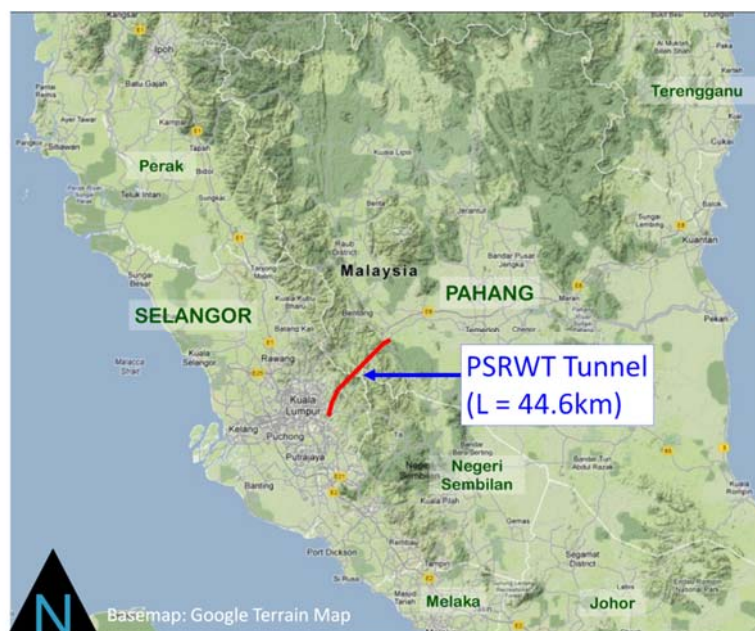


国際センター通信 特集第8号

～東南アジア最長のトンネル～ パハン・セランゴール導水トンネル建設工事

◆先進国入りに向けて

マレーシアでは 1991 年に「ビジョン 2020 年」、2020 年に先進国入りするという目標を掲げ、クランバレーと呼ばれる首都クアラルンプールと隣接するセランゴール州では地下鉄等のインフラ整備が積極的に進められている。



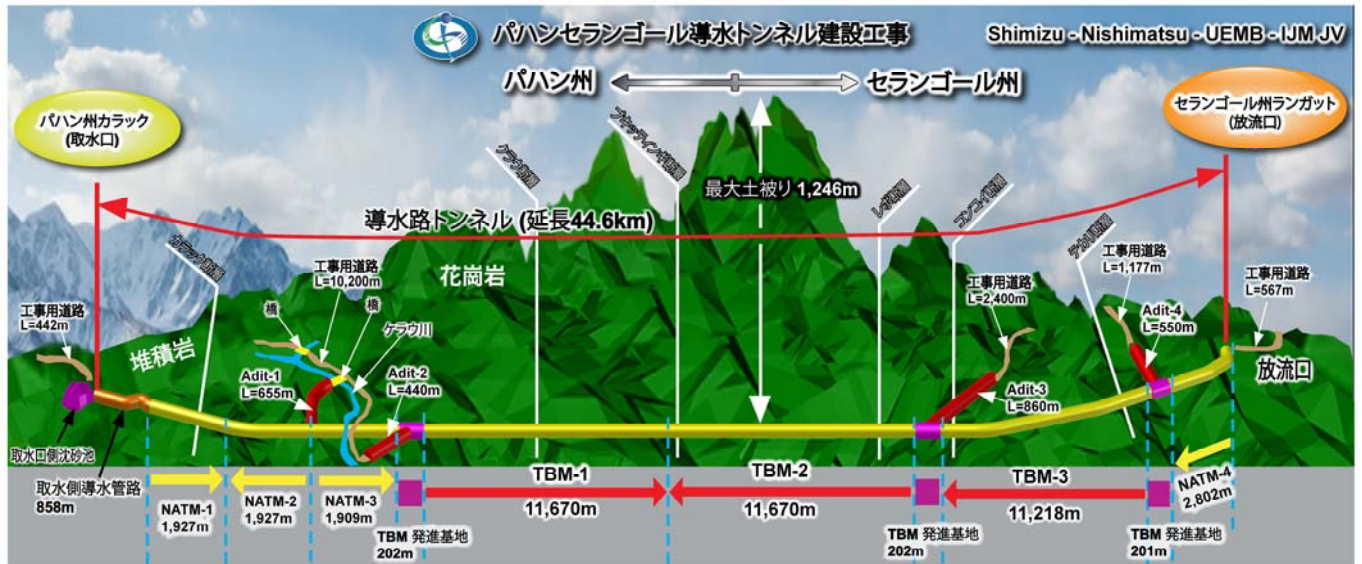
この地域の人口は現在約 570 万人、年 2% の割合で増加、2020 年には約 800 万人に増加するといわれている。この地域に流れ込む 5 つの河川の水源はすべて開発され人口の増加に対応するための水源の確保がマレーシアの首都圏クランバレーの発展の課題となっている。

1980 年代に隣接する水資源の豊富なパハン州からマレー半島の西部のティティワンサ山脈を貫き首都圏に水を導水するプロジェクトが計画された。現在は一日あたり 189 万 m³ の生活、工業用水を首都圏へ導水する計画となっている。標高 1,500m を超える山脈を貫く緩い下り勾配 (1:1,900) のトンネルを利用して水を導水することにより揚水設備が不要となり、環境にやさしく、経済的な計画となっている。

