

二国間クレジット制度(JCM)案件組成調査 報告書(概要版)

調査案件名	プノンペン水道公社における浄水場設備の高効率化によるエネルギー削減
調査実施団体	メタウォーター株式会社(受託者) 株式会社松尾設計(共同提案者)
ホスト国	カンボジア王国

1. 調査実施体制:

国	調査実施に関与した団体名	受託者との関係	実施内容
日本	株式会社松尾設計	共同実施者	機械技術検討、環境十全性評価
日本	有限責任監査法人トーマツ	外注先	GHG 排出削減の MRV 方法論作成
ホスト国	プノンペン水道公社	プロジェクト実施主体	カウンターパート、現地調査協力

2. プロジェクトの概要:

調査対象プロジェクトの概要			
プロジェクトの概要	カンボジア王国（以下、「カ国」）最大の水道事業者であるプノンペン水道公社（Phnom Penh Water Supply Authority、以下「PPWSA」）のプンプレック浄水場（Phum Prek Water Treatment Plant）及びチャンカーモン浄水場（Chamkar Mon Water Treatment Plant）は、1990年代に建設されている。受変電設備やポンプ設備は当時の仕様のみであり、老朽化が進行している。これらの機器は現在の本邦機器と比較すると効率が悪い。またプノンペン特別市における電気代は、日本と同水準の US\$0.18/kWh と高く、電気代の削減需要は高い。本プロジェクトでは、当該浄水場を高効率化するにあたり、本邦省エネ機器を導入し、温室効果ガス（Greenhouse Gas、以下「GHG」）排出量を削減する。		
予定代表事業者	メタウォーター株式会社		
プロジェクト実施主体	プノンペン水道公社		
初期投資額	150,000(千円)	着工開始予定	2016年3月(予定)
年間維持管理費	630(千円)	工期(リードタイム)	14ヶ月
投資意志	継続協議中	稼働開始予定	2017年4月(予定)
資金調達方法	PPWSA はカ国証券取引所の第1号上場企業であり、営業収益は2001年の約7.7百万USドルから、2011年には約28.5百万USドルに増加している。PPWSA は設備の老朽化に対して、更新計画を立案し、資金を準備しているため、本提案の経済性及び有益性を示すことにより、この資金から初期投資費用が見込まれる。設備の維持管理費用は通常の営業費用から拠出される。		
GHG 削減量	485 tCO ₂ /年※ ① ポンプのインバータ化による省エネルギー 440 tCO ₂ /年 ② 浄水場-取水場間の送電ロスの低減 40 tCO ₂ /年 ③ 高効率変圧器の採用 5 tCO ₂ /年 ※ 小数点以下四捨五入		

3. 調査の内容及び結果

(1) プロジェクト実現に向けた調査

①プロジェクト計画

プロジェクトの実施体制

国際コンソーシアムの形態については、幹事会社をメタウォーター株式会社