

独自工法によりマレーシアの 地盤改良及び洪水対策に臨む

－スーパーウェルポイント工法を活用
した地盤改良及び洪水対策案件化調査－

2022.2.16

山口大学 大学院創成科学研究科
名誉教授 工学博士 兵動正幸

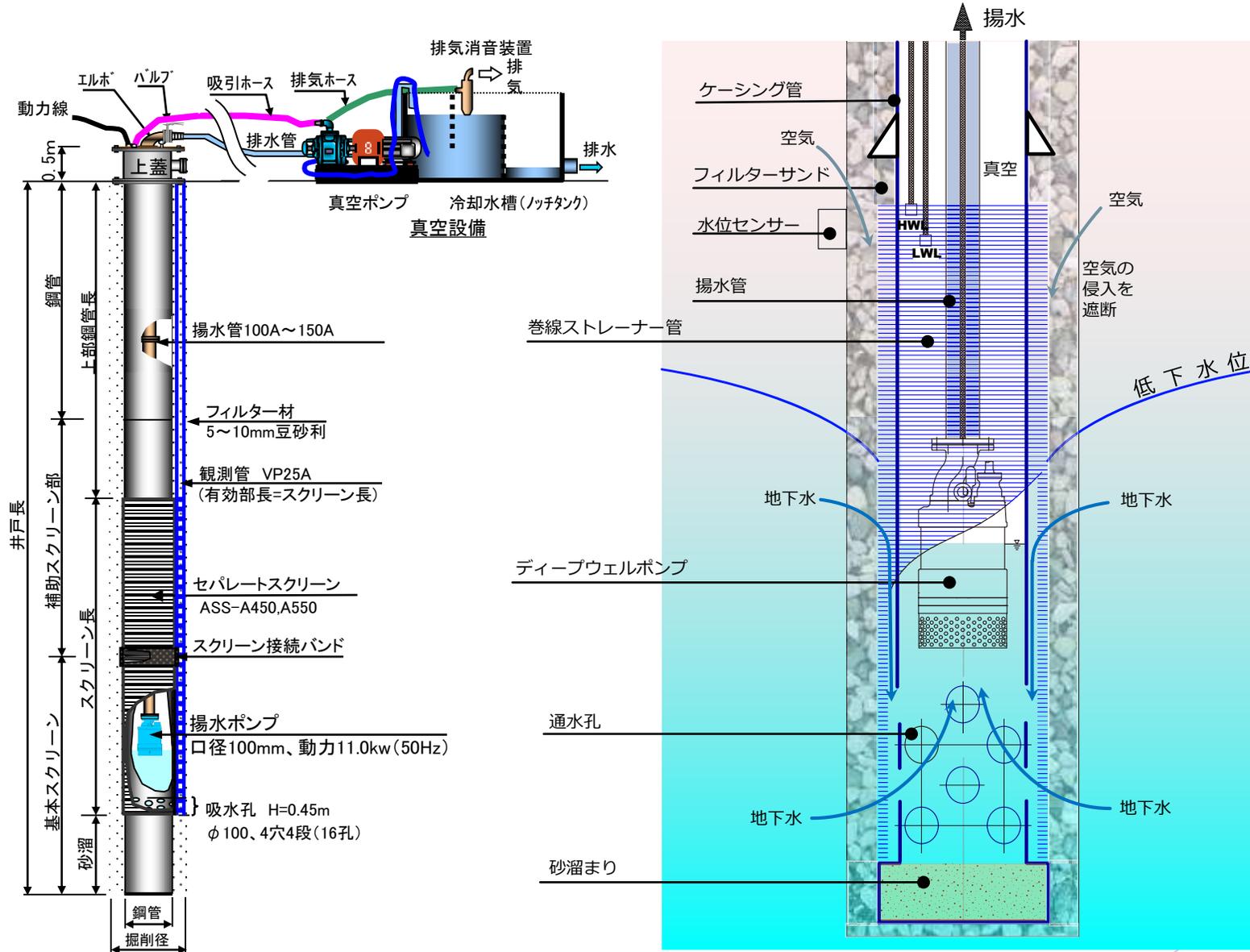
株式会社アサヒテクノ(岩手県北上市)
代表取締役社長 高橋茂吉

1. はじめに

ースーパーウェルポイント (SWP) 工法とはー

- ▶ **スーパーウェルポイント工法**は、水中ポンプと真空ポンプを用いて、真空状態を構築することにより土中含水及び地下水を引き込んで揚水する独自の工法である。また鋼管等を用いた気水分離特殊セパレートスクリーンにより、大深度に対しても強制排水を可能とすることに特徴があります。