◆パハン・セランゴール導水トンネルプロジェクト

このプロジェクトは JICA の円借款を資金源とするプロジェクトであり、導水トンネル、ダム、ポンプ場および鋼製送水管敷設の 4 つの工区が 2009 年に発注された。導水トンネル工区は清水建設・西松建設・UEMB・IJM (UEMB と IJM はマレーシアの大手ゼネコン) の 4 社によるジョイントベンチャーが受注、施工を担当している。トンネル全長 44.6 km は東南アジア最長、世界で 11 番目の長さ、トンネル土被り 1,246m は世界で 8 番目となっている。

導水トンネル建設のために 4 つの作業坑を設けることにより、本坑は 8 か所の工区に分割され、それぞれ開削工法、NATM 工法、トンネルボーリング (TBM) 工法により施工される。NATM 工区は 4 工区、トンネルの延長がそれぞれ約 2 km、土被りは数百メートルで比較的風化した花崗岩、堆積岩で構成される岩盤の区間に採用されている。TBM 工区は一つのトンネルの延長が 11 km を越え、大きい土被り、岩盤の一軸圧縮強度が 150MPa を超え比較的安定した花崗岩で構成される岩盤に採用されている。土被りが 1,000m を超える区間が約 6 km、最大土被りは 1,246m に達している。



パハン・セランゴール導水トンネル

◆長距離トンネルの高速施工

NATM 工区では進行 130m/月、TBM 工区では進行 450m/月という高速での施工が契約上要求された。それに対応するため最新の建設機械を導入した。NATM 工区ではコンピューター制御のジャンボドリル、TBM 工区では当該岩盤に対して通常計画される機械より 30%大きな推進力、回転速度を持つ TBM を採用した。TBM の全長はバックアップトレーラーを含めて 205m、総重量は 420 トンとなった。TBM の施工においては以下の日本の独自の技術を採用した。

- ・TBM マシン工法でのファイバーモルタル吹付
- ・TBM マシンの制御、データ監視・制御システム



NATM 工区では、平均月進 130m を目標に計画を進めた。4 工区の平均月進 119m/月、予想以上に岩盤条件が悪かった NATM-1 を除く 3 工区の平均進行は 132m/月とほぼ目標通りの進行を確保することができた。また、発破工法での月進日本新記録 283m を 2010 年 8 月に記録した。

TBM 工区では平均月進 450m を目標として計画を進めた。実際の進行は目標に及ばず平均進行 368m/月、最大進行は 657m/月であった。高土被りに伴いリスクとして予想された多量突発湧水、岩盤の高温、やまはねの発生は当初の予想以上で、これらが進行に悪影響を及ぼした。TBM-1 工区での最大湧水量はトンネル全体で 24.6 トン/分に達したが、事前の排水対策の準備によりトンネルの水没を避けることができた。岩盤温度が 55 度を超える TBM-2 工区では換気設備の増強、作業場所での冷却設備の増強により掘削を継続し 44.6 km の導水トンネルの貫通を 2014 年 2 月 19 日に迎えることができた。2015 年 1 月時点で吹付による覆工を継続しており、3 月の工事の完成を目指している。

個人的な感想を述べさせていただくと、最初にこのプロジェクトの話を聞いたときは正直、夢のようなプロジェクトだと思った。海外(マレーシア)で国内でも例の少ない 44.6 km のトンネルを 1 JV で施工、しかも 5 年という短工期での施工は本当に達成可能かと思った。ただ、私も土木技術者として 44.6 km のトンネルを建設するこのプロジェクトにはぜひとも参画したかった。当時の上司からマレーシアに行くように言われたときは非常にうれしく休暇も取らず真先に赴任した。最近では日本でも大規模なプロジェクトが増えているが、海外には数限りなくらいの大規模プロジェクトがある。これらのプロジェクトに挑戦できることは海外工事の醍醐味だと思う。

ここまで私と同じような気持ちを持った人たち、アジア中心に世界 12 か国から集まったスタッフ、作業員が活躍してくれた。設備面では日本を中心に世界中から集めた最新鋭の建設機械がうまく機能した。ここまで工事を進めることができたのも労務、機械に加え、日本の土木技術そして現場管理手法が非常にうまく機能してきた結果だと思う。

何よりも着工以来ここまで重大な事故がないことは関係者一人一人の努力のたまものであり、本当にうれしく、また誇りに思う。重大災害ゼロを竣工まで継続したい。

最後に土被りが 1,000m を超え、延長が 44.6 km という長距離トンネルの施工例、TBM による長距離トンネルの高速掘削の施工例は非常に少なく、本プロジェクトを通して得られた知見は日本、海外で計画されている長距離トンネルの計画、施工に生かされると期待している。



工区貫通式



松本 高之（まつもと たかゆき）

清水建設株式会社国際支店パハン・セランゴール導水トンネル建設所所長

1994年清水建設株式会社入社。主に海外工事に従事。国内では東急東横線複々線化工事(田園調布・多摩川園間)、国際ではムシ地下発電所(インドネシア)、ベリスダム(マレーシア)、デリー地下鉄一期(インド)、新バンコク空港取り付け道路(タイ)、ポンゴール貯水池(シンガポール)等。パハン・セランゴール導水トンネルには2009年より従事、2014年4月より現職。

◆編集後記

国際センター通信特集号において、プロジェクト紹介を取り上げるのは今回で3回目となりました。国際センター主催のシンポジウム「世界で活躍する日本の土木技術者シリーズ」が年に数回開催されていますが、その講演者の方に原稿執筆を依頼するのが常となっています。

ボランティアで原稿執筆を依頼していますが、日本の優れた土木技術を海外に紹介する機会とポジティブに考えていただき、毎回快く引き受けていただいています。大変ありがたいことです。

国際センター情報グループでは、今後もこの企画を継続し、日本の土木技術を広く海外に紹介していきたいと考えています。