

第3章 プロジェクトの内容

3.1 プロジェクトの概要

3.1.1 上位目標とプロジェクト目標

バングラデシュ政府は1998年にNational Policy for Safe Water Supply & Sanitation 1998を策定し、全国民に基本的レベルの給水を実現し、1本の管井戸における利用者数を近い将来までに105名から50名にすることを目標とした。1999年に制定したNational Water Policyでは安全で手頃な水の供給を謳い、2004年にはNational Policy for Arsenic Mitigation 2004が策定され、貧困層の住民に対しても安全な水の供給を達成することが謳われた。National Policy for Arsenic Mitigation 2004では、深部帯水層の乱開発と汚染拡大の防止が重視され、給水の水源として地下水よりも表流水にプライオリティが与えられている。いくつかのプロジェクト（ユニセフ、JICA等）において表流水を利用する施設（PSF；ポンドサンドフィルター）が建設されているが、乾季の水枯れや施設維持管理の困難さから、稼働率は深井戸（95%）と比較して著しく低い（58.9%）状況にある（Situation Analysis of Arsenic Mitigation 2009, LGD/JICA 2010）。実際にバングラデシュにおいては2000年頃から砒素汚染対策の代替水源として深井戸が各地で設置されるようになり、現在でも砒素汚染地域における主たる代替水源が深井戸であることには変わりはない。このことは、2008年10月に発表されたNational Strategy for Accelerated Poverty Reduction (FY 2009-2011)でも、砒素汚染対策の代替水源として「深層地下水の利用可能性の調査」が重要であると位置づけられていることでも明らかである。

2011年12月には、Sector Development Plan (FY2011-25)（SDP）が正式に発効された。これは、給水・衛生セクターの2025年までの15年間の開発計画を示したものである。SDPは、15年を短期、中期、長期に分け、それぞれの目標を次のように設定している（表3.1.1）。

表 3.1.1 SDP の各実施段階における目標

実施段階	目 標
短期（FY 2011-15）	すべての国民に基本的レベルの給水サービスの提供
中期（FY 2016-20）	給水サービスレベルの改善、基幹部分におけるSWApの確立
長期（FY 2021-25）	給水サービスレベルの更なる改善、セクター全体でのSWApの確立

各目標における給水率評価の基準は、表3.1.2に示すように定められている。

これまで、バングラデシュにおいて地方給水を管轄する地方行政・農村開発・組合省・地方行政局・公衆衛生工学局（DPHE）や、デベロップメントパートナーにより、砒素汚染地域で約97万基の水源が建設されている。そのほとんどを占めているのは浅井戸（約76万基）と深井戸（約17.5万基）である。砒素汚染地域では浅井戸が利用できないため、深井戸が主たる代替水源として住民に安全な水を供給している（Situation Analysis of Arsenic Mitigation 2009, LGD/JICA

2010)。

表 3.1.2 バングラデシュの給水率評価の基準

最低限達成すべき基準	将来達成すべき改善された基準
2011 年までにすべての住民への給水を達成するために整備すべき給水施設	NPSWSS 1998 の目標を達成するために整備すべき給水施設
次のタイプの独立もしくは共同の給水施設 <u><都市部および地方部></u> <ul style="list-style-type: none"> ● 複数水栓、庭先給水、共同水栓によるパイプ給水 ● 最大100人の住民で使用する公共水栓 ● 安全な水の点給水、例えばハンドポンプ付きの管井戸、ダグウェル、ポンドサンドフィルター (PSF)、保護された湧水、雨水利用。最大100名の住民で共同利用する。私有の点給水の場合は最大5名で利用する。 	次のタイプの独立もしくは共同の給水施設 <u><都市部></u> <ul style="list-style-type: none"> ● 複数水栓、庭先給水、共同水栓によるパイプ給水 ● 最大50人の住民で使用する公共水栓 <u><地方部></u> <ul style="list-style-type: none"> ● 複数水栓、庭先給水、共同水栓によるパイプ給水 ● 最大50人の住民で使用する公共水栓 ● 安全な水の点給水、例えばハンドポンプ付きの管井戸、ダグウェル、PSF、保護された湧水、雨水利用。最大50名の住民で共同利用する。私有の点給水の場合は最大5名で利用する。

しかしながら、本プロジェクト対象地域では、砒素に汚染されていない深部帯水層の上位に礫層が存在することにより、バングラデシュ側が現在保有する掘削リグ・技術では礫層を掘り抜くことができず、砒素に汚染されていない安全な水とされる深部帯水層の地下水開発が阻まれている。

本調査の対象地域を含む西部3県（ジョソール、ジェナイダ、チュアダンガの3県）で実施された「バングラデシュ国砒素汚染地域地下水開発計画調査」（JICA、2000～2002年）では、礫層の分布する層準よりも下位の深度200m以深に安全な地下水が確認されている。同調査では、調査ボーリングと既存ボーリング資料の解析により、深度200m以深の帯水層の連続性が確認されていることから、過去に深層への掘削経験のない地域でも、深部帯水層中に安全な水を確認できる可能性が高いことを示唆している。

これを受け、DPHEは深層地下水の開発を進めてきている。本計画対象地域で安全な水を得るためには、浅部帯水層の下部にある礫層を掘り抜いて深部帯水層に達する深井戸を建設する必要がある。しかしながら、本計画を実施するDPHEが保有するリグは能力不足のため、礫層を掘り抜くことができず、深井戸の建設は進まない状況である。

本計画は、DPHEが礫層を掘り抜くことができる掘削リグを調達した上で井戸を掘削し、DPHEの要員が深井戸掘削技術を向上させることにより、計画対象地域の安全な飲料水へのアクセスを向上させることを目標としている。

本プロジェクトが実施され必要な機材が調達された場合、バングラデシュ側は本調査で策定したアクションプランに基づき、5年間で25本の生産井および35本のハンドポンプ井を掘削することになる。これにより、計画対象地域における現在の給水率58.6%（2012年）が、アクシ

コンプライアンス終了時の2019年には63.6%に向上する。

3.1.2 プロジェクトの概要

(1) 要請内容の検討

本計画は、前項 3.1.1 で述べたプロジェクト目標を達成するために、深層地下水の開発を可能とする掘削リグ・関連資機材、支援車両、物理探査機類を調達するとともに、ソフトウェアにより深井戸掘削技術および地下水探査技術の向上を図るものである。これに関するバングラデシュ国側からの要請内容を、ミニッツにて次のように確認した（表 3.1.3）。

表 3.1.3 ミニッツにて確認した要請機材リスト

番号	資機材名	仕様・内容	数量
1	井戸掘削リグ類		
(1)	車載型掘削リグ	生産井用の口径 20" で深度 400 m まで掘削可能なリグ	1 セット
(2)	車載型掘削リグ	ハンドポンプ用の口径 4" で深度 400 m まで掘削可能なリグ	1 セット
(3)	車載型エアコンプレッサー	—	2 台
2	支援車両		
(1)	クレーン付き貨物トラック	—	2 台
(2)	ピックアップトラック	—	2 台
3	物理探査機器		
(1)	電気探査機および解析ソフト	—	1 セット
(2)	電気検層機および解析ソフト	—	1 セット

ミニッツ調印後、DPHE と調査団は協議を重ねる中で、要請されている機材の数量が不足すると考えられるもの、要請されていないがプロジェクト遂行のために必要となると考えられる機材があることを確認した。DPHE は、これに基づき要請内容の変更を行いたい旨の意思表示があった。変更および追加された要請内容を表 3.1.4 に示す。

表 3.1.4 変更および追加された要請内容

番号	資機材名	仕様・内容	数量	
			当初要請	変更要請
I. 当初要請のあった機材				
1	井戸掘削リグ類			
(1)	車載型掘削リグ	生産井用、深度 400m まで掘削可能なリグ	1 セット	1 セット
(2)	車載型掘削リグ	ハンドポンプ井用、深度 400m まで掘削可能なリグ	1 セット	1 セット
(3)	車載型エアコンプレッサー	—	2 台	2 台
2	支援車両			
(1)	クレーン付き貨物トラック	—	2 台	4 台
(2)	ピックアップトラック	—	2 台	2 台
3	物理探査機器			
(1)	電気探査機および解析ソフト	—	1 セット	1 セット
(2)	電気検層機および解析ソフト	—	1 セット	1 セット
II. 追加して要請された機材				
1. 揚水試験資機材		-	—	1 セット
2. 水運搬車		タンク容量：5 m ³	—	2 台

番号	資機材名	仕様・内容	数量
3.	ワークショップ用資機材	-	1式

変更及び追加された要請内容について、現地調査結果及び国内における検討に基づき、本計画により調達する機材を表 3.1.5 のように決定した。なお、各要請機材についての詳細な検討結果は「3.2. 協力対象事業の概略設計」において記述する。

表 3.1.5 本計画による調達機材

番号	資機材名	仕様・内容	数量
1	井戸掘削リグ類		
(1)	車載型掘削リグ	生産井用、深度 400 m まで掘削可能なリグ	1 セット
(2)	車載型掘削リグ	ハンドポンプ井用、深度 400 m まで掘削可能なリグ	1 セット
(3)	車載型エアリフト/揚水試験ユニット	(生産井用)	1 セット
(4)	車載型エアリフト/揚水試験ユニット	(ハンドポンプ井用)	1 セット
2	支援車両		
(1)	5 トンクレーン付き貨物トラック	(生産井用)	1 台
(2)	3 トンクレーン付き貨物トラック	(生産井用)	1 台
(3)	3 トンクレーン付き貨物トラック	(ハンドポンプ井用)	2 台
(4)	ピックアップトラック	(生産井用)	1 台
(5)	ピックアップトラック	(ハンドポンプ井用)	1 台
3	物理探査機器		
(1)	電気探査機および解析ソフト	-	1 セット
(2)	電気検層機および解析ソフト	-	1 セット
4.	ワークショップ用資機材	-	1式
5.	技術移転用井戸材料		1式
6.	スペアパーツ		1式 (約2年分)

(2) 調査対象地域および対象村落

1) 調査対象地域

本計画の調査対象地域は、浅層地下水が砒素に汚染され、かつ礫層が存在することにより、砒素汚染を免れている深層地下水の開発が阻害されている地域である。調査対象村落は、これらの地域から 30 村落を選定することとなっているため、次のような経緯を経て選定した。

2) 調査対象となる郡の選定

(i) 第 1 段階

JICA 専門家が作成した深部帯水層データベース資料を用いて、礫層が分布するウパジラ (郡) を選定した。この段階で、66 ウパジラが選定された。これには 697 ユニオンが含まれる。

ii) 第 2 段階

“Situation Analysis of Arsenic Mitigation 2009 (LGD/JICA)”のユニオン別リストを利用して、対象となるユニオンを選定した。選定のためのクライテリアは、表 3.1.6 に示す 3 つの要

素である。この選定の結果、10 県、14 ユニオンに分布する 30 ユニオンが選定された。

表 3.1.6 ユニオン（郡）選定のためのクライテリア及び評価点

クライテリア	評価点 1	評価点 2	評価点 3	評価点 4
A 砒素に汚染された井戸の割合 (%)	$A < 25\%$	$25 \leq A < 50\%$	$50 \leq A < 75\%$	$75\% \leq A$
B 人口 1000 人当たりの砒素中毒患者数	$B < 0.5$ 人	$0.5 \leq B < 1.0$ 人	$1.0 \leq B < 2.0$ 人	$2.0 \text{ 人} \leq B$
C 給水率	$60\% \leq C$	$40 \leq C < 60\%$	$20 \leq C < 40\%$	$C < 20\%$

この段階で、DPHE が新たに礫層の存在を確認したナワブガンジ県を対象地域として追加した。なお、ナラヤンガンジ県で候補となった Union については、DPHE の説明によりダッカ市上下水道公社 (DWASA: Dhaka Water Supply and Sewerage Authority) が担当することが判明したため調査対象から除外し、別の村落を選定した。コミラ県は礫層が分布するものの、DPHE の保有技術で問題なく深井戸掘削が可能であることが判明した。このため、コミラ県を対象地域から除外した。

その際、稼働中深井戸本数の多い (50 本以上) 地域と砒素中毒患者の少ない (9 人以下) 地域は、選定から除外した。また、同一県からの選定は、最大 4 ユニオンとした。

さらに、スコア 6 以下のユニオンは、選定から除外した。ただし、砒素中毒患者が 50 人を超えるユニオンは、候補地として選定した。

iii) 第 3 段階

DPHE 地方事務所から各ユニオン毎に 3 村落提示された候補村落について、選定に必要なデータを同事務所より収集した。

各ユニオンから候補として提出された 3 村落について、砒素汚染率、砒素汚染患者数、深井戸数の 3 指標から有意な指標を用いて評価を行い、候補村落を選定した。選定結果について DPHE と協議を行い、最終的な調査対象村落として合意した (表 3.1.7)。

この選定した 30 村落について、現地調査を実施した。

表 3.1.7 調査対象 30 村落

州	県	郡	ユニオン	村落
ダッカ	ファリトプル	ファリトプル ショトール	アリアハット	ヒルマムトプル
			カイジョリ	ブルホガンカバルディ
			クリシュナナガル	ハトウクティヤ
			マジチャー	タヤランプル
クルナ	マニカンジ	ハリランプル	カンチャンプル	クティルハット
			ラジハリ	ラジハリ ショトール
	チュアダンガ	アラムダンガ	ハラティ	アンブナカール
ジェハラ			ハトハリヤ	
ホウリ			ホロトウトウパティヤ	
ナチホタ			ホアルマリ	
ジョソール	チョウカツチャ	チョウカツチャ	ヘルコヒンダプル	
		ジヤカテシユプル	マルア	

州	県	郡	ユニオン	村落	
			パティビラ	プラフタ	
			フルサラ	バルイハティ	
	ジエナイダ	ジエナイダシヨトール マヘシュプル	パトマカル	アチンタナカール	
			ファテプル	クリシュナチャントラプル	
	クステイア	ヘラマラ	タラムプル	ノースハバナプル	
			ジュニダ	ジャグシヤール	
			モカリンプル	ナウダケメテイアル	
	メハルプル	メハルプルシヨトール	プラクプル	ハクリア	
			アミフビ	アランプル	
	ラジシャヒ	ナワバカンジ	ナワバカンジシヨトール	チャーアヌフナカール	アヌフナカール
マハラジンプル				モハラジンプル	
ラニハチ				コラハキア	
ハブナ		ヘラ	シバカンジ	チャトラジンプル	サトラジンプル
			マスムデイア	カエハリ	
			ナツンハレンガ	モリチャハラ	
			ホルシヤハ	シャニラ	
			ルツンプル	ホロナカオン	

(3) バングラデシュ側の井戸掘削計画およびアクションプラン

バングラデシュ側（DPHE）が有する井戸掘削計画は、全国を対象とするもので次の2つで構成されている。

- 県ポルシャバの管路給水施設の水源用深井戸（以下、「生産井」）
- 村落におけるハンドポンプ用深井戸（以下、「ハンドポンプ井」）

計画によれば、砒素汚染地域で2017年までに、生産井43本、ハンドポンプ井256本を掘削する予定である。ただし、ポルシャバには人口が密集した中心部から離れた村落部も存在するため、実際の井戸掘削に際してはその状況に応じた選択が行われると考えられる。

計画の内、本調査の対象地域内での掘削予定本数は、生産井28本、ハンドポンプ井30本である。なお、DPHEの深井戸掘削計画は、平成23年11月24日に調印された本調査のミニッツに添付されている。本調査では、DPHEの掘削計画をベースとして、本プロジェクトで井戸掘削リグを調達後の5年間を対象としたDPHEのアクションプランを策定した。掘削すべき井戸の形式は、管路給水用の生産井およびハンドポンプ用の深井戸の2形式である。アクションプランの概要を表3.1.8に示す。

表 3.1.8 アクションプランの概要

	生産井	ハンドポンプ井
計画工程	2015年1月から2019年12月までの5年間	
対象地域	ダッカ州の2県、クルナ州の5県、ラジシャヒ州の2県（合計9県）の中心地（県ポルシャバ）	本調査で選定された35村落
掘削本数	25本	35本
裨益人口	200,000人	16,425人
合計裨益人口	216,425人	

なお、アクションプランの詳細は、「3.3 相手国分担事業の概要、(3) アクションプラン（5年間の井戸掘削計画）の実施」において述べる。

3.2 協力対象事業の概略設計

3.2.1 設計方針

(1) 基本方針

本計画における基本方針は、以下の通りである。なお、コスト縮減に留意しつつバングラデシュ国 DPHE 向けの機材調達案件として適正な規模および仕様を決定する。

- 1) 要請された井戸掘削用機材、同関連資機材、物理探査用機材、支援車両のうち、妥当性が確認された機材の調達を計画する。
- 2) 要請されていない資機材について、プロジェクトを推進する上で必要不可欠なものについては調達を計画する。
- 3) 調達予定機材を使用して、DPHE が実施する深井戸掘削および物理探査について、技術指導（ソフトコンポーネント）を計画する。

(2) 自然環境条件に対する方針

- 1) プロジェクト対象地域の深層地下水を開発するために、礫層を掘り抜くことができ、かつ深度 400m 程度の掘削能力を有する井戸掘削機の調達を行うことを計画する。
- 2) 対象地域のアクセスは未舗装であることが多く、雨季には泥濘化する可能性があるため、四輪駆動車（6x4 および 4x4）を計画する。
- 3) DPHE が 5 年間に行う井戸掘削のアクションプランは、アクセスが悪化する雨季を考慮した計画とする。

(3) 社会経済条件に対する方針

バングラデシュでは、1990 年代に 97%に達した管井戸による安全な水の給水率は、砒素汚染が確認されたことにより大幅に低下した。

本調査では、対象地域の 30 村落において、社会経済条件を行なった。その結果、村落の給水状況に関し、下記のような現状が判明した。

- 各村の給水施設の内、約 17%は砒素による汚染が確認されている浅井戸である。
- 各村の給水施設の内、約 24%は砒素濃度が未確認である浅井戸であり、今後砒素検査が行われることにより砒素汚染が確認される可能性がある。
- 住民の約半数は、砒素に汚染されていない水源もしくは既存の水源の砒素濃度の確認を要望している。

上記に示されるように、砒素に汚染されていない水に対する住民の要望は大きい。したがっ

て、砒素に汚染されていない安全な水とされる深部帯水層の地下水の開発を可能とする井戸掘削機器の調達を行う方針とする。

(4) 調達事情もしくは業界の特殊事情／商習慣に対する方針

掘削リグおよび掘削関連資機材については現地での製造は行われていない。ケーシングパイプについては、バングラデシュ国内の配管材メーカーが一部のサイズを製作しているものの、ケーシングパイプとして一括して納入することのできるメーカーはなく、日本調達業者による調達管理は困難である。したがって、これらの資機材の調達は、計画される井戸構造・掘削工法に適した仕様・性能面で優位性を持ち、アフターサービス体制に問題のない本邦メーカーからの調達とする。同様に、支援車両（トラックおよびピックアップ）は本邦メーカーからの調達とする。ただし、ピックアップについては日本国内では生産しておらず、タイ生産品であるため、本邦メーカーのタイ製製品とする。

技術移転のための井戸掘削に使用する井戸掘削材料およびワークショップ機材についても、上記の配管材料以外は専門のメーカーはバングラデシュ内には存在しない。技術移転のための、井戸掘削材料およびワークショップ機材については、本邦調達とするが、技術移転後の DPHE 自身の調達による材料との整合性を図り、ハンドリングツール等が共通で使用できるような製品を選定するものとする。

井戸用充填砂利、セメント、軽油・油脂類等の掘削工事消耗材料は国内で生産されており、安定供給されている。したがって、調達業者による技術指導において、調達業者により現地製品を調達して支給するものとする。

(5) 現地業者の活用に係る方針

本プロジェクトにおいて、据付工事等は、調達業者の技術者による機材の DPHE の納入、開梱のみであり、据付のための工事は含まれない。したがって、据付工事のための現地業者への工事発注はない。

(6) 運営・維持管理に対する対応方針

調達機材を用いた深度 400 m の深井戸の直営班による掘削工事は、未経験の分野である。また、現在 DPHE が行っている掘削工事に関する業務は、請負業者の自社機材もしくは DPHE からの貸出機材による請負工事の管理に限定されており、直営班による掘削工事の体制および技術的ノウハウを有していない。掘削機材の維持管理についても、これまで DPHE は機材の貸出先の掘削業者に維持管理を委託していたため、維持管理のためのワークショップを有していない。

DPHE の井戸掘削アクションプランの実施のため、DPHE は物理探査・掘削工事・揚水試験・ワークショップの作業班および管理部門の体制を整備する計画である。また、機材維持管理のためのワークショップおよび資機材置場の整備も行なう。

本プロジェクトには、上記の体制による DPHE の掘削工事実施能力向上を支援するため、調達業者による現場技術指導、ソフトコンポーネントによる物理探査技術および掘削計画・管理技術指導を含むものとする。

(7) 機材のグレードの設定に係る方針

井戸の用途に応じた揚水量、地質状況に応じた掘削口径を選定し、適切な井戸構造を設計する。また、掘削孔径・掘削深度に応じ、礫層および固結した砂層の掘削、浅部帯水層と深部帯水層の遮水といった技術的課題を考慮し、適切な掘削工法を選定し、それに対応可能な能力を有する機材を選定する。

(8) 工法／調達方法、工期に係る方針

1) 資機材調達国

調達機材は、1) 井戸掘削機器類、2) 支援車両、3) 物理探査・検層機器、4) ワークショップツールズ、5) 技術移転用井戸材料、6) スペアパーツである。品質の確保、アフターサービスおよび技術移転の円滑な実施の面から、機材は基本的に本邦調達とする。ただし、ピックアップトラックについては本邦メーカーは日本国内での製造を中止しているため、本邦メーカーのタイ製品を調達するものとする。

技術移転用井戸材料の内、ケーシング材料、ビット材料、泥材は本邦調達とするが、技術移転のための3か所の井戸掘削終了後の現地産品を用いた井戸掘削に支障をきたさぬよう、ケーシングツールズ等は本邦調達品と現地産品で共用可能な仕様とするよう留意する。

技術移転用井戸材料の内、井戸充填砂利、セメント、燃料、雑材料等の現地消耗品については、円滑な技術移転の実施のため、調達業者により、掘削サイト毎に支給するものとする。技術移転終了後は、DPHE 独自に遅滞なく資材調達を行なえるよう、ソフトコンポーネントを通じた調達計画・管理の指導を行う。

2) 工期に係る方針

本邦調達機材の製作期間については、リバース工法に対応する特殊な掘削機であること、2011年3月の東日本大震災による、車両、コンプレッサ、発電機等の生産工程への影響等を考慮するものとする。

海上輸送については、在来船およびコンテナ船の発船予定、輸送期間、現地通関期間等を考慮する。

現地到着・通関後の工程については、搬入、試運転、初期操作指導および3か所の井戸掘削による運用指導とソフトコンポーネントの工程を考慮する。

(9) 準拠する規格

準拠する規格は、ISO・BS・API・DIN・ASTM・JCS・JEC・JEM・JIS とする。

3.2.2 基本計画（機材計画）

(1) 全体計画

バングラデシュ側から要請された機材は、3.1.1 で述べたプロジェクト目標を達成するために必要な井戸掘削リグ、物理探査機器、支援車両等である。調達された機材は、プロジェクト対象地域における深井戸（生産井およびハンドポンプ井）の掘削に充当される。

調達された機材は、ダッカ市の北方に位置するトンギ事務所に保管される予定である。トンギ事務所は、倉庫や駐車スペースを有している。調達機材全体を保管するためには改修が必要であるが、本計画が実施された場合は井戸掘削リグ、関連機材、支援車両等は、このトンギ事務所に配置され、維持管理もここで行われる計画である。必要となるトンギ事務所の改修計画の詳細については、3.3 相手国分担事業の概要において述べる。

(2) 機材計画

本計画で調達される機材の内、主要な機材について、内容、数量、使用目的等を表 3.2.1 に示す。

表 3.2.1 調達機材の内容、数量、使用目的

番号	資機材名	仕様・内容	数量	使用目的
1	井戸掘削機器類			
(1)	車載型掘削機	生産井用、深度 400m まで掘削可能なリグ	1 セット	生産井の掘削
(2)	車載型掘削機	ハンドポンプ井用、深度 400m まで掘削可能なリグ	1 セット	ハンドポンプ井の掘削
(3)	車載型エアリフト/揚水試験ユニット	コンプレッサ：12/m ³ 、12 気圧 ポンプ：80 m ³ /時、40 m ³ /時、揚程 50m	1 セット	生産井の井戸仕上げ、揚水試験
(4)	エアリフト/揚水試験ユニット	コンプレッサ：5/m ³ 、7 気圧 ポンプ：1.0 m ³ /時、揚程 50m	1 セット	ハンドポンプ井の井戸仕上げ、揚水試験
2	支援車両			
(1)	5 トンクレーン付き貨物トラック	GVW26 トン、積載重量 10 トン 駆動 6x4	1 台	生産井掘削用ツール・資材等の運搬
(2)	3 トンクレーン付き貨物トラック	GVW26 トン、積載重量 10 トン 駆動 6x4	3 台	生産井・ハンドポンプ井掘削用ツール・資材等の運搬
(3)	ピックアップトラック	ダブルキャビン、駆動 4x4、積載重量 0.5 トン	2 台	掘削用資材の運搬
3	探査機器			
(1)	電気探査機および解析ソフト	探査方式：垂直探査 探査深度：最大 500m	1 セット	井戸掘削地点選定のための電気探査
(2)	電気検層機および解析ソフト	測定深度：最大 400m 測定項目：比抵抗、SP、 γ 線	1 セット	井戸構造決定のための孔内検層

1) 掘削リグ

(i) 調達の妥当性

表 3.2.2 に DPHE 所有の 2 台の掘削リグの能力を示す。

No.1 リグは製造から 51 年、No.2 リグは 25 年が経過しており老朽化が進んでいる。No.1

リグはダイレクトロータリー工法専用機であり、No.2 リグは本来リバースロータリー工法が可能であったが、リバースポンプの故障により、現在はダイレクトロータリー工法のみが使用可能である。

本調査における DPHE 掘削班および民間掘削業者からの聞き取り結果によれば、対象地域において掘削の障害となっているのは、「礫層」および「固結した砂層」の存在である。DPHE 所有のリグは、双方共にポンプ能力の不足や掘管の口径が小さいこと等により、それらの問題に対応することができない。したがって、深層地下水を開発するためには、要請されている掘削リグが必要である。

表 3.2.2 DPHE 既往掘削リグの能力

項目	掘削リグ No.1	掘削リグ No.2
型式	米国製 (Buffalo)	フランス製 (オランダからの供与品)
製造年	1960	1986
掘削工法	ダイレクトロータリー	ダイレクトロータリー/リバースロータリー (現在、リバースロータリーは使用できない)
最大掘削深度	335 m	240 m
最大口径	560 mm (22")	560 mm (22")
引張荷重	7 tons	15 tons (機材老朽化のため、実能力は 8 tons 程度)
出力	250 HP	不明
トラック	10 輪トラック	4 輪トラックタイプ
掘管		
外径	2-3/8"	2-7/8"、3-1/2"
重量	10 kg/m	17 kg/m (2-7/8") 21 kg/m (3-1/2")
単位長さ	3 m および 6 m	3 m
所有本数	6 m x 55 本 3 m x 110 本	3 m x 31 本 (2-7/8") 3 m x 25 本 (3-1/2")
ドリルカラー		
外径	5"	-
単位重量	131 kg/m	-
単位長さ	7.5 m (1 tons)	-
所有本数	1 本	-
掘削ビット	8"~22"ブレードビット (軟質層用) インサートビット (硬質層用)	
泥水ポンプ	750 L/分、0.7 MPa、エンジンタイプ (350 HP)	750 L/分、0.7 MPa

一方、DPHE は、現在井戸掘削作業は民間業者に委託しているが、掘削経験を有する複数の要員がその管理を行っている。このため、DPHE の要員を整備し、必要な技術指導を行えば、要請されている掘削リグを用いて深井戸掘削を行うことが可能である。

以上から、井戸掘削リグを調達することは妥当である。また、生産井用の井戸およびハンドポンプ用井戸の掘削を並行して行う必要があることから、掘削リグを 2 台調達する必要がある。

(ii) 掘削リグの選定で考慮すべき水理地質条件

詳細な地下地質調査の事例が少ないために、バングラデシュの帯水層特性は十分には解明されていない。地質試料の採取を含む詳細な地下地質調査は、地下水砒素汚染地域において、BGS/DPHE (2001) および JICA (2002) によって実施されたものだけである。これらの調査結果によると、調査地域の帯水層は大きく3層準に区分される(表 3.2.3)。本調査においては、これらの地下地質調査 (BGS/DPHE 2001、JICA 2002) による区分に基づいて、上位の2帯水層を「浅部帯水層」、最下位の帯水層を「深部帯水層」とした。表 3.2.3 に地下地質と帯水層区分を示す。

表 3.2.3 地下地質と帯水層区分

地質年代	JICA (2002)			BGS/DPHE (2001)	本調査
	地下地質	地層の特徴	帯水層区分	帯水層区分	帯水層区分
完新世	A層	粘土、シルト、極細粒砂、細粒砂	第1帯水層	上部浅層帯水層	浅部帯水層
	B層	細粒砂、中粒砂			
後期更新世	C層	砂、礫	第2帯水層	下部浅層帯水層	
鮮新-更新世	D層	粘土、シルト、砂、礫	第3帯水層	深層帯水層	難透水層 (粘土、シルト) / 深部帯水層 (砂、礫)
	E層	シルト、砂			深部帯水層

バングラデシュでは、「深部帯水層」と「深井戸」の定義に、かなりの混乱が見られる。DPHE による「深井戸」の認識は、以前は深度のみにより規定されていた。しかしながら、砒素汚染が認識されて以来、浅部帯水層が難透水層によって分離されていることが考慮されるようになった。深井戸は本来、難透水性粘性土層の下位に分布する「深部帯水層」中に設置されるべきものである。しかし、いくつかの「深井戸」は、100~150 m 程度の浅部帯水層の深度に設置されている。また、農業用の場合、深井戸は浅井戸より深いものの、深度は 100 m 程度でしかなく、農業用地下水は浅部帯水層から取水されている。

ほとんどの飲料水用と農業用の浅井戸は、浅部帯水層のうち、最も砒素汚染の著しい A 層 (第 1 帯水層) に設置されている。いくつかの飲料水用浅井戸と農業用深井戸は、A 層の下位の B 層 (第 1 帯水層) に設置されており、この B 層は A 層に比べて透水性がよく、砒素汚染の程度も低い。浅部帯水層のうち、C 層 (第 2 帯水層) は礫を含む粗粒堆積物を主体とすることから、より透水性は良好であるが、特定の地域 (ジョソール県チョウガッチャ郡など) で砒素が検出される。さらに、C 層の層厚は、60 m から 140 m まで、地域によって大きく異なる特徴が認められる。深部帯水層 (第 3 帯水層) を構成する D 層と E 層には一部地域を除いて一般的に砒素は検出されず、砒素汚染地域における代替水源の対象となる帯水層である。

なお、D 層は粘土層、シルト層、砂層、礫層などの様々な地層から構成されており、このうちの粘性土層 (粘土層、シルト層) は難透水層として機能し、D 層の上位に位置する浅部帯水層と下位に位置する深部帯水層とを水理地質的に区分していると考えられる。