スーパーウェルポイント井戸基本構造



真空維持特殊スクリーン構造 セパレートスクリーン

スーパーウェルポイント工法は、**空気は吸わず地下水だけを吸うことができる真空排水工法**です。**特殊セパレートスクリーン**（空気と水の分離型スクリーン）の開発により大深度でもバキューム効果による強制排水を可能とします。（左図）

セパレートスクリーンは内筒管と巻線ストレーナーの二重管構造になっています。巻線ストレーナーから流入した地下水は、二重管の間で空気と水に分離され、下部の通水孔を通して井戸内に流入します。真空ポンプにより二重管の内部に負圧を作用させることで連続した真空排水を可能にしています。

2. 海外展開の必要性

- ▶ 日本国内での土木インフラ建設事業の新規工事発注は減少傾向。
- ▶ 日本国内では、前例優先の慣習が強く、良い工法であっても新規の工法は採用されにくい。→技術・価格・短工期に自信のある当社にとって望ましい事業環境とはいえない。
- ▶ 一方、海外であればより「価格、品質、スピード」が重視され受注が決まる。
- ▶ 近年、東南アジア諸国では旺盛なインフラ需要がある。
- ▶ 本社は、これまでに、日系ゼネコンの依頼で**台湾の地下鉄工事、フィリピンの高層ビル建設等にて地盤改良を担当**するなど海外での経験を積んでいる。
- ▶ 今後はより積極的に海外市場を狙うべく自社での展開を重要戦略とした。
- ▶ 中長期的には現地法人を設立し、SWP 工法の認証を取得した上で、公共事業及び民間建設事業を受注し、売上の3割程度を産み出すような体制とすることを目標としている。

3. 対象国・地域を選んだ理由

当社ビジネス展開で重要な点

インフラ需要・投資の伸び
(特に公共投資)

当社工法のニーズとなる軟弱地盤、または洪水などの災害発生状況

経済の発展度合い(質の高いインフラ、防災への対策が可能かどうか)

現地に信頼できるパートナーがいるか

マレーシア、パハン州の状況

公共インフラ投資が着実に伸びている
(2014-2019年で約100%の伸び)

パハン州は湿地帯、海岸線など軟弱地盤が多く、恒常的に洪水・地滑り被害に悩まされている。

中進国であり、平均所得は1万1千ドルを超えている(2019年)
また「経済成長を支えるインフラ強化」が国家主要戦略

パハン大学工学部と技術面におけるMOUを締結済み
現地建設事業者を発掘済み、今後業務提携予定

マレーシアパハン大学 (UMP)、マレーシア工科大学 (UTM) との連携

マレーシア建設省 (JKR)、パハン州政府などを紹介→セミナーや説明会を実施。

4. ビジネス展開を通じて解決する対象国・地域の課題

- ▶ マレーシアには軟弱地盤である泥炭地が広く分布しており、パハン州の泥炭地は197,768 haにもなる（出所：A Quick Scan of Peatlands in Malaysia）。またパハン州はクアラルンプールが位置する西部に比べ、泥炭地以外にも、山岳地帯、海岸線などに軟弱地盤帯が広く分布している。



5. JICA案件化調査への応募の動機

▶ 5-1 調査の背景

- ▶ ① 山口大学の兵動教授がパハン大学で客員教授をされていて、Drムザミールと友達でJICAへ案件化調査で応募しました。
- ▶ ② シンガポール大学のDr柳とはシンガポールで岩手県のプレゼンテーションの時に知合い、現地に営業所的な小さな会社を設立しています。
その中で何度かマレーシアのクアラランプール（現地の言葉で泥の町という意味）やジョホールバルでマリンクレーの軟弱な地盤の改良工事の話がありました。
- ▶ ③ 日本での粘性土地盤の透水係数Kは概ね

$K \approx 10^{-5} \text{ cm/sec}$ に対して

マレーシアやシンガポールのマリンクレーでは

$K \approx 10^{-8} \text{ cm/sec}$ のオーダーで1/100の透水係数

で世界の各種バーチカルドレーンでの改良でも、完全なものは無かった。

- ▶ ④ それにたいして、SWP工法とその応用技術のA&S工法(今はグレードアップしてCVT工法と言っています。)はSWPを用いて、地中の地下水の中にキャビテーション(以下CVTと称する)を発生させて、負圧の部屋を作り、真空気化で早期乾燥を行い地盤改良を行うシステムで、世界で初めての工法で国際特許を取得しています。
- ▶ ⑤ SWP工法はCVT効果で、海岸や河川の中でも地下水を低下する事が出来ます。この国でも、橋脚工事や海岸工事でインフラの整備で安価で安全な工法で有り普及に努めたいと思いました。

