に特注で製作された。同器具の形状に取付できるソケットの調達を試みたが、現在は各メーカーとも製造を中止している。ソケットの特注を検討したところ、鋳型を成型する必要があるため、ソケットの数量に関わらず、数百万円の費用（今回のヒアリングでは 600 万円）が必要であることが分かった。従って、本事業で採用したリニューアルキットのメーカー（ユメックス株式会社、本社：埼玉県熊谷市）と共同で、安価に対応する方法を検討した。

日本工営が現地から既設照明器具の実機を持ち帰り、ソケットと器具の接合部の不具合状況を検証し、ユメックスに対し金具又は両面テープ等による補強について提案を求めた。

ユメックスの提案から、金具による補強が効果的であると判断し、補強金具の試作品提示を 3 回受け、最終的に同社の汎用ソケットに金属製の補強金具を組合せる事で、安定した取付けが可能となった。同補強金具は、ばねの伸縮性をもつ SUS 素材を加工したものである。簡単な加工により 1 個 200 円で製作できた。必要な金具の数量は約 250 個であり、僅か 5 万円の費用により、約 600 百万円のコスト縮減を実現した。

#### (2) 高効率空調機

寺山ダム管理所には、空調機が 3 台設置されている。照明設備と同様に、空調機は設置してから約 20 年で更新が必要となるが、同空調機は設置から 27 年が経過していた。

近年の実績では、空調機 3 台のうち、2 台は稼働時間が年数時間程度と非常に短く、殆ど稼働していない。唯一、管理所操作室の空調機は、操作室内機器の適正温度を確保するために、夏季に一定時間稼働する。近年故障が頻発していたため、老朽化が著しいと判断した。よって、同空調機 1 台を高効率タイプに更新した。

空調機の高効率化により、年 8 万円の電気料金削減を見込み、また、設備更新を同時に実現した。

### 6. 今後の展望

寺山ダムを皮切りに、同様のダム ESCO 事業が栃木県および福島県で公募された。栃木県の塩原ダム及び福島県の四時ダムにおいて、日本工営が事業者として決定された。ダム ESCO 事業は、今後も他県で公募される見通しである。

ダム ESCO 事業の今後の展望を以下に記述する。

#### (1) 事業スキーム

ダム ESCO 事業は、水力発電による売電収入により、ダム管理設備の電気代削減を目的の一つとしている。よって、水力発電設備はダムの維持管理費を削減するための管理用発電設備として位置付けられている。

本事業は、事業主体が栃木県であり、栃木県が売電事業を事業者へ委託するスキームである。よって、水力発電に必要

な水利権の手続は栃木県が実施した。また、本事業では事業者に対する流水占有料が免除されるなど、事業者が参入しやすい事業スキームとなっている。

事業者の立場としてダム ESCO 事業スキームの最大のメリットは、事業への参入が容易である点である。

例えば、県が事業主体となり、水利権取得の手続を実施するため、事業者は技術支援が主となり負担が軽減される。これは、水利権を持たない事業者にとっては大きな利点である。また、県が事業主体となり、ダムを管理するための管理用発電設備を県が導入する位置付けであるため、行政財産の利用（設備スペース、既存利水放設備と水力発電設備との接続等）において事業者が事業を実施しやすい環境にある。すなわち、事業者に対する県の支援がダム ESCO 事業スキームの最大のメリットといえる。

一方、県のメリットは、民間活力を活用し、ダム管理に係るエネルギーのマネジメントを行うことにより、賦存の水力エネルギーの有効活用とダム管理における環境負荷の低減、更に管理費（光熱費）の削減を図ることにある。すなわち、事業者の技術ノウハウ及び資金を活用できる点にある。

ダム ESCO 事業は、県と事業者が共同でそれぞれが得意とする分野において互いにメリットを享受し、行政支援、技術、資金力が三位一体となって推進するものである。また、水力発電を含む再生可能エネルギーの導入にあたって、極めて効果的なスキームであると言える。従って、ダム ESCO 事業は、今後も全国の行政機関で採用されるスキームになると期待される。

## (2) 日本工営の強みと展望

日本工営は、計画・設計部門、水車製造部門、工事部門を社内にも有し、また、ESCO 契約に関する知見と実績を有する。すなわち、ダム ESCO 事業を単独で実施できる技術力を保有しており、事業提案、事業実施、維持管理の各段階において、短期間で意思決定、合意形成が可能である。

日本工営の強みが活かせるダム ESCO 事業を今後も推進し、電気事業者としての地位を確立するために、今後は年 1～2カ所の地点を継続的に開発し拡大する計画である。全国のダムを有する行政機関に対して、ダム ESCO 事業の推進を提案し、売電事業の基盤整備を目指す。

## 7. 発電開始式

平成 25 年 9 月 11 日に寺山ダム発電所(写真-2)が完成し、発電開始式を開催した。式典は、栃木県知事、矢板市長、栃木県議長はじめ多数の来賓の列席のもと、当社および県関係者を含め総勢約 100 名が参加し盛大に開催された(写真-3)。



写真-2 寺山ダム発電所のフランシス水車(最大出力 190kW)



写真-3 発電開始式 (2013 年 9 月 11 日)

## 参考文献

- 1) 栃木県環境森林部地球温暖対策課 松本 茂: 既存ダムにおける民間活力を活用した管理用発電の導入と省エネルギー化の取組—「とちぎ発!ダム ESCO 事業」の報告—、土木学会論文集 F4 (建設マネジメント)、Vol.69、No.4、I291—I301、2013
- 2) 栃木県: パンフレット「栃木のダム」