ただし、既往調査によれば、この粘性土層（難透水層）が欠如している地域があることが認められている。それらの地域では浅部帯水層と深部帯水層との間に地下水の流動を妨げる明瞭な難透水層が存在しないため、深部帯水層の利用に当たっては砒素に汚染された浅部帯水層からの地下水流入を防止するために確実な遮水を行う必要がある。

これまで深部帯水層の利用を阻害してきた礫層（主としてC層）の対象地域における分布に関して、本調査で実施した電気探査と既存資料の検討から、最深で約 250m 程度の深度まで存在している可能性があることが明らかとなった。また、この礫層の下位に位置する深部帯水層と考えられる地層についても電気探査によって捉えられている地点があり、その下面深度は約 350m 程度あるいはそれ以深まで及んでいる可能性がある。

(iii) 掘削工法の検討

i) DPHE 所有機材の能力

対象地域では、礫層の存在により、DPHE 所有の掘削リグでは掘削が困難であり、それが深層地下水開発の障害となっている。

以下に、それぞれの障害の原因と、考慮すべき対策について記す。

ii) 礫層による掘削障害の原因と対策

(a) 原因

前述したように、DPHE は 2 台の掘削リグを所有しており、ダイレクトロータリー工法により掘削を行なっている。礫層の存在する地域で井戸掘削を行なう場合、下記の原因により、掘削が困難となっていると考えられる。

図 3.2.1 に示されるように、ダイレクトロータリー工法による掘削において、粒径の小さな砂は少ない送泥量でも容易に排出する

ことができるが、粒径の大きな礫は大量の送泥により、掘削孔と掘管の間隙の流速を確保しなければ掘り屑がビット近くに滞留し掘削の進捗を阻害する。

DPHE 所有の送泥ポンプは 750 L/分の小型のポンプであり、17-1/2”の掘削を行う場合の流速は約 4 m/分である。したがって、礫層を掘削するには極端な掘進率の低下が生じ、掘削を継続することが困難になると考えられる。

(b) 対応策

ハンドポンプ井の場合、主要な掘削部分は 10～100 m の 14-3/4”孔と 100～400 m の 10-5/8”孔である。1,200 L/分級の中型の送泥ポンプを採用し、下記に記すように大容量の送泥に対応するための大口径(4-1/2”)の掘管および 400 m 分の大口径の掘管の重量に対応可能な

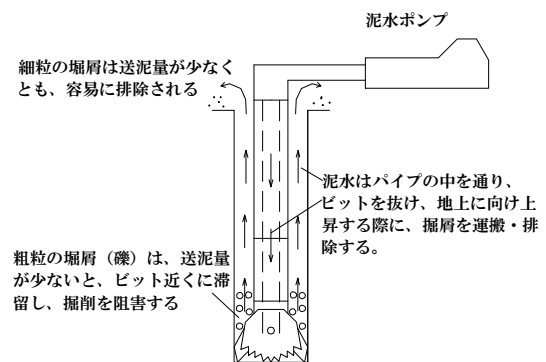


図 3.2.1 送泥ポンプ能力不足による礫層掘削の障害

吊上能力を有する掘削機を導入すれば、ダイレクトロータリー工法により対応が可能である。

DPHE 所有の 2-3/8”～3-1/2”の掘管を 400 m 深度の掘削に使用し、1,200 L/分の送泥を行った場合、掘管の内径が小さいため、管内の摩擦損失が大きくなり、3 MPa 以上の高圧の泥水ポンプが必要となる。可搬型の送泥ポンプの圧力は通常 2 MPa 以下であるので、内径のより大きな 4-1/2”の掘管を使用し、管内摩擦損失を低減する必要がある。3-1/2”の掘管の単位重量が約 21 kg/m であるのに対し、4-1/2”の掘管の単位重量は 27 kg/m であり、より大きな引上能力を有する掘削リグを選定する必要がある。

生産井の場合、主要な掘削部分は 10～100 m の 24”孔と 100～400 m の 20”孔である。口径が 17-1/2”を超えるため、1,200 L/分級の送泥ポンプを使用しても、効率的な掘削は困難である。17-1/2”を超える口径の掘削にはリバースロータリー工法による対応が必要である。リバースロータリー工法の原理については、iv) リバースロータリー工法とダイレクトロータリー工法にて後述するが、ダイレクトロータリー工法とは逆に、泥水を掘削孔と掘管の間隙から注入して、パイプ内を上昇させることにより流速を確保し、大きな粒径の礫を効率的に排出することが可能となる。

リバースロータリー工法では掘管として 6”のリバースロッドを用いる。6”のリバースロッドの単位重量は 40～50 kg/m であり、4-1/2”掘管よりもさらに大きな引上げ能力を有する掘削リグの選定が必要になる。

iii) 固結した砂層による掘削障害の原因と対策

(a) 原因

バングラデシュでは、水井戸の掘削には、ほとんどの場合ブレードビット（現地ではカッター: cutter と呼ばれる）が使用されている（図 3.2.2）。十分な間隙流速を確保することができれば、ブレードビットは砂礫・粘土層の掘削に有効である。しかし、対象地域の北部の一部に存在する固結した砂層に対しては、ブレードビットでは掘進が不可能である。

(b) 対応策

固結した地層に対しては、ブレードビットではなく、すりつぶし効果により掘進する、硬質用のトリコンビットを使用する必要がある（図 3.2.3 参照）。

トリコンビットの使用に当たっては、ドリルカラー（重量掘管）をビット直上に接続し、1～3 トンのビット荷重を付加する必要がある。

それぞれの掘削リグは、リバースロッドまたは掘管とドリルカラーの重量の合計に、抑留事故時に対処するための安全率を加味した吊上能力を有する必要がある。表 3.2.4 に示されるように、ハンドポンプ井用掘削リグについては、15 トンの、生産井用掘削リグについては 24 トンの掘削編成ツールズ吊上能力が必要である。



図 3.2.2 砂礫・粘土層掘削のためのブレードビット (バングラデシュ民間掘削業者製作)

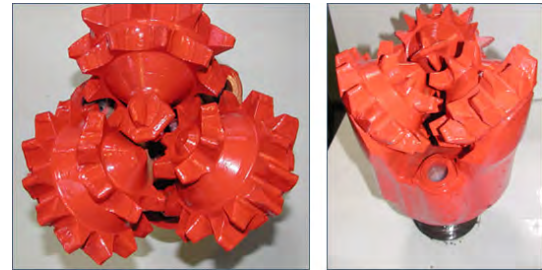


図 3.2.3 硬質層掘削のためのトリコンビット (国産)

表 3.2.4 掘削リグ吊上能力

ハンドポンプ井用掘削リグ吊上能力			生産井用掘削リグ吊上能力		
4-3/4"掘管			6"リバースロッド		
単位重量 (kg/m)	27		単位重量 (kg/m)	50	
長さ (m)	388		長さ (m)	397	
総重量 (ton)	10.5		総重量 (ton)	19.9	
8"ドリルカラー			6"リバースカラー		
単位重量 (kg/m)	225		単位重量 (kg/m)	400	
長さ (m)	12		長さ (m)	6	
総重量 (ton)	2.7		総重量 (ton)	2.4	
総重量	13.2		総重量	22.1	
安全率 (抑留事故対策)	1.1		安全率 (抑留事故対策)	1.1	
必要吊上能力 (トン)	15		必要吊上能力 (トン)	24	

iv) リバースロータリー工法とダイレクトロータリー工法

上述したように、本プロジェクトの生産井はリバースロータリー工法により、ハンドポンプ井はダイレクトロータリー工法により掘削を行う。

ダイレクトロータリー工法では、送泥ポンプにより掘管内部に泥水を圧送し、掘削孔と掘管の間隙の泥水の上昇流によって、掘屑を排除する(図 3.2.4 参照)。それに対し、リバースロータリー工法では、掘管内部から泥水を吸

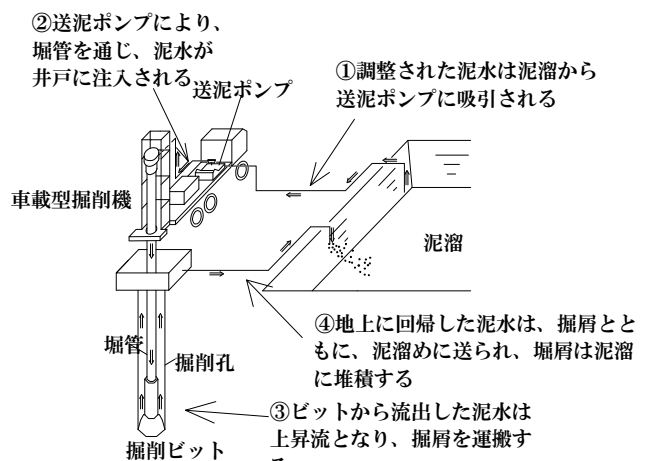


図 3.2.4 ダイレクトロータリー工法の原理

い出して排出し、固形分を除去した泥水を自然流下またはサンドポンプにより井戸内に掘管の外側から戻すことによって泥水を循環する方式である。掘り屑は、掘管底部から吸い上げられ、掘管内の上昇流により地上まで運搬され、排除される。リバースロータリー工法用のポンプピストンポンプに比べ大容量(最大 4,000 L/分)とすることが可能である。また掘管内部の断面積は、孔-掘管の間隙の断面積に比べて小さいため、大きな流速を確保することができる。リバースロータリー工法では 200 m/分の管内流速を確保することにより、大径の礫の排出を行うことが可能である。

リバースロータリー工法には、サクシヨンポンプ法(図 3.2.5 参照)とエアリフト法(図 3.2.6 参照)がある。サクシヨン法はエアリフト法に比べ作業性は良いが、適用できる掘削深度は約 100 m であるため、深度 400 m までの掘削が必要となる本計画の井戸掘削には適用できない。エアリフト法では、掘管内の泥水に空気を混合して比重を軽くし、掘管外の泥水との比重差により掘管内に上昇流を発生させて掘屑を孔外に排出する。深度 400 m までの掘削が可能であるが、地上から深度 30 m までの掘削では、比重差を十分に確保できず十分な上昇流が発生しないため掘削することができない。したがって、0~30 m はダイレクトロータリー法により掘削し、30~400 m はリバースロータリー工法(エアリフト式)により掘削するものとする。生産井の 0~30 m の区間の孔径は、28"および 24"と大口径であるが、濃泥を使用することにより濃泥を使用することにより適用が可能である。ただし、濃泥を使用しない通常のダイレクトロータリー工法に比べて大量の泥材をつかうことと、深度が深くなると送泥圧力が過大になり、送泥ができなくなるため、30 m 以深はリバースロータリー工法(エアリフト式)に切り替える必要がある。

リグ搭載型の泥水ポンプ、独立した車載型の高圧コンプレッサおよびダイレクトロータリー工法用/リバースロータリー工法用へ切替が可能なスイベルを含む掘削機材を選定することにより、上記のダイレクトロータリー工法およびリバースロータリー工法(エアリフト式)の切替による生産井の掘削が可能となる。したがって、本計画の生産井用掘削機材にはそれらの機材を含めるものとする。

リバースロータリー法の設備は、ダイレクトロータリー法に比べ複雑である、また、掘管内やポンプ等の閉塞・間隙の水位低下による崩壊の発生等、掘削の障害を防ぐため、泥水管理が非常に重要であり、サイクロンスクリーン等の固液分離機器を使用して、泥水のソリッドコントロールを行う必要がある。

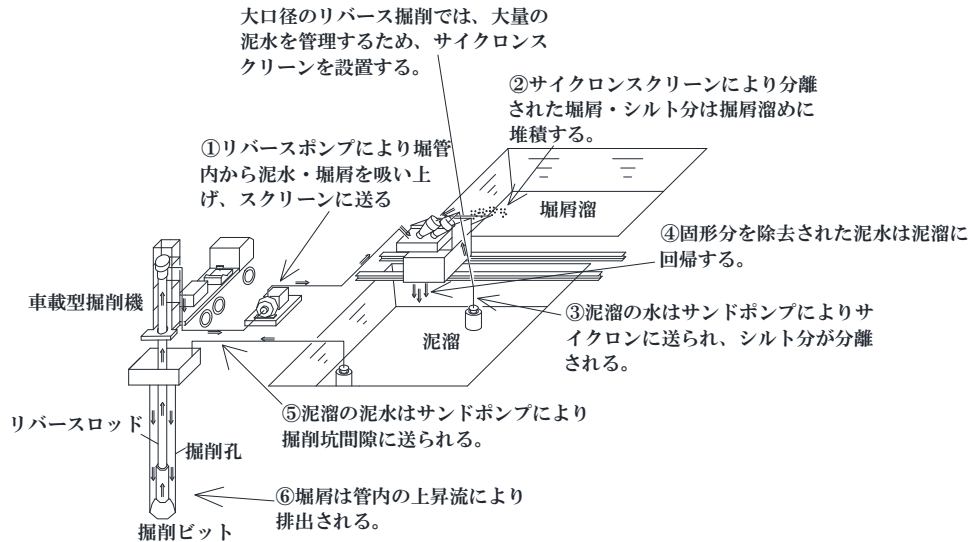


図 3.2.5 リバースロータリー工法（サクションポンプ式）の原理

(最大掘削深度 100 m、本計画では採用しない)

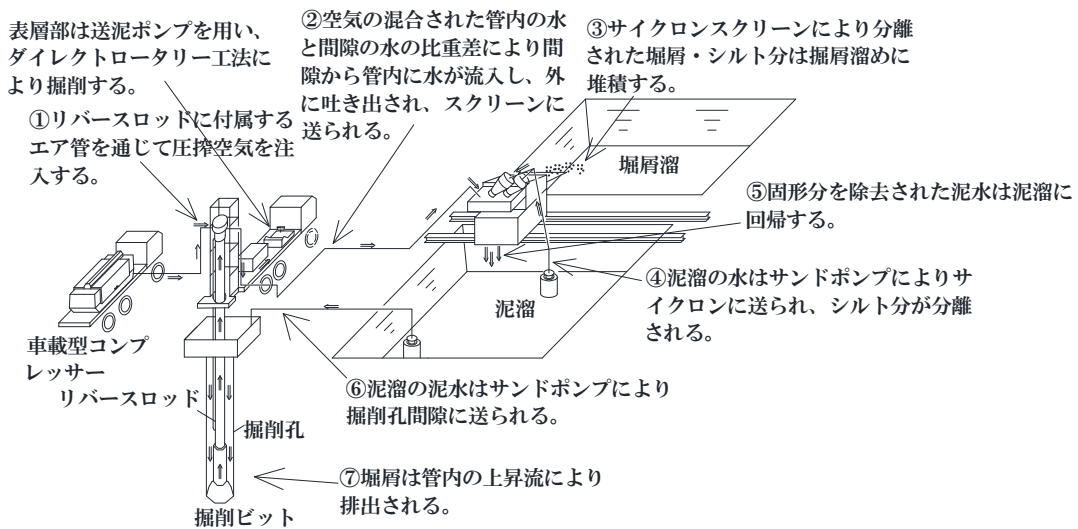


図 3.2.6 リバースロータリー工法（エアリフト式）の原理

(最大掘削深度 400 m、本計画の生産井掘削は 0~30 m をダイレクトロータリー工法で、30~400 m をリバースロータリー工法（エアリフト式）で掘削する)

v) セメンチングの方法

浅部帯水層と深部帯水層の間の遮水を行うための遮水セメンチングと、表層部の生活排水流入防止のための表層セメンチングを行う。遮水セメンチングと表層セメンチングの仕様を表 3.2.5 に示す。生産井の場合は、遮水セメンチングでは約 3.3 トン、表層セメンチングでは約 3.8 トンのセメントスラリーを混合し、セメンチングポンプによりトレミー管を通じて井戸内に打設する。遮水セメンチング作業の概念図を図 3.2.7 に示す。

表 3.2.5 セメンチング仕様一覧表

項目	生産井		ハンドポンプ井	
	遮水セメンチング	表層セメンチング	遮水セメンチング	表層セメンチング
セメント種	普通ポルトランドセメント			
スラリー比重	1.7			
セメント比重	3.3			
セメンチング深度 (m)	285-300	0-10	285-300	0-10
セメンチング高さ (m)	15	10	15	10
孔-ケーシング	20"孔-6"ケーシング	28"孔-12"ポンプハウジング	10-5/8"孔-2"ケーシング	17-1/2"孔-3"ポンプハウジング
間隙容量 (L/m)	181	317	54	148.9
スラリー量 (L)	3263	3810	978	1785
セメント重量 (kg)	3278	3828	979	1793
セメント袋数 (50 kg/袋)	66	76	20	36
溶解水量 (L)	2271	2652	678	1242

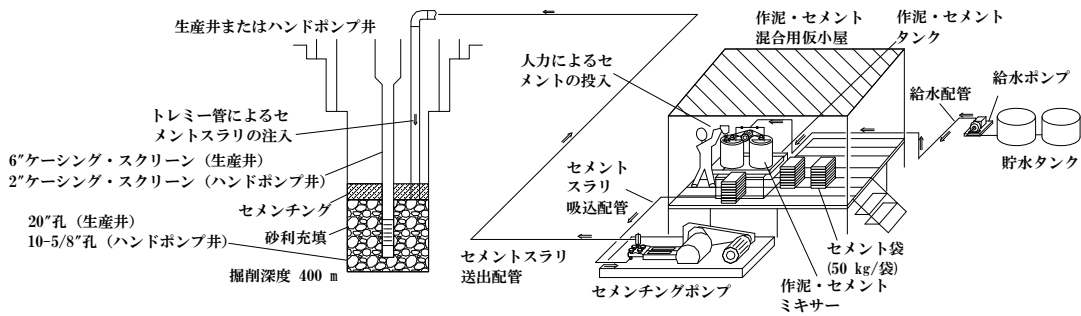


図 3.2.7 遮水セメンチング作業概念図

vi) ケーシングパイプの選定

バングラデシュでは、一般的に API Line Pipe 規格のパイプを水井戸のケーシングパイプとして使用している。技術移転のための3か所の井戸掘削の材料については、調達管理・品質管理上、ケーシングパイプは本邦調達品とする。ケーシングパイプは配管用炭素鋼鋼管 (SGP)、圧力配管用炭素鋼鋼管スケジュール-40 (STPG Sch-40) または一般構造用鋼管 (STK) 規格のパイプを使用する。

表 3.2.6 にケーシングパイプの規格を示す。

表 3.2.6 ケーシングパイプ規格表

掘削段	生産井				ハンドポンプ井			
	第1段	第2段	第3段		第1段	第2段	第3段	
深度 (m)	0~10	0~100	0~50	50~385	0~10	0~100	0~50	50~385
摘要	26"ケーシング	22"ケーシング	12"ケーシング	6"ケーシング	16"ケーシング	12"ケーシング	3"ケーシング	2"ケーシング
使用管材	26" STK	22" STK	12" STPG Sch-40	6" STPG Sch-40	16" SGP	12" STPG Sch-40	3" STPG Sch-40	2" STPG Sch-40
外径 (mm)	660.4	558.8	318.5	165.2	406.4	318.5	89.1	60.5
内径 (mm)	636.4	539.8	297.9	151.0	390.6	297.9	78.1	52.7
厚み (mm)	12.0	9.5	10.3	7.1	7.9	10.3	5.5	3.9
接続	両端ベベルエンド	両端ベベルエンド	ネジ	ネジ	両端ベベルエンド	両端ベベルエンド	ネジ	ネジ
単位重量 (kg/m)	192.0	129.0	78.3	27.7	77.6	78.3	11.3	5.44
長さ (m)	10	100	50	330	10	100	50	330
重量 (トン)	1.9	12.9	3.9	9.1	0.8	7.8	0.6	1.8
総重量 (トン)	1.9	12.9	13		0.8	7.8	2.4	

(iv) 井戸構造

対象地域における浅部の層（表 3.2.3 の A 層および B 層）は、細砂分が多く、崩壊性の地層である。この浅部の層の深度は既往資料から、最大 100 m と予想される。DPHE 掘削班および民間掘削業者への聞き取りによれば、掘削孔の崩壊に対しては、保護ケーシングにより崩壊を防止する対策を取っている。特に表層部は崩壊性が強く、また井戸元洗掘防止の必要もあるため、表層部には約 10 m の表層ケーシングを設置し、10 m 以深 100 m までは中間ケーシングを設置して崩壊を防止する必要がある。

表 3.2.3 に示される C 層から E 層は、崩壊性の少ない地層であり、100 m 以深は 1 段掘削が可能であると考えられる。電気探査結果から、礫層(主として C 層)の深度は、最大 250 m であると予想される。礫層を掘り抜いた後、礫層と深部帯水層との間に十分な厚さの粘土層が存在する場合は、粘土層の位置でセメンチングによる遮水工を施す。十分な厚さの粘土層が存在しない場合は、浅部帯水層の水の深部帯水層への流入を防止するため、スクリーン頂部は礫層底部から 100 m 以深に設置する。その場合スクリーン頂部の深度は 350 m となり、スクリーン(24 m)、砂溜(6 m)、余掘り(20 m)の構造を確保するために、深度 350 m からさらに 50 m を掘削する必要がある。したがって、掘削深度は、最大 400 m である。浅部帯水層から深部帯水層への水の流入を防止する遮水工は、粘土玉による方法ではトレミー管を使用することができないため、砂利頂部まで到達しない危険性がある。また粘土玉の性質上空隙が生じやすく十分な遮水効果が期待できない。したがって、トレミー管による砂利頂部へのセメントスラリの直接注入が最も効果的な遮水方法である。

井戸洗浄中に、砂利中の細粒分が洗われ、砂利頂部が低下することを見込み、最低でもスクリーンの上 10 m までは砂利を充填する必要がある。

また、深部帯水層の砂・粘土互層に含まれる粘土層の層厚は、薄い場合と厚い場合があ

る。十分な厚さを持つ粘土層が、スクリーン頂部から近い位置に存在しない場合、井戸砂利の高さを十分な厚さを持つ粘土層の底部その位置まで立ち上げる必要がある。したがって、地質状況に応じて、スクリーン頂部から最低 10 m、最大 50 m 上の深度まで砂利を充填し、その上部に遮土工を施す。

i) 生産井の井戸構造

(a) 生産井の仕様

生産井は、県ポルシャバのパイプ給水施設の水源井戸である。表 3.2.7 に生産井の主要な仕様を示す。

表 3.2.7 生産井の主な仕様

項目	仕様
深度	400 m
最大揚水量	80 m ³ /時
揚水ポンプ	電気式水中ポンプ
ポンプハウジング、ケーシング・スクリーン	ポンプハウジング: 12"鋼管 ケーシング: 6"鋼管 スクリーン: 6"ステンレス管

以下に、上記のそれぞれの項目についての、設計の方針を示す。

(b) 最大揚水量

生産井の給水対象は、県ポルシャバであり、DPHE は通常 50~120 m³/時の水量を 1 本の生産井から取水している。

本計画では、過大な掘削口径となることを避けるため、最大揚水量は 80 m³/時とすることを DPHE と調査団の間で合意している。DPHE は、県ポルシャバの地方都市給水における給水原単位を 120 L/人/日としている。揚水量を 80 m³/時とすれば、12 時間/日の揚水時間で、約 8,000 人への給水が可能である。

(c) 揚水ポンプ

JICA による「砒素汚染地域地下水開発計画調査(JICA 2002)」での、対象地域における試掘結果から、ポンプ設置深度は最大 40 m を想定する。これに、配水タンクまでの配管の摩擦損失を考慮した 50 m を全揚程とする。

揚水量 80 m³/時、全揚程 50 m の一般的な水中ポンプの仕様を表 3.2.8 に示す。

表 3.2.8 生産井の水中ポンプの仕様

項目	生産井
最大揚水量 (m ³ /時)	80
設置深度 (m)	40
全揚程 (m)	50
供給電力	3 相/400 V/50 Hz
出力 (kw)	18.5
起動方式	スターデルタ
最大許容井戸径 (mm)	200

項目	生産井
ポンプ外径 (mm)	186
全長 (mm)	約 2,000

住民への給水のための揚水ポンプ、揚水管および付帯施設は、本プロジェクトには含まれない。DPHE のアクションプランにより水源井が掘削された後にバングラデシュ側により調達・設置が行われる。

(d) 揚水管

揚水量 80 m³/時、配管長 50 m とした場合の配管摩擦損失の計算結果を表 3.2.9 に示す。

なお、摩擦損失計算は下記の Hazen & Williams 公式を用いて行った。

$$I = 10.666 \cdot C^{-1.88} \cdot D^{-4.87} \cdot (Q \div 3600)^{1.85}$$

$$HL = I \times L$$

I: 動水勾配 (m/m)

C: 流速係数 (110 とする)

D: 管径 (m)

Q: 流量 (m³/時)

L: 管長 (m)

HL: 摩擦損失 (m)

表 3.2.9 水中ポンプ揚水管摩擦損失計算結果(80 m³/時、配管長 50 m の場合)

項目	揚水管 内径 100 mm (4")	揚水管 内径 80 mm (3")	揚水管 内径 50 mm (2")
管内径 D (m)	0.1	0.08	0.05
動水勾配 I (m/m)	0.1	0.3	2.94
摩擦損失 HL (m)	5	15	147

上表より、80 m³/時揚水時の摩擦損失は、4"揚水管で 5 m、3"揚水管で 15 m、2"揚水管で 147 m となる。ポンプの全揚程が過大になると、ポンプの必要出力が過大となるため、摩擦損失が 10 m 以下になるような揚水管を選定するものとする。したがって、揚水管内径は 100 mm (4")とする。

(e) ポンプハウジング

バングラデシュの地方都市部では 50~300 m³/時の大容量の揚水を行う。この場合ポンプハウジングの口径が小さいと、ポンプ起動時の水位が短時間で激しく降下することとなり、帯水層に加わる衝撃が大きくなる。このため、DPHE では、80 m³/時以下の揚水には 350 mm (14")の口径のポンプハウジングを、80 m³/時を超える揚水を行う場合には 300 mm (12")の口径のポンプハウジングを標準的に使用している。本プロジェクトの生産井は最大 80 m³/時の揚水量を対象とするので、300 mm (12")の口径のポンプハウジングを使用する。

(f) 掘削段数および掘削深度

前述した対象地域の地質状況から、表 3.2.10 に示す如く、本プロジェクトの生産井の掘

削段数は3段とし、掘削深度は400 m とする。

表 3.2.10 掘削各段の深度および目的

掘削段	掘削深度	地質	目的
第1段	地表～10 m	地表土	軟弱な地表土の崩壊をケーシング設置により保護する。
第2段	10 m～100 m	崩壊性の高い砂・粘土・礫	地層の崩壊が発生する場合にケーシングを設置し、崩壊を防止する。
第3段	100 m～400 m	崩壊性の低い砂・粘土・礫	ケーシング・スクリーンを設置する。砂利充填・遮水作業のために、孔・ケーシング間に十分な間隙が必要。

(g) ケーシングプログラム

バングラデシュで、最大 80 m³/時の揚水量に対して一般的に使用されるケーシング・スクリーンの口径は 150 mm (6")であり、本プロジェクトでも 150 mm (6")口径のケーシング・スクリーンを使用するものとする。

DPHE は、300 m までの井戸には PVC ケーシング・スクリーンを使用した実績を有するが、400 m までの設置には強度が不足することと、PVC スクリーンでは、スクリーンの目詰まりが発生した際に高圧ジェット洗浄を行うことが困難であることから、本プロジェクトでは鋼製ケーシング、ステンレス製スクリーンを使用する。

掘削孔および保護ケーシングの口径は、砂利充填および遮水作業のためのトレミー管(内径 50mm) の設置作業を考慮し、表 3.2.11 に示すとおりとする。

表 3.2.11 掘削各段の掘削口径およびケーシング口径 (生産井)

掘削段	掘削口径および算出根拠	保護ケーシング径および算出根拠
第1段	710 mm (28") 算出根拠：片側 20 mm 以上の間隙が必要。	660 mm (26") 算出根拠：610 mm (24")中間孔より大であることが必要。
第2段	610 mm (24") 算出根拠：片側 25 mm 以上の間隙が必要。	550 mm (22") 算出根拠：500 mm (20")生産孔より大であることが必要。
第3段	500 mm (20") 算出根拠：ポンプハウジング径 300 mm (12")に対し、遮水のためのトレミー管仮設置作業のために片側 90 mm (3.5")以上の間隙が必要。	-

表 3.2.11 に従い、図 3.2.8 に示される井戸構造を、本プロジェクトの生産井の構造とする。

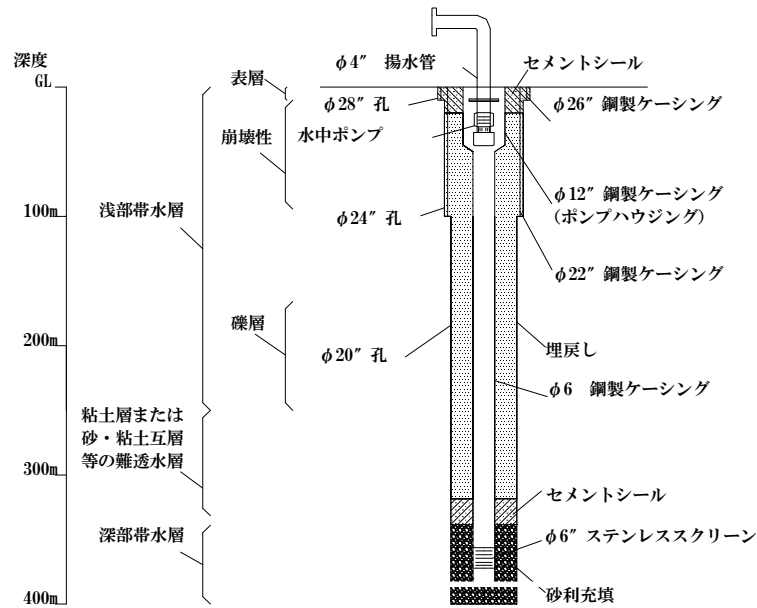


図 3.2.8 生産井の構造

ii) ハンドポンプ井の井戸構造

(a) ハンドポンプ井の仕様

ハンドポンプ井は、村落を対象としたハンドポンプ給水のための井戸である。表 3.2.12 にハンドポンプ井の主要な仕様を示す。

表 3.2.12 ハンドポンプ井の主な仕様

項目	ハンドポンプ井
掘削深度 (m)	400 m
最大揚水量 (m ³ /時)	1
揚水ポンプ	ハンドポンプ (吸込式もしくは井戸内設置式)
ポンプハウジング、ケーシング・スクリーン	ポンプハウジング: 3"鋼管 ケーシング: 2"鋼管 スクリーン: 2"ステンレス管

(b) 最大揚水量

最大揚水量は、一般的なハンドポンプの揚水能力である 1.0 m³/時とする。

(c) 揚水ポンプ

バングラデシュでは、主として図 3.2.9 に示す吸込式ハンドポンプが使用されている。

吸込式ハンドポンプの吸込揚程は約 6 m であるため、一般的に水位の浅い浅層帯水層での使用に限られる。

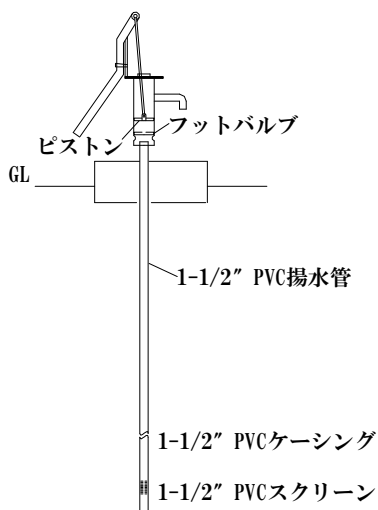
本プロジェクトで取水対象とする深層帯水層では、浅層帯水層よりも自然水位が低いと予想されるため、30 m までの揚水が可能な井戸内設置型ハンドポンプ (図 3.2.10) の使用が必要であると考えられる。