- ▶ 5-2 調査期間

2018年7月2日～2019年7月31日

- ▶ 5-3 主な調査方法

パハン大学のムザミールの段階で

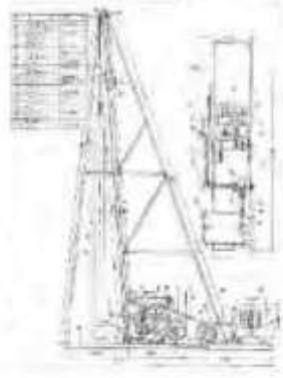
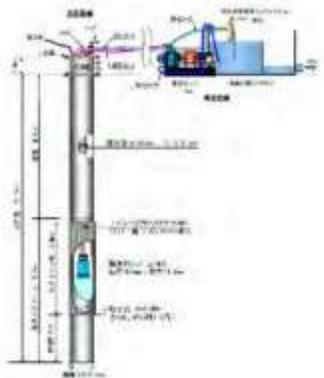
- ▶ ① JKR(日本の国交省の様な立場)のセミナーでプレゼンテーション
- ▶ ② パハン大学でのプレゼンテーション(UMP)→ホテルとUMPで2回プレゼンテーションをしてJKR、各コンサルタント、ゼネコン、学生等、多数参加者。(2回ほど亜乱土論としてJ-ポップ(?)を歌う。)

- ▶ ③ 現地コンサルタント、グローバルラボエンジニアリングのシャキール氏と調査委託契約、社長のシャキール氏はムザミールの友達でパハン州商工会議所の会頭をしていて、そこでプレゼンテーションを2回ほどしました。
- ▶ ④ UTM(マレーシア工科大学)でのプレゼンテーションもムザミールの先生でDrアミナトン(女性)が段取りしてくれて、DrアミナトンはJKRや高速道路会社等の主要な発注機関へ人材を送り出している、土木分野のボスです。
- ▶ ⑤ 今回のJICAの調査対象外となりますが、高速道路会社やDr柳やUTMのDrマヒールの関連業者へのプレゼンテーションを多くしました。
主にマリクレーの改良地盤として、再開発はチェンゲ空港近くのジョホールバルが大規模なこれからのターゲットと思います。

6. 調査結果

- ▶ 6-1 橋脚工事でのSWPの採用
- ▶ ① 地上からの空撮調査では、高速道路は整備されているものの、町から町への生活道路は、ほとんど少なく、河川沿いに道路が有るもののそれを結ぶ橋はこれからだと思いました。（JKRのマークは橋とビルのマークです。）
- ▶ ② 現地の橋は四角杭が主で、PC杭等は無く、基礎は水面の上からの機械打設が主でした。
よって、多数の本数が河川流水断面に乱立していて、洪水時に流木が射し込んで、河川断面を小さくして、洪水の要因となっていました。
日本では、杭部分は河床の地中に埋めています。
- ▶ ③ 日本の技術での対策としては
 - i. ニューマチックケーソン(圧気工法)
 - ii. 圧入ケーソン(水中掘削)
 - iii. 鋼管杭での岩盤までの立坑
 - iv. S.PとSWPとで大気圧条件下で完全ドライワークで安全施工しています。
 - v. その他
- ▶ よって、安全で安価なSWPがマレーシアでは非常に有効な工法と伝えました。
今は、SDG'sに有効な工法ともいえます。

7. プレゼンテーション時の状況

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| <p>スーパーウェルポイント(SWP)工法の主幹部分である、井戸銅管 (全長6m)</p> | <p>SWP工法 井戸管挿入工事図解</p> | <p>SWP工法に使用される機器イメージ図</p> |



半円形透明のSWP実験用水槽



カウンターパート(灌漑・排水局との協議)



CPが整備したクアンタン川付近の調整池 (現場サイト)



現場サイト全景



クアンタン川無堤防区域



調整池の流出口の小型水門

排水機場に隣接する排水ゲート操作機



SWP工法のセミナー高橋社長の講演



排水ポンプの排気口



排水機場、クアンタン川への放流路



パハン州地元のコンサルタント会社にSWP工法をビデオ等で紹介する様子



SWP工法のセミナー開催の様子



SWP工法の機器の脱明を聞く参加者

7-1 マレーシアアパハン大学にてUMPでSWP工法の実演講習会開催



SWP工法の機器の脱明を聞く参加者

7-2 パハン州政府、建設会社、大学関係者を集めて スーパーウェルポイント工法の技術講演会



8. ODAの案件化

8-1 ODA案件化概要

8-1-1 普及・実証・ビジネス化事業

普及・実証・ビジネス化事業は、案件名（仮称）「スーパーウェルポイント工法を活用した地盤改良洪水軽減対策普及・実証・ビジネス化事業」とし、マ国CP側から提示された。

