

国際センター通信 特集第9号

スリランカ最後の大規模水力発電所建設工事 アッパーコトマレ水力発電計画

◆スリランカの電力事情

スリランカは昨今 GDP 成長率約 7%程度の高成長を続けており、同じように電力需要も増加、至近 10 年間の販売電力量は平均 6.6%の伸びを示している。そのように旺盛な電力需要に対応するためセイロン電力庁は長期発電計画を立案し、その計画を実施している。アッパーコトマレ水力発電計画は、2002 年 3 月にスリランカ国政府と JBIC（現 JICA）の間で特別円借款事業として Loan Agreement が締結された。同国内での水力発電資源はそのほとんどが既に開発されているため本計画は同国内での最後の大規模水力発電事業であり、電力事情改善のため大きな期待が寄せられる水力発電計画であった。

◆アッパーコトマレ水力発電計画

本水力発電計画は、準備工事 Lot-1、土木本体工事 Lot-2、水門・鉄管機器据付け工事 Lot-3、電気機器据付け工事 Lot-4 と送電線工事 Lot-5 の 5 つの工事で構成されている。前田建設工業株式会社は先ず準備工事 Lot-1 を単独受注し、引き続き土木本体工事 Lot-2 を西松建設との共同企業体で受注し 2007 年 1 月に着工、2012 年 7 月に売電発電を開始、2014 年 2 月に竣工した。ここでは土木本体工事 Lot-2 に焦点を絞って紹介する。

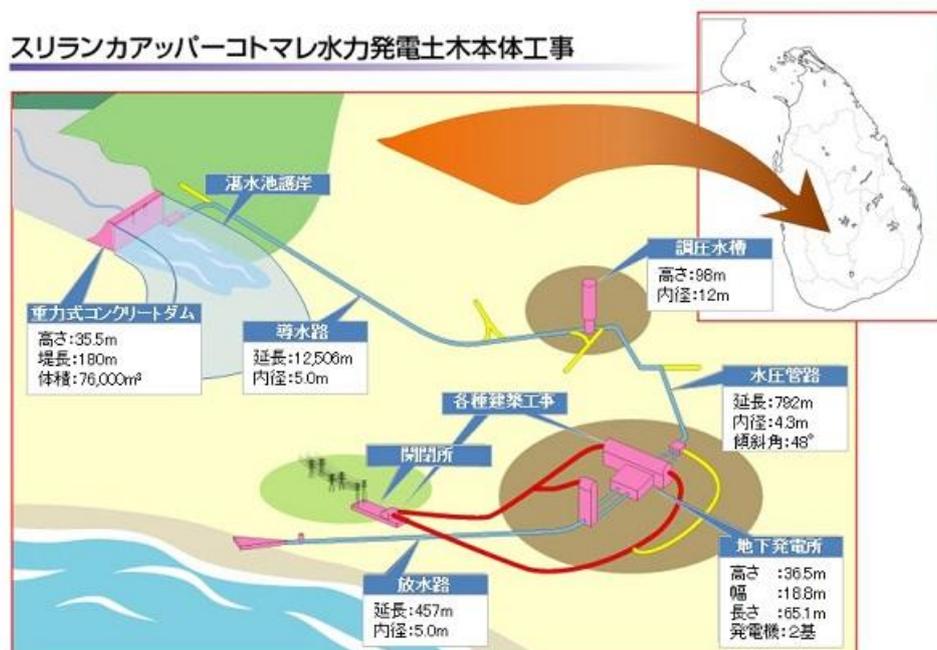


図-1 土木本体工事全体図イメージ

図-1 に示すように土木本体工事は大きく 9 つの工区に分けられる。取水ダム(写真-1、コンクリート重力式、高さ 35.5m、堤長 185m)、湛水池護岸構造物(写真-2)、導水路トンネル(写真-3、延長 12.5km、直径 5.0~5.8m)、圧力調整水槽(写真-4、高さ 98m、直径 8.5m)、水圧管路(写真-5、延長 790m、直径 4.3~1.45m、傾斜角 48°)、地下発電所(写真-6、延長 60m、高さ 36.5m、幅 19m)、放水路トンネル(写真-7、延長 459m、直径

5.0m)、開閉所造成（写真-7）および各種建築工事（写真-8、環境景観観察棟、制御棟、守衛棟等）で構成されており、山岳土木の集大成ともいべき多岐にわたる工事内容になっている。工事区域も非常に広く、取水ダムから開閉所までは直線距離で 12km 程度、準備工事で改修した両地域をつなぐ国道 B412 道路（33km を改修）の道のりでは約 23km ある。