井戸内設置型ハンドポンプは 30 m までの揚水が可能であり、DPHE のアクションプラン

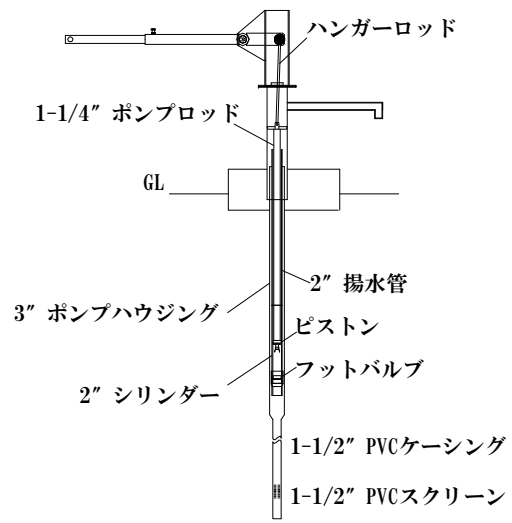
で掘削された井戸の主要なポンプとなると想定される。

ハンドポンプ井のケーシング・スクリーンは、図3.2.9および図3.2.10に示されるように、バングラデシュでは300 m 深度までは1-1/2”口径のPVCパイプがケーシング・スクリーンとして一般的に使用されている。本プロジェクトで対象とする最大深度400 mの井戸では、PVCパイプでは強度が不足することから鋼製ケーシングおよびステンレススクリーンを使用するものとする。また、ステンレススクリーンの場合は1-1/2”以下の口径の製品は流通していないため、鋼製ケーシングおよびステンレススクリーンの口径は2”とする。

住民への給水のためのハンドポンプ、揚水管および付帯施設は、本プロジェクトには含まれない。DPHEのアクションプランにより水源井が掘削された後にバングラデシュ側により調達・設置が行われる。



ピストンは地上部にあるため、ケーシングを直接ポンプに接続して吸込み管を兼用させる。



3”ポンプハウジング中に2”揚水管を設置、その中で1-1/4”ポンプロッドを上下させる。

図 3.2.9 吸込式ハンドポンプの構造

図 3.2.10 井戸内設置式ハンドポンプの構造

(d) ポンプハウジング

吸込式ハンドポンプの場合は、ピストンは地上部のポンプヘッド内に格納されるため、ポンプハウジングの設置は必要としない。

井戸内設置式ハンドポンプの場合には、井戸内にポンプシリンダーを設置する必要があるため、75 mm (3”)内径のポンプハウジングを設ける必要がある。

(e) 掘削段数および掘削深度

ハンドポンプ井の対象とする地質状況は、生産井と同様であり、表 3.2.13 に示されるよ

うに、本プロジェクトのハンドポンプ井の掘削段数は3段とし、掘削深度は400 m とする。

(f) ケーシングプログラム

表 3.2.12 に記したように、本プロジェクトのハンドポンプ井では、3”鋼製ポンプハウジング、2”鋼製ケーシングおよび2”ステンレススクリーンを使用する。

掘削孔および保護ケーシングの口径は、砂利充填および遮水作業のためのトレミー管（内径 50mm）の設置作業が必要であるため、表 3.2.13 に示す設計方針とする。

表 3.2.13 掘削各段の掘削口径およびケーシング口径（ハンドポンプ井）

掘削段	掘削径および算出根拠	保護ケーシング径および算出根拠
第1段	445 mm (17-1/2") 算出根拠: 片側 25 mm (1")以上の間隙が必要。	400 mm (16") 算出根拠: 360 mm (14")中間孔より大であることが必要。
第2段	375 mm (14-3/4") 算出根拠: 片側 25 mm (1")以上の間隙が必要。	300 mm (12") 算出根拠: 250 mm (10")生産孔より大であることが必要。
第3段	270 mm (10-5/8") 算出根拠: ポンプハウジング径 75 mm (3")に対し、遮水のためのトレミー管仮設置作業のために片側 90 mm (3.5")以上の間隙が必要。	-

表 3.2.13 に従い、図 3.2.11 に示される井戸構造を、本プロジェクトのハンドポンプ井の構造とする。

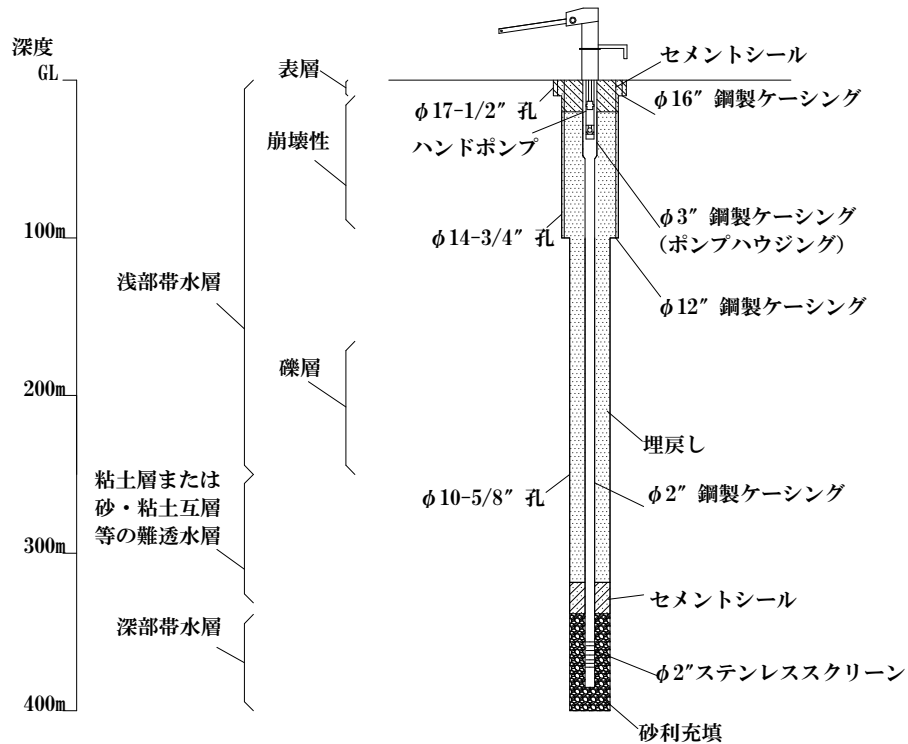


図 3.2.11 ハンドポンプ井の構造

ただし、特にハンドポンプ井について DPHE は、より低コストでの施工を強く希望している。施工コストを下げる方法としては、掘削径を小さくする方法が考えられる。図 3.2.12 に例を示す。セメントシールを確実にを行うためには図 3.2.11 に示したような井戸構造が望ましいが、DPHE が自ら長期的に施工を行っていくにはコストの縮減もきわめて重要となる。したがって、図 3.2.12 に示したような掘削径を小さくした井戸構造における施工およびシーリングの確実性について詳細設計時に検討を行い、設計を変更する。なお、図 3.2.12 には掘削深度 400 m を想定した標準的な井戸構造を示している。一方、DPHE は、掘削深度約 360 m のハンドポンプ井に対して PVC ケーシングを挿入した実績を有している。したがって、実際の掘削においては、掘削深度や地質条件によって井戸材料の材質を変更することが可能である。

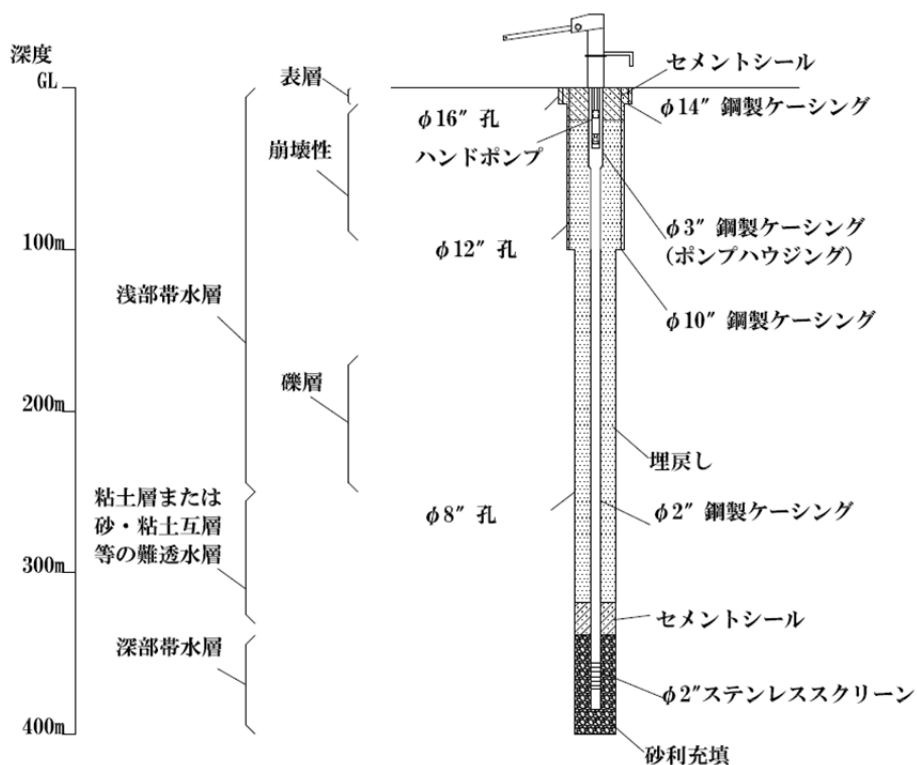


図 3.2.12 掘削径を小さくしたハンドポンプ井の構造例

iii) 村落を対象とする生産井

本プロジェクトで対象とするのは、上述したように、県ポルシャバの生産井と村落のハンドポンプ井である。しかし、維持管理能力やその他の条件がパイプ給水施設の運営に適するよう村落では、将来的には生産井を掘削し、パイプ給水による給水を行う可能性がある。

村落の場合は、県ポルシャバよりも最大揚水量は少なく想定される。最大揚水量を 20 m³/時とすれば、図 3.2.13 のような構造の生産井が考えられる。

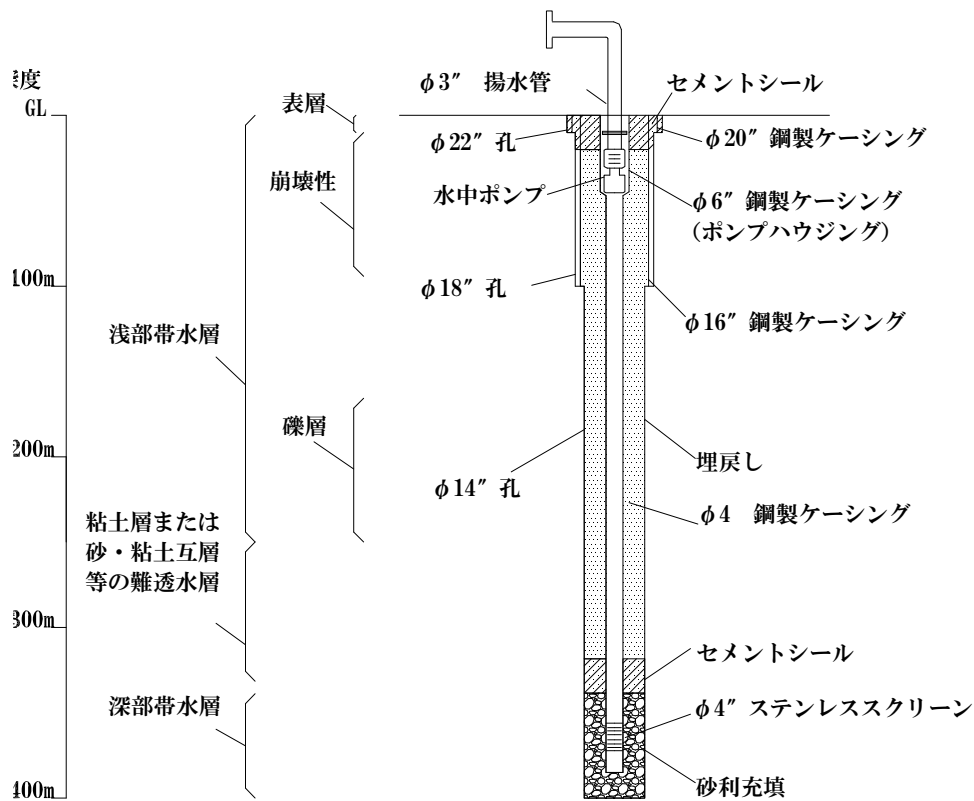


図 3.2.13 村落対象の生産井の例

iv) 掘削工事の実施を通じた井戸構造の再検討

対象地域において、最大深度 400 m まで掘削し、深層帯水層から取水する井戸を掘削することは、DPHE にとって初めての試みである。図 3.2.8、および図 3.2.11 に記載した生産井およびハンドポンプ井の井戸構造は現時点では最適な構造であると考えられるが、機材調達後実施される掘削工事の結果により、各段の口径・深度およびケーシング・スクリーン材料の仕様を再検討し、必要に応じて仕様の変更を行う。

本プロジェクトのソフトコンポーネントによる、3 か所の井戸掘削を通じた掘削計画・管理技術指導では、地質状況に応じた井戸構造の検討に係る指導も行う。

2) 生産井用掘削機材

(i) 生産井用掘削方式

前述したように、生産井は表層部 0~30 m をダイレクトロータリー工法により、30~400 m をリバースロータリー工法（エアリフト式）により掘削を行う。

(ii) 生産井用掘削リグ

表 3.2.4 に示したように、生産井用掘削リグは吊上能力 24 トン以上を有する機材を選定する。

ダイレクトロータリー工法用送泥ポンプはリグトラックに搭載するものとし、ドローワークス、トップドライブヘッド、サンドリールを有するものとする。ウォータースイベルはダイレクトロータリー工法とリバースロータリー工法の切替が可能な仕様のものとする。

リグを搭載するトラックは 6x4 駆動、総重量 24 トン以上とする。

(iii) 生産井用送泥ポンプ

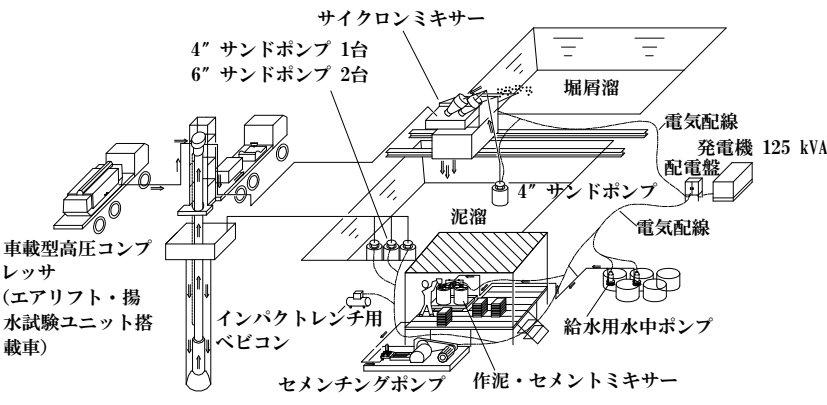
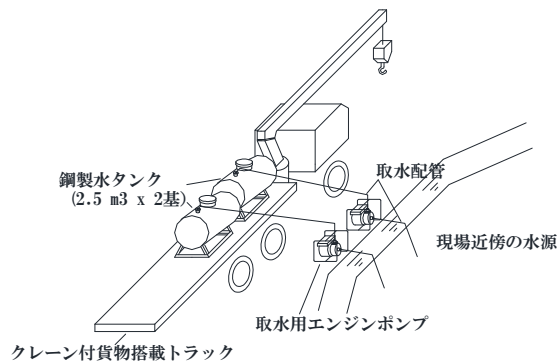
ダイレクトロータリー工法用送泥ポンプは口径 28”x10 m および口径 24”x30 m を、濃泥法により掘削するために十分な送泥能力を確保するため、揚水量 1,200 L/分以上とする。6”リバースロッド内の摩擦損失を考慮し、耐圧 2 MPa 以上のポンプを選定する。

(iv) 生産井用標準掘削ツールズ

生産井用掘削リグに必要な標準掘削ツールズを表 3.2.14 に示す。

表 3.2.14 生産井用標準掘削ツールズ

名称	内 容
標準掘削ツールズ	28”孔、24”孔、20”孔の掘削に必要な掘削用機器、6”リバースロッド、ドリルカラー、スタビライザー、サブ、掘削用ビット等
ハンドリングツールズ	ケーシング、掘管等の揚降管に必要なケーシングバンド、パイプレンチ等。機材輸送に必要なスリング、シャックル、荷締機等。
泥水管理機器	-処理能力 2,000 L/分のサイクロンスクリーン -サイクロンに送泥するための 4” サンドポンプ 1 台 -泥水循環用サンドポンプ：6” サンドポンプ 2 台、4” サンドポンプ 1 台 -作泥用ミキサー：タンク 600 Lx2 筒、貯泥ピット付 -泥水循環用配管類-
セメンチング機器	セメンチング作業には、セメンチングポンプ、セメントミキサー、トレミー管等の機材が必要である。セメントミキサーおよびセメント保管・設置のための仮小屋は作泥用のミキサー、仮小屋を共通で使用することが可能である。 セメントスラリを小口径のトレミー管で圧送する場合、大容量で圧送すると非常に大きな摩擦損失が発生し、高圧のポンプが必要となる。送出量を 260 L/分程度の小容量とすると、摩擦損失による必要圧力は 1.5 MPa 程度に抑えられる。トレミー管の部分的な詰まり等による圧力上昇を考慮して、安全率を 2 倍に設定すれば必要耐圧は 3.0 MPa 以上となる。したがって、送出量 260 L/分、耐圧 3.0 MPa のセメンチングポンプを選定する。 その他トレミー管のハンドリングツールズ、セメントスラリの吸込・送用の配管材料等必要な機器を選定する。
配電機器	掘削リグのドライブヘッド、リグ搭載のポンプは、PTO(Power-Take-Off)を通じてトラックのエンジンにより稼動するが、作泥・セメントミキサー、セメンチングポンプ、泥水管理のためのサンドポンプ、給水ポンプおよび夜間作業のための照明等の機器には電力の供給が必要なため、発電機、配電盤、配電線等の配電機器が必要である。 表 3.2.15 に生産井用の電力機器一覧表を示す。番号 1~6 の機材の内、同時使用が必要なものは、番号 3 のセメンチングポンプおよび番号 7 のエア
電力機材	インパクトレンチ用小型コンプレッサを除いた 5 種の機材であり、同時使用の場合の合計の電力量は 74.4 kw である。各電力機材の配置と電気配線

名称	内 容
	<p>を図 3.2.14 に示す。 合計 74.4 kw の電力を消費する機材に配電するためには、発電機メーカーの実績より 125 kva の能力を有する発電機が必要である。 バングラデシュで使用される電気機器の電圧は単相 230 V、三相 400 V、周波数は 50 Hz であり、それらの条件に対応する発電機として、125 kva、単相 230 V、三相 400 V、50 Hz のディーゼル発電機を選定する。 その他、各電力機材の配線および接続機器を選定する。</p>  <p style="text-align: center;">図 3.2.14 電力機材 概略電気配線図 (生産井用)</p> <p>バングラデシュで使用される電気機器は単相 230 V、三相 400 V、周波数は 50 Hz であり、それらの条件に対応する発電機として、50 kva、単相 230 V、三相 400 V、50 Hz のディーゼル発電機を選定する。 その他、各電力機材の電力に応じた電気配線および接続機器を選定する</p>
給水用機器	<p>掘削現場には組立式の貯水タンクを設置して清水を貯水する。作泥、セメンチング、場内洗浄等の水を使用する作業のため、場内に給水ポンプと給水配管を設置して貯水タンクから給水する。 給水ポンプは 250 L/分、全揚程 15 m の工事用水中ポンプ 2 台を選定する。現場近傍から、水を運搬するため、2.5 m³ の容量の可搬式水タンク、取水用エンジンポンプ 2 台および付帯配管を選定する。図 3.2.15 に工事用水取水用機器の設置概念図を示す</p>  <p style="text-align: center;">図 3.2.15 工事用水取水用機器概念図</p>
フィッシングツール	<p>地質状況によっては、掘削編成ツールの抑留・落下等の孔内事故が発生する。その場合にツールを高荷重で押し上げるための 50 トン油圧ジャッキおよびジャッキ取り付けのためのパイプバンドを選定する。</p>

名称	内 容
機械加工機器	<p>現場での鋼材加工、溶接および機械分解・組立に必要な下記の機材を選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> -ディーゼル溶接機：鋼材、ケーシングのアーカ溶接に使用する。溶接電流 30～280 A、エンジン出力 12.5 kW の機材を選定する。 -溶接具：ホルダー、ケーブル、溶接面、けがき用白墨、溶接棒等溶接作業に必要な機材を選定する。 -鋼材の切断および研磨に必要なディスク・グラインダーおよび切断機を選定する。 -機械分解・組立に必要なレンチ、スパナ、電気工具等の工具を選定する。
その他工事用機材	給油用機器、泥材・セメント小屋仮設資材、現場仮設用工具類、仮事務所用テント等掘削現場で必要となる資機材を選定する。

表 3.2.15 電力機器一覧表（生産井用）

番号	機材名	単位	数量	仕様	用途	起動方式	電力 (kw)	電力計 (kw)	同時使用
1	6"サンドポンプ	台	2	3.2 m ³ /分、全揚程 10m	泥水の循環に使用	直入	15	30	有
2	4"サンドポンプ	台	2	1.0 m ³ /分、全揚程 15m	1 台は泥水の循環に、1 台はサイクロンスクリーンへの送泥用に使用	直入	5.5	11	有
3	セメンチングポンプ	台	1	260 L/分、圧力 3 MPa	セメントの圧送に使用	スターデルタ	18.5	18.5	無
4	サイクロンスクリーン用モータ	台	2	9" サイクロン用	2 台のサイクロンに 2 台のモータを用いる	直入	3.7	7.4	有
5	作泥・セメントミキサー用モータ	台	2	作泥容量 600 L x 2	作泥およびセメントの混合に用いる	直入	11	22	有
6	給水ポンプ	台	2	水中ポンプ 250 L/分、全揚程 15 m	作泥・セメントミキサーへの給水および洗浄水の給水に用いる	直入	2	4	有
7	エアインパクトレンチ用小型コンプレッサ	台	1	送風量: 1.2 m ³ /分、圧力: 0.93 MPa	リバースパイプの接続の用いるエアインパクトレンチの駆動用	直入	11	11	無
電力合計(kw)								103.9	74.4

3) ハンドポンプ井用掘削機材

(i) ハンドポンプ井用掘削方式

前述したように、ハンドポンプ井はダイレクトロータリー工法により掘削を行う。

(ii) ハンドポンプ井用掘削リグ

表 3.2.4 に示したように、ハンドポンプ井用掘削リグは吊上能力 15 トン以上を有する機材を選定する。

ダイレクトロータリー工法用送泥ポンプはリグトラックに搭載するものとし、ドロワーक्स、トップドライブヘッド、サンドリールを有するものとする。

リグ搭載トラックは 6x4 駆動、総重量 24 トン以上とする。

(iii) ハンドポンプ井用送泥ポンプ

ダイレクトロータリー工法用送泥ポンプは口径 14-3/4"x100 m および口径 10-5/8"x400 m を掘削するために十分な送泥能力を確保するため、揚水量 1,200 L/分以上とする。4-3/4" 掘管内の摩擦損失を考慮し、耐圧 2 MPa 以上のポンプを選定する。

(iv) ハンドポンプ井用標準掘削ツールズ

必要なハンドポンプ井用標準掘削ツールズを表 3.2.16 に示す。

表 3.2.16 ハンドポンプ井用標準掘削ツールズ

名称	内 容
標準掘削ツールズ	17-1/2"孔、14-3/4"孔、10-5/8"孔の掘削に必要な掘削用機器、4-3/4"掘管、ドリルカラー、スタビライザー、サブ、掘削用ビット等。
ハンドリングツールズ	ケーシング、掘管等の揚降管に必要なケーシングバンド、パイプレンチ等。 機材輸送に必要なスリング、シャックル、荷締機等
泥水管理機器	-泥水攪拌用サンドポンプ：4" サンドポンプ 1 台 -作泥用ミキサー：タンク 600 Lx2 筒、貯泥ピット付 -泥水循環用配管類
セメンチング機器	表 3.2.14 に記載した生産井用セメンチング機器と同様の機材。
配電機器	掘削リグのドライブヘッド、リグ搭載のポンプは、PTO を通じてトラックのエンジンにより稼動するが、作泥・セメントミキサー、セメンチングポンプ、泥水管理のためのサンドポンプ、給水ポンプおよび夜間作業のための照明等の機器には電力の供給が必要であるので、発電機、配電盤、配電線等の配電機器が必要である。表 3.2.17 にハンドポンプ井用の電力機器一覧表を示す。番号 1~4 の機材の内、同時使用が必要なものは、番号 2 のセメンチングポンプを除いた 5 種の機材であり、同時使用の場合の合計の電力量は 31.5 kw である。各電力機材の配置と電気配線を図 3.2.16 に示す。合計 31.5 kw の電力を消費する機材に配電するためには、発電機メーカー実績から 50 kva の能力を有する発電機が必要である。

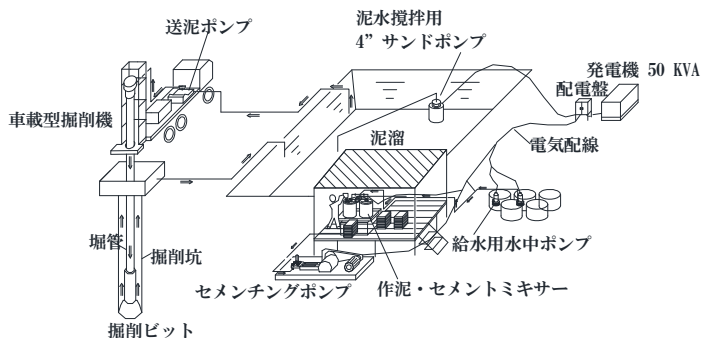


図 3.2.16 電力機材 概略電気配線図 (ハンドポンプ井用)

バングラデシュで使用される電気機器は単相 230 V、三相 400 V、周波数は 50 Hz であり、それらの条件に対応する発電機として、50 kva、単相 230 V、三相 400 V、50 Hz のディーゼル発電機を選

名称	内 容
	定する。 その他、各電力機材の電力に応じた電気配線および接続機器を選定する
給水用機器	表 3.2.14 に記載した 生産井用給水機器と同様の機材を選定する。
フィッシングツールズ	掘削編成ツールズの抑留・落下の対策のため、油圧ジャッキ、インサイドタップ等のフィッシングツールズを選定する。
機械加工機器	表 3.2.14 に記載した 生産井用機械加工機器と同様の機材を選定する。
その他工事用機材	表 3.2.14 に記載した 生産井用その他工事用機材と同様の機材を選定する。

表 3.2.17 電力機器一覧表（ハンドポンプ井用）

番号	機材名	単位	数量	仕様	用途	起動方式	電力 (kw)	電力計 (kw)	同時使用
1	4"サンドポンプ	台	1	1.0 m ³ /分, 全揚程 15m	泥水攪拌用	直入	5.5	5.5	有
2	セメンチングポンプ	台	1	260 L/分, 圧力 3 MPa	セメントの圧送に使用	スターデルタ	18.5	18.5	無
3	作泥・セメントミキサー用モータ	台	2	作泥容量 600 L x 2	作泥およびセメントの混合に用いる	直入	11	22	有
4	給水ポンプ	台	2	水中ポンプ 250 L/分, 全揚程 15 m	作泥・セメントミキサーへの給水および洗浄水の給水に用いる	直入	2	4	有
電力 合計 (kw)								50	31.5

4) 生産井用車載型エアリフト／揚水試験ユニット

(i) 妥当性の検討

生産井掘削に伴う掘屑を孔内から効果的に排出するために、大量の揚水が必要である。この揚水を行うためにエアリフト用の機材（コンプレッサー）が必要であり、これが無いと深井戸の掘削を行うことができない。

また、井戸掘削後、井戸の能力を評価するために、水中ポンプによる揚水試験を行う必要がある。

これらの主要な機材は、1 台のトラックに搭載し、効率的な移動および作業を行うことができる。

上記の検討から、生産井用車載型エアリフト／揚水試験ユニット、およびこれらを搭載するトラックの調達は妥当と考えられる。

(ii) 生産井用車載型エアリフト／揚水試験ユニットの内容

i) 生産井用エアリフト機材

生産井のエアリフトは大量の揚水を行うため、揚水開始時のスクリーンへの衝撃を軽減するため二重管方式により行う。

エアリフトによる洗浄を効率的に行うために、動水位 40 m で 20 m³/時以上の揚水量を確

保する必要がある。

エダクター管（外管）および、エア管（内管）の設置深度は 100 m とし、エダクター管は 4”SGP（配管用炭素鋼鋼管）、エア管は BQ ロッド（内径 44 mm）とする。

コンプレッサの吐出圧力は、設置深度と管内摩擦を考慮し、1.2 MPa 以上とする。コンプレッサの空気量は、12 m³/時以上とする。

エアリフト機材の設置概念図を図 3.2.17 に示す。

下記のエアリフト機材を選定する。

- コンプレッサ 12 m³/時、1.2 MPa 1 台
- エダクター管 4” SPG、ネジソケット接続 100 m
- エア管 BQ、ネジ接続 100 m
- エアリフトマニホールド 1 台
- パイプハンドリングツールズ
- 付帯配管

エアリフト用のコンプレッサは、エアリフト用のリバーシロータリー工法による掘削用としても共用する。

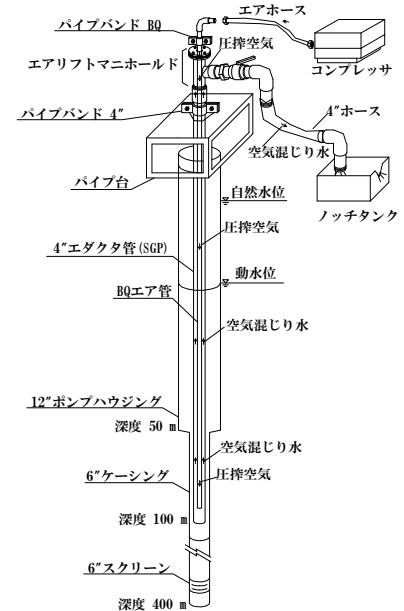


図 3.2.17 生産井用エアリフト機材設置概念図

ii) 生産井用揚水試験機材

生産井の動水位は最大 40 m を想定する。揚水管および地上配管の管内摩擦損失を考慮し、揚水試験用ポンプの全揚程は 50 m とする。

前述したように、生産井の最大揚水量は 80 m³/時である。段階試験により適切な井戸能力評価を行うため、揚水量 40 m³/時の中容量ポンプと揚水量 80 m³/時の大容量ポンプの 2 種類のポンプを選定する。