モデル地区においてSWPを活用した適切な洪水軽減構築物を試験施工すると共に、SWPの技術移転を行う。

全4回の現地調査を終え、CPからはSungai Isap地区の調整池の敷地を、普及・実証・ビジネス化事業の試験施工に使用良いたの合意を得た。従って、SWP工法の効果を適切に測ることができ、かつ洪水軽減に資するような計画案を作成し、もって普及が進むような案件にしなければならない。JICAへの応募については、今後、検討する予定である。

8-1-2 その他の案件

その他の案件については、現時点で要請が出されていない為、目途は立っていない。

しかし、今後マレーシア工科大学や、パハン大学との関係を通じて、技術協力としてSATREPSのような案件を作ることができればと考えている。

8-2 内容

8-2-1 普及・実証・ビジネス化事業

本項では、本案件化調直においてマ国CPとの関係を構築できた為、ODA案件化として、以下の普及・実証・ビジネス化事業を提案する。CPとは概ね内容を合意しており、Minutes of Meeting (M/M)の前に、書面としての合意が得られる予定。

案件名：「スーパーウェルポイント工法を活用した地盤改良・洪水軽減対策普及・実証・ビジネス化事業」

目的：スーパーウェルポイント(SWP)工法の適用によるクアンタン川支流対象地域における洪水軽減施設建設の土工事に対する効果を確認すると共に、SWP工法の技術移転を行い、開発課題であるマ国パハン州の洪水対策の促進及び地盤改良技術の移転が成される。

成果

成果1:S WP工法を活用した洪水軽減施設、適用方法
施工場所が策定される。

成果2:SWP工法の試験施工を通して、適用技術・工期
コスト面の効果が検証される。
併せて、SWP工法の技術的な認定がなされる。

成果3:マ国における地盤改良及び洪水軽減対策に係る
当局及び建設企業の能力向上が成される。

成果4:マ国内でS WP工法が普及されると共に、ピジネ
スペースでの受注・施工の獲得・実施を目指
した事業計画が策定される。

活動

活動1-1:SWP工法の施工計画・場所・積算策定
1-2:当局との協力体制策定

2-1 :S WP必要資機材輸送、現地への搬入
2-2: SWPによる試験施工実施（マ国基準に適合した
上記構造物の洪水対策、地盤改良効果の実測・検証）
2-3:現地建設企業との協働作業実施、従来工法との比較、
メリット/デメリットの検証実施
2-4:施工状況・結果のモニタリング
2-5:SWP工法認定取得

3-1 :C P（灌漑・排水局）及びパハン州職員（土木課）公共事
業省、パハン大学、現地建設企業等に対するSWP工法の
研修・普及作業
3-2 :SWP工法のマニュアル作成（英語、マレー語）
3-3 :マニュアルに基づく施工、管理の実施

4-1 :SWP工法セミナーの実施
4-2 :公的インフラ開発へのSWP工法の仕様導入
4-3 :SWP工法（協会、代理店化）事業策定、普及

投入

<日本側>

人材：アサヒテクノ（業務主任者、スーパーウェルポイント工法技術責任者、人材育成及びセミナー開催責任者）コンサルタント等
（開発課題モニタリング、ピジネス展開策定支援者）

機材：SWP用井戸管、水中ポンプ、真空ポンプ、周辺機器（パイプ・ホース、発電機、変圧器、等）、小型～中型重機
（ボーリングマシン（現地にてレンタル））

<マ国側> 人材：CP職員及びパハン州土木課、土地：試験施工箇所の提供、インフラ設備（電気、水、排水、アクセス道路）の供給。

<その他> 電気代（発電機）、水道代（注水）、下水道代（排水）の負担は相手国側

SWP工法にて、投入する主な資機材は次の通り



SWP用井戸管
(基本スクリーン及び井戸鋼管)



揚水管



水中ポンプ(揚水ポンプ)



