

■ マレーシア・クラン川流域の洪水対策(SMARTトンネルを中心に)

国建協情報 2017年11月号(No.863)掲載 【要約版】

SMARTトンネルの「SMART」は、The Stormwater Management and Road Tunnel の略語で、洪水の軽減と都市交通の円滑化を目指した多目的のトンネルとしては世界最長(9.7km)のトンネルである。

SMARTトンネルの完成・供用はやや旧聞になるが、この機会にSMARTトンネルが誕生した背景・経緯、また事業の内容等について振り返ってみたい。

1. クラン川流域(Klang River Basin)の概要

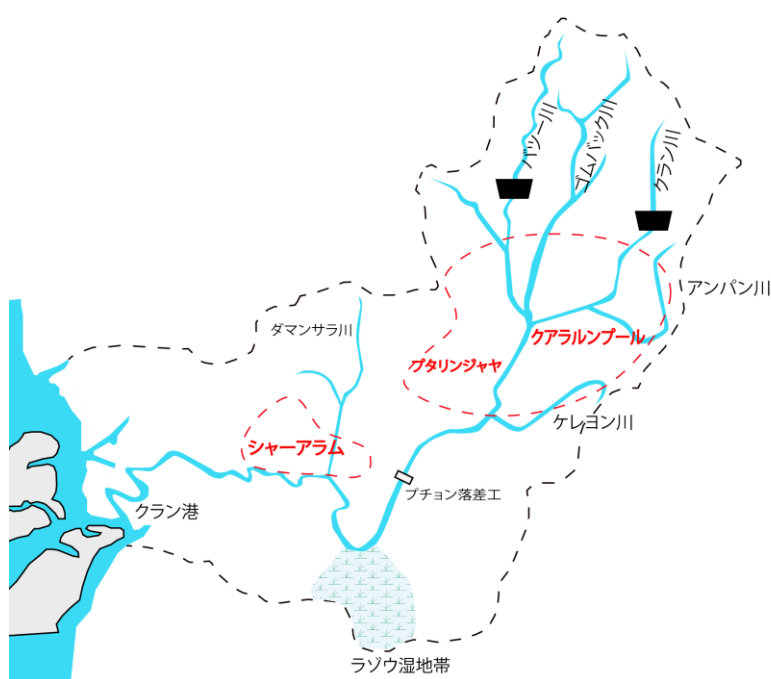


図1 クラン川流域図(Klang Valley)

SMARTトンネルの舞台となるクラン川流域は、半島マレーシアのほぼ中央に位置する。本川のクラン川は、流域最東部の標高1,200mの山地に源を発し、クアラルンプール市内でバツ川、ゴンバック川、ケレヨン川と合流した後、クアラルンプールの衛星都市プタリンジャヤの南側を通り、セランゴール州都シャーアラムを右岸側に見て西に下り、クラン港でマラッカ海峡に注ぐ。クラン川の流域面積は1,288km²。クラン川本川の流路延長は約120kmで、マレーシアの中では中規模河川と言える。

クラン川の流域は首都クアラルンプールをはじめ、シャーアラム、

プタリンジャヤなどの都市を抱えており、これらの都市を含むクラン谷(Klang Valley)と称される「大クアラルンプール」には全国民の1/4に相当する約725万人(2017年)が住んでいる。このため、流域を流れるクラン川本川および11本の支川は、都市化による狭窄区間の固定化、流域全体にわたる河川水の汚染が進んでいる。

流域の平均的な年間降雨量は約2,600mmと多雨であり、クアラルンプールの川沿いの地区を含む流域のほぼ14%が洪水常襲地域で、年平均3回程度の頻度で洪水に見舞われている。洪水はクアラルンプールの町にとって、開拓以来の悩みの種の一つとなっていた。