(a) 大容量水中ポンプ

揚水量 80 m³/時、全揚程 50 m、50 Hz、3 相 x400 V、18.5 kw

(b) 中容量水中ポンプ

揚水量 40 m³/時、全揚程 50m、50 Hz、3 相 x400 V、11 kw

上記 2 種のポンプで揚水管は共用する。80 m³/時の揚水を行うため、揚水管の口径は 4”とする。

水中ポンプ用の発電機は、上記の大容量水中ポンプ(18.5 kw)を運転するために十分な容量を有する必要がある、

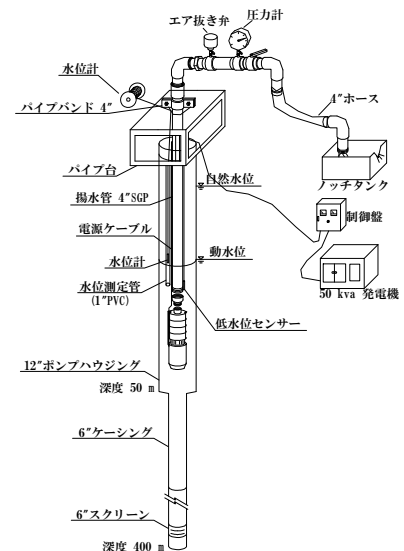


図 3.2.18 生産井用揚水試験機材設置概念図

50 kva の発電機を選定する。

図 3.2.18 に揚水試験機材の設置概念図を示す。

下記の揚水試験機材を選定する。

- 大容量ポンプ揚水量 80 m³/時、全揚程 50 m、50 Hz、3 相 x400 V、18.5 kw
- 中容量ポンプ揚水量 40 m³/時、全揚程 50 m、50 Hz、3 相 x400 V、11 kw
- 揚水管 4” SGP、ソケットーネジ接続
- ポンプ制御盤
- パイプハンドリングツール
- 低水位センサー
- 電源ケーブル
- 地上部配管
- ノッチタンク
- 50 kva 発電機
- 水質試験機器（砒素、電気伝導度、pH、溶存酸素、酸化還元電位）

(c) 生産井用エアリフト／揚水試験ユニット用トラック

エアリフト用のコンプレッサ、揚水試験用の発電機、ポンプ等の主要な機材は、1 台のトラックに搭載し、効率的な移動および作業が可能となるようにする（図 3.2.19 参照）。

コンプレッサおよび発電機はトラックに固定する。

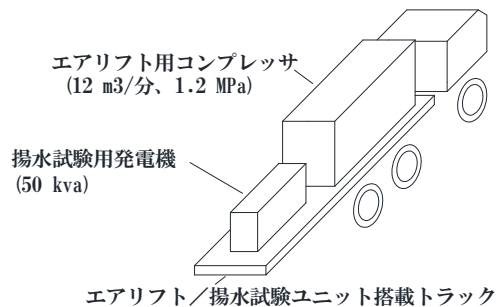


図 3.2.19 生産井用エアリフト／揚水試験ユニット（コンプレッサ・発電機搭載時）

5) ハンドポンプ井用エアリフト／揚水試験機材の選定

(i) 妥当性の検討

掘削した井戸の能力を評価するために、水中ポンプによる揚水試験を行う必要がある。このため、井戸掘削およびスクリーン設置後、水中ポンプ設置の前にエアリフトにより孔内を洗浄しなければならない。このためのコンプレッサー、エアリフト管等のエアリフト用機材が必要である。

なお、DPHE は揚水試験を実施する能力を有するスタッフを擁しているが、必要な機材を有していない。

上記の検討から、ハンドポンプ井用エアリフト／揚水試験機材の調達は妥当と考えられる。

なお、ハンドポンプ井用エアリフト／揚水試験機材は、小型の機材が適用可能であるた

め、車載型とはせず、クレーン付貨物トラックで運搬する。したがって、ハンドポンプ井用エアリフト／揚水試験機材用トラックは採用しない。

(ii) ハンドポンプ井用エアリフト／揚水試験ユニットの内容

i) ハンドポンプ用エアリフト機材

ハンドポンプ井のエアリフトによる揚水量は小容量のため、ポリエチレンパイプを用いた単管方式による簡易な設備とする。

エア管（単管）の設置深度は 100 m とし、内径 1” ポリエチレンパイプとする。

コンプレッサの吐出圧力は、設置深度と管内摩擦を考慮し、0.7 MPa 以上とする。コンプレッサの空気量は、5 m³/時以上とする。

エアリフト機材の設置概念図を図 3.2.20 に示す。

下記のエアリフト機材を選定する。

- コンプレッサ 5m³/時、0.7 MPa 1 台
- エア管 1” ポリエチレンパイプ、100 m(ロールタイプ)
- パイプハンドリングツールズ
- 付帯配管

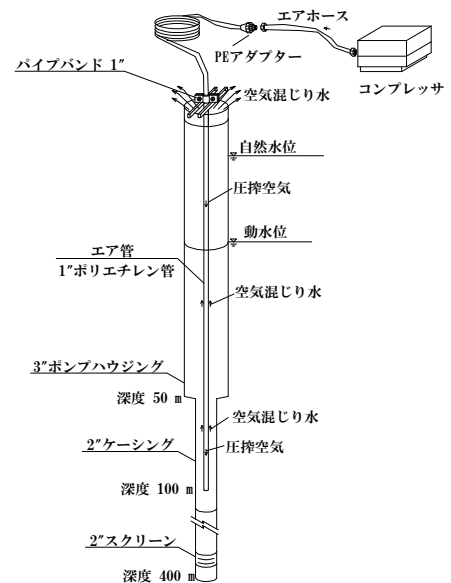


図 3.2.20 ハンドポンプ井用エアリフト機材設置概念図

ii) ハンドポンプ井用揚水試験機材

ハンドポンプ井の動水位は最大 40 m を想定する。揚水管および地上配管の管内摩擦損失を考慮し、揚水試験用ポンプの全揚程は 50m とする。

前述したように、ハンドポンプ井の最大揚水量は 1 m³/時であるため、揚水量 1 m³/時、全揚程 50 m のポンプを選定する。

小型のポンプであるため、揚水管は 1-1/2”ポリエチレンパイプとし、簡易な設備とする。

水中ポンプ用の発電機は、上記の小容量水中ポンプ(1.5 kw)を運転するために十分な容量を有する必要があるため、10 kva の発電機を選定する。

図 3.2.21 に揚水試験機材の設置概念図を示す。

下記の揚水試験機材を選定する。

- 小容量ポンプ揚水量 1 m³/時、全揚程 50 m、50 Hz、3 相 x400 V、1.5 kw
- 揚水管 1-1/2” ポリエチレンパイプ、ロールタイプ
- ポンプ制御盤

- パイプハンドリングツール
- 低水位センサー
- 電源ケーブル
- 地上部配管
- 10kva 発電機
- 水質試験機器（砒素、電気伝導度、pH、溶存酸素、酸化還元電位）

6) 支援車両

(i) クレーン付貨物トラック

i) 生産井用クレーン付貨物トラック

(a) 妥当性の検討

表 3.2.18 に示すように、生産井 1 本当たり約 90 トン、10 トン搭載トラック 12 台分の機材の運搬が必要である（工事用水・燃料の運搬を除く）。掘削工事中には、クレーン付き貨物トラック 1 台を水運搬（約 270 m³）および燃料運搬（約 30 m³）に使用し、残り 1 台で場内資機材運搬作業および場外からの小運搬を行う必要がある。

DPHE はこれに充当可能なクレーン付き貨物トラックを有していない。このため、本計画で 2 台のクレーン付き貨物トラックを調達することは妥当である。

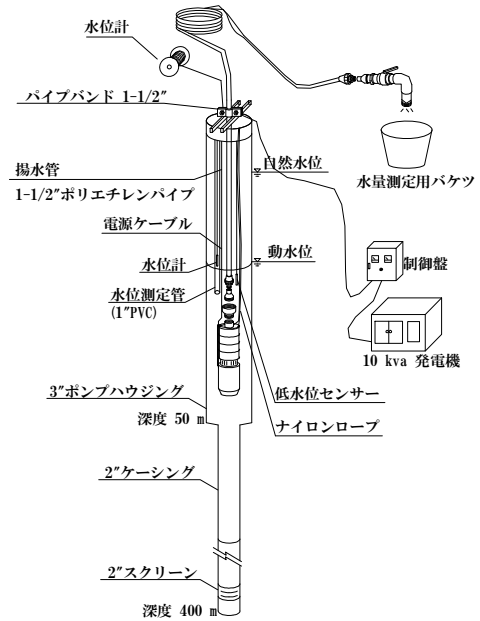


図 3.2.21 ハンドポンプ井用揚水試験機材設置概念図

表 3.2.18 資機材運搬数量一覧表（生産井用）

資機材	重量(トン)	トラック台数
ケーシング材	27.8	4
掘管・ドリルカラー	22.3	3
セメント・泥材	25	3
主要機材（エアリフト・揚水試験ユニットを除く）	15	2
合計	90.1	12

(b) 生産井用クレーン付貨物トラックの仕様

発電機、ケーシングパイプ、リバースロッド等重量物を多く含むため、1 台は 5 トンクレーン付とし、もう 1 台は 3 トンクレーン付とする。クレーン付貨物トラックの仕様を表 3.2.19 に示す。

表 3.2.19 クレーン付貨物トラック仕様（生産井用）

種類	数量	仕様
5 トンクレーン付貨物トラック	1 台	総重量 26 トン、積載重量 10 トン、6x4、5 トンクレーン付き、荷台長さ 6.9 m、幅 2.3 m
3 トンクレーン付貨物トラック	1 台	総重量 26 トン、積載重量 10 トン、6x4、3 トンクレーン付き、荷台長さ 6.9 m、幅 2.3 m

ii) ハンドポンプ井用クレーン付貨物トラック

(a) 妥当性の検討

表 3.2.20 に示すように、ハンドポンプ井 1 本当たり約 50 トン、10 トラック 7 台分の機材の運搬が必要である（工事用水の運搬を除く）。資機材の掘削現場への搬入後、1 台のクレーン付き貨物トラックで水運搬（約 90 m³）および燃料運搬（約 14m³）を行ない、残り 1 台で場内資機材運搬作業および場外からの小運搬を行う必要がある。しかしながら、DPHE はこれに充当可能なクレーン付き貨物トラックを有していない。

このため、本計画でクレーン付き貨物トラック 2 台を調達することは妥当である。

表 3.2.20 資機材運搬数量一覧表（ハンドポンプ井用）

資機材	重量(トン)	トラック台数
ケーシング材	11	2
掘管・ドリルカラー	13.2	2
セメント・泥材	8	1
主要機材	15	2
合計	47.2	7

(b) ハンドポンプ井用クレーン付貨物トラックの仕様

3 トンを超える重量物は含まないため、3 トンクレーン付とする。クレーン付貨物トラックの仕様を表 3.2.21 に示す。

表 3.2.21 クレーン付貨物トラック仕様（ハンドポンプ井用）

種類	数量	仕様
3 トンクレーン付貨物トラック	2 台	総重量 26 トン、積載重量 10 トン、6x4、3 トンクレーン付き、荷台長さ 6.9 m、幅 2.3 m

iii) ピックアップトラック

(a) 妥当性の検討

昼夜体制で掘削を行う、掘削班の移動、現地小運搬、検層機の移動等のため生産井用およびハンドポンプ井用に 2 台のピックアップトラックが必要である。しかしながら、DPHE はこれに充当可能なピックアップトラックを有していない。したがって、本計画でピックアップトラック 2 台を調達することは妥当である。

(b) ピックアップトラックの仕様

表 3.2.22 に示すピックアップトラックの仕様を示す。

表 3.2.22 ピックアップトラック仕様

種類	数量	仕様
ダブルキャビンピックアップ	2 台	総重量 2.5 トン、積載 0.5 トン、車体長さ 4.7 m、幅 1.6 m

iv) 水運搬車

水運搬車は、工事用水の運搬を目的として 2 台の追加要請があった。しかしながら、可

搬式の水タンクをクレーン付き貨物トラックで運搬することにより対応し、専用の水運搬車は採用しない。

7) 物理探査・検層機器

(i) 妥当性の検討

プロジェクト対象地域において深井戸の掘削計画を立案するためには、礫層分布深度、目標とする深部帯水層の深度等の水理地質情報を得る必要がある。また、井戸掘削終了後、ケーシングプログラムを決定するために、孔内検層を行う必要がある。

DPHE は、電気探査機 2 セットを有しているが、他プロジェクトに充当されるためのもので、本プロジェクトには充当することができない。検層機についても 2 セットを調達予定であるが、現地調査終了時（2012 年 1 月末）時点で、調達はなされていない。

DPHE は物理探査および孔内検層の知見を有する水理地質担当者を有するため、技術指導を行うことにより、独自に物理探査を実施することが可能である。

これらのことから、本プロジェクトにおいて、物理探査機および検層機器を各 1 セット調達することは妥当である。

(ii) 電気探査機材の仕様

最大深度 500 m の垂直探査に対応する機材および解析ソフトを選定する。

出力電圧は 400 V 以上、出力電流は最大 1,000 mA 以上とする。

測定ケーブル、バッテリー、充電器、コンピュータ、GPS 等の標準付属品を選定する。

(iii) 検層機の仕様

掘削口径 20" 以上、深度 400 m に対応する電気探査機および解析ソフトを選定する。

検層の項目としては、SP（自然電位）、比抵抗（ショート、ロング）、ガンマ線等を考慮して決定する。

検層ゾンデ、ウィンチ、バッテリー、充電器、コンピュータ等の標準付属品を選定する。

8) ワークショップツールズ

(i) 妥当性の検討

本プロジェクトで、掘削リグが調達された場合、これの維持管理を行うワークショップが必要である。DPHE は、ワークショップを新設する方針であるが、リグの維持管理を行うための資機材は有していない。このため、本プロジェクトを円滑に遂行する観点から、ワークショップツールズの調達を行うことは妥当である。

(ii) ワークショップツールの構成

掘削機材の維持管理に必要な下記の項目のワークショップ機材を選定する。

i) 電気・エンジン工具

エンジン溶接機、溶接用具、グラインダー、コンプレッサー等の維持管理用機械類を選定する。

ii) ハンドリングツール

レバーブロック、荷締機、ワイヤスリング、ナイロンスリング、シャックル等、重量物の移動に必要なハンドリングツールを選定する。

iii) メカニカルツール

工具セット、スパナ、レンチ、ハンマー等機械整備・加工に必要なツールを選定する。

iv) その他工具類

テスター、鋸、水準器等の機械整備・加工に必要なその他の工具類を選定する。

v) 収納器具

ワークショップの倉庫内で工具類を収納するラック、工具箱を選定する。

vi) コンテナ

DPHE トンギ事務所の敷地内に設置する鍵付きの交換部品倉庫として、20 フィートコンテナ3基を選定する。

9) 技術移転用井戸材料

技術移転のために掘削する3か所の井戸（生産井2か所、ハンドポンプ井1か所）のための、下記の井戸材料を調達する。

[井戸材料（本邦調達品）]

- ケーシング材料
- ビット材料
- 泥材（ベントナイト、CMC）

[現地消耗品（現地調達品）]

- 井戸充填砂利
- セメント
- 燃料・油脂類
- 雑材料（配管材料、鋼材、建築材料等）

技術移転のための3か所の井戸掘削は、初期操作指導の開始から7か月間で終了する必要がある。掘削工期を順守し、効率的な技術移転を行うため、上記の井戸材料（ケーシング材料、ビット材料、泥材）は本邦調達とする。ただし、技術移転終了後は、DPHEはそれらの材料を現地で調達してアクションプランの掘削工事を継続する必要があるため、ケーシング材料、ビット材料については現地規格品と共通で使用可能な規格とする。

井戸充填砂利、セメント、燃料・油脂類および雑材料については、効率的に指導を行うため、調達業者により、各現場で支給するものとする。各供給元から現場への輸送については調達機材のクレーン付きトラックを使用し、DPHEの作業員が行うものとする。

(i) ビット材料

対象地域で掘削の対象となる地層は、主として砂・粘土層であり、ブレードビットを用いて掘削を行う。ナワブガンジ県で出現が予想される固結した砂層は硬質であるためトリコンビットを用いる。これらのブレードビットおよびトリコンビットは、生産井用として機材番号 1-1-2 掘削標準ツールズ（生産井用）に、ハンドポンプ井用として機材番号 1-2-2 掘削標準ツールズ（ハンドポンプ井用）に含むものとする。

ブレードビットは本プロジェクトで最も使用されるビットである。ブレードビットは、掘削によって刃先のメタルチップが消耗するため、これを交換することにより、ブレードビット本体は継続的な使用が可能である。メタルチップの交換には、ビットサイズに応じたタングステンカーバイドメタルチップとその溶着のためのろう材、硬装用のコンポジットロッド（タングステンカーバイド超硬チップ）、オーバーレイロッド（コンポジットロッド溶着のための補助ろう材）およびフラックス（コーティング材）が必要である。

技術移転用井戸用のビット材料として、表 3.2.23 に示す材料を調達する。

表 3.2.23 技術移転用ビット材料

資機材	単位	数量
28”ブレードビット用メタルチップ	セット	2
24”ブレードビット用メタルチップ	セット	2
20”ブレードビット用メタルチップ	セット	5
17-1/2”ブレードビット用メタルチップ	セット	2
14-3/4”ブレードビット用メタルチップ	セット	3
10-5/8”ブレードビット用メタルチップ	セット	11
コンポジットロッド	kg	100
オーバーレイロッド	kg	10
フラックス (100g 缶)	缶	10

(ii) ケーシング材料

表 3.2.25 に規格を示した、技術移転用井戸掘削のためのケーシングパイプおよびスクリーンパイプの必要本数は表 3.2.24 に示す通りである。26”および 22”ケーシングは単位長さ 6.0 m、その他のサイズは単位長さ 5.5 m である。必要長さには損耗率 15%を含む。

表 3.2.24 技術移転用ケーシング材料

項目	生産井					ハンドポンプ井				
	26"	22"	12"	6"	6"	16"	12"	3"	2"	2"
ケーシング種	STK 鋼製 ケー シン グ	STK 鋼製 ケー シン グ	STPG Sch-40 鋼製ケー ーシン グ	STPG Sch-40 鋼製ケー ーシン グ	SUS 巻線 スク リー ン	SGP 鋼製 ケー シン グ	STPG Sch-40 鋼製ケー ーシン グ	STPG Sch-40 鋼製ケー ーシン グ	STPG Sch-40 鋼製ケー ーシン グ	SUS 巻線 スク リー ン
単位長さ (m)	6	6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
井戸当り設置長 (m)	10	100	50	308	22	10	100	50	308	22
損耗率	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
井戸当り必要長 (m)	12	115	58	354	25	12	115	58	354	25
井戸当り本数	2	20	11	65	5	3	21	11	65	5
井戸本数	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
総本数	4	40	22	130	10	3	21	11	65	5

現地流通品のケーシングパイプ規格は表 3.2.25 に示す通りであるが、各サイズのケーシング本邦調達品と現地流通品の外径の差は最大で 5.3 mm であり、ケーシングバンドの共用が可能である。

表 3.2.25 ケーシングパイプ規格表 (現地流通品)

掘削段	生産井				ハンドポンプ井			
	第 1 段	第 2 段	第 3 段		第 1 段	第 2 段	第 3 段	
設置深度(m)	0~10	0~100	0~50	50~380	0~10	0~100	0~50	50~385
摘要	26"ケー ーシン グ	22"ケー ーシン グ	12"ケー ーシン グ	6"ケー ーシン グ	16"ケー ーシン グ	12"ケー ーシン グ	3"ケー ーシン グ	2"ケー ーシン グ
使用管材	26"API LinePipe 5L-B	22"API LinePipe 5L-B	12-3/4"AP ILinePipe 5L-B	6-5/8"AP ILinePipe 5L-B	16"API LinePipe 5L-B	12-3/4"AP ILinePipe 5L-B	3-1/2"AP ILinePipe 5L-B	2-3/8"AP ILinePipe 6L-B
外径(mm)	660.0	559.0	323.8	168.3	406.0	323.8	88.9	60.3
内径(mm)	637.8	538.4	303.2	154.1	390.2	303.2	77.9	52.5
厚み(mm)	11.1	10.3	10.3	7.1	7.9	10.3	5.5	3.9
接続	両端ベ ベルエ ンド	両端ベ ベルエ ンド	ネジ	ネジ	両端ベ ベルエ ンド	両端ベ ベルエ ンド	ネジ	ネジ
単位重量(kg/m)	177.62	139.37	79.65	28.22	77.63	79.65	11.31	5.42
長さ(m)	10	100	50	330	10	100	50	330
重量(トン)	1.8	13.9	4.0	9.3	0.8	8	0.6	1.8
総重量(トン)	1.8	13.9	13.3		0.8	8	2.4	

(iii) 泥剤

生産井掘削およびハンドポンプ井はベントナイト-CMC 泥水により掘削する。ベントナイトの使用量は、表 3.2.26 に示すとおりと見積もられる。CMC はベントナイト使用量の 0.8%とする。

表 3.2.26 に泥材の所要量を示す。

表 3.2.26 泥材（ベントナイトおよびCMC）所要量

項目		ベントナイト	CMC
生産井	井戸当り使用量（トン）	20.00	0.16
	井戸本数	2	2
	合計（トン）	40.00	0.32
ハンドポンプ井	井戸当り使用量（トン）	5.10	0.04
	井戸本数	1	1
	合計（トン）	5.10	0.04
総計（トン）		45.10	0.36
袋当り重量 (kg)		25.00	10.00
袋数		1,804	36

(iv) 現地消耗材料

深井戸の完成のためには、上記のビット材料、ケーシング材料および泥剤の他、下記に示す材料の調達が必要である。

下記の材料は、工事の進捗に応じて必要量を調達し、現場に搬入する必要があるため、調達業者により一括して施主に引き渡すことは困難であるため、調達業者による掘削技術指導の期間に、調達業者の掘削技術指導者により支給するものとする。供給先から現場までの運搬は、調達機材のクレーン付き貨物トラックを使用し、DPHE の作業員により行う。なお、以下に示すセメントおよび井戸充填材料の数量は、ハンドポンプ井については図 3.2.11 に示す井戸構造（掘削口径 10-5/8”）に必要な量である。

i) セメント

深部帯水層と浅部帯水層の遮水と表層部の生活用水流入防止を目的とした遮水セメンチングおよび表層セメンチングを行うためのセメントを調達する。セメントの所要量を表 3.2.27 に示す。

表 3.2.27 セメント所要量

項目		セメント量
生産井	井戸当り使用量（トン）	7.10
	井戸本数	2
	合計（トン）	14.20
ハンドポンプ井	井戸当り使用量（トン）	2.80
	井戸本数	1
	合計（トン）	2.80
総計（トン）		17.00
袋当り重量 (kg)		50.00
袋数		340

ii) 井戸充填砂利

図 3.2.8 および図 3.2.11 に示すように、スクリーンと孔壁の間隙は孔壁の崩壊防止と井戸水のろ過の目的のため砂利で充填する。井戸充填砂利の所要量を表 3.2.28 に示す。

表 3.2.28 井戸充填砂利所要量

項目		井戸充填砂利所要量
生産井	井戸当り使用量 (m ³)	23.31
	井戸本数	2
	合計 (m ³)	46.62
ハンドポンプ井	井戸当り使用量 (m ³)	6.91
	井戸本数	1
	合計 (m ³)	6.91
総計 (m ³)		53.53

iii) 燃料・油脂類

工事の進捗に応じ、掘削工事のための機械・車両の運転および材料・人員運搬のための支援車両の運転に必要な燃料を、調達業者は支給する。燃料の所要量を表 3.2.29 に示す。

表 3.2.29 燃料所要量

項目		燃料所要量
生産井	井戸当り使用量 (L)	30,535
	井戸本数	2
	合計 (L)	61,070
ハンドポンプ井	井戸当り使用量 (L)	13,995
	井戸本数	1
	合計 (L)	13,995
総計 (L)		75,065

燃料の他、必要な機械運転および維持管理に必要な油脂類（グリス、モリブデングリス、エンジンオイル、ギアオイル、コンプレッサオイル等）を、工事の進捗に応じて調達業者は支給するものとする。

iv) ガス溶接具

酸素・アセチレンボンベ、酸素レギュレータ、アセチレンレギュレータ、ホース、バーナー、火口等のガス溶接具は機械加工、ビット補修、ケーシング加工等掘削工事および機材維持管理に必要となる。このため、調達業者により生産井用、ハンドポンプ井用およびワークショップ用に3セットを現地調達し、支給するものとする。

酸素・アセチレンは作業の状況に応じて、調達業者により支給するものとする。

v) 雑材料

掘削機材は現場状況に合わせ、仮設により配置し、泥水配管、給水配管、電気配線、仮小屋の建設等を行う必要がある。現場毎で、配管材、木材、鋼材、電気材料等の雑材量が必要になる。

これらの雑材量は、調達業者による技術指導の期間、調達業者により支給するものとする。

10) スペアパーツ

調達機材の内、エンジン・モータ駆動の機械・車両・ポンプ、物理探査・検層機器については、2年間使用分のスペアパーツを調達する。

11) 緊急予備品

本プロジェクトでは大容量、中容量、小容量の揚水試験用ポンプをそれぞれ1式ずつ調達する。揚水試験の間のポンプの故障に迅速に対応するため、それぞれのタイプにつき1式ずつの予備ポンプを調達する。

(3) 調達資機材

本プロジェクトによる調達資機材のリストを表 3.2.30 に示す。

表 3.2.30 調達資機材一覧表

機材名称	単位	数量	仕様
1.井戸掘削機器類			
1-1 車載型掘削機および付属品(20"x400m)(生産井用)			
1-1-1 車載型掘削機(20"x400m)	式	1	掘削能力:最大口径 28"最大深度 400 mx20"口径、4-3/4"外径掘管、エアリフト法によるリバースロータリー工法(最大 30 m ダイレクトロータリー工法対応) 槽：耐荷重 32,000 kg ドライブヘッド：引上荷重 25,000 kg ドローワークス：シングルライン 8,000 kg、3 ライン 24,000 kg 送泥ポンプ：2 筒式,送水量 1,200 L/分、送泥圧力 20 kg/cm ²
1-1-2 掘削標準ツールズ	式	1	6"リバースロッド、ドリルカラー、サブ、ビット等
1-1-3 ハンドリングツールズ	式	1	ケーシングバンド、および吊りワイヤ、スパナ等
1-1-4 泥水管理機器	式	1	サンドポンプ、泥水スクリーン、泥水ミキサー、付帯配管等
1-1-5 セメンチング機器	式	1	トレミー管、セメンチングポンプ
1-1-6 配電機器	式	1	発電機(125 kVA)、配電盤、配線、照明等
1-1-7 給水用機器	式	1	可搬式水タンク、組立式水槽、給水用ポンプ、付帯配管等
1-1-8 フィッシングツールズ	式	1	ジャッキ他
1-1-9 機械加工機器	式	1	溶接機、切断機
1-1-10 その他工事用機材	式	1	工具類等
1-2 車載型掘削機および付属品(10-5/8"x400m)(ハンドポンプ井用)			
1-2-1 車載型掘削機(10-5/8"x400m)	式	1	掘削能力:最大口径 17-1/2"最大深度 400mx10-5/8"口径、4-3/4"外径掘管、ダイレクトロータリー工法 槽：耐荷重 24,000 kg ドライブヘッド：引上荷重 14,000 kg ドローワークス：シングルライン 6,000 kg、3 ライン 18,000 kg 送泥ポンプ：2 筒式,送水量 1,200 L/分、送泥圧力 20 kg/cm ²
1-2-2 掘削標準ツールズ	式	1	4-3/4"ドリルパイプ、ドリルカラー、サブ、ビット等
1-2-3 ハンドリングツールズ	式	1	ケーシングバンド、および吊りワイヤ、スパナ等
1-2-4 泥水管理機器	式	1	サンドポンプ、泥水ミキサー、付帯配管等
1-2-5 セメンチング機器	式	1	トレミー管、セメンチングポンプ
1-2-6 配電機器	式	1	発電機(50 kVA)、配電盤、配線、照明等
1-2-7 給水用機器	式	1	可搬式水タンク、組立式水槽、給水用ポンプ、付帯配管等
1-2-8 フィッシングツールズ	式	1	タップ、ジャッキ、バンド(6")他
1-2-9 機械加工機器	式	1	溶接機、切断機
1-2-10 その他工事用機材	式	1	工具類等
1-3 車載型エアリフト/揚水試験ユニット (生産井用)			
1-3-1 エアコンプレッサー	台	1	12 m ³ /分.,12 bar,110 kW

機材名称	単位	数量	仕様
1-3-2 エアリフト／揚水試験ユニット搭載トラック	台	1	GVW 26 ton、積載重量 10 ton、駆動 6 x 4、5ton クレーン付き、荷台幅 2.3 m、荷台長さ 6.9 m
1-3-3 エアリフト用機材	式	1	BQ エアパイプ、エアリフトヘッド
1-3-4 揚水試験用機材	式	1	大容量水中ポンプ(80 m ³ /h、揚程 50 m、3 相 400 V、18.5 kW)、中容量水中ポンプ(40 m ³ /h、揚程 50m、3 相 400V、11kW)、揚水管 4"SGP ネジ・ソケット接続
1-3-5 揚水試験用発電機	台	1	45 kVA、50 Hz、3 相 400 V
1-4 エアリフト／揚水試験機材 (ハンドポンプ井用)			
1-4-1 エアコンプレッサー	式	1	5 m ³ /分、7 bar、36kW
1-4-2 エアリフト用機材	式	1	エアリフトヘッド、1"PE エアパイプ
1-4-3 エアリフト用機材	式	1	小容量水中ポンプ(1.0 m ³ /h、揚程 50 m、3 相 400 V、1.5kW)
1-4-4 揚水試験用発電機	台	1	10kVA、50 Hz、3 相 400 V、
2.支援車両			
2-1 5 トンクレーン付き貨物トラック			
2-1-1 5 トンクレーン付き貨物トラック	台	1	GVW 26 ton、積載重量 10 ton、駆動 6 x 4、5ton クレーン付き、荷台幅 2.3 m、荷台長さ 6.9 m
2-2 3 トンクレーン付き貨物トラック			
2-2-1 3 トンクレーン付き貨物トラック	台	3	GVW 26 ton、積載重量 10 ton、駆動 6 x 4、3ton クレーン付き、荷台幅 2.3 m、荷台長さ 6.9 m
2-3 ピックアップトラック			
2-3-1 ピックアップトラック	台	2	ダブルキャビン、駆動 4x4、総重量 2.5ton、積載 0.5 ton、車体長 4.7 m、車体幅 1.6 m
3.物理探査検層機器			
3-1 電気探査機材			
3-1-1 電気探査機材	式	1	探査方式：垂直探査 探査深度：最大 500m 出力電圧：400V 以上 出力電流：最大 1000mA 以上
3-2 電気検層機材			
3-2-1 電気検層機材	式	1	適用口径：φ用口径：測定深度：最大 400m 測定項目：比抵抗（ショート・ロング）、SP、ガンマ線
4.ワークショップ用機器類			
4-1 ワークショップ用機器類			
4-1-1 電気・エンジン工具	式	1	発電機、溶接機、ネジきり機等
4-1-2 ハンドリングツール	式	1	スリング類、レバーブロック等
4-1-3 メカニカルツール	式	1	スパナ、レンチ、万力等
4-1-4 そのほか工具類	式	1	消耗工具、アクセサリ等
4-1-5 収納	式	1	消耗工具、アクセサリ等
4-1-6 コンテナ	式	1	消耗工具、アクセサリ等
5.技術移転用井戸材料			
5-1 技術移転用井戸材料			
5-1-1 ケーシング材料	式	1	スチールケーシング、ステンレススクリーン
5-1-2 ビット材料	式	1	ウィングビット、トリコンビット
5-1-3 泥剤	式	1	ベントナイト、CMC 等
6.スペアパーツ	式	1	