排水ホース



真空ポンプ

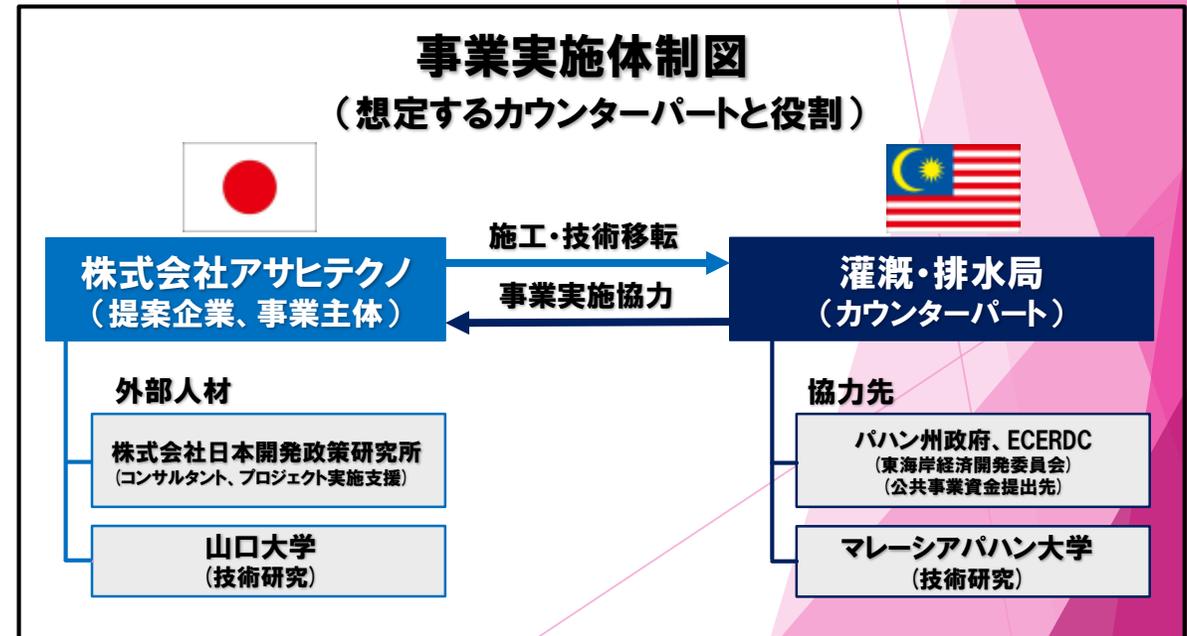


吸引ホース

※上記機材は、普及・実証・ビジネス化事業で使用が想定される機材の一部。

8-2-2 実施体制図

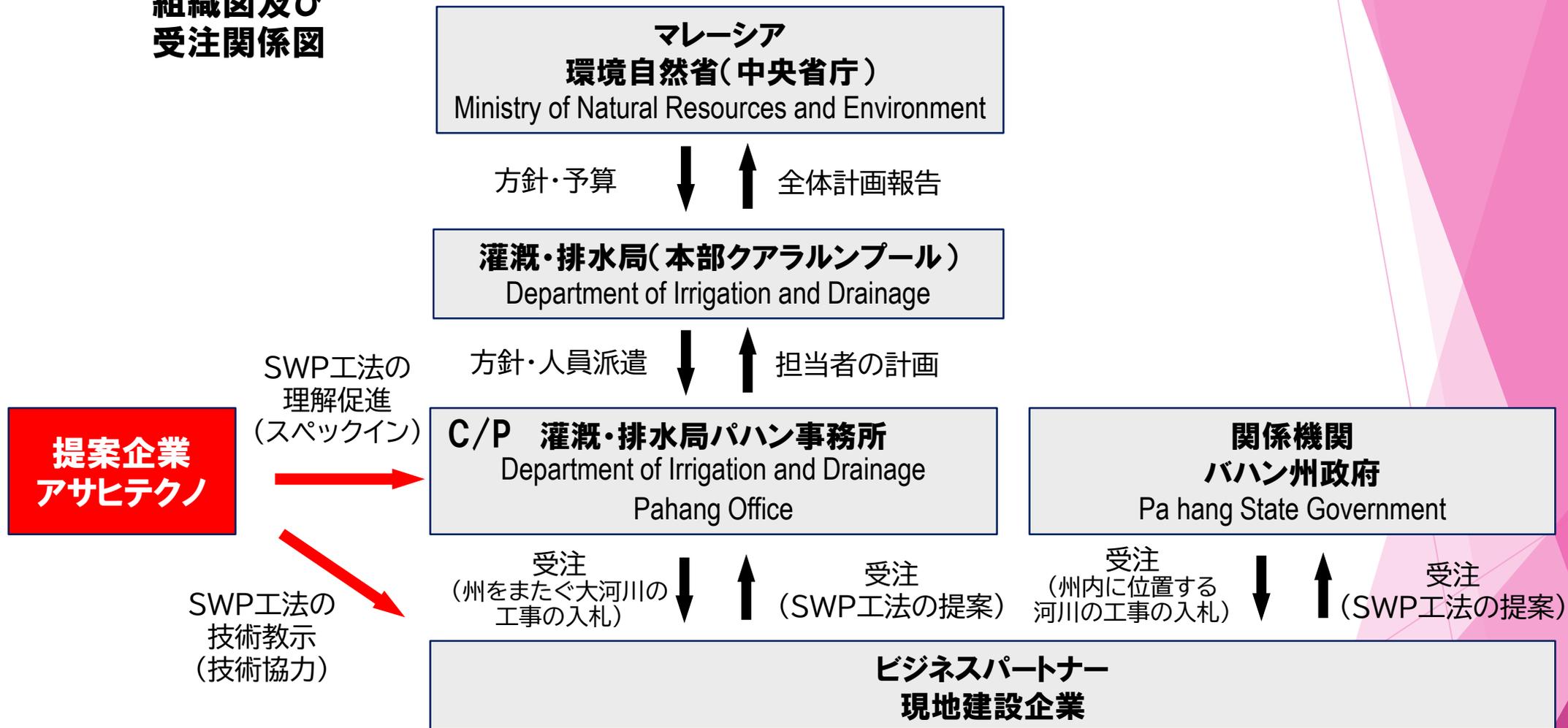
カウンターパートは、河川を管轄し洪水防止を担当している灌漑・排水局(Department of Irrigation and Drainage)パハン州オフィスであり、実施体制図は下図のとおり。また、パハン州政府は現地の地域開発について予算付け、入札を行っており、支援機関として想定している。他に、Ministry of Worksの公共事業部(JKR)や、公共事業省傘下のECERDCが東部州の開発に予算付けを行っていることからこうしたところからも案件を発掘する。パハン大学工学部は工法理論や普及の窓口としての役割を想定している。