2. クラン川流域の洪水対策

クラン川流域を襲う洪水には、11～1月の北東モンスーン、4～5月の南西モンスーンによる中・強度の長雨が引き起こす比較的長期（1～4日）の洪水となるモンスーン型洪水と、9～11月にかけての局所的な短時間（2～3時間）の雷雨で生じるフラッシュ洪水の二つのタイプがあり、近年は気候変動によりフラッシュ洪水が増える傾向にある。クアラルンプールを襲った洪水で近年の最も激甚なものは1971年洪水で、この時には全国各地でも同時に大きな洪水に見舞われた。

洪水対策として、農業省（MOA）排水・灌漑局（DID）を中心に、古くからクラン川、ゴンバック川等の河川改修にあたってきたが、計画的な洪水対策の取り組みは1971年洪水がきっかけになったと言われており、国内外の機関による調査とそれに基づく対策が実施された。

(1) USBR 調査と対策

クラン川流域についての本格的な調査としては、1973年に米国開拓局（USBR）が行った調査が嚆矢となった。USBRの調査では、

- ① クラン川上流部の既存の治水・利水の多目的ダム、クランゲートダムを3m嵩上げて貯水容量を36百万m³に増やす
- ② バツー川およびゴンバック川上流部に2つのダムを新設
- ③ クラン川、ゴンバック川、バツー川の約50kmにわたる河川改修

などが提案された。

クランゲートダムの嵩上げは1981年に、バツーダムについては1987年11月に完成したが、ゴンバックダムは水没家屋が多すぎるという理由で計画はキャンセルとなった。

(2) JICA 調査と対策

USBR調査後の1986年の水害は、急速な都市化による緑地や空き地の減が原因になったことを明確に示した。マレーシア政府は日本に新たな調査を依頼した。

1986年、JICA（玉光弘明理事）はクラン川流域治水計画にかかる調査を行い、マスタープランの策定、優先度の高いプロジェクトについてのFSを実施することとし、二次にわたる事前調査団（貞包秀浩、井上喬之 団長）を派遣した。

これらの事前調査を受けて、JICAは1987年10月から89年1月にかけて「クラン川流域洪水緩和調査」を実施（PCIと日本工営のコンソーシアムが担当）、クラン川流域全体を対象とした洪水緩和のマスタープランを作成し、構造物による洪水対策として、洪水再現期間（リターンピリオド）100年を目指し、以下の7つの事業を提案した。

- ① キャンセルされたゴンバックダムの機能の一部を補完するバツー貯水池の建設
- ② ゴンバック川からバツー川に分流するための3.4kmのゴンバック放水路の建設
- ③ スズ鉱山の廃鉱を自然の遊水地として活用する。
- ④ ゴンバック川・クラン川の合流点から22km下流にあるプチョン落差工の撤去
- ⑤ クラン、ゴンバック、バツー 三川の94.7km区間の河川改修
- ⑥ 輪中堤防とカンブンバル排水機場の建設
- ⑦ 流下能力を妨げている10橋の改良

このうち最も優先度が高いと位置づけられた①と②を組み合わせた「ゴンバック川分流事業」は、早速実施に移され、①のバツー貯水池は1993年に、②のゴンバック放水路は2003年にそれぞれ完成している。(①、②および⑥については、図2クアラルンプール洪水緩和計画を参照)

(3) ADB 調査等と対策

JICA の調査に続いて、1994年にADBがオーストラリアのコンサルタント Kinhill を使った調査では、クアラルンプールよりも下流域に焦点を当て、構造物による治水対策として、①ラゾウ湿地帯(図1参照)の遊水地としての有効活用、②州都シャーアラムから下流側の堤防整備、などを柱とする提言を行っている。

(4) クアラルンプール洪水緩和計画 (KL Flood Mitigation Program)