3.2.3 概略設計図

生産井およびハンドポンプ井についての掘削現場機器配置概念図を、図 3.2.22 および図 3.2.23 に示す。

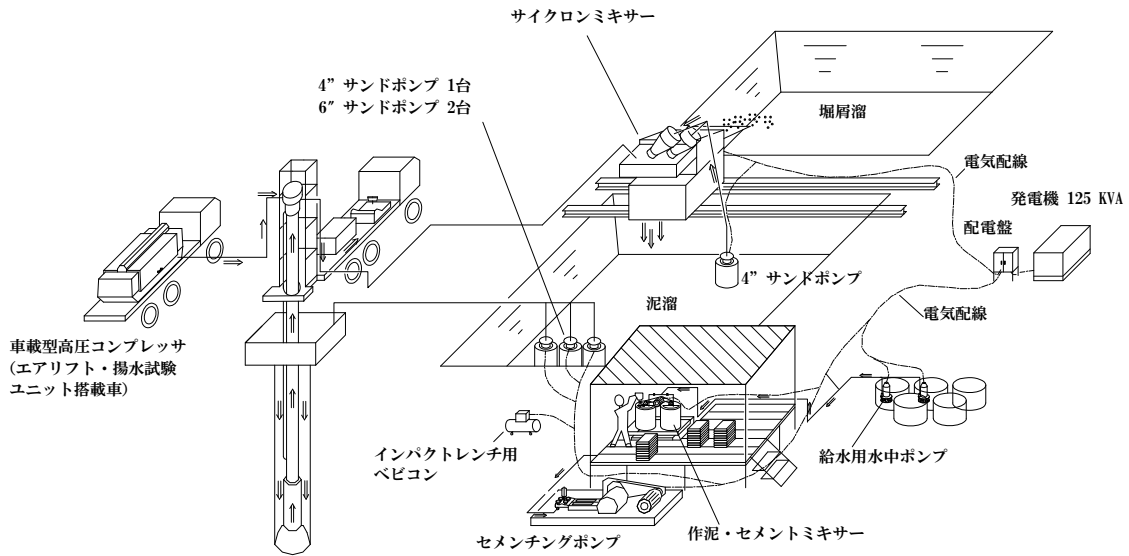


図 3.2.22 掘削現場機器配置概念図 (生産井)

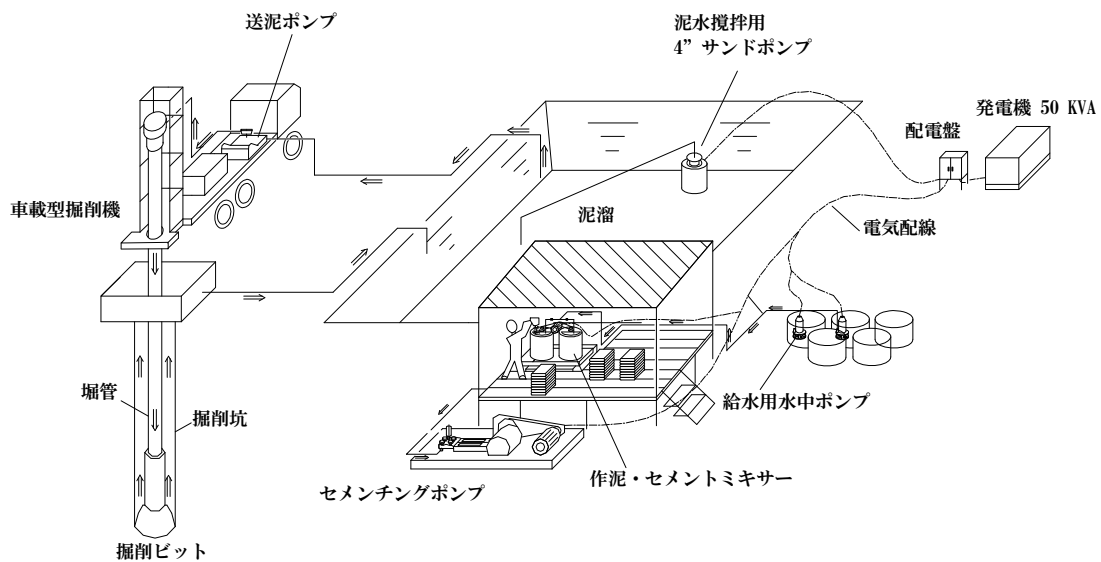


図 3.2.23 掘削現場機器配置概念図 (ハンドポンプ井)

3.2.4 調達計画

(1) 調達方針

本計画で調達を計画する資機材については、調達および維持管理の容易さおよび価格やアフターケア、機材の仕様等を考慮し、バングラデシュ国内、日本または第三国からの調達とする。

採用する機材は、消耗品、交換部品の入手の可能性、維持管理体制等を考慮し、かつ使用環境条件に適したものとする。

(2) 調達上の留意事項

1) バングラデシュ側の受け入れ体制

調達機材の荷受人は、実施機関である DPHE であり、受け入れの窓口となる。

引き渡しの前に、調達業者の派遣する技術者により、機材の開梱・点検および初期操作指導が行われるため、バングラデシュ側による輸入・通関および車両登録等の諸手続きが円滑に行われるよう留意する。

バングラデシュ側は輸入許可、免税手続き、通関手配、その他貿易業務一般について滞りなく行われるよう留意する。

2) 資材の輸送

調達業者は機材の輸送状況について確認し、通関や受け取りが迅速に行われるよう留意するほか、輸送中の安全に十分に留意する必要がある。

(3) 調達・据付区分

表 3.2.31 に主要な資機材の調達区分を示す。

機材は基本的に本邦調達とするが、ピックアップトラックは本邦メーカーの製品がタイで生産しているため、第三国調達（タイ）とする。

技術移転用井戸材料の内、セメント、井戸充填砂利、ガス溶接用具、燃料・油脂、雑材量等、掘削工事の進捗に応じて現地で調達する必要のある品目については、調達機材に含めず、井戸掘削工事の期間中に調達業者により支給するものとする。

表 3.2.31 主要資機材の調達区分

資機材	現地調達状況	調達先
1. 井戸掘削機器類		
掘削リグ、掘削標準ツールズ	掘削リグは現地では製作していない。アフターケアを考慮すると日本製品が望ましい。	日本調達とする。
エアリフト・揚水試験機材	発電機・コンプレッサは現地では製作していない。発電機・コンプレッサのクレーン付き貨物トラックへの搭載は現地では対応できない。	日本調達とする。
2. 支援車両（ピックアップトラック、クレーン付きトラック）		
	現地では製作していない。日本の車両メーカーの代理店はダッカにある。	日本メーカーのタイ国製品とする。
3. 物理探査・検層機器		
電気探査機	現地では製作していない。アフターケアを考慮すると日本調達品が望ましい。	日本または欧米製製品を日本から調達する。
検層機	現地では製作していない。アフターケアを考慮すると日本調達品が望ましい。	日本または欧米製製品を日本から調達する。
4. ワークショップ用機器類		
	アフターケアを考慮すると、日本製品が望ましい。	日本調達とする。

資機材	現地調達状況	調達先
5. 技術移転用井戸材料		
掘削ビット、ケーシング	一部のサイズの鋼管は現地メーカーが製造しているものの、一括して取り扱う専門業者がないため、納期・品質が不安定である。	日本調達とする。
泥材（ベントナイト、CMC、ウェルクリーナー）	現地では生産していない。一括して取り扱う専門業者がないため、納期・品質が不安定である。	日本調達とする。
セメント	現地で生産しており、調達に問題はない。	現地調達（運営指導期間中に調達業者から支給する）
充填砂利	現地で生産しており、調達に問題はない。	現地調達とする（運営指導期間中に調達業者から支給する）

(4) 調達監理計画

入札から設計・調達／製作・輸送・納品までの一連の作業・業務が円滑に運ばれるようコンサルタントと調達業者は次の監(管)理を行う。

1) コンサルタントの調達監理

- 調達業者の機器製作図の確認・照合
- 機材発送前の DPHE との受け入れ態勢確認協議
- 製作された機材の製品検査（立会検査または検査報告書の確認による）
- 輸出梱包前の出荷前検査（検査報告書の確認による）
- 船積み前機材照合検査のための第三者検査機関との事前打合せ
- 機材搬入・開梱の監理
- 初期操作指導の監理
- 現地引き渡し前検収監理
- 機材引き渡しの立会
- 運用指導の完了確認

2) 調達業者の調達管理

- 入札後の機器製作図作成、確認・照合
- 機器製作管理
- 製作された機材の製品検査
- 輸出梱包前の出荷前検査
- 船積前機材照合検査の立会
- 機材搬入・開梱
- 機材調整・試運転
- 初期操作指導
- 現地引き渡し前検収
- 機材引き渡し

- DPHE による 3 本の井戸掘削を通じた運用指導（掘削技術指導および機材維持管理指導）

(5) 品質管理計画

調達機材の品質監(管)理のため、下記に示す検査・検収を実施する。

1) 機器製作図確認・照合

契約後、調達業者により作成される機器製作図に対し、機材の仕様の機能の品質確保のために、調達業者の検査要員およびコンサルタントの検査技術者が照査を行い、必要な修正を行う。

検査に必要な期間は、調達業者の検査要員 0.5 月、コンサルタントの検査技術者 0.4 月である。

2) 製品検査

コンサルタントにより承認した機器製作図をもとに、製作された機材の工場検査を行う。検査は製作工場における立会検査もしくは製作メーカーからの検査報告書の確認による。コンサルタントの工場立会検査は掘削リグ・ツールズおよび発電機・コンプレッサについて行う。

製品検査に必要な期間は、調達業者の検査要員およびコンサルタントの検査技術者それぞれについて 0.4 月である。

3) 出荷前検査

輸出梱包前に、調達品の員数確認検査を行う。

出荷前検査に必要な期間は、調達業者の検査要員およびコンサルタントの検査技術者それぞれについて 0.23 月である。

4) 船積み前機材照合検査

本邦調達品および第三国調達品（タイ国産ピックアップトラック）について、第三社検査機関による船積み前機材照合検査を行う。

調達業者の検査要員およびコンサルタントの検査技術者は、本邦調達品についてのみ立会を行う。

船積み前機材照合検査立会に必要な期間は、調達業者の検査要員が 0.1 月である。

5) 現地引き渡し前検収

機材の調整・試運転の終了後、0.5 か月間、引き渡しのための機材検収を、DPHE の担当職員、コンサルタントの調達監理者および常駐調達監理者立会のもと、調達業者の現地調達管理担当者により行う。

検収が終了した機材は、DPHE に引き渡される。

(6) 資機材調達計画

本プロジェクトで調達される、井戸掘削機器類、支援車両、物理探査・検層機器、ワークショップ用機器類、技術移転井戸材料は本邦調達とする。ただし、支援車両の内ピックアップトラックについては、本邦メーカーのタイ国製品を調達する。

本邦調達機材は、トラックは在来船により、その他の機材はコンテナ船により横浜港より海上輸送し、チッタゴンで荷揚げした後、ダッカまで内陸輸送を行う。

在来線は在来線は月に1便、コンテナ船はほぼ毎日の便数がある。

ピックアップトラックはタイ国バンコク港もしくはレムチャバン港よりコンテナ線で海上輸送し、チッタゴンで荷揚げした後、ダッカまで内陸輸送を行う。

コンテナ船は週に1便の便数がある。

(7) 初期操作指導・運用指導計画

1) 初期操作指導実施計画

機材の搬入・開梱、試運転・調整の後、調達業者の掘削技術指導担当者により、DPHE の担当職員に対し、掘削リグ2台、支援車両、発電機、コンプレッサ等の掘削主要機器の初期操作指導を行う。また、同時期に調達業者の機材維持管理担当者による機材維持管理方法の概要指導を行う。

また、この期間中に、物理探査機および検層機の初期操作指導をメーカーの技術者により行う。

2) 運用指導実施計画

初期操作指導終了後、DPHE は技術移転用井戸3本（生産井2本、ハンドポンプ井1本）の掘削工事を6か月間で行う。

この期間中に、調達業者の掘削技術指導担当者および機材維持管理管理指導担当者により、DPHE の掘削班およびワークショップ機械工に対し、現場掘削技術および機材維持管理技術の指導を行う。

(8) ソフトコンポーネント計画

1) ソフトコンポーネントを計画する背景

『バングラデシュ国都市部及び地方部における地下水調査および深層帯水層開発計画』は、浅層地下水が砒素で汚染され、かつ砒素に汚染されていない深部帯水層の上位に礫層が分布する地域において礫層を掘り抜く深井戸を建設するために、井戸掘削機器、支援車両、物理探査機等の機材を調達するものである。

バングラデシュにおいては、浅層地下水を主水源とする給水施設の整備が進み、1990年代初頭には全国民の97%への給水を達成している。しかしながら、1993年に浅層地下水中の砒素汚染が認められ、英国地質調査所(BGS)・バングラデシュ国公衆衛生工学局(DPHE)、その他の機関により調査が展開された結果、広範な地域における浅層地下水の砒素汚染が確認された。約500万本の井戸の29.3%に相当する井戸において、砒素濃度がバングラデシュ国基準値である0.05 mg/Lを超過し、約38,000人の砒素中毒患者および約3,300万人の砒素被曝者が存在することが明らかとなった。このため、多数の浅井戸が使用不能となり、実質的な給水率は70%以下となるまで急激に低下した。

2000年頃から砒素汚染対策の代替水源として深井戸が各地で設置されるようになり、現在でも砒素汚染地域における主たる代替水源が深井戸であることに変わりはない。2008年10月に発表されたNational Strategy for Accelerated Poverty Reduction (FY 2009-2011)でも、砒素汚染対策として、代替水源となる「深層地下水の利用可能性の調査」が重要であると位置づけられている。

2011年12月には、給水・衛生セクターの2025年までの15年間の開発計画を示したSector Development Plan (FY2011-25) (SDP) が正式に発効した。

本調査の対象地域を含む西部3県(ジョソール県、ジェナイダ県、チュアダンガ県)で実施された「バングラデシュ国砒素汚染地域地下水開発計画調査」(JICA、2000~2002年)では、礫層の分布する層準よりも下位の深度200m以深に安全な地下水が確認されている。同調査では、調査ボーリングと既存ボーリング資料の解析により、深度200m以深の深部帯水層の連続性が確認されていることから、過去に深層への掘削経験のない地域でも、深部帯水層中に安全な水を確認できる可能性が高いことを示唆している。

これを受け、DPHEは深層地下水の開発を進めてきている。本計画対象地域で安全な水を得るためには、浅部帯水層の下位にある礫層を掘り抜いて深部帯水層に達する深井戸を建設する必要がある。しかしながら、本計画を実施するDPHEが保有するリグは能力不足のため、礫層を掘り抜くことができず、深井戸の建設は進まない状況である。

本計画は、DPHEが礫層を掘り抜くことができる掘削リグを調達することおよびDPHEの要員が深井戸掘削技術を向上させることにより、深層地下水の開発を促進し、計画対象地域における安全な水の供給率を向上させることを目標としている。

計画対象地域における深層地下水開発のためには、最大400mの深井戸の掘削を行う必要がある。また、砒素に汚染された浅層地下水と、砒素に汚染されていない深層地下水との混合が生じないように、浅部帯水層と深部帯水層とを適切に遮水するシーリングが必要である。

これまでのDPHEによる掘削工事は、民間業者に発注する方式であった。DPHE所有の2台のリグは、民間業者が借り受け、民間業者の掘削班にDPHEの機械操作技工が加わり共

同で掘削作業を行っている。また現場掘削作業の管理担当者として DPHE の掘削管理者が定期的に現場を訪問し、管理している。このように、DPHE は現場での掘削作業および施工管理を経験している人員を有するものの、対象地域での地下水開発に必要な、礫層を掘り抜き 400 m 級の掘削深度に達するのに必要な掘削技術と掘削機材を有していない。同様に民間掘削企業も、そのような機材・掘削技術を有していないため、対象地域での深層地下水の開発が開始できないのが現状である。

対象地域では、約 526 万人の住民が砒素に汚染された水の飲用を余儀なくされている。これらの住民のために、深層地下水を開発するためには、将来的に相当数の民間掘削会社が礫層地域での大深度水井戸掘削に参入する必要がある。

そのため、DPHE は調達機材を用いて直営班により 5 年間の掘削アクションプランを作成し、同プランを実施することで、礫層地域における大深度水井戸掘削の技術を確立するとともに、その技術の普及を図り、民間掘削会社の参入を促進するものである。礫層地域における掘削技術がバングラデシュに根付くまでは DPHE の直営水井戸掘削班が対応する必要がある。

上記の理由から、本計画により調達される水井戸掘削機を活用して深水井戸を建設するためには、DPHE の水井戸掘削班が大深度の水井戸を掘削する技術、礫層を適切に掘り抜く技術、帯水層間を適切に遮水する技術、揚水試験技術、機器の維持管理技術等の現場技術の習得が必要である。また、アクションプランの効率的な実施のためには、DPHE の掘削工事管理部門の技術者が直営班を用いた掘削プロジェクトの計画・管理技術を習得することが必要となる。現場技術については、調達業者の派遣する掘削技術指導者および維持管理技術指導者により技術移転が行われる。計画・管理技術については、調達業者の技術者では指導することが困難であるため、ソフトコンポーネントを通じ、コンサルタントの技術者により指導を行なう。

また、水井戸掘削のためには物理探査を含む地下水調査により適切な掘削地点を選定し、掘削深度を含む掘削計画を策定しなければならないが、DPHE の水理地質技師は物理探査技術を有していない。

したがって、本計画ではこれらの水井戸掘削計画・管理技術および物理探査技術について、ソフトコンポーネントにて DPHE の要員へ下記の技術指導を行うものである。

表 3.2.32 ソフトコンポーネント項目および内容

項 目	技術指導内容
(1) 水井戸掘削計画・管理技術指導	1) 掘削計画（現地・座学） - 水井戸設計、工程計画、品質管理計画、調達計画、機材維持管理計画 2) 掘削管理技術（現地・座学） - 掘削技術管理、掘削記録管理 - 調達・輸送管理 - 機材維持管理

項 目	技術指導内容
	3) 揚水試験技術（現地・座学） 4) ワークショップ運営技術
(2) 物理探査技術指導	1) 探査計画（座学） 2) 現地探査技術（データ取得）（現地） 3) データ解析（現地・座学） 4) 水理地質学的解析（座学） 5) 機器の維持管理技術（ワークショップ）

調達業者の運用指導による掘削技術および機材維持管理指導と、ソフトコンポーネントによる井戸掘削計画・管理技術指導および物理探査技術指導は、5年間の掘削アクションプランの立上支援を行うものであり、各分野の基礎的知識の習得を目指すものである。

本プロジェクトによる技術移転を終えた後は、習得した知識をもとに、DPHEの技術者が、実地経験を通じて効率的に業務を遂行できるレベルまで技術力を向上して行く必要がある。当該部分に関しては2012年から2013年に立ち上げられる予定である（仮称）「DPHE技術能力向上プロジェクト」（4年間を想定）の中で、DPHE技術者が獲得した技術及び知識の反復及び再評価を行うことでさらに改善していく予定である。

なお、ソフトコンポーネントを通じた指導対象者は主にDPHEの技術者とするが、上記掘削技術の普及を目的として民間業者の参加も可能とする。民間業者の参加にあたって、その参加費用については、バングラデシュ側の負担とする。また、民間業者への参加勧奨は、特定の業者に偏らず、公平に実施されるものとする。

2) ソフトコンポーネントの目標

本計画が実施された場合、DPHEは調達された物理探査機器および掘削リグを使用して計画対象地域の深層地下水開発を進めなければならない。現在、DPHEは独自で地下水開発のための物理探査や、礫層を掘り抜いて深部帯水層に達する深井戸を掘削した経験が無い。このため、本計画におけるソフトコンポーネントでは、物理探査技術および井戸掘削計画・管理技術に関する指導を行い、DPHEの技術者が独自で深層地下水を適切に開発する技術を習得することを目標とする。

本プロジェクトで調達される機材を用い、アクションプランを実施するため、DPHEは図3.2.24に示すような体制を構築する計画である。

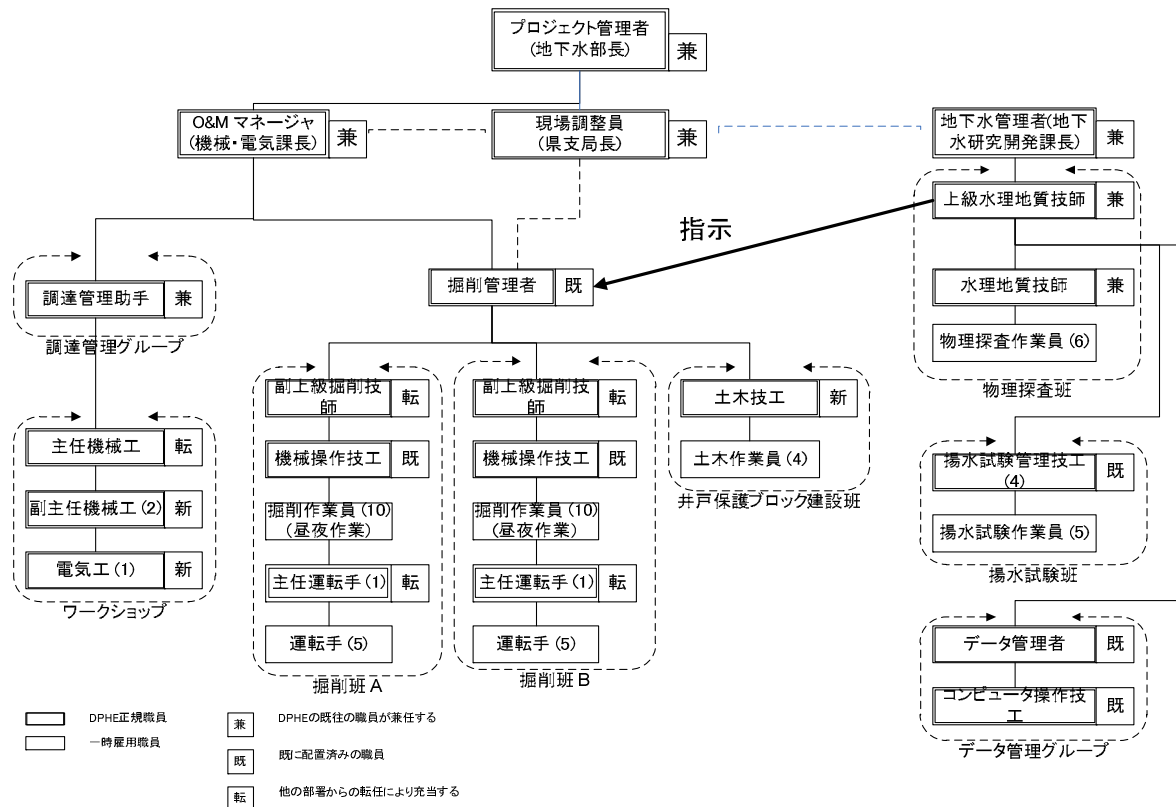


図 3.2.24 DPHE のアクションプラン実施体制 (案)

ソフトコンポーネントの物理探査技術指導に関しては、物理探査の計画・実施、結果解析および解析結果に基づく掘削計画の立案を担当する水理技師を対象とし、掘削計画・管理指導については、掘削工事、揚水試験、ワークショップ（機材維持管理）のそれぞれの分野の管理部門の職員を対象とする。掘削工事に関連するプロセスの例を図 3.2.25 に示す。この内「2.掘削作業」に関する技術は現場工事の作業であり、その他のプロセスは、各分野の管理部門により実施されるプロセスである。

本プロジェクトの技術移転期間中に達成を目標とする技術レベルと、その後3年間で達成を目標とする技術レベルを表 3.2.33 に示す。また、各分野の指導対象者の現在の経験・技術のレベルおよび指導を通じた達成を目指す向上のレベルを同じく表 3.2.33 に示す。

1. 計画								
準備フェーズ	1.1 工事計画・井戸設計	1.2 調達計画	1.3 人員配置計画	1.4 機材維持管理計画	1.5 品質管理計画	1.6 予算計画		
	- 工程計画 - 井戸設計 - 作業数量	- 機材・ツール調達 - 井戸材料調達 - 輸送	- 掘削班 - 調達・輸送部門 - 揚水試験班 - 土木班 - 機材維持管理部門 - 技術管理部門	- 定期点検計画 - ワークショップ機材・ツール計画 - スベアパーツ・消耗品計画	- 品質管理計画 - 安全計画 - 検査計画	- 原価計算 - 契約金額算出・明細書作成		
工事实施								
工事实施フェーズ	2. 掘削作業		3. 掘削施工管理		4. 調達・輸送		5. 機材維持管理	
	2.1 現場準備 ↓ 2.2 表層孔掘削および表層ケーシング設置 ↓ 2.3 中間孔掘削および中間ケーシング設置 ↓ 2.4 生産孔掘削 ↓ 2.5 カutting分析 ↓ 2.6 孔内核層 ↓ 2.7 ケーシングプログラム ↓ 2.8 ケーシング・スクリーン設置 ↓ 2.9 グラベル充填 ↓ 2.10 井戸仕上・遮水セメンチング ↓ 2.11 揚水試験 ↓ 2.12 採水 ↓ 2.13 埋戻し・表層セメンチング ↓ 2.14 井戸ヘッド建設		3.1 掘削記録 ↓ 3.2 材料管理 ↓ 3.3 掘削深度計算 ↓ 3.4 Cutting分析 ↓ 3.5 ケーシング・セメンチング計画 ↓ 3.6 ケーシング・セメンチング記録 ↓ 3.7 充填砂利計算 ↓ 3.8 井戸仕上記録 ↓ 3.9 井戸仕上記録 ↓ 3.10 揚水試験記録 ↓ 3.11 揚水試験解析 ↓ 3.12 水質分析 ↓ 3.13 井戸ヘッド記録 ↓ 3.14 ポンプ選定計算 ↓ 3.15 井戸崩壊・ツール滞留事故予防および対策 ↓ 3.16 ツール採掘作業		4.1 機材・ツール調達 ↓ 4.2 現場への機材動員 ↓ 4.3 材料調達 ↓ 4.4 現場への材料輸送 ↓ 4.5 在庫管理 ↓ 4.6 定期的棚卸し		5.1 機材定期点検 ↓ 5.2 動員前機材状態チェック ↓ 5.3 現場での日常点検 ↓ 5.4 故障修理 ↓ 5.5 現場から撤収後の状態チェック ↓ 5.6 定期点検	
6. 評価								
評価フェーズ	6.1 掘削工事進捗		6.2 掘削技術		6.3 掘削工事の品質		6.4 原価管理	
	- リグ毎の年間井戸掘削本数 - 井戸1本当たり掘削日数		- 崩壊・滞留等の掘削障害の原因分析 - 選定された掘削工法・手順は適切であったか - 各ドリラーの技術習得度		- 揚水試験・水質分析後の井戸の品質 - 掘削作業プロセスの品質の評価		- 計画原価および実績値の差異 - 差異の原因分析 - コスト縮減の方策検討	

図 3.2.25 掘削工事プロセス (案)

表 3.2.33 各分野のソフトコンポーネント対象者の現状および目標とする技術レベル

指導分野	過去の経験と現状	ソフトコンポーネントにより達成を目標とする技術レベル	ソフトコンポーネント終了後3年間で達成を目標とする技術レベル
物理探査技術	物理探査の経験は有していない。	探査計画の立案、探査作業の実施、得られた解析および水理地質的解釈の一連の作業の手順を習得する。	実地経験を通じて、左記の一連の作業の経験を積むことにより、適切な作業実施、解釈を行う技術を習得する。
掘削計画・管理技術	民間掘削業者の請負工事の施工管理の経験は有している。 直営による掘削、資機材調達、輸送管理等の経験は有しない。	井戸掘削作業の計画・施工管理・評価の一連のプロセスを理解し、独力で直営班を運営できるようになる。	直営での掘削計画・調達計画・運搬計画とその実施・評価を経験することにより、効率的な実施と手法の改善を行うことができるようになる。
揚水試験計画・管理技術	民間掘削業者の請負工事の施工管理の経験は有しており、段階揚水試験の揚水量の決定・指示等の技術的な経験は有する。 直営班による資機材調達、人員配置の計画・管理の経験は有していない。	揚水試験作業の計画・施工管理・データ解析・評価の一連のプロセスを理解し、独力で直営班を運営できるようになる。	直営での揚水試験計画と解析・実施・評価を経験することにより、効率的な実施と手法の改善を行うことができるようになる。
機材維持管理計画・管理技術	DPHE 所有の機材は、機材を借り受ける民間掘削業者が行っていたため、機材維持管理のための、定期点検、必要部品調達の計画・管理やワークショップの経験を有していない。 新設されるワークショップの主任機械工には、DPHE で給水施設の維持管理等の機械維持管理に経験を有する機械工が配置される予定である。	機材維持管理およびワークショップ運営の計画・実施・評価の一連のプロセスを理解し、独力で機材維持管理活動とワークショップ運営ができるようになる。	直営での機材維持管理計画・ワークショップ運営計画とその実施・評価を経験することにより、効率的な実施と手法の改善を行うことができるようになる。 特に機械使用開始後1年～2年を経過すると、機械故障の増加や部品交換頻度の増大が発生するため、それらに対応する知識も習得する。

表 3.2.34 にソフトコンポーネント対象人員の一覧表を示す。合計 10 人を対象とする。

表 3.2.34 ソフトコンポーネント対象人員一覧表

職名	物理探査技術	掘削計画・管理技術	揚水試験計画・管理技術	機材維持管理計画・管理技術
<DPHE の技術者>				
-プロジェクト管理者（地下水部長）	○	○	○	○
-O&M マネージャ（機械・電気課長）		◎		◎
-地下水管理者（地下水研究開発課長）	○		○	
-上級水理地質技師	◎		◎	
-水理地質技師	◎		◎	
-掘削管理者		◎		
-副上級掘削技師(2名)		○		
-調達監理助手				◎
-主任機械工				◎
合計	4	5	4	4
<民間業者の技術者>		◎		◎

注) ○: 一部参加、◎: 常時参加

3) ソフトコンポーネントの成果

(i) 井戸掘削計画・管理技術指導

＜成果 1-1＞：DPHE の技術者が、適切な掘削計画（井戸設計、工程計画、品質管理計画、調達計画を含む）の立案と実施管理の技術を習得する。

アクションプランに基づく井戸掘削工事を効率的に行うためには、現場技術だけではなく、適切な掘削計画を立案し、それに基づき施工管理を行う技術を、DPHE の管理部門の技術者（プロジェクト管理者、掘削管理者等）が習得する必要がある。