想定するカウンターパートと役割 (出典:調査団作成)

カウンターパート(CP)の関係図

組織図及び 受注関係図

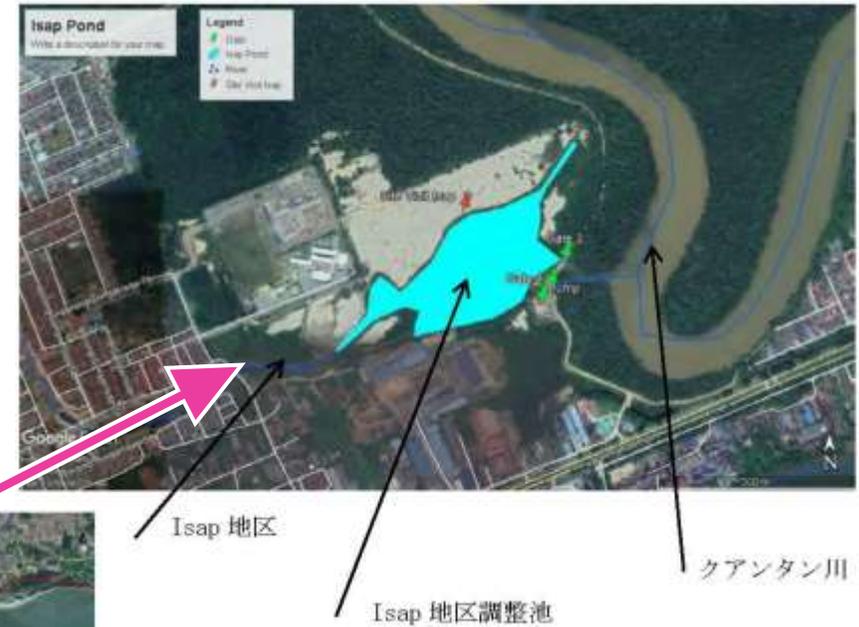
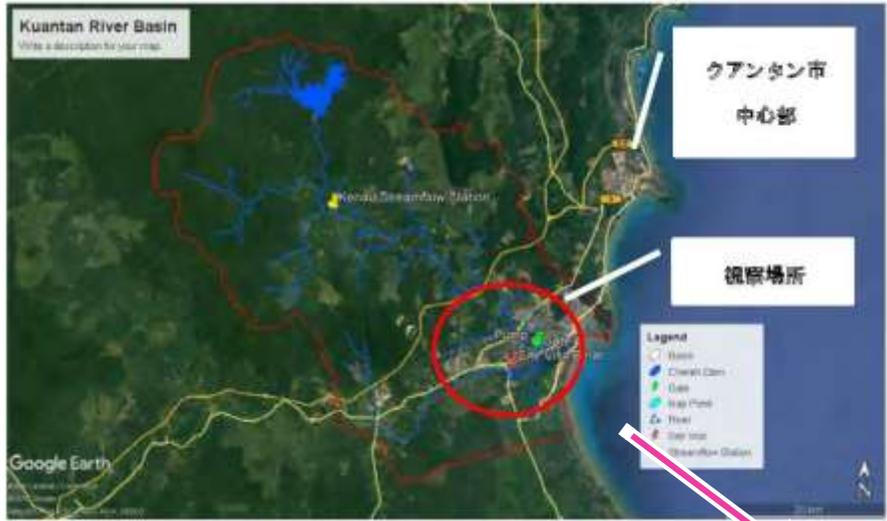