2001年4月から10月にかけて頻発したクアラルンプール市内の都市洪水が大きな引き金となり、マレーシア政府の手で「クアラルンプール洪水緩和計画」が立案され、SMARTトンネルもこの段階で提案された。①ゴンバック川放水路およびバツー貯水池の改良、②ケロー川放水路の新設と貯水池の拡張、次項で詳述する③SMARTトンネル、の3つのプロジェクトからなる。

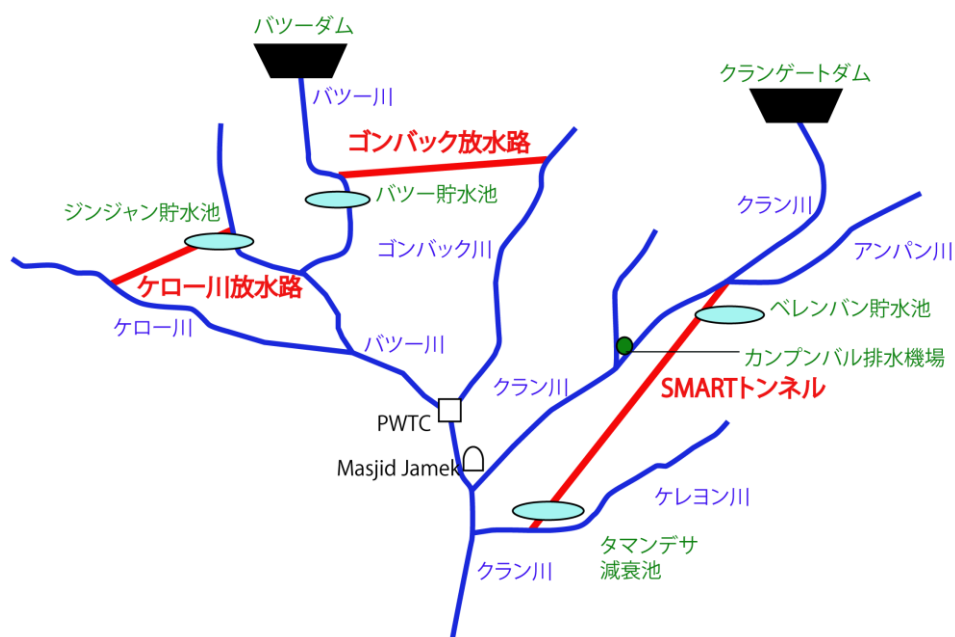


図2 クアラルンプール洪水緩和計画

3. SMART トンネル

クアラルンプール発祥の地であるクラン川とゴンバック川の合流点付近に立地する旧国立モスク(マスジッド・ジャメ)や中心業務地区(CBD)が展開する一帯を、クラン川およびアンパン川の洪水から守り、都心の交通渋滞の緩和にも資するために考えられた9.7kmの多目的トンネルである。

2001年に、政府が3時間から6時間の洪水から市の中心部を守るためバイパストンネルなど

の方策の提案を求めた。当時のマハティール首相の示唆もあって、マレーシアの大手企業 Gamuda が自国の大手コンサルタント SSP と英国の Mott MacDonald のグループを使い、国道の地下を占用する洪水用トンネルが地表の道路の混雑解消を図るための有料道路としても使える多目的トンネルを提案した。国の負担を小さくする画期的な案である。

マハティール首相は、就任早々の 1981 年に表明した「ルックイースト政策」に端を発し、1983 年には日本で政府と企業の緊密な協調関係が経済発展をもたらしたとする「日本株式会社」（ジャパン・インク）論にならない、経済発展計画のプラットフォームとして「Malaysia Inc.」という概念を制度的に導入した。洪水対策においても、なんとか自国の官民総力を挙げて問題解決にあたらうとしたものと思われる。