したがって、DPHE の技術者が下記の技術について習得することを成果とする。

1) 掘削地点選定

現地踏査、物理探査結果、関係者との協議結果等をもとに井戸掘削を行うサイトを決定する。

2) 井戸設計

掘削する井戸の深度・掘削口径、掘削工法、ケーシング口径・材質の決定

3) 工程計画

深度・地質状況および必要となる掘削技術等の井戸毎の条件を考慮し、工程計画を策定する。

4) 資機材調達・輸送計画

掘削用リグおよび支援機材の選定、掘削材料の選定・数量算出およびそれらの調達・輸送の計画

5) 要員計画

井戸掘削工事に必要な要員の配置計画

6) 品質管理計画

井戸掘削工事のプロセスを明確にし、各プロセスで品質基準および検査計画を策定する。工事の安全計画も含む。

7) 掘削管理技術

DPHE の掘削管理部門の技術者が、掘削計画に基づき、適切な施工管理を行う技術。

下記に示す、調達業者による掘削技術指導活動と協調し、井戸工事プロセスフロー、掘削技術マニュアル（掘削記録様式を含む）の作成指導も行う。

本計画で調達されるリバースロータリー工法およびダイレクトロータリー工法による掘削機材の使用方法およびそれらを用いた掘削の現場技術（礫層掘削の技術、深部帯水層

と浅部帯水層の遮水のためのセメントシーリングの技術を含む)は、調達業者の掘削技術者により技術指導が行われ、掘削機材の維持管理技術については調達業者の機材維持管理技術者により技術指導が行われる。

＜成果 1-2＞：DPHE の技術者が、適切な揚水試験計画立案、実施管理および結果解析の技術を習得する

掘削した深井戸から深層地下水を揚水して適正に利用するために、井戸の正確な能力(水量および水質)や、周辺の環境や取水する帯水層への影響を、揚水試験結果の解析により適切に判断することが必要である。このためソフトコンポーネントではコンサルタントの技術者により揚水試験の実施計画、資機材調達・輸送計画、試験結果の解析方法等の指導を行なう。

したがって、次の技術を習得することを成果とする。

1) 揚水試験実施計画

資機材調達・輸送計画、人員配置計画を含む

2) 予備試験結果、段階揚水試験、連続揚水試験、回復試験の実施管理方法

各試験の記録様式の作成指導を含む

3) 揚水試験結果解析方法 (非平衡法)

タイスの式に基づく井戸定数 (透水量係数、貯留係数等) の解析方法

4) 揚水試験結果解析方法 (平衡法)

s-Q 線図を用いた井戸損失の解析、比湧出量の算出

5) 揚水試験結果解析方法 (ポンプ選定)

揚水試験結果に基づく、ポンプ仕様の選定方法

揚水試験を実施するための機材の取扱いやデータの取得方法については、調達業者が派遣する掘削技術者により指導が行われる。

＜成果 1-3＞：DPHE の技術者が、適切な機材維持管理計画の立案および実施管理の技術を習得する

掘削機材を適正な状態に保ち、アクションプランの掘削工事を遅滞なく遂行するためには、機材維持管理の現場技術に加え、DPHE の機材管理部門の技術者 (機材維持管理管理者、調達管理助手等) のワークショップ管理者が、適切な機材維持管理計画を立案し、計画に基づき、必要な交換部品・消耗品の調達を行ない、機材の定期点検および故障修理の実施管理を行う技術を習得し、ワークショップを適正に運営する必要がある。これらの機材維持管理技術は、コンサルタントの技術者により指導を行なう。

したがって、次の技術を習得することを成果とする。

1) 機材維持管理計画

個々の機材に必要な定期点検の内容を立案し、年間の点検計画を策定する。

2) 消耗品・交換部品使用・調達計画

定期点検および故障修理に必要な消耗品・交換部品の内容と数量を算出し、調達計画を立案する。

3) ワークショップ運営計画

年間の定期点検の活動、人員配置、予算措置を計画する。

4) 機材維持管理実施管理

各機材の維持管理記録表を作成し、活動が適切に行われるよう管理を行う。

本計画で調達される掘削リグ、掘削ツールズおよびコンプレッサー、発電機等の掘削支援機材およびワークショップツールズの使用方法とそれらを用いた掘削工事および機材維持管理の技術は、調達業者の掘削技術者および機材維持管理技術者によって指導が行われる。

<成果 1-4> : DPHE の技術者が、掘削・揚水試験・機材維持管理の実施結果を評価し、手法改善を行う技術を習得する。

ソフトコンポーネントでは、3 か所の井戸掘削とそのための機材使用準備および使用後の機材点検の実務を通じて、上記の成果 1-1～1-3 に係る、DPHE 技術者の能力向上のための活動を行う。

それらの活動においては、各業務の計画立案・工事開始準備から実施管理および結果の評価までの一連のプロセスを繰り返し行うことにより、各技術者の能力の向上を図る。プロジェクト実施後の DPHE の自立性を促進するため、各井戸の掘削工事終了時には計画および管理の手法が適切であったか否かを、DPHE 自身により評価し、必要に応じて手法の改善を行う手続きを導入し、評価・改善を行なえるよう、をコンサルタントの技術者により指導する。

したがって、次の技術を習得することを成果とする。

1) 掘削工事の計画立案・工事の実施方法について、評価し改善する方法

2) 揚水試験の計画立案・試験の実施方法について、評価し改善する方法

3) 機材維持管理の計画立案・維持管理活動の実施方法について、評価し改善する方法

<成果 1-5> : DPHE の技術者が、定期的なアクションプランの進捗報告書を作成する技術を習得する。

DPHE は6か月に一度の頻度で、アクションプランの進捗報告書を作成し、JICA バングラデシュ事務所に提出する。ソフトコンポーネントでは、進捗報告書の作成方法の指導を行う。

進捗報告書作成技術には下記の内容を含むものとする。

- 1) 物理探査の実績報告作成の技術
- 2) ハンドポンプ井、生産井の掘削実績報告作成の技術
- 3) 揚水試験による井戸能力評価報告作成の技術
- 4) 計画達成状況の評価と改善案立案の技術

(ii) 物理探査技術指導

<成果 2-1> : DPHE の技術者が、適切な探査計画を立案する技術を習得する。

井戸掘削地点を決定するにあたっては、対象地点周辺における既存の水理地質データ、地形条件および予定の井戸深度・構造に基づいて、対象に適した探査手法や探査測線の配置を決める必要がある。適切な探査計画を立案するために必要となる技術を習得することを成果とする。

<成果 2-2> : DPHE の技術者が、調達された物理探査機器による探査技術を習得する。

DPHE の技術者は、本計画で調達される予定の物理探査機器を用いて、現地で適切な探査を実施する必要がある。適切な探査を実施するために必要となる下記事項の習得を成果とする。

- 1) 現地条件に応じて適切な探査を実施することが出来る
- 2) 取得データが地質・地下水解析に適する質であるか否か、適切に評価することが出来る

<成果 2-3> : DPHE の技術者が、探査データを解析し、対象地域の井戸掘削計画を立案する技術を習得する。

DPHE の技術者は、探査によって得られるデータを解析し、井戸掘削計画を立案する必要がある。適切な井戸掘削計画の立案のために必要となる下記事項の習得を成果とする。

- 1) 取得した探査データを適切に解析し、水理地質構造を推定することが出来る
- 2) 探査データの解析結果から、具体的な井戸掘削計画を策定することが出来る
- 3) 実際の掘削結果を検討した上で、井戸掘削計画を見直すことが出来る

<成果 2-4> : DPHE の技術者が、物理探査機材の保守管理を適切に行う能力を習得する。

物理探査機材は日常の取扱や定期的なメンテナンスなど保守管理を適切に行うか否かに

よって、故障の頻度や製品寿命が大きく左右される。適切な保守管理を行うために、以下の事項に関わる技術について習得することを成果とする。

- 1) 日常点検の内容及び実施方法
- 2) 定期点検の内容及び実施方法
- 3) 故障した場合の修理方法

物理探査機材の使用法およびメンテナンス方法については、調達業者の初期操作指導において説明が行われる。ソフトコンポーネントでは、実際の使用にあたり、その前後での機材保守管理方法を実地で指導する。

4) 成果達成度の確認方法

(i) 井戸掘削計画・管理技術指導

上記の 3)(i)井戸掘削計画・管理技術指導で定めた成果の達成度を下記のとおり確認する。

成果 1-1 の達成度確認方法

コンサルタント要員が、DPHE の技術者の作成する掘削計画書および掘削記録を確認する。

成果 1-2 の達成度確認方法

コンサルタント要員が、DPHE の技術者の作成する揚水試験計画書、揚水試験結果記録および揚水試験解析結果を確認する。

成果 1-3 の達成度確認方法

コンサルタント要員が、DPHE の技術者の作成する機材維持管理計画書および機材維持管理記録を確認する。

成果 1-4 の達成度確認方法

コンサルタント要員が、DPHE の技術者の作成する掘削工事実施評価報告書、揚水試験実施評価報告書、機材維持管理実施評価報告書を確認する。

成果 1-5 の達成度確認方法

コンサルタント要員が、DPHE の技術者の作成するアクションプラン進捗報告書を確認する。

(ii) 物理探査技術指導

上記の 3)(ii)物理探査技術指導で定めた成果の達成度を下記のとおり確認する。

成果 2-1 の達成度確認方法

コンサルタント要員が、DPHE の技術者の作成する探査計画書を確認する。

成果 2-2 の達成度確認方法

コンサルタント要員が、DPHE の技術者の実施する以下の事項について確認する。

- 1) 現地の条件に適した探査測線の設定・配置
- 2) 適切な測定作業
- 3) 適切なデータの取得

成果 2-3 の達成度確認方法

コンサルタント要員が、DPHE の技術者の作成する以下の事項について確認する。

- 1) 探査データ
- 2) 物理探査解析結果
- 3) 探査地点の水理地質断面図
- 4) 探査地点の水理地質断面図を含む探査結果報告書
- 5) 井戸掘削計画書および修正した井戸掘削計画書

成果 2-4 の達成度確認方法

コンサルタント要員が、DPHE の技術者の作成する以下の事項について確認する。

- 1) 日常点検・定期点検及び修理方法に関する保守管理手順書
- 2) 日常点検・定期点検及び修理方法に関する保守管理チェックリスト
- 3) 点検記録

5) ソフトコンポーネントの活動（投入計画）

(i) 井戸掘削計画・管理技術指導

井戸掘削計画・管理技術に関するソフトコンポーネントの目標ならびに成果を達成するために必要な活動は次の通りである。

成果 1-1 掘削計画・管理指導に係る活動

1-1-1 講習教材・マニュアル準備

- 1-1-1-1 掘削計画作成演習教材作成
- 1-1-1-2 掘削記録様式作成
- 1-1-1-3 掘削計画策定マニュアル作成
- 1-1-1-4 掘削管理マニュアル作成
- 1-1-1-5 掘削報告書作成演習教材作成

1-1-2 技術講習

- 1-1-2-1 掘削計画・管理概論説明
- 1-1-2-2 掘削計画作成演習
- 1-1-2-3 掘削施工管理現地実習
- 1-1-2-4 掘削報告書作成演習

成果 1-2 揚水試験計画・管理・解析指導に係る活動

1-2-1 講習教材・マニュアル準備

- 1-2-1-1 揚水試験計画策定・管理マニュアル作成
- 1-2-1-2 揚水試験計画策定演習教材作成
- 1-2-1-3 揚水試験解析演習教材作成
- 1-2-1-4 ポンプ選定演習教材作成

1-2-2 技術講習

- 1-2-2-1 揚水試験計画・管理概論説明
- 1-2-2-2 揚水試験計画作成演習
- 1-2-2-3 揚水試験解析演習
- 1-2-2-4 ポンプ選定演習
- 1-2-2-5 揚水試験施工管理現地実習

成果 1-3 機材維持管理計画・管理指導に係る活動

1-3-1 講習教材・マニュアル準備

- 1-3-1-1 機材維持管理計画策定マニュアル作成
- 1-3-1-2 機材維持管理計画演習教材作成

1-3-2 技術講習

- 1-3-2-1 機材維持管理計画・管理概論
- 1-3-2-2 機材維持管理計画作成演習

成果 1-4 評価・改善指導に係る活動

1-4-1 講習教材・マニュアル準備

- 1-4-1-1 掘削作業評価マニュアル作成
- 1-4-1-2 揚水試験作業評価マニュアル作成

1-4-1-3 機材維持管理評価マニュアル作成

1-4-1-4 各種マニュアル改訂

1-4-2 技術講習

1-4-2-1 掘削作業評価演習

1-4-2-2 揚水試験作業評価演習

1-4-2-3 機材維持管理評価演習

成果 1-5 進捗報告書作成指導に係る活動

1-5-1 講習教材・マニュアル準備

1-5-1-1 掘削作業評価マニュアル作成

1-5-2 技術講習

1-5-2-1 進捗報告書作成講習

以上の井戸掘削計画・管理技術向上に係る活動の詳細を表 3.2.35 にまとめた。なお、表中の期間については休日・移動期間を含む日数である。

(ii) 物理探査技術指導

物理探査技術に関するソフトコンポーネントの目標ならびに成果を達成するために必要な活動は次の通りである。活動は、Part-1（前半）と Part-2（後半）の2回に分けて実施する予定である。

●Part-1（前半）

1) 説明・協議 I

1-1) ソフトコンポーネントの目的・内容および日程の説明と協議

2) 室内講習 I：物理探査の概要および探査計画の立案（成果 2-1 に係る活動）

2-1) 物理探査の概要・基本原理の説明

2-2) 対象と目的に応じた探査計画立案の指導

3) 探査実習（成果 2-2 および 2-4 に係る活動）

3-1) 探査機材類の仕様と取扱注意点の説明

3-2) 探査測線設定、探査機材操作方法および測定手順の指導

3-3) 測定データの評価（異常データ・ノイズの判別）の指導

3-4) 機材類の保守管理方法の指導

- 4) 室内講習Ⅱ：測定データの解析・水理地質的解釈（成果 2-3 に係る活動）
 - 4-1) 測定データ解析方法の指導
 - 4-2) 解析結果の水理地質的解釈方法の指導
- 5) 実績報告（Part-1）
 - 5-1) 研修実績の報告（Part-1）

●Part-2（後半）

- 6) 説明・協議Ⅱ
 - 6-1) Part-2 の内容および日程の説明と協議
- 7) 室内講習Ⅲ：井戸掘削計画の策定（成果 2-3 に係る活動）
 - 7-1) 井戸掘削計画策定（掘削適地および井戸構造の提案）の指導
- 8) 探査演習（成果 2-1 および 2-2 に係る活動）
 - 8-1) 受講者による探査計画の立案
 - 8-2) 受講者による現場探査の実施
- 9) 井戸掘削計画策定演習（成果 2-3 に係る活動）
 - 9-1) 受講者による測定データ解析
 - 9-2) 受講者による解析結果の水理地質的解釈
 - 9-3) 受講者による井戸掘削計画の策定
- 10) 理解度の評価と研修内容の再確認（成果 2-1～2-4 に係る活動）
 - 10-1) 受講者の理解度評価
 - 10-2) 理解度に応じた研修内容の再確認
- 11) 実績報告Ⅱ
 - 11-1) 研修実績の報告

以上の物理探査技術向上に係る活動の詳細を表 3.2.36 にまとめた。なお、表中の期間については休日・移動・準備期間等を含む日数である。

表 3.2.35 井戸掘削計画・管理技術移転のためのソフトウェアネットワークの詳細

活動内容	目的	対象者	実施方法	期間	実施リソース【負担者】	成果品
成果 1-1 掘削計画・管理指導に係る活動						
1-1-1 講習教材・マニュアル準備						
1-1-1-1 掘削計画作成演習教材作成	掘削工事計画書作成技術を習得するための、演習教材を作成する。	DPHE 掘削管理担当要員、民間業者	DPHE と内容を協議し作成する	0.40 ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	掘削計画作成演習教材
1-1-1-2 掘削記録様式作成	掘削記録を適切に行うための記録様式を作成する。	DPHE 掘削管理担当要員、民間業者	DPHE と内容を協議し作成する	0.40 ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	掘削記録様式
1-1-1-3 掘削計画策定マニュアル作成	掘削計画策定のためのマニュアルを作成する。	DPHE 掘削管理担当要員、民間業者	DPHE と内容を協議し作成する	0.40 ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	掘削計画策定マニュアル
1-1-1-4 掘削管理マニュアル作成	掘削工事管理を適切に行うためのマニュアルを作成する。	DPHE 掘削管理担当要員、民間業者	DPHE と内容を協議し作成する	0.40 ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	掘削管理マニュアル
1-1-1-5 掘削報告書作成演習教材作成	掘削報告書作成技術を習得するための演習教材を作成する。	DPHE 掘削管理担当要員、民間業者	DPHE と内容を協議し作成する	0.30 ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	掘削報告書作成演習教材
1-1-2 技術講習						
1-1-2-1 掘削計画・管理概論説明	掘削計画・管理業務の概要を説明する。	DPHE 掘削管理担当要員、民間業者	説明のための講習会を開催する	0.10 ヶ月間 x 1 回	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	-
1-1-2-2 掘削計画作成演習	掘削工事の計画策定方法を演習により習得する。	DPHE 掘削管理担当要員、民間業者	計画策定マニュアル、演習教材を	0.10 ヶ月間 x 3 回	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	掘削計画書

活動内容	目的	対象者	実施方法	期間	実施リソース【担当者】	成果品
1-1-2-3 掘削施工管理現地実習	掘削工事の現場における管理・記録方法を習得する。	DPHE 掘削管理担当要員、民間業者	用いる掘削管理マニュアル・記録様式を用いる	0.10ヶ月間 x 8回	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	-
1-1-2-4 掘削報告書作成演習	掘削工事の報告書作成方法を習得する。	DPHE 掘削管理担当要員、民間業者	用いる演習教材を用いる	0.10ヶ月間 x 3回	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	掘削報告書
成果 1-2 揚水試験計画・管理・解析指導に係る活動						
1-2-1 講習教材・マニュアル準備						
1-2-1-1 揚水試験計画策定・管理マニュアル作成	揚水試験計画を策定し、作業を管理するためのマニュアルを作成する。	DPHE 揚水試験管理要員	DPHE と内容を協議し作成する	0.3ヶ月	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	揚水試験計画策定・管理マニュアル
1-2-1-2 揚水試験計画策定演習教材作成	揚水試験計画策定技術を習得するための演習教材を作成する。	DPHE 揚水試験管理要員	DPHE と内容を協議し作成する	0.3ヶ月	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	揚水試験計画策定演習教材
1-2-1-3 揚水試験解析演習教材作成	揚水試験解析技術を習得するための演習教材を作成する。	DPHE 揚水試験管理要員	DPHE と内容を協議し作成する	0.3ヶ月	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	揚水試験解析演習教材
1-2-1-4 ポンプ選定演習教材作成	揚水試験結果からポンプ選定を行う技術を習得するための演習教材を作成する。	DPHE 揚水試験管理要員	DPHE と内容を協議し作成する	0.3ヶ月	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	ポンプ選定演習教材
1-2-2 技術講習						
1-2-2-1 揚水試験計画・管理概論説明	揚水試験計画・管理業務の概要を説明する。	DPHE 揚水試験管理要員	説明のための講習	0.03ヶ月 x 1回	邦人コンサルタント	-

活動内容	目的	対象者	実施方法	期間	実施リソース【担当者】	成果品
		理要員	習会を開催する		ト、現地通訳【日本 国側負担】	
1-2-2-2 揚水試験計画作成演習	揚水試験の計画策定方法を演習により習得する。	DPHE 揚水試験管理要員	計画策定・管理マニュアル、演習教材を用いる	0.07 ヶ月 x 2 回	邦人コンサルタント、現地通訳【日本 国側負担】	揚水試験計画書
1-2-2-3 揚水試験解析演習	揚水試験結果の解析方法を演習により習得する。	DPHE 揚水試験管理要員	演習教材を用いる	0.10 ヶ月 x 2 回	邦人コンサルタント、現地通訳【日本 国側負担】	揚水試験解析結果
1-2-2-4 ポンプ選定演習	揚水試験結果からポンプ選定を行う技術を演習により習得する。	DPHE 揚水試験管理要員	演習教材を用いる	0.10 ヶ月 x 3 回	邦人コンサルタント、現地通訳【日本 国側負担】	ポンプ選定結果
1-2-2-5 揚水試験施工管理現地実習	揚水試験の現場作業管理技術を現地実習により習得する。	DPHE 揚水試験管理要員	計画策定・管理マニュアルを用いる	0.10 ヶ月 x 2 回	邦人コンサルタント、現地通訳【日本 国側負担】	揚水試験記録
成果 1-3 機材維持管理計画・管理指導に係る活動						
1-3-1 講習教材・マニュアル準備						
1-3-1-1 機材維持管理計画策定マニュアル作成	機材維持管理計画書策定のためのマニュアルを作成する。	DPHE 機材維持管理担当要員、民間業者	DPHE と内容を協議し作成する	0.3 ヶ月	邦人コンサルタント、現地通訳【日本 国側負担】	機材維持管理計画策定マニュアル
1-3-1-2 機材維持管理計画演習教材作成	機材維持管理計画書策定技術を習得するための演習教材を作成する。	DPHE 機材維持管理担当要員、民間業者	DPHE と内容を協議し作成する	0.3 ヶ月	邦人コンサルタント、現地通訳【日本 国側負担】	機材維持管理計画演習教材

活動内容	目的	対象者	実施方法	期間	実施リソース 【負担者】	成果品
1-3-2 技術講習						
1-3-2-1 機材維持管理計画・管理概論	機材維持管理計画・管理業務の概要を説明する。	DPHE 機材維持管理担当要員、民間業者	説明のための講習会を開催する	0.03 ヶ月 x 1 回	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	-
1-3-2-2 機材維持管理計画作成演習	機材維持管理計画の策定方法を演習により習得する。	DPHE 機材維持管理担当要員、民間業者	計画策定マニュアル、演習教材を用いる	0.10 ヶ月 x 1 回	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	機材維持管理計画
成果 1-4 評価・改善指導に係る活動						
1-4-1 講習教材・マニュアル準備						
1-4-1-1 掘削作業評価マニュアル作成	掘削作業の評価を行うためのマニュアルを作成する。	DPHE 掘削管理担当要員	DPHE と内容を協議し作成する	0.30 ヶ月	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	掘削作業評価マニュアル
1-4-1-2 揚水試験作業評価マニュアル作成	揚水試験作業の評価を行うためのマニュアルを作成する。	DPHE 揚水試験管理担当要員	DPHE と内容を協議し作成する	0.30 ヶ月	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	揚水試験作業評価マニュアル
1-4-1-3 機材維持管理評価マニュアル作成	機材維持管理作業の評価を行うためのマニュアルを作成する。	DPHE 機材維持管理担当要員	DPHE と内容を協議し作成する	0.30 ヶ月	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	機材維持管理評価マニュアル
1-4-1-4 各種マニュアル改訂	掘削計画・管理、揚水試験計画・管理、機材維持管理計画・管理に係る各種マニュアルを評価結果に基づき改訂する。	DPHE の各業務担当要員	DPHE と内容を協議し改訂する	0.40 ヶ月	邦人コンサルタント、現地通訳【日本国側負担】	各種マニュアル(改訂版)
1-4-2 技術講習						
1-4-2-1 掘削作業評価演習	掘削作業の評価の方法を演習により習得する	DPHE 掘削管理担当要員	評価マニュアル	0.03 ヶ月 x 1 回	邦人コンサルタント	掘削作業評価報告

活動内容	目的	対象者	実施方法	期間	実施リソース【負担者】	成果品
	る。	当要員	を用いる		ト、現地通訳【日本 国側負担】	書
1-4-2-2 揚水試験作業評価演習	揚水試験作業の評価の方法を演習により習得する。	DPHE 揚水試験管理担当要員	評価マニキュアルを用いる	0.03 ヶ月 x 1 回	邦人コンサルタン ト、現地通訳【日本 国側負担】	揚水試験作業評価 報告書
1-4-2-3 機材維持管理評価演習	機材維持管理作業の評価の方法を演習により習得する。	DPHE 機材維持管理担当要員	評価マニキュアルを用いる	0.03 ヶ月 x 1 回	邦人コンサルタン ト、現地通訳【日本 国側負担】	機材維持管理評価 報告書
成果 1-5 進捗報告書作成指導に係る活動						
1-5-1 講習教材・マニキュアル準備						
1-5-1-1 進捗報告書作成（掘削作業評価？）マニキュアル作成	進捗報告書の作成行うためのマニキュアルを作成する。	DPHE 掘削管理担当要員	DPHE と内容を協議し作成する	0.07 ヶ月	邦人コンサルタン ト、現地通訳【日本 国側負担】	進捗報告書作成マ ニキュアル
1-5-2 技術講習						
1-5-2-1 進捗報告書作成講習	進捗報告書作成方法を講習により習得する。	DPHE 掘削管理担当要員	作成マニキュアルを用いる	0.03 ヶ月 x 1 回	邦人コンサルタン ト、現地通訳【日本 国側負担】	進捗報告書

表 3.2.36 物理探査技術移転のためのソフトウェアネットの詳細

活動内容	目的	対象者	実施方法	期間	実施リソース 【担当者】	成果品
Part-1(前半)						
1.説明・協議 I						
1-1) ソフトコンポーネントの目的・内容および日程の説明と協議	バングラデーション関係者 (DPHE 関係者) に対して、ソフトウェアネットの目的、内容、日程を説明し、協議を行い合意を得る。	DPHE 関係者	ソフトウェアネット計画書に基づき説明・協議	0.03ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本側負担】	
2.室内講習 I：物理探査の概要および探査計画の立案 (成果 2-1に係る活動)						
2-1) 物理探査の概要・基本原理の説明	物理探査の基本原理に対する理解を深める。	DPHE 物理探査担当要員	室内講習(コンサルタント要員による説明・指導)	0.23ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本側負担】	探査計画書
2-2) 対象と目的に応じた探査計画立案の指導	対象と目的に応じた探査計画を立案出来る。					
3.探査実習 (成果 2-2 および 2-4 に係る活動)						
3-1) 探査機材類の仕様と取扱注意点の説明	探査機材類の仕様および取扱注意点を理解し、適切に取り扱うことが出来る。	DPHE 物理探査担当要員	現場実習(コンサルタント要員による説明・指導)	0.47ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳、物理探査補助員【日本側負担】	物理探査データ
3-2) 探査測線設定、探査機材操作方法および測定手順の指導	適切に探査測線を設定するとともに、探査機材を用いて測定が実施出来る。					
3-3) 測定データの評価 (異常データ・ノイズの判別) の指導	測定されたデータのうち、異常なデータやノイズを判別することが出来る。					
3-4) 機材類の保守管理方法の指導	機材類の適切な保守管理方法を理解することが出来る。					保守管理手順書・チェックリスト、点検記録
4.室内講習 II：測定データの解析・水理地質的解釈 (成果 2-3 に係る活動)						
4-1) 測定データ解析方法の指導	測定したデータを解析出来る。	DPHE 物理探査担当要員	室内講習(コンサルタント要員による指導)	0.14ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本側負担】	物理探査解析結果
4-2) 解析結果の水理地質的解釈方法の指導	解析結果の水理地質的解釈が出来る。					探査地点の水理地質断面図

活動内容	目的	対象者	実施方法	期間	実施リソース【負担者】	成果品
5.実績報告 I (Part-1?)						
5-1) 研修実績 (Part-1) の報告	研修実績を DPHE 関係者に報告し、理解を得る。	DPHE 関係者	実績の報告	0.03ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本側負担】	実績報告書 (Part-1)
Part-2(後半)						
6.説明・協議 II						
6-1) Part-2 の内容および日程の説明と協議	Part-2 の実施にあたり、バンングラデザイン側関係者 (DPHE 関係者) に対して、内容および日程を説明し、協議を行う。	DPHE 関係者	ソフトコンポーネント実施計画書に基づいた説明・協議	0.03ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本側負担】	
7.室内講習Ⅲ:井戸掘削計画の策定 (成果 2-3 に係る活動)						
7-1) 井戸掘削計画策定 (掘削適地および井戸構造の提案) の指導	データ解析結果および解析結果の水理地質的解釈に基づいて、井戸掘削の適地および適切な井戸構造を提案出来る。	DPHE 物理探査担当要員	室内講習(コンサルタント要員による指導)	0.23ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳【日本側負担】	井戸掘削計画書
8.探査演習 (成果 2-1 および 2-2 に係る活動)						
8-1) 受講者による探査計画の立案	受講者 (DPHE 物理探査担当要員) のみで適切な探査計画が立案出来る。	DPHE 物理探査担当要員	受講者による探査計画の立案・現場での探査作業の実施(コンサルタント要員による)	0.3ヶ月間	邦人コンサルタント、現地通訳、物理探査補助員【日本側負担】	探査計画書

活動内容	目的	対象者	実施方法	期間	実施リソース 【担当者】	成果品
8-2) 受講者による現場探査の実施	受講者のみで適切な探査が実施出来る。		補助・助言)			物理探査データ、点検記録
9.井戸掘削計画策定演習 (成果 2-3 に係る活動)						
9-1) 受講者による測定データ解析	受講者のみで測定データ解析が出来る。	DPHE 物理探査担当 当要員	受講者による井戸掘削計画の策定(コンサルタン ト要員による補 助・助言)	0.17ヶ月間	邦人コンサルタン ト、現地通訳【日本 国側負担】	物理探査解析結果 探査地点の水理地 質断面図を含む探 査結果報告書 井戸掘削計画書
9-2) 受講者による解析結果の水理地質的解釈 出来る。	受講者のみで解析結果の水理地質的解釈が 出来る。					
9-3) 受講者による井戸掘削計画の策定	受講者のみで地下水開発計画が作成出来る。					
10.理解度の評価と研修内容の再確認 (成果 2-1~2-4 に係る活動)						
10-1) 受講者の理解度評価	受講者の理解度を評価する。	DPHE 物理探査担 当要員	作成された物理 探査結果報告 書・井戸掘削計画 書により、受講者 の理解度を評価 し、理解度に応じ て研修内容を再 確認	0.17ヶ月間	邦人コンサルタン ト、現地通訳【日本 国側負担】	
10-2) 理解度に応じた研修内容の再確認	理解度に応じて、研修内容再確認する。					
11.実績報告II						
11-1) 研修実績の報告	研修実績を DPHE 関係者に報告し、理解を得 る。	DPHE 関係者	実績の報告	0.03ヶ月間	邦人コンサルタン ト、現地通訳【日本 国側負担】	実績報告書

6) ソフトコンポーネントの実施リソースの調達方法

(i) 井戸掘削計画・管理技術指導

井戸掘削計画・管理技術指導に係るソフトコンポーネント活動を実施するために必要な要員配置を次に示す。

1) 邦人コンサルタント要員 1名 (井戸掘削計画・管理担当)

掘削計画・管理指導 (成果 1-1 関連)、揚水試験計画・管理・解析指導 (成果 1-2 関連)、機材維持管理計画・管理指導 (成果 1-3 関連)、評価・改善指導 (成果 1-4 関連) および進捗報告書作成指導の 5 分野についての実施計画の策定、活動工程およびプログラムの全体監理を行うとともに、施主及び日本側関係機関への連絡・報告、プログラムの各関係主体との協議、調整を担当する。また、活動に必要な教材・マニュアルを作成し、現地人材に対する指導を行う。

2) 現地雇用通訳 1名

対象者である DPHE 掘削工事管理部門の人員は一部を除き、英語によるコミュニケーションが難しく、英語ーベンガル語の通訳が常時必要である。

3) 現地雇用オフィスボーイ 1名

技術講習のための、マニュアル、演習教材の作成等大量の書類を作成する必要があり、常時オフィスボーイを必要とする。

(ii) 物理探査技術指導

物理探査技術指導に係るソフトコンポーネント活動を実施するために必要な要員配置を次に示す。

1) 邦人コンサルタント要員 1名 (物理探査担当)