CP関係図(出典:調査団作成)

▶ 8-3 候補地の現場状況

第二回目の調査時にはCPが下記の2か所の洪水軽減整備現場、(a)「Isap地区 調整池整備箇所」と (b)「Belat地区 堤防建設予定地」を案内してくれた。その内今回は対象地となった(a) Isap地区「Sungai Isap Area, Kuantan City, Pahang」に絞って、現場状況を記載する。

パハン州クアantan市内近郊地図



出典:UMPの資料・写真を元に調査団が作成

調整池 現地状況 その1

調整池のIsap地方方面を望む



調整池のクアンタン河方面を望む



排水機場、クアンタン川への放水路



調整池の左岸側に広がる平坦地



調整池の近傍の市街地



排水ゲートの放流水路



調整池クアンタン川側の排水機場



排水ポンプの排気口



サイトへのアクセス道路入口部



調整池 現地状況 その2

サイトへのアクセス道路



クアンタン川の堤防内側



クアンタン川の自然状態の岸
(護岸、堤防化されていない)



クアンタン川整備護岸と未整備の接続部
(ガラス張りのビルは州政府機関)



Tanah Putih Baru地区のコンクリート護岸
(一部区間のみ堤防化)



クアンタン川およびIsap川の流況

クアンタン川河況及びIsap地区データ
(Catalogue of Rivers for Southeast Asia, 2004より)

源流及び: 標高1,512mのTapis山湖

総延長: 86km

集水面積: 1,638km²

年平均流星: 37.7m³/sec

観測所: BukitKenau

(Catchment Area of 582 km², 2017)

最大降雨量 / 月: 322mm, 2016年12月観測

最大時間あたり雨量: 200ml/1時間

調整池容量 (現況): 縦約100m、横約300m、
深さ4m、容積120,000m³

調整池 現地状況 その3

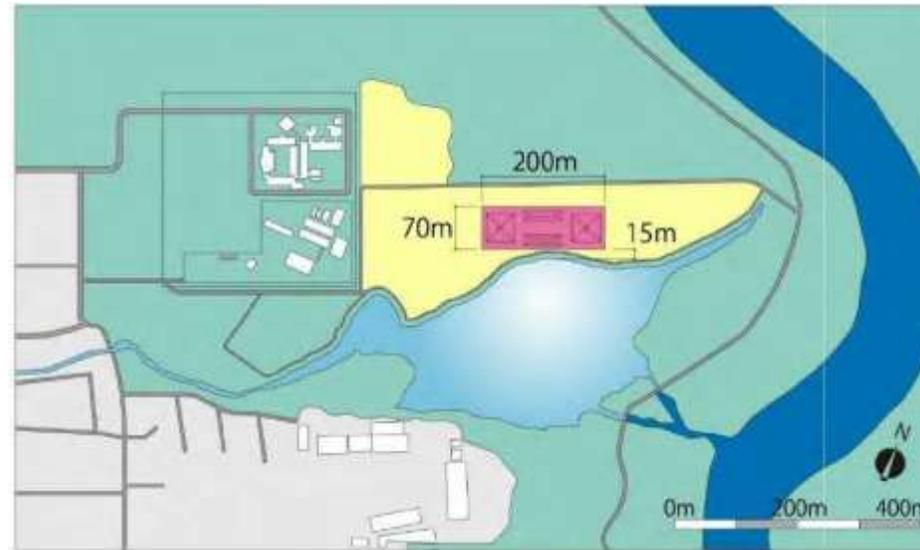
Isap地区調整池整備計画は、現場に同行した灌漑排水局の職員によると、次の通りである。

- ・現在の調整池面積は10エーカー（約40,500m²）水深は5~7m程度である。
- ・Isap地区(上流)側の水門ゲートは壊れたまま放置されている。
- ・下流側クアンタン河の排水機場に隣接する放流ゲートは2019年3月までに交換する。
- ・調整池の左岸側にかなりの面積の平坦地があるが、洪水時の水の逃げ道として活用されている。
- ・調整池のあるべき運用の姿は、乾季に出来る限り水位を下げて空の状態にし、雨季の洪水に備えて調整能力を高めしておくことにあるが、現場では常時水が蓄えられており、適切な運用方法ではない。
- ・上記平坦地の背後には小学校はじめ、住宅地が広がっているが、2017年の洪水で小学校の1階が浸水被害を受けた。