排水トンネルの上流（北）側の入口は、クラン川本線と東から入ってくる支川アンパン川の合流点直下流の本川に堰をつくり、堰の上流側から貯水容量 60 万 m^3 のベレンバン貯水池に一旦貯めてそこからトンネルに入れ、トンネル下流側のタマンデサ減衰池からクラン川の支川ケレヨン川に流す。トンネルの貯水容量が 100 万 m^3 （うち道路トンネルの容量は 25 万 m^3 ）なので、排水トンネルと貯水池のセットで約 300 万 m^3 の水を一時的に貯留させることになる（図 2、3 参照）。

SMART トンネルの全延長は 9.7km で、都心部に近い中間部の 3km 区間に道路トンネル（2 層×2 車線）が配置されている（アプローチ部分を含めると道路トンネルは 4km）。

トンネルの内径は 11.83m、道路併設区間の断面は 3 層で、通常時は上部の 2 層が 2 車線の小型車用（車両制限高 2.0m）の道路トンネル、最下層は排水専用空間となる。

工事は 2003 年 1 月に着工された。現場は石灰岩の地質で、深ければ比較的安定しているが、SMART トンネルは排水機能を確保するため空洞などが混在する不安定な地質を通さざるを得ないこと、また柔らかい沖積土や硬岩が混在すること、さらには乱されたスズ鉱山の採掘跡の存在などから難工事が懸念されたが、2 台のドイツ製トンネルボーリングマシン Herrenknecht を投入して掘削工事はほぼ予定通りに進捗した。その後、照明、CCTV などの交通管理施設、換気施設、防水対策、さらには緊急時の避難対策などに万全を期し、2007 年 6 月に完成、同年 8 月に道路部分が供用された。供用後の通常時の交通量は約 38,000 台/日で、完成前には 20 分かかっていた区間を 8 分で結ぶことができる。

SMART トンネルの洪水対策および有料道路としての運用は、ガムダ・MMC 両社が設立した特別目的事業体（SPV）の SMART 社が 40 年のコンセッション期間で運営に当たっている。

スマートトンネルの洪水対策としての運用は、以下の 4 段階のモードからなる。

モード 1：晴天または少雨の段階で、道路トンネルは通常運用で排水トンネルは空。

モード 2：中程度の降雨により、クラン川とアンパン川の合流点で 70～150 m^3/s になると、50 m^3/s だけをクラン川本川に流し、残りは SMART トンネルに流して貯留すると同時に下流の減衰池にも貯める。この間、道路トンネルは通常運用。

モード 3：大雨となり合流点での流量が 150 m^3/s を超過することが確実になった時点で発動し、道路トンネルを閉鎖する。閉鎖には 1 時間を要する。クラン川本川への流量は 10 m^3/s に留める。長期の大雨とはならなかった場合は、道路トンネルは閉鎖後 2～8 時間以内での再供用を目指す。