ソフトコンポーネントの実施計画を策定し、活動工程及びプログラムの全体監理を行うとともに、施主及び日本側関係機関への連絡・報告、プログラムの各関係主体との協議、調整を担当する。また、活動主体となる現地人材に対する物理探査技術全体についての技術指導を行う。

2) 現地雇用通訳 1名、物理探査補助員 6名

対象者である DPHE 物理探査部門の人員は一部を除き、英語によるコミュニケーションが難しく、英語ーベンガル語の通訳が常時必要である。

物理探査技術指導は、実際の測定作業を通じて指導する現場作業を含む(計 0.77 か月)。この期間物理探査作業の補助要員として 6 名が必要である。

7) ソフトコンポーネントの実施工程

(i) 井戸掘削計画・管理技術指導

井戸掘削計画・管理技術移転のためのソフトコンポーネントは、本計画で調達される掘削機材を用いて行うため、実施時期は調達完了後とする。

実施工程は、表 3.2.37 に示す。

(ii) 物理探査技術指導

物理探査技術移転のためのソフトコンポーネントは、本計画で調達され、対象村落における掘削地点選定に使用される物理探査機器を用いて行うため、実施時期は調達完了後とする。

実施工程は、表 3.2.38 に示す。

表 3.2.37 井戸掘削計画・管理技術移転のためのソフトウェアネットワーク実施工程表

年度 項目	2014年									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
掘削工事実施工程										
生産井掘削開始準備										
生産井 (No.1) 掘削										
生産井 (No.1) 揚水試験										
生産井 (No.2) 掘削										
生産井 (No.2) 揚水試験										
ハンドポンプ井掘削開始準備										
機材整備										
ハンドポンプ井 (No.1) 掘削										
ハンドポンプ井 (No.1) 揚水試験										
機材整備										
調達業者による技術移転										
掘削機材使用方法説明										
掘削技術指導										
機材維持管理指導										
掘削計画・管理指導派遣										
所要 期間 (月)										
活動										
成果1-1 掘削計画・管理										
講習教材・マニュアル準備										
講習・説明										
成果1-2 揚水試験計画・管理・解析										
講習教材・マニュアル準備										
講習・説明										
成果1-3 機材維持管理計画・管理										
講習教材・マニュアル準備										
講習・説明										
成果1-4 評価・改善										
講習教材・マニュアル準備										
講習・説明										
成果1-5 進捗報告書作成										
講習教材・マニュアル準備										
講習・説明										
合計										
「DPHE技術能力向上プロジェクト」 2012年12月～2016年12月										

(8 M/M - 移動期間 0.2 M/M = 7.80 M/M)

■ 教材・マニュアル作成作業
■ 技術講習 (座学)
■ 技術講習 (現地実習)

2016年12月まで

8) ソフトコンポーネントの成果品

(i) 井戸掘削計画・管理技術指導

ソフトコンポーネントの成果品は、表 3.2.35 に活動毎にまとめた。先方実施機関ならびに日本側にソフトコンポーネント完了報告書を提出する。

(ii) 物理探査技術指導

ソフトコンポーネントの成果品は、表 3.2.36 に活動毎にまとめた。先方実施機関ならびに日本側にソフトコンポーネント完了報告書を提出する。

9) ソフトコンポーネントの概略事業費

井戸掘削計画・管理技術移転、および物理探査技術移転のためのソフトコンポーネントにかかる費用は、総額で 29,476 千円と見積られる。その内訳を表 3.2.39 に示す。

表 3.2.39 ソフトコンポーネントに係る費用内訳

ソフトコンポーネントの項目	費用見積額 (千円)
1. 井戸掘削計画・管理技術移転	22,445
2. 物理探査技術移転	7,031
合計	29,476

10) 相手国側の責務

既述した2つのソフトコンポーネント実施にあたり、相手国側の責務は以下の通りである。

1) 井戸掘削計画・管理技術移転のためのソフトコンポーネント

- DPHE の掘削管理・揚水試験管理・機材維持管理要員の指導期間中の確保
- バングラデシュ側要員の現地出張にかかる経費の負担
- 技術講習会のための会場の確保
- 調達された掘削機材を用いて技術移転用の井戸掘削を行うための、当該県・村に対する周知、必要な諸手続きおよびそれらに係る経費
- 技術移転用の井戸掘削の間、地質状況等により、プロジェクトにより調達される資機材以外に必要な材料が生じた場合、その購入費用

2) 物理探査技術移転のためのソフトコンポーネント

- DPHE の物理探査要員の指導期間中の確保
- バングラデシュ側要員の現地出張にかかる経費の負担
- 技術講習会のための会場の確保
- 現地探査を実施する場合の、当該県・村に対する周知

3) ソフトコンポーネント終了後の責務

- アクションプランに基づき、物理探査および掘削工事を実施するための継続的な人員・予算の確保
- 物理探査、掘削作業、揚水試験、機材維持管理についての、ソフトコンポーネントを通じて習得した知識に基づき、効率的なアクションプランの実施に必要な技術レベルを各技術者が習得するための技術向上の活動の継続
- 礫層地域での深層地下水開発を促進するための、民間掘削会社の参入支援の活動の継続
- 適切な深部帯水層保全を行うための、掘削時および井戸使用中の水量・水質モニタリングシステムの確立、帯水層データベースの構築、観測井データベースの構築等の継続的な活動

(9) 実施工程

1) 調達機材の製作期間

本計画で調達される機材のうち、製作に最も時間を要するものは生産井用掘削リグである。無償資金協力で一般的に調達される掘削リグは、ダイレクトロータリー工法で掘削深度 200 m の能力を有する機材であるが、過去の実績では製作期間は約 6 か月である。

本プロジェクトで調達する生産井用掘削リグはリバースロータリー工法で掘削深度 400 m の能力を有する機材であり、掘削リグメーカーにとって特殊な機材であり、設計期間および製作期間は通常の掘削リグに比べて長く設定する必要がある。

本計画では、製作期間を 8.0 か月と設定する。

2) 輸送期間と到達期間、諸手続き

工場製作後、横浜港での検査・諸手続き、チッタゴン港までの海上輸送、チッタゴン港での荷揚げ・免税手続き、ダッカまでの内陸輸送に要する期間は下記に示す通り、工場出荷からダッカ到着まで 3.50 ヶ月である。

工場-横浜指定倉庫までの国内輸送:	0.17 ヶ月
梱包前検査	0.40 ヶ月
梱包作業	0.23 ヶ月
船積前機材照合検査	0.03 ヶ月
通関	0.10 ヶ月
船積	0.07 ヶ月
小 計	1.00 ヶ月
海上輸送 (横浜-チッタゴン)	1.50 ヶ月
荷揚	0.23 ヶ月
通関	0.27 ヶ月
内陸輸送 (チッタゴン-ダッカ)	0.50 ヶ月
小 計	1.00 ヶ月
合 計	3.50 ヶ月

3) 据付工事等の施工工程

据付工事等に要する期間は下記の通りである。

搬入・開梱	0.50 ヶ月
調整・試運転	0.50 ヶ月
初期操作指導	0.50 ヶ月
運用指導	6.00 ヶ月
合計	7.50 ヶ月

4) 検査・検収に要する期間

検査・検収は初期操作指導の期間と重複するため、工期算定には含めない。

5) 調達実施工期の算定

上記(9) 1)~4)より調達実施工期を下記のように算定する。

製作期間	8.00 ヶ月
諸手続き・輸送期間	3.50 ヶ月
据付工事等	7.50 ヶ月
合計	19.00 ヶ月

E/N、G/A から業者契約までの期間は 5.00 月であるので、全事業期間は 24.00 月である。

事業全体の工程を、表 3.2.40 に示す。

表 3.2.40 事業実施工程表

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E/N, G/A	▲											
実施設計		■	■									
			■	■	■	■						
調達												
月	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
調達												
技術移転												
ソフトコンポーネント												

3.3 相手国分担事業の概要

本計画実施に当たり、バングラデシュ国側が実施・負担する事項は以下に示す通りである。

3.3.1 一般的事項

- ・ 我が国の銀行における銀行取極め（B/A）に関する手数料の負担
- ・ 銀行取極め、支払い授權書に係わる手続き実施および費用負担
- ・ 本計画に必要な輸入資機材の通関および免税措置にかかる手続き
- ・ 本計画実施に必要な業務に従事する日本人の入国・滞在にかかる必要な便宜供与
- ・ 本計画実施に必要な業務に従事する日本人の関税、内国税等の免除
- ・ 日本国の無償資金協力で建設・調達された施設・機材の適切な利用と維持管理の実施
- ・ 日本国の無償資金協力に含まれないが本計画の実施に必要な全ての費用の負担
- ・ 本計画実施に際しての環境社会配慮
- ・ 詳細設計に必要な資料及び情報の提供
- ・ 本計画実施に必要な業務にかかる許可取得

3.3.2 本計画に係る負担事項

本計画の実施に際してバングラデシュ側で負担されるべき事項は次の通りである。これらの負担事項については、2012年8月1日に署名されたミニッツでバングラデシュ側と合意している。

(1) 井戸掘削チームおよび物理探査チームの組織化

DPHE には井戸掘削技術者は在籍しているが、現地業者に委託した井戸掘削業務の管理を行っているのみで、DPHE 独自での井戸掘削は行っていない。

また、物理探査についても、2台の電気探査機が調達されたばかりであり、現時点では物理探査チームは存在していない。

本計画が実施された場合は、DPHE は調達された電気探査機を使用して井戸掘削サイトを決定、井戸掘削計画の策定を行い、深井戸掘削を実施しなければならない。このために、ソフトコンポーネント開始時まで、DPHE 内に図 3.2.24 に示すような井戸掘削チームおよび物理探査チームが編成される予定である。

(2) 機材の保管・維持管理のためのワークショップおよび駐車場の整備

本計画では、2基の車載型掘削リグ、および6台の支援車両が調達される予定である。これらについて適切に運営・維持管理を行うために、DPHE は機材が納入される前に DPHE トンギ事務所兼資機材置き場を、ワークショップおよび駐車スペースとして整備される予定である。図 3.3.1 に DPHE トンギ事務所兼資機材置場の現状のレイアウトを示す。既存倉庫および屋外スペースの多くは使用中であるが、不用品を処分し、倉庫を修理あるいは撤去・新規建設し、本プロジェクトの調達機材のためのスペースを確保することが可能である。図 3.3.2 に整備後のレイアウトを示す。

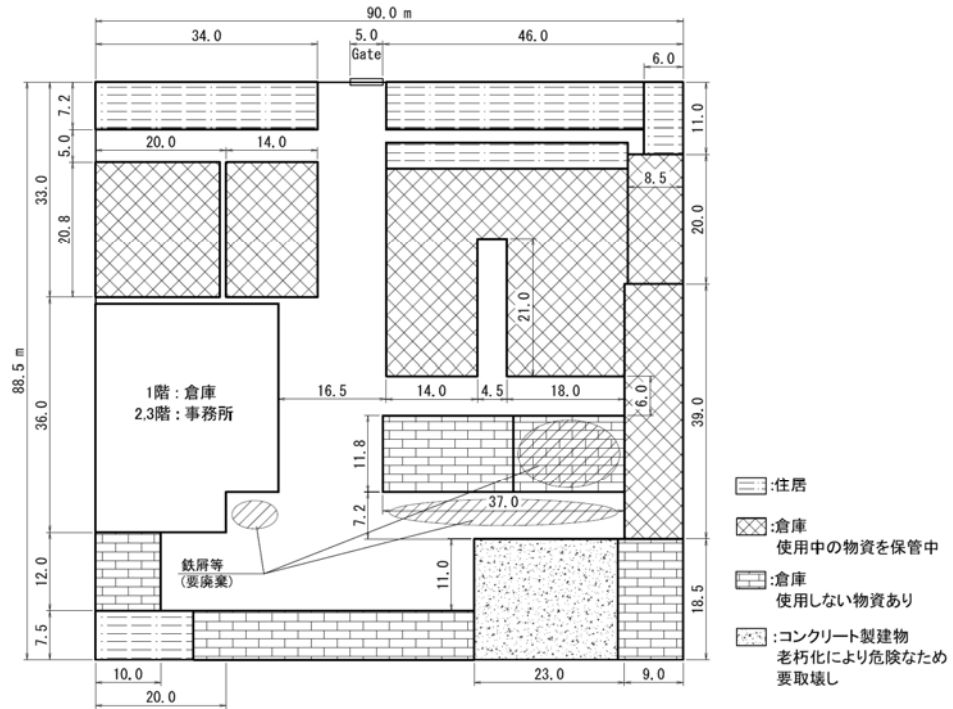


図 3.3.1 DPHE トンギ事務所兼資機材置場の現況図

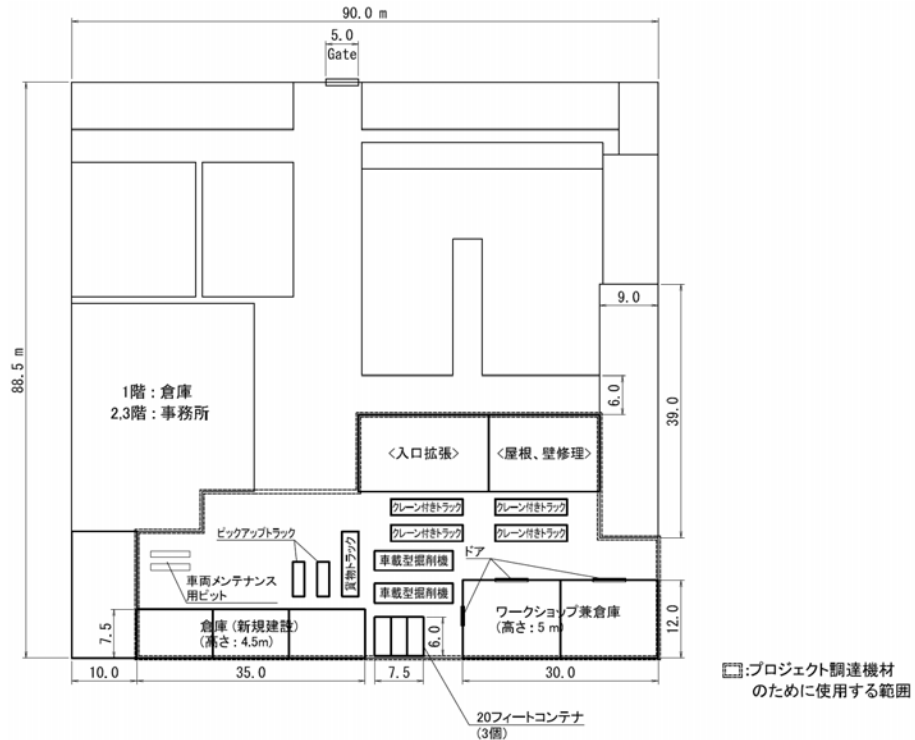


図 3.3.2 DPHE トンギ事務所の整備構想

調達機材の搬入は多数のコンテナトレーラーによって行われる。40 フィートコンテナで 21 本程度の資機材が搬入される見込みであるため、トンギ事務所兼資機材置き場のスペースだけでは、資機材の搬入に支障をきたす恐れがある。そのため、調達機材を搬入する際に、一時的に機材運搬トレーラーやコンテナを留め置くスペースを 2 週間程度、確保する必要がある。

(3) アクションプラン（5年間の深井戸掘削計画）の実施

1) バングラデシュ側の井戸掘削計画

バングラデシュ側（DPHE）が有する井戸掘削計画は、次の2つで構成されている。

- － 県ポルシャバの管路給水施設の水源用深井戸（以下、「生産井」）
- － 村落におけるハンドポンプ用深井戸（以下、「ハンドポンプ井」）

計画によれば、砒素汚染地域で2017年までに、生産井43本、ハンドポンプ井256本を掘削する予定である。ただし、ポルシャバには人口が密集した中心部から離れた村落部も存在するため、実際の井戸掘削に際してはその状況に応じた選択が行われると考えられる。

計画の内、本調査の対象地域内での掘削予定本数は、生産井28本、ハンドポンプ井30本である。なお、DPHEの深井戸掘削計画は、平成23年11月24日に調印された本調査のミニッツに添付されている。

2) DPHEの井戸掘削アクションプラン

DPHEの掘削計画をベースとして、本プロジェクトで井戸掘削リグを調達後の5年間を対象としたDPHEのアクションプランを策定した。掘削すべき井戸の形式は、管路給水用の生産井およびハンドポンプ用の深井戸の2形式である。

アクションプランの概要を表3.3.1に示す。

表 3.3.1 アクションプランの概要

	生産井	ハンドポンプ井
計画工程	2015年1月から2019年12月までの5年間	
対象地域	ダッカ州の2県、クルナ州の5県、ラジシャヒ州の2県（合計9県）の中心地（県ポルシャバ）（表3.3.2）	表3.3.6に示す35村落
掘削本数	25本	35本
裨益人口	200,000人	16,425人
合計裨益人口	216,425人	

なお、本計画では、バングラデシュ側に対する深井戸掘削技術移転のために、生産井2本およびハンドポンプ井1本について、ソフトコンポーネントによる掘削を行う予定である。このための現地調査を行った結果、現地の状況から生産井およびハンドポンプ井掘削対象地域を入れ替えた方が良いと考えられたため、DPHEと協議を行い、次のように対象地域の変更を行った。

- － クルナ州チュアダングア県チュアダングアショドールのポルシャバでソフトコンポーネントによる生産井を掘削する計画であったが、掘削予定地点は都市部ではなく村落部であったため、ハンドポンプ井に変更する。
- － ラジシャヒ州パブナ県シャニラ村は、既に都市化が進んでおり、ハンドポンプ井ではなく生産井掘削地に適しているため、生産井掘削地点に変更する。

(i) 生産井

生産井の掘削予定地域は、DPHE の掘削計画に含まれている 9 県ポルシャバである。9 県ポルシャバにおける生産井の掘削計画は 28 本であるのに対して、アクションプランでは 25 本の掘削が可能であるため、DPHE の掘削計画の修正を行った（25 本の根拠は後述する）。すなわち、ジョソール県での掘削予定本数は 7 本と他県と比して多いため、これを 3 本削減して 4 本とし、生産井の掘削計画を 25 本とした。このようにしてまとめた各県における生産井の数を表 3.3.2 に示す。

表 3.3.2 アクションプランで掘削予定の生産井数

県ポルシャバ	掘削予定生産井数 (本)
ファリドプル ショドール	2
マニクガンジ ショドール	3
チュアダンガ ショドール	3
ジョソール ショドール	4
ジェナイダ ショドール	2
クスティア ショドール	2
メヘルブル ショドール	3
ナワブガンジ ショドール	3
パブナ ショドール (ベラを含む)	3
合計	25

対象となる 9 県ポルシャバの人口および給水状況を表 3.3.3 に示す。なお、DPHE によれば、9 県ポルシャバの給水率は、管路給水及びハンドポンプを合わせると 97%に達するが、乾季には地下水位が低下するため揚水が不可能になる井戸があり、給水率は約 60%に低下するとのことである。したがって、本調査では県ポルシャバの給水率を 60%と見なした。

表 3.3.3 計画対象県ポルシャバの人口および給水状況 (2012 年)

州	県	県ポルシャバ	人口	給水人口	未給水人口
ダッカ	ファリドプル	ファリドプル ショドール	198,727	119,236	79,491
	マニクガンジ	マニクガンジ ショドール	80,491	48,295	32,196
クルナ	チュアダンガ	チュアダンガ ショドール	171,315	102,789	68,526
	ジョソール	ジョソール ショドール	391,717	235,030	156,687
	ジェナイダ	ジェナイダ ショドール	255,065	153,039	102,026
	クスティア	クスティア ショドール	143,222	85,933	57,289
	メヘルブル	メヘルブル ショドール	56,788	34,073	22,715
ラジシャヒ	ナワブガンジ	ナワブガンジ ショドール	312,565	187,539	125,026
	パブナ	パブナ ショドール	408,896	245,338	163,558
合計			2,018,786	1,211,272	807,514
			100%	60.0%	40.0%

計画対象県ポルシャバの全人口約 202 万人に対して、給水率を 60%と見なした場合、給水人口は約 121 万人となる。したがって、本計画での未給水人口は約 81 万人となる。

生産井 1 本あたりの掘削に要する日数は 60 日（2 ヶ月）と見積もられるため、5 年間に掘削可能な本数は表 3.3.4 に示すとおり 25 本である。

表 3.3.4 調達されるリグによる掘削可能井戸数

項目	生産井
1本の井戸掘削に必要な期間	2ヶ月/本
サイト間移動、機材保守点検等	2ヶ月/年
5年間の掘削可能井戸数	5本/年、25本/(5年間)

アクションプランによる生産井の掘削本数は25本である。生産井1本あたりの揚水量は8,000人の給水が可能と考えられるため、アクションプランの実施により200,000人への給水が可能となる。なお、給水人口算定の根拠は次の通りである。

- 生産井1本あたりの揚水量: 80 m³/時(水理地質状況および既存調査結果より推定)
- 揚水時間: 12時間とする。
- 単位水需要: 120 L/人/日 (DPHEの都市部のパイプ給水の基準)

(ii) ハンドポンプ井

ハンドポンプ用の井戸については、村落の優先度に基づき調査対象として選定した30村落で各1本の井戸を掘削する計画とした(掘削井戸数: 30本)。しかし、表3.3.5に示すとおり、アクションプランの実施期間である5年間で35本の井戸掘削が可能であるため、井戸掘削対象村落を5村追加することとした。

表 3.3.5 調達されるリグによる井戸掘削可能井戸数

項目	ハンドポンプ用井
1本の井戸掘削に必要な期間	1.5月/本
サイト間移動、機材保守点検等	1.5ヶ月/年
5年間の掘削可能井戸数	7本/年、35本/(5年間)

DPHEと協議を行い、次のような条件で追加する5村落を選定した。

- 優先度が高いユニオンを5箇所選定する。ただし、同一県での集中を避けるため、同一県から1つのユニオンを選定する。
- 選定されたユニオンからは、既に第1優先度の村落が選定されているため、第2位の優先度の村落を追加村落として選定した。

このようにして5村落を選定し、アクションプランによるハンドポンプ用井戸掘削サイトとした。ただし、マニクガンジ県については第2位の村落へのアクセスが無いため、第2位の村落に隣接しかつ第3位の優先度を持つコトカンディ村を選定した。

表 3.3.6 ハンドポンプ井掘削対象35村落の人口および給水状況(2012年)

県	郡	ユニオン	村落	人口(2012)	給水人口*(2012)	未給水人口(2012)
ファリトプル	ファリトプル ショトール	アリアハット	バジヨンドンガ	4,348	2,355	1,993
			ビルマムトプル	10,137	1,275	8,862
		カイジヨリ	ブルホ ガンガハルディ	2,900	1,431	1,469
		クリシュナカール	バトククテディア	640	366	274
		マシチャール	ダヤランプル	4,027	1,831	2,196
マニクガンジ	ハリランプル	カンチャンプル	コトカンディ	2,043	76	1,967

県	郡	ユニオン	村落	人口 (2012)	給水 人口* (2012)	未給水 人口 (2012)
			クティルハット	832	46	786
ラジハリ	ラジハリ ショトール	ダトシ	バクリカダ	1,138	700	438
チュアダンガ	アラムタンガ	ハラティ	アンブナガール	1,373	213	1,160
			カチカチ	691	94	597
		ジェハラ	ベトバリア	697	203	494
	チュアダンガ ショトール	ホルシヤハ	ホチョックハラ*	—	—	—
	タムルファ	ホウリ	ホロトウタウハティ	2,256	1,514	742
ナチボタ		ホアルマリ	1,705	1,038	667	
シヨール	チョウカツチャ	チョウカツチャ	ヘルロビンダブル	3,044	639	2,405
			ダスキンキヤハラ	1,999	420	1,579
		ジヤクテシュブル	マルア	2,959	1,434	1,525
		バティヒラ	ブラフダ	1,555	617	938
		フルサラ	ハルイハティ	817	417	400
シエナイダ	シエナイダ ショトール	ハドマカル	アチンタナガール	1,481	1,065	416
	マハシュブル	ファテブル	クリシュナチャントラブル	1,341	849	492
クステイア	ハラマラ	ダラムブル	ノースハバノブル	5,632	2,724	2,908
		ジュニター	ジヤクシャール	4,834	3,123	1,711
		モカリンブル	ナウダケメディアル	2,904	2,222	682
	ダウラトブル	ブラクブル	ハクリア	2,140	1,042	1,098
メヘルブル	メヘルブル ショトール	アミフヒ	アランブル	1,541	674	867
		クツフブル	スピトブル	4,799	2,372	2,427
ナリアガンジ	ナリアガンジ ショトール	チャーアヌブナガール	アヌブナガール	5,795	3,251	2,544
		マハラシブル	モハラシブル	25,845	3,625	22,220
		ラニハチ	コラハキア	3,573	605	2,968
			ホホロム	2,858	462	2,396
	シバガンジ	チャトラシトブル	サトラシブル	6,940	1,524	5,416
ハブナ	ハラ	マスマディヤ	カナエハリ	1,715	1,162	553
		ナツンハレンガ	モリチャハラ	1,240	1,020	220
		ルップル	ホロナガオン	659	511	148
合 計				116,458	40,900	75,558

注 *：ホチョックハラ村の人口は、生産井掘削対象のチュアダンガシヨドールの人口に含まれる（村落のデータが得られないため）。

(iii) アクションプラン実施による裨益人口

生産井 1 本で 8,000 人への水供給が可能である。したがって、25 本の生産井を掘削した場合、200,000 人が裨益する。これに対し、ハンドポンプ井では 1 本で 500 人への給水が可能である。ただし、未給水人口が 500 人以下の場合は、未給水人口がそのまま給水人口となる。

ハンドポンプ井 35 本を掘削した場合の裨益人口は、16,425 人となる。したがって、アクションプランが終了する 2019 年の総裨益人口は 216,425 人となる。

アクションプラン実施による裨益人口の変化を表 1.2.12 に示す。アクションプラン実施により、2012 年の給水率 58.6%が、アクションプランが終了する 2019 年には 63.6%に向上する。もし、実施されない場合は、給水人口が増加しない一方、人口が増加するため給水率は 2019 年には 54.2%に低下する。したがって、アクションプラン実施を可能にす

るため本計画を実施することは対象地域の給水率の向上に寄与する。

表 3.3.7 アクションプラン実施による裨益人口

対象地域	2012年			2019年				
	人口(人)	給水人口(人)	給水率	人口(人)	給水人口(人)			給水率
					既存施設	本計画	計	
9 県ホ ^ル ルシヤハ ^ハ	2,018,786	1,211,272	60.0%	2,182,481	1,211,272	200,000	1,411,272	64.7%
35 村落	116,458	40,900	35.1%	125,897	40,900	16,425	57,325	45.5%
計	2,135,244	1,252,172	58.6%	2,308,378	1,252,172	216,425	1,468,597	63.6%
アクションプランを実施しない場合					1,252,172	0	1,252,172	54.2%

(iv) アクションプランの工程

アクションプラン全体では生産井 25 本、およびハンドポンプ井 35 本を掘削する計画である。ただし、この内、生産井 2 本、およびハンドポンプ井 1 本については、井戸掘削技術指導（ソフトコンポーネント）の期間に掘削する計画となっている。したがって、アクションプランの工程計画は、生産井 23 本、およびハンドポンプ井 34 本について作成する。

アクションプランの工程を表 3.3.9 に示す。本プロジェクトの実施計画では、ソフトコンポーネントによる技術指導は、2014 年 12 月に終了する予定である。したがって、アクションプランの開始は、2015 年 1 月と想定される。終了は、2019 年 12 月の予定である。

アクションプランの期間は、2015 年から 2019 年までの 5 年間である。この期間中に、DPHE は生産井を 25 本、ハンドポンプ井を 35 本掘削する予定である。これらの井戸建設に関する工事費用（表 3.3.8）については DPHE が負担しなければならない。ただし、ソフトコンポーネントにて実施する 4 か所の物理探査費用および、掘削する生産井 2 本およびハンドポンプ井 1 本の掘削に係る資材は、日本側が負担する予定である。これらの経費は、表 3.3.8 のように見積もられる。

表 3.3.8 アクションプラン実施に係る費用

項目	単位	単価 (千 BDT)	数量	合計 (千 BDT)
物理探査	サイト	46	54	2,484
生産井施工	サイト	6,963	23	160,149
ハンドポンプ井施工	サイト	2,403	34	81,702
ワークショップ維持管理	年	725	5	3,625
資機材置場維持管理	年	435	5	2,175
維持管理資材	年	1,450	5	7,250
合計				257,385

表 3.3.9 アクションプラン工程表

雨季

ハンドポンプ井					2015												2016												2017												2018												2019											
州	県	郡	ユニオン	村	平成26年度		平成27年度(第2年次)						平成28年度(第3年次)						平成29年度(第4年次)						平成30年度(第5年次)						平成31年度(第6年次)																																	
州	県	郡	ユニオン	村	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
クルナ	シヨール	チョウカウツヤ	シヤカテシヨブル	マルア	技術移転(ソフトコンポーネント)期間中に掘削予定																																																											
ダッカ	ファリドプル	ファリドプルシヨール	アリハット	バシヨダンガ*	-																																																											
			カシヨリ	ブルボガハルディ	-																																																											
			クリシュナナカ	バトウクテイア	-																																																											
			マシチヤ	タキランブル	-																																																											
	マニカガンシ	ハリランブル	カンチヤンブル	コトカンテイ	-																																																											
ラシハリ	ラシハリシヨール	タトシ	バクリカンタ	-																																																												
クルナ	チュアタナカ	アラムタナカ	アンブナカール	-																																																												
			カチカチ	-																																																												
		シユハラ	ベトハリア	-																																																												
		チュアタナカ	チュアタナカシヨール	ホシヤハ	-																																																											
		タムルタ	ホリ	ホロトクバテイラ	-																																																											
	シヨール	チョウカウツヤ	ベコヒンダブル	-																																																												
			タスキヤハラ	-																																																												
			ブラフタ	-																																																												
	シユナイタ	マハシブル	クリシュナチヤントラブル	-																																																												
		クステイ	ベラマ	シユニター	-																																																											
	メヘルブル	メヘルブルシヨール	アミフビ	アランブル	-																																																											
			クツブル	スピトブル	-																																																											
	ナリブガシ	ナリブガシシヨール	チヤアヌブナカール	アヌブナカール	-																																																											
			マハラシブル	モハラシブル	-																																																											
			ラニハチ	コラバキア	-																																																											
シブガシ		チヤトラシトブル	チトラシブル	-																																																												
ハブナ	ベラ	マスムテイア	カナエハリ	-																																																												
		ナツンハレンカ	モリチヤハラ	-																																																												
		ルツブル	ホロナカオン	-																																																												
生産井																																																																
州	県	郡	ユニオン	井戸本数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
ダッカ	ファリドプル	ファリドプルシヨール	ホシヤハ	1	技術移転(ソフトコンポーネント)期間中に掘削予定																																																											
ラジシヤヒ	ハブナ	ベラ	ボルシヤハ(シヤニラ村)	1	-																																																											
ダッカ	ファリドプル	ファリドプルシヨール*	ホシヤハ	1	-																																																											
	マニカガシ	マニカガシシヨール	ホシヤハ	3	-																																																											
クルナ	チョウカウツヤ	チョウカウツヤシヨール	ホシヤハ	3	-																																																											
	シヨール	シヨールシヨール	ホシヤハ	4	-																																																											
	シユナイタ	シユナイタシヨール	ホシヤハ	2	-																																																											
	クステイ	クステイシヨール	ホシヤハ	2	-																																																											
メヘルブル	メヘルブルシヨール	ホシヤハ	3	-																																																												
ラジシヤヒ	ナリブガシ	ナリブガシシヨール	ホシヤハ	3	-																																																											
	ハブナ	ハブナシヨール	ホシヤハ	2	-																																																											