普及・実証・ビジネス化事業での概要及び試験施工計画案

目的

- ・試験工事の目的は、サイトの地下に堆積している平均層厚約5mの軟弱粘土層に対して、SWP工法の排水・圧密によるそれに伴う地盤改良の効果を観測および計測し、評価することである。
- ・軟弱粘土層の厚さは、計画地の1か所で実施した土質調査ボーリング結果によるものであるが、ピート層の堆積は確認されていない。



試験施工計画全体イメージ図

出典：現地調査を元に調査団が作成

（水色部分が調整池、黄色が平坦地、赤枠が試験施工地、約2ha）

9. マレーシア及びパハン州での営業方針

- ▶ 9-1 私共の公共工事に関わる仕事は現地法人を造って、受注することは工事金額の入金までを考えると非常にリスクが有ると思います。
- ▶ 9-2 言葉や慣習が不明な段階で工事費の精算までとなると、かなりリスクを伴うものと考えます。
日本の大手ゼネコンでも仕事はしても、お金の回収が出来ずの言葉は良く聞きます。但し日本のゼネコン下で仕事をすることは問題ありません。
(by清水建設海外部長)
- ▶ 9-3 アサヒテクノとしては現地の専門家(サブコン)を育成して、仕事は現地の法人にしてもらう。
単価と技術を守るため、信用の有る所を選択選択する。
例えば i .UMPのムザミールとグローバルラボのシャキール氏のコンビ
ii .UTMのDrアミナトン夫婦と専門家など

▶ 9-4 アサヒテクノは

i .SWP工法及びその関連のCVT工法等の機械関連の販売

条件、日本の港を出る時には、材料、機械代は前払いで入金をお願いします。

ii .現地技術指導はスーパーバイザーとして、月毎の支払いをお願いします。

今まで他の国でも同様なスタイルをとりました。

▶ 9-5 最近開発したCVT乾燥装置は機械販売で有り、これはJICAの案件化調査には
マッチする様な気がします。

木材や竹、食品、汚泥、スラッジ等多方面で有効で有り、今後はこの分野でも
海外進出を企画したい。(PCT出願)

10. JICAへの今後の要望 – メリットとデメリット –

▶ 10-1 要望

- ▶ 10-1-1 私どもの仕事は主に公共工事で有り、施工場所のパハン州においてこの工法を実施するには、例えばJKRの様な工法採用判断するのは本部のクアラルンプールになります。又はUTM(グローバルラボやクアラルンプールのマレーシア工科大学)のDrアミナトン等が大きく関わります。これらの交通費を認めてもらいたい。
- ▶ 10-1-2 日本では港湾、河川に広く採用されている工法の為、マレーシアでも同様に港湾、河川での工法の採用を希望します。(中国問題、一帯一路)

▶ 10-2 デメリット

- ▶ 10-2-1 当初計画でバス2台や、現地通訳等を手配されていましたが、現実的には1台で良かったり、レンタカー移動等に変更でコストパフォーマンスが出来ました。特に通訳は土木の専門用語が多く、途中からほとんど兵動先生にお願いしました。コンサルタントの当初計画とは実態が異なり、経費として認められない項目が多く現状に合わせた精算方式を最低のルールは有るものの、臨機応変に出来ないものでしょうか？

▶ 10-3 注意事項

10-3-1 JICAの案件化調査において、事業主体(例えばアサヒテクノ)には、下記の費用は出ませんので注意して下さい。

① 交通費・・・OK

但し、諸条件がありますので要注意。

② 事業主体の人件費は・・・NG

③ 食事代は?・・・NG、お客様との懇親会費・・・NG →すべてアサヒテクノで負担です。
しかし、飲みニケーションも重要です。

10-3-2 コンサルタントによる現地調査の内容及び日数を適切に管理する必要があります。

▶ 10-4 メリット

- ① JICAマレーシア事務所において、マレーシア政府と中国の関係についてアドバイスを頂けた。
- ② 中国はJKRの様な発注者側と施工者業者の両方に存在アラッカ市の港→中国の軍事基地化
- ③ SWPの特許及びKNOW-HOWの懸念
- ④ SWPのマレーシアでの営業ポイント、パハンも大事ですがジョホールバルの再開発が重要とアドバイスを頂いた。
- ⑤ 新政権と中国との関係をご教授頂いた。

以上の様な、現地の貴重なアドバイスを頂きました。