モード 4：モード 3 が宣告されてから 1～2 時間経っても大雨が続く場合には、全車避難を確

認め、道路トンネルにも水を入れる。この間、クラン川への放水は 10m³/s に留める。この段階までくると、道路トンネルの再開には 4 日間を要する。

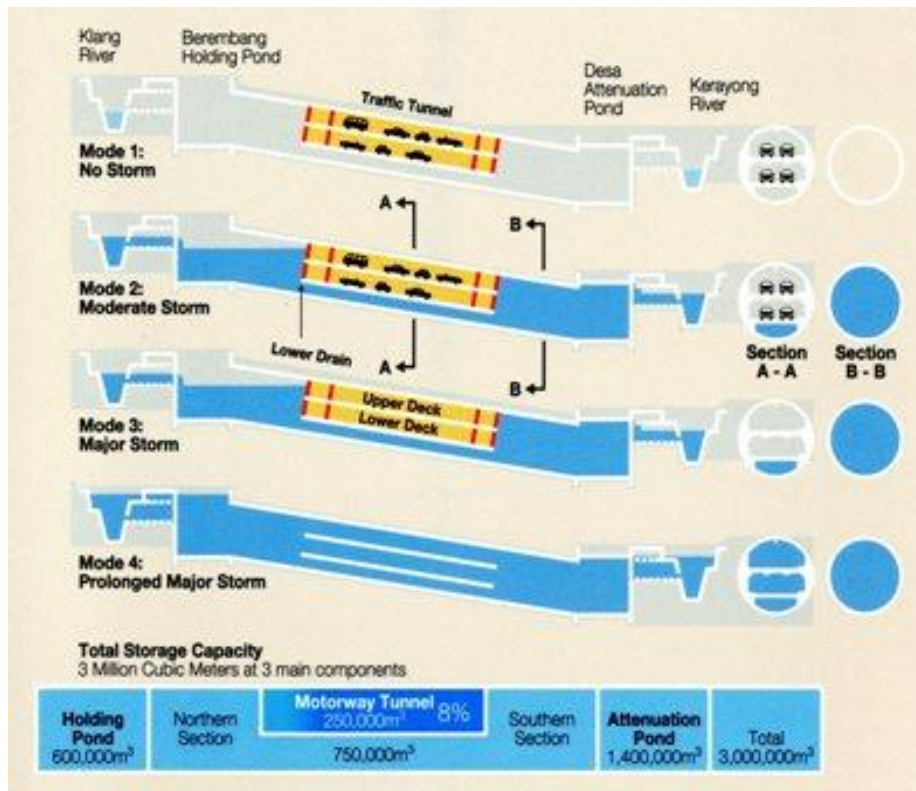


図3 SMART トンネルの4段階の運用モード

(出典：<http://state.water.gov.my/scc/index.php/en/services/operation-smart>)

4. あとがき

最近、首都クアラルンプールを訪問した人たちからは、「近年のマレーシアの国力の充実ぶりには目を見張るものがある」旨の感想を聞くことが多い。この発展には、SMART トンネルの生みの親ともいえるマハティール元首相の貢献が大きいと言われている。

筆者は2年前、このマハティール元首相とささやかな縁を感じる出来事に遭遇した。マスコミなどではあまり報じられることはなかったが、2015年8月9日、筆者の出身校である長崎市立山里小学校の原爆投下70周年の「平和祈念集会」の開会を前に、90歳になられたマハティール元首相が同校を視察されている現場を目撃した。公職を退かれて12年も経った私的な旅の目的地として爆心地の小学校を選ばれたことは、元首相が標榜された「ルックイースト政策」が、単に日本の経済成長だけを参考にしたものではなく、被爆者に寄り添う心からの親日家であったことを示すものであり、原爆投下により多くの犠牲者を出した同小学校の一同窓生として、大いに感謝し、感激したことを思い出す。現在のマレーシアの発展に大きく寄与されたマハティール元首相に敬意を表したい。

(文責：荒牧英城)

[参考資料]

- クラン川流域治水計画調査事前調査報告書（昭和 62（1987）年 5 月 国際協力事業団）
- The Study on the Flood Mitigation of the Klang River Basin（1989.1 JICA）
- [KUALA LUMPUR: RE-ENGINEERING A FLOODED CONFLUENCE](#)
（Y.Bhg.Datuk Ir. Haji Keizrul bin Abdullah 2 October, 2004）
- [Managing Flood Problems In Malaysia](#)
（Ir. Chia Chong Wing 「BULETIN INGENIEUR」）
- [A DUAL-PURPOSE TUNNEL](#)（Arthur Darby, INGENIA Issue 30, MARCH 2007）
- [KUALA LUMPUR, MALAYSIA Case Study \(Mixed Use Tunnel\)](#)
- [ITS of SMART](#)（Mohd Saleh Santhiman, Looi Hong Weei,
PIARC International Seminar in Kuala Lumpur, August 2006）
- Stormwater Management And Road Tunnel of Malaysia
（Dato Ir.Lim Chow Hock, 12 March 2014 Manila）
- [10 of the world's greatest tunnels](#)（CNN.com / CNN Travel, 13.December 2016）