凡例
 : 物理探査
 : 井戸掘削

*バシヨダンガ、ヒルマムブル(ハトポン井)、ファリドブルシヨール(生産井)は2014年6月~12月の間に物理探査を実施予定

(4) ソフトコンポーネント実施に係る費用負担

本計画では、次の2つの内容についてバングラデシュ側の能力強化のため、ソフトコンポーネントによる支援を行う予定である。

- 1) 井戸掘削計画・管理技術指導
- 2) 物理探査技術指導

1)および 2)についてのソフトコンポーネントによる技術指導の際の指導受講者の配置と人件費・日当の負担が必要である。

また、ソフトコンポーネントによる技術指導の際の井戸掘削（生産井2か所、ハンドポンプ井1か所）に必要な、日本側調達以外の資機材の調達が必要である。

(5) アクションプラン実施中の進捗状況についての半年毎の JICA への報告

アクションプランは、2015年1月より2019年12月までの5年間に亘り実施予定である。本計画で調達された機材を活用してアクションプランがどのように進捗しているかについて半年毎の報告を JICA バングラデシュ事務所に行うことが求められる。

3.3.3 バングラデシュ側の負担経費

上記 3.3.2 に示したバングラデシュ側負担事業について、表 3.3.10 に示すような費用の発生が想定される。

表 3.3.10 バングラデシュ側の負担経費

項目	費用 (千 BDT)	円換算費用 (千円)
(1) 銀行取極め費用 (B/A)	704	728
(2) 通関費用・税負担	55,891	57,791
(3) ワークショップ・駐車場等の整備費用	10,000	10,340
(4) ソフトコンポーネント実施費用	1,112	1,150
(5) 技術指導実施費用	3,810	3,940
(6) アクションプラン実施費用	257,385	266,136
合計	328,902	340,085

3.3.4 プロジェクトを通じた経験および技術の共有

プロジェクト対象地域での深井戸掘削は、他ドナーによっても行われておらず、また民間業者も参入していない。対象地域において、深井戸建設を促進するためには、本プロジェクトを通じた経験や技術を他ドナーや民間業者と共有することが望ましい。そこで、次のような方法により、本プロジェクトを通じた経験や技術の共有を図る。

<ソフコン・調達業者による掘削指導開始前>

DPHE を通じて民間業者に説明会開催を通知する。説明会において、ソフコンで行う井戸掘削に関する技術指導・物理探査技術指導、および調達業者による井戸掘削技術指導の中で、行う技術指導内容を説明し、参加を募る。

<技術指導の実施>

大深度を想定した物理探査の計画・実施・解析方法等について技術指導を行う。また、調達業者が行う一連の技術指導の中で、①礫層分布域で大深度掘削を行うために特有の技術、および②砒素汚染を防止するための技術指導（特にシーリング技術）を指導する段階で民間業者に技術者を参加させ、DPHE の技術者への指導と同時に指導を行う。

<技術指導終了後>

DPHE は、新たに取り組んだ技術が有効であった場合、その技術を“National Water Supply and Sanitation Technology Sharing Workshop”を毎年開催して紹介し、情報の共有を図っている。このため、本プロジェクトにおいても、このワークショップで成果を紹介することを計画する。

3.4 プロジェクトの運営・維持管理計画

3.4.1 調達機材の運営・維持管理

本プロジェクトにより井戸掘削リグおよび関連機器等が調達された場合、DPHE がそれらの運営・維持管理を行うことになる。そのために必要となる DPHE の体制については、「第2章 2.1 プロジェクトの実施体制」において述べた。

調達機器を使用するソフトコンポーネントが終了した後、DPHE はアクションプランにしたがって、深井戸の掘削を継続して行う必要がある。アクションプラン実施終了後の調達機器類の運営・維持管理体制は、アクションプラン実施中の体制と変更は無い。したがって、「第2章 2.1 プロジェクトの実施体制」において述べた運営・維持管理計画がそのまま継続されることになる。

なお、掘削された深井戸の内、生産井は県ポルシャバが管理している既存管路給水施設の水源として接続される予定である。既存施設との接続地点は深井戸が完成した段階で決定されるため、現時点では接続するための接続方法や管路延長を求めることはできないが、概ね 1-2 km で接続可能であると想定される。DPHE によれば、接続管路の建設費用は約 1,200 千 BDT/km であるため、接続距離を平均で 1.5 km とすると、25 本の生産井を既存給水施設に接続する費用は、全体で約 45 百万 BDT となる。

ハンドポンプ井については、深井戸完成後、ハンドポンプが設置される。地下水位が地表下約 6 m までは No. 6 ポンプの設置が可能である。地下水位がそれよりも深い場合は、Tara ポンプの設置が必要である。ハンドポンプ 1 個所あたりの設置費用は、No. 6 ポンプの場合で約 19,000 BDT、Tara ポンプの場合約 140,000 BDT である。ハンドポンプの維持管理は、住民によって行われる。

3.4.2 深層地下水の水質モニタリング

本プロジェクトで掘削された深井戸の地下水の水質は、井戸掘削完了時に水質分析を行い飲料

水としての適否を評価する必要がある。また、水源としての利用開始後も、水質が変化する可能性があるため、定期的な水質分析を行う必要がある。このため、本プロジェクトにおいては、DPHE が表 3.4.1 に示すような水質モニタリングを行うことを提案する。なお、水質モニタリングを統轄する機関は DPHE の地下水部としてのモニタリングを行う機関は各井戸を所管する DPHE の地方事務所とする。各地方事務所が実施したモニタリング結果は、速やかに DPHE の地下水部へ報告されるものとする。

表 3.4.1 水質モニタリング計画

項 目	計画内容
モニタリング統轄機関	DPHE 地下水部
モニタリング実施機関	各深井戸を所管する DPHE の地方事務所
モニタリングの時期	雨季・乾季に各 1 回 (年間 2 回)
分析項目	表 3.4.2 に示す 25 項目
分析精度	分析精度を確保するため、各井戸から複数の試料を採取して分析するのが望ましい。
分析機関	DPHE 中央分析室、地方分析室*

*水質分析項目の 25 項目について、中央分析室では全項目の分析が可能であるが、地方分析室は硝酸塩、亜硝酸塩、アンモニア、ナトリウム、カリウム、硫酸塩の 5 項目については分析できない。したがって、水質分析試料の分析は次のいずれかによって行われる予定である。

- (1) 25 項目の内、分析が可能な 19 項目を地方分析室で分析し、残りの 6 項目を中央分析室で分析する。
- (2) 全項目を中央分析室で分析する。

表 3.4.2 水質分析項目

項目	単位	バングラデシュ 飲料水水質基準	WHO 飲料水水質 ガイドライン (2011)
1 大腸菌群(Total coliform bacteria)	count/100mL	0	0
2 糞便性大腸菌(Faecal coliform)	count/100mL	0	0
3 砒素(As)	mg/L	0.05	0.01
4 フッ素(F)	mg/L	1	1.5
5 硝酸塩(NO ₃)	mg NO ₃ /L	10	50
6 亜硝酸塩(NO ₂)	mg NO ₂ /L	1	0.2
7 マンガン(Mn)	mg/L	0.1	-
8 総硬度	mg/L	200-500	-
9 カルシウム(Ca)	mg/L	75	-
10 マグネシウム(Mg)	mg/L	30-35	-
11 鉄(Fe)	mg/L	0.3-1	-
12 塩化物(Cl)	mg/L	150-600	-
13 TDS	mg/L	1,000	-
14 アンモニア(NH ₃)	mg/L	0.5	-
15 pH	-	6.5-8.5	-
16 味	-	Not offensive	-

項目		単位	バングラデシュ 飲料水水質基準	WHO 飲料水水質 ガイドライン (2011)
17	臭気	-	Odourless	-
18	色度	TCU mg Pt/L	15	15
19	濁度	NTU	10	5
20	水温	°C	20-30	-
21	電気伝導度	mS/m	-	-
22	ナトリウム(Na)	mg/L	200	-
23	カリウム(K)	mg/L	12	-
24	重炭酸(HCO ₃)	mg/L	-	-
25	硫酸塩(SO ₄)	mg/L	400	-

3.4.5 基準値を超える水質項目が確認された場合の対応への提言

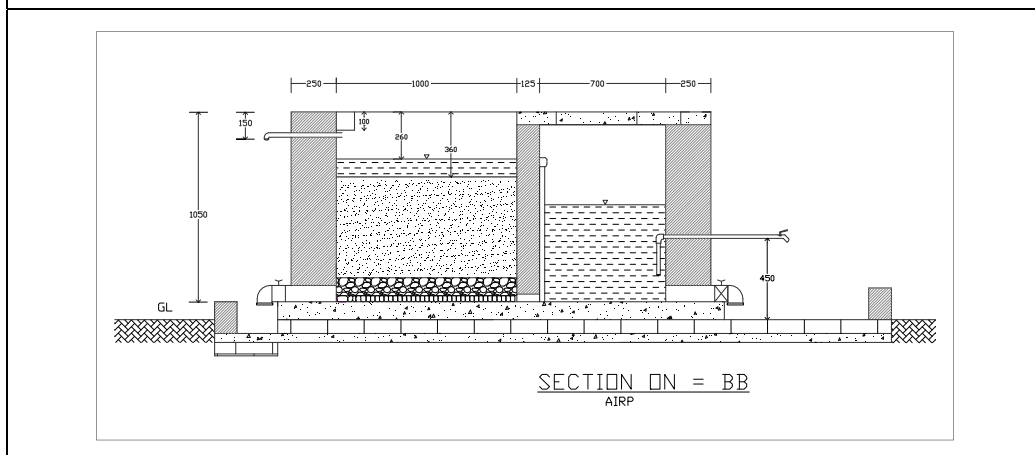
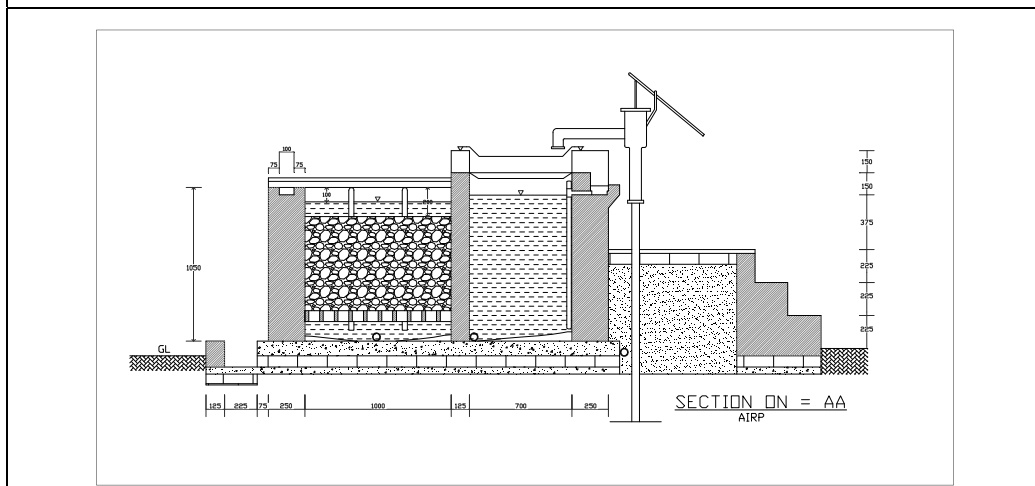
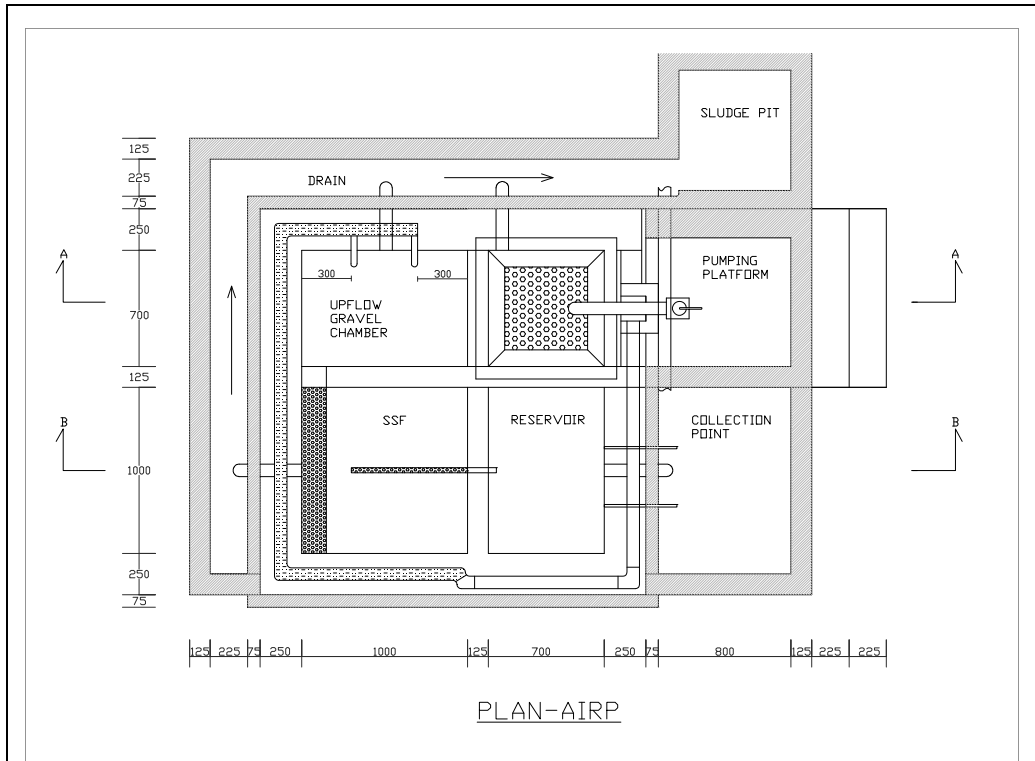
本プロジェクトで掘削された井戸の地下水について水質分析を行った結果、バングラデシュの基準値を超える項目が確認された場合、そのままでは、飲料水として供給することができない。特に、砒素が基準値を超えた場合は、飲用を継続すれば砒素汚染症を発症する可能性がある。このため、次のような対応策が考えられる。

(1) 深井戸の利用制限

基準値を超える水質項目が確認された井戸の地下水は、飲料水用としての利用は禁止すべきである。ただし、飲料水や炊事用水以外の生活用水としての利用は可能である。

(2) 砒素・鉄除去装置の設置

基準値を超える水質項目が砒素や鉄分である場合、バングラデシュでは多くの村落において砒素・鉄除去装置（AIRP：Arsenic and Iron Removal Plant）が設置され有効に機能している。砒素や鉄分を基準値以下まで除去できれば、飲料水としての利用が可能となるため、AIRPを設置する。標準的なAIRPの設置費用は、約50万BDTである。図3.4.1に標準的なAIRPの構造図を示す。



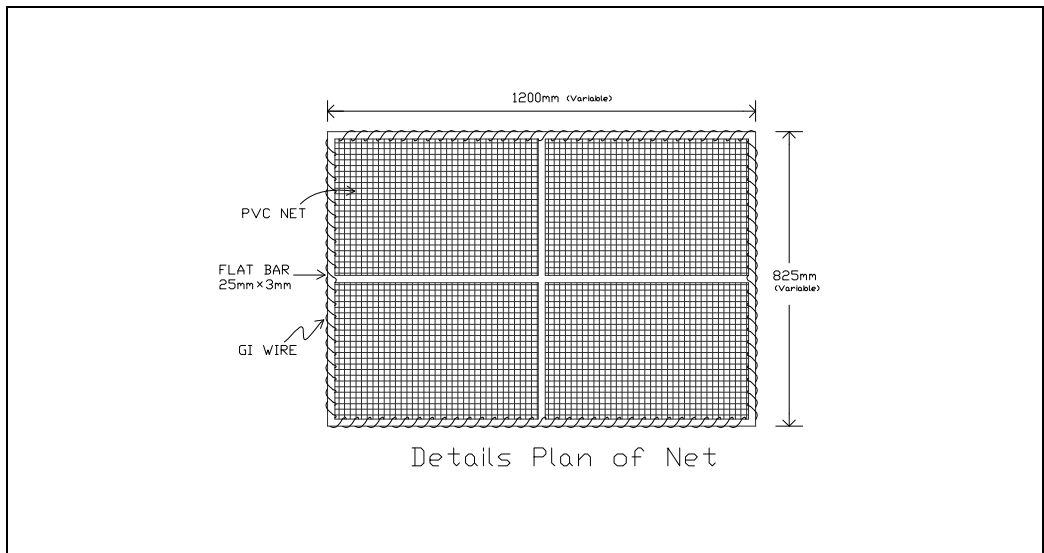


図 3.4.1 標準的な AIRP の構造図

(3) 深井戸の掘直し

深部帯水層は、単一の帯水層ではなく、複数の帯水層から構成されている。取水する帯水層を変えれば水質も異なる可能性がある。したがって、基準値を超える水質項目が確認された井戸と別の地点で新たな井戸を掘削するという考え方がある。しかし、データが乏しい段階では、どの帯水層の地下水を取水すれば飲料水に適する地下水が得られるかを予め知ることができないため、深井戸の掘直しはリスクを伴うという難点がある。ただし、深井戸掘削が進み、深層帯水層のデータが蓄積されてくれば、深部帯水層の特性が明らかとなり、取水すべき帯水層の位置をある程度予想することが可能となると考えられる。

3.5 プロジェクトの概略事業費

本協力事業を実施する場合に必要な事業費総額は約 10.68 億円となり、先に述べた日本側とバングラデシュ側との負担区分に基づく双方の経費内訳は、下記 (3) に示す積算条件によれば、次の通りと見積もられる。ただし、この額は交換公文上の供与限度額を示すものではない。

3.5.1 日本側負担経費

バングラデシュ人民共和国 都市部及び地方部における地下水調査
および深層帯水層開発計画 (機材調達案件)

概略事業費 約 7.28 億円

費目		概略事業費 (百万円)	
機材	井戸掘削リグ・関連機材	439.5	669
	支援車両	59.1	
	物理探査機	8.3	
	その他資機材	65.0	
	その他経費	97.0	
実施設計・調達監理・技術指導		59	

3.5.2 バングラデシュ国側負担経費

328.9 百万 BDT (約 340.1 百万円)

項目	費用 (千 BDT)	円換算費用 (千円)
(1) 銀行取極め費用 (B/A)	704	728
(2) 通関費用・税負担	55,891	57,791
(3) ワークショップ・駐車場等の整備費用	10,000	10,340
(4) ソフトコンポーネント実施費用	1,112	1,150
(5) 技術指導実施費用	3,810	3,940
(6) アクションプラン実施費用	257,385	266,136
合計	328,902	340,085

3.5.3 積算条件

- ① 積算時点 : 平成 24 年 1 月
- ② 為替交換レート : 1 USD = 78.64 円、1 BDT = 1.034 円
- ③ 機材調達期間 : 詳細設計、機材調達の期間は、施工工程に示したとおりである。
- ④ その他 : 積算は、日本政府の無償資金協力の制度を踏まえて行うこととする。

3.5.4 調達機材の運営・維持管理費

本計画で調達された資機材のアクションプラン終了後の運営・維持管理費は、次表に示す通りである。なお、アクションプラン実施中の運営・維持管理費は、上記の表の(5)アクションプラン実施費用に含まれている。

項目	1年あたりの経費			
	(BDT)	(円換算)		
ワークショップのストアキーパー	288,000	297,800		
ワークショップの発電機用燃料費等	163,000	168,500		
	1本あたりの維持管理費 (BDT)	年間掘削本数 (本)		
生産井掘削機器関連 (支援車両含む)	220,000	5	1,100,000	1,137,400
ハンドポンプ井掘削機器関連 (支援車両含む)	67,000	7	469,000	485,000
物理探査機および検層器			80,000	82,700
合計			2,100,000	2,171,400

第4章 プロジェクトの評価

4.1 事業実施のための前提条件

本プロジェクトは、計画対象地域における深部帯水層を開発するための井戸掘削リグ、関連機器、支援車両類を調達すること、および井戸掘削・物理探査にかかる技術移転を行うことを内容とする。本プロジェクトを実施するための前提条件として、次のような事項がバングラデシュ側により実施されることが必要である。

4.1.1 一般的な負担事項

- ・ 我が国の銀行における銀行取極め (B/A)、支払い授權書 (A/P) に関する手数料の負担
- ・ 本計画に必要な輸入資機材の通関にかかる手続きおよび関税・消費税・通関費用の負担
- ・ 本計画実施に必要な業務に従事する日本人の入国・滞在にかかる必要な便宜供与
- ・ 本計画実施に必要な業務に従事する日本人の関税、内国税等の免除
- ・ 日本国の無償資金協力で調達された機材の適切な利用と維持管理の実施
- ・ 日本国の無償資金協力に含まれないが本計画の実施に必要な全ての費用の負担
- ・ 本計画実施に際しての環境社会配慮
- ・ 詳細設計に必要な資料及び情報の提供
- ・ 本計画実施に必要な業務にかかる許可取得

4.1.2 本プロジェクトに固有の負担事項

本計画の実施に際してバングラデシュ側で負担されるべき固有の事項は次の通りである。

- ・ 井戸掘削チーム (2 チーム) および物理探査チームの組織化
- ・ 機材の保管・維持管理のためのワークショップおよび保管場所の整備
- ・ アクションプラン実施のための予算措置
- ・ ソフトコンポーネントによる技術移転実施に係る費用負担
- ・ アクションプラン実施中の進捗状況についての半年毎の JICA への報告

4.2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入 (負担) 事項

本プロジェクトの効果を発現・持続するために必要なバングラデシュ側の投入は次の通りである。

4.2.1 掘削した生産井の既存管路給水施設への接続

掘削された生産井は、県ポルシャバの都市給水の水源として用いられる。1 本の生産井は約 8,000 人の水需要を満たすと想定されるため、井戸完成後は既存管路給水施設へ接続し、給水能力の向上を図ることが求められる。

4.2.2 掘削したハンドポンプ井へのハンドポンプの設置

ハンドポンプ井は、1 本あたり約 500 人への給水が可能と想定されることから、井戸完成後は

速やかにハンドポンプを設置して、住民への給水サービスを開始することが求められる。

4.2.3 アクションプラン終了後の井戸掘削の継続

砒素汚染かつ礫層分布が認められる地域全体の給水率向上という目標の達成のため、アクションプランの実施が完了する 2019 年以降も、調達された資機材を活用して、バングラデシュ側が深井戸の建設を継続することが重要である。

4.2.4 深層地下水開発技術のデベロプメントパートナーや民間業者との共有

プロジェクト対象地域での深井戸掘削は、他ドナーによっても行われておらず、また民間業者も参入していない。対象地域において、深井戸建設を促進するためには、本プロジェクトを通じた経験や技術を他ドナーや民間業者と共有することが望ましい。そこで、次のような方法により、本プロジェクトを通じた経験や技術の共有を図る。

<ソフコン・調達業者による掘削指導開始前>

DPHE を通じて民間業者に説明会開催を通知する。説明会において、ソフコンで行う井戸掘削に関する技術指導・物理探査に関する技術指導、および調達業者による井戸掘削技術指導の中で、行う技術指導内容を説明し、参加を募る。

<技術指導の実施>

大深度を想定した物理探査の計画・実施・解析方法等について技術指導を行う。また、調達業者が行う一連の技術指導の中で、①礫層分布域で大深度掘削を行うために特有の技術、および②砒素汚染を防止するための技術指導（特にシーリング技術）を指導する段階で民間業者に技術者を参加させ、DPHE の技術者への指導と同時に指導を行う。

<技術指導終了後>

DPHE は、新たに取り組んだ技術が有効であった場合、その技術を毎年開催される“National Water Supply and Sanitation Technology Sharing Workshop”において紹介し、情報の共有を図っている。このため、本プロジェクトにおいても、このワークショップで成果を紹介することを計画する。

4.3 外部条件

本プロジェクトの効果を発現・持続するための外部条件は、次の通りである。

- ・ 砒素汚染地域の代替水源として深層地下水を開発するというバングラデシュ国の地方給水に係る政策が継続される。
- ・ 本プロジェクトで技術移転を受けた技術者が、継続して深層地下水開発プロジェクトに従事する。

4.4 プロジェクトの評価

4.4.1 妥当性

本プロジェクトの対象地域は、浅層地下水が砒素により汚染され、かつ礫層が分布するために、現在の DPHE の保有機材・技術では深井戸の建設ができない地域である。対象地域の住民は、2.2.3 に示したように貧困層を含む住民である。本プロジェクトを実施することにより、計画対象地域の 9 箇所の県ポルシャバおよび 35 村落の住民約 216 千人が直接裨益する。

現在、既存給水施設による給水率は 58.6%に留まっており、それ以外の住民は不衛生な水や砒素の汚染された水の使用を余儀なくされている。本プロジェクトによる深井戸建設が行われれば、安全な水の利用が可能になると同時に、砒素中毒患者数や水系疾病発生率等の減少が期待され、社会経済的に正のインパクトを持つ波及効果が期待される。

バングラデシュでは、1998 年に策定された国家水衛生政策 (National Policy for Safe Water Supply & Sanitation 1998) で、全国民に基本レベルの給水を実現することが謳われ、2008 年 10 月に発表された貧困削減促進国家戦略 (National Strategy for Accelerated Poverty Reduction (FY 2009-2011)) では、砒素汚染の代替水源として深層地下水利用を位置づけている。さらに、2011 年 12 月に発効したセクター開発計画 (Sector Development Plan (2011-25)) では、2011 年から 2025 年までの開発目標を設定している。このように、バングラデシュにおいては、深層地下水しか代替水源が期待できない計画対象地域において DPHE に深層地下水開発の能力を向上させ、深層地下水の開発を促進することは、バングラデシュの国家目標とも合致している。

本プロジェクトの対象地域は主として農村地域であり、プロジェクトの実施は地域住民に対して、砒素に汚染されていない安全な水を供給するという BHN の観点から民生の安定や住民の生活改善に寄与すると言える。我が国のバングラデシュに対する援助方針は、砒素対策が重点項目の一つとされ、「安全かつ継続的な水の供給」を行うことを支援するとされている。したがって、本プロジェクトの実施は我が国の援助方針とも合致している。

4.4.2 有効性

(1) 定量的効果

本プロジェクト全体では、井戸掘削リグおよび関連資機材が調達された後、9 県ポルシャバおよび 35 村落において、25 本の生産井および 35 本のハンドポンプ井が建設される。また、ソフトコンポーネント活動を通じて、DPHE の深層地下水開発能力が向上する。これらの投入により、表 4.4.1 に示すような定量的効果が期待される。

表 4.4.1 本プロジェクトの定量的効果

指標名		基準値 (2012 年)	目標値 (2019 年)	定量的効果
対象の 9 県ポルシヤバ および 35 村落の 給水人口・給水率	給水人口	1,252,172 人	1,468,597 人	+ 216,425 人
	給水率	58.6 %	63.6 %	+ 5.0%

* 5 年間のアクションプランが終了するのが 2019 年であるため、2019 年を目標値として設定した。

(2) 定性的効果

本プロジェクトの実施により、波及的に下記のような定性的効果が期待される。

- ・ 飲料に使用する水質が改善されることで、砒素中毒患者の増加率が抑えられ、水系感染症が減少することが期待される。
- ・ 水汲みかけられる時間および労力が軽減され、水汲みに主に従事している女性や子供の労働時間および学習時間が増加することが期待される。

4.4.3 結論

4.4.1 妥当性、および 4.4.2 有効性で検討した如く、本プロジェクトの実施する妥当性は高く、かつ有効性が見込まれると評価される。

4.5 深井戸建設の効果のモニタリング

本プロジェクトは、深井戸建設用機器類を調達し、水源が砒素に汚染された地域の住民に対して、安全な水の供給を行うことを目的としている。前項の 4.4.1 および 4.4.2 において、プロジェクトの妥当性および有効性について確認できた。

DPHE は、本プロジェクト終了後も本プロジェクトで調達された井戸掘削機器類を使用して安全な水の供給を行うための深井戸建設を継続することとなる。

本プロジェクト実施中および実施後の深井戸建設の効果は、プロジェクトの目的を考慮すると、水源の砒素汚染度、砒素患者数、給水率がどのように変化したかによって評価できる。したがって、DPHE は深井戸建設対象地域においてこれらの項目に関するデータについて、地方事務所を通じて収集し、深井戸建設の効果の評価を行うことが求められる。

表 4.5.1 は、プロジェクト対象 35 村落における水源の砒素汚染度、砒素患者数、および給水率を示している。これらの数値はモニタリングやプロジェクト評価の際のベースラインとして使用される。

1 年間に掘削可能な深井戸の数は、生産井で 5 本、ハンドポンプ井で 7 本であることから、モニタリングは概ね 3 年毎に行えば良いと考えられる。

モニタリング及び評価制度体制として、DPHE の県支局が表にある項目について 3 年に一度の頻度でデータ収集を行い、DPHE 本部は地方から集められるデータを基にモニタリングおよび評価を行う。深井戸が掘削され、住民が砒素に汚染されていない安全な水を使用することにより、砒素汚染度、砒素患者数は減少し、給水率は増加することが期待される。

表 4.5.1 対象村落における砒素汚染濃度・砒素患者数および給水率

対象村落名	砒素汚染濃度(%)	砒素患者数	給水率(%)
バジヨndanガ	44	20	54.16
ビルマムドプル	87	97	12.58
ブルボ ガンガバルディ	49	19	49.34
バドゥクディア	49	19	57.19
ダヤランブル	53	15	45.47
コトカンディ	94.37	7	3.72
クティルハット	96.19	1	5.53
パクリカンダ	36.44	25	61.51
アンプナガール	84	85	15.51
カチカタ	83	20	13.6
ベトバリア	70	40	29.12
ホチョックバラ*	-	-	-
ボロ ドゥドゥパティラ	30.56	191	67.11
ボアルマリ	37.09	47	60.88
ベルゴビンダプル	-	44	20.99
ダスキンキヤルバラ	-	104	21.01
マルア	-	146	48.46
プラフダ	-	12	39.68
バルイハティ	-	43	51.04
アチンタナガール	25.68	41	71.91
クリシュナ チャンドラプル	34.59	86	63.31
ノース ババノプル	50	61	48.37
ジャグシャール	33.21	110	64.6
ナウダ ケメディアル	20.92	116	76.52
パクリア	49.74	71	48.69
アランプル	54.84	165	43.74
スピドプル	48.85	49	49.43
アヌブナガール	42.01	8	56.1
モハラジプル	85.45	20	14.03
ゴラバキア	82.48	113	16.93
ボホロム	83.33	132	16.17
サトラジプル	77.33	80	21.96
カナエ バリ	60	27	67.76
モリチャバラ	75	13	82.26
ボロナガオン	70	24	77.54

* ホチョックバラの人口はチュアダンガシヨドールの人口に含まれており、ホチョックバラの人口は不明のため、砒素汚染濃度、砒素患者数および、給水率は不明。