写真-1 取水ダム



写真-2 湛水池護岸



写真-3 導水路トンネル

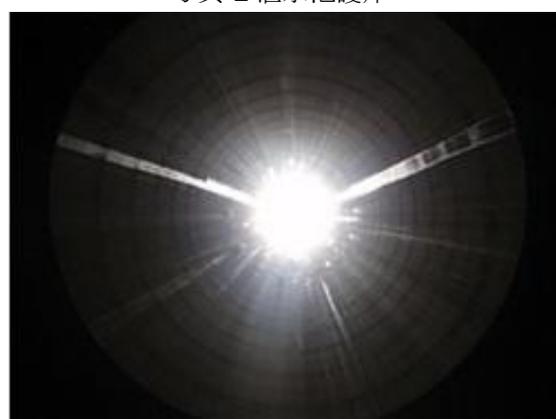


写真-4 圧力調整槽（下方から上方を望む）



写真-5 鉄管水路（先進導坑掘削）



写真-6 地下発電所（掘削完了）

それぞれの工事諸元にある通り、世界一を競う名だたる有名工事と比べると、それぞれの工事規模はそれほど大きいものではない。だからといって簡単な工事ではなく、従来の土木技術を駆使して、さらに工夫を凝らして工事を遂行してきた。最先端の土木技術を用いた煌びやかな工事ではないが、「モノづくり」の面白さを再認識できるバラエティに富んだ工事であったと思う。



写真-7 開閉所全景



写真-8 St.Clair Viewing Gallery

◆スリランカ最長のトンネル工事、最大の地下空間掘削工事

工事全体を通して、当時はまだ内戦が継続していたこと、北京、ロンドン両オリンピック需要による島国ゆえの物資調達の難しさ、熟練作業員の不足など様々な困難があった。取水ダム工事や湛水地護岸工事では比較的住宅居住地域に近い場所での施工であったことや、地域住民との様々なしがらみに関係した困難もあった。トンネル工事は総延長 17km 程度にもなる、スリランカ国内では例のない大工事であり、当然国内で熟練のトンネル工事は確保できないためインドネシア、マレーシア、ネパールなどから大勢の作業員を呼び寄せた。トンネル工事の中でも延長 790m の水圧管路は最大傾斜角が 48° にもなる、大変な難工事であった。圧力調整槽も高さ 98m の巨大な立坑で、施工にあたってはいろいろな工夫を行っている。地下発電所は完全に地下空間に建設されており、33,000 m³の空間が岩盤をくりぬいて存在している。そこで最大出力 150MW の発電を行っているのである。

それぞれの詳細はとも紹介し尽くせないが、いくつかの工夫事例をご紹介します。

◆水圧管路埋戻しコンクリートの配合設計

水圧管路は、掘削後鉄管業者が鉄管を据付け、岩壁と鉄管の間をコンクリートで充填する。最大傾斜角度 48° の斜坑でのコンクリート打設は想像以上に難しい。特殊な資機材を用いれば解決する問題も、現地での物資調達事情を配慮すると選択をためらう。そのため、できるだけ簡便で、比較的調達しやすい資機材を用いた施工を心がけていた。埋戻しコンクリートは上部からのシュート打設を選択したが、流速の抑制や材料分離が問題点として挙げられた。シュート材は $\phi 450$ mm の PVC 管半割 (清掃、すり減り状況の確認を容易にした) を使用し試験施工を重ねる中で、物理的な工夫では限界があることが判明し、コンクリートの配合を変え特性を変化させる方法を模索した。その結果、細骨材率を上げ、セメントペースト分を増やすことで粘性を上げ、速度の抑制、材料分離の抵抗性を大幅に改善することに成功した。



写真-9 長距離シュート打設試験施工



写真-10 打設地点コンクリート状況

◆圧力調整槽コンクリート巻立て施工のための中空足場

圧力調整槽も水圧管路と同様、掘削後鉄管据付け、埋戻しコンクリートの充填を行うが、鉄管は標高 1,194m までであり、そこから上の標高 1,248m まではコンクリート巻き立て工となる。ダム工事などで使用するスライドフォームの使用を当初考えていたが、作業性や下部での他業者の施工を考慮し、立坑全体を覆ってしまう中空足場を計画した。こうすることで、枠組み足場が独立し、型枠も独立したスライドフォームとすることが出来るため作業性能を向上させるとともに、高所作業の精神的な負担を軽減することが出来た。

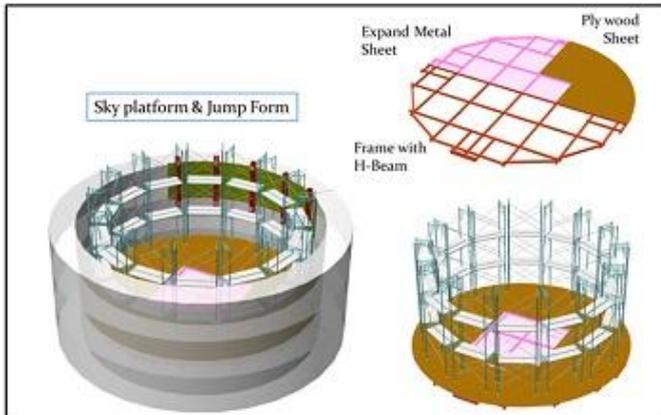


図-2 中空足場イメージ



写真-11 中空足場設置

◆若手技術者へのメッセージ

筆者は準備工事でスリランカへ乗り込んだときは 27 歳だった。そこで 9 年の時を過ごし、帰任時には 36 歳になっていた。人生の 25%、社会人としての 75%をスリランカ、コトマレで過ごしたことになる。それだけの歳月をかけるに値するプロジェクトであった。日本人の素養、技術者魂は間違いなく世界トップレベルであると誇ってよい。だが世界は広い、世界の技術は時として日本の技術を凌ぎ、その規模も然りである。機会があれば是非世界へ打って出て、技術者魂を開放し、更に上を目指してみてもどうだろうか。海外工事では、施工技術はもちろんのこと現場管理、安全管理、契約管理、文書管理他、普段の生活一つとっても日本国内では経験できない事態に直面することと思う。最近のグローバル化の波を受けて、世界への距離も近くなっている。また各会社内でも海外赴任者のための教育体制が整備されてきている様に感じている。将来を担う若手土木技術者の皆様方には、日本人としての誇りを持ち、様々なことに挑戦して欲しいと願う。

【参考文献】

- 1) 国際開発ジャーナル 2011 年 9 月号「スリランカ：貴重な自国資源を活用する大規模水力発電」
- 2) 電力土木 2014 年 11 月号「スリランカ国ピーク需要対応型電源の開発」

小林 悟志



前田建設工業株式会社国際支店契約管理部リーダー

2002 年前田建設工業株式会社入社。入社後、カンボジア国道 7 号線改修工事、ポンペイ州周回道路整備計画に従事し 2005 年 8 月よりスリランカのアップーコトマレ水力発電計画-準備工事 Lot-1 に携わった。土木本体工事 Lot-2 を前田・西松共同企業体が受注したため引き続き本プロジェクトに関わり、2014 年 7 月に任務を終え帰国、現職に至る。

イベントカレンダー

- 2015年10月11～14日
アメリカ土木学会（ASCE）年次大会開催（アメリカ・ニューヨーク市）
- 2015年10月28～30日
大韓土木学会（KSCE）年次大会開催（韓国・群山市）
- 2015年11月28日
「河川技術が果たすイノベーションと社会貢献」 国際シンポジウム（京都 国立京都国際会館）
<http://river-innovation.net/index.html>

お知らせ

- 土木学会誌の特集記事の概要を JSCE の Website（英語版）にアップしました。
<http://www.jsce-int.org/pub/magazine>
- 土木学会コンクリート委員会 ニュースレター No.42 が発行されました。
<http://www.jsce.or.jp/committee/concrete/e/newsletter/Newsletter.htm>

購読申し込み

国際センター通信購読の申し込みは以下の URL よりお願いいたします。また、周囲の方に国際センター通信をご紹介いただければ幸いです。よろしくをお願いいたします。

〈国際センター通信配信希望者登録フォーム〉

- 日本語版 <http://committees.jsce.or.jp/kokusai/node/31>
- 英語版 <http://www.jsce-int.org/node/150>

掲載記事募集します

国際センター通信では、会員の皆様から幅広く投稿記事を募集しています。テーマはプロジェクト紹介、技術紹介、ご自身の体験談などです。文字数は 800 字程度で和文または英文でご投稿ください。

記事投稿の詳細はコチラ：<http://committees.jsce.or.jp/kokusai/node/47>

◆編集後記

今回の特集号では、7月22日に開催された、第5回世界で活躍する日本の土木技術者シンポジウムで講演をいただいた、スリランカのアップーコトマレ水力発電所建設工事をご紹介しました。

事務方の私は、海外での工事のスケールの大きさに毎回驚かされていますが、講演の中で、この工事に携わられた技術者の方にお子様はるばる会いに行く、という某テレビ局の番組が紹介されました。あらためて、海外の現場技術者の方々のご苦勞に感服しました。

年度内に第6回のシンポジウムが開催予定ですが、今回はどのようなお話が聞けるのか楽しみです。(H.T.)

【ご意見・ご質問】：JSCE IAC: iac-news@jsce.or.jp

本通信をより話題性に富んだ内容にするため、皆様のご意見やコメントをお聞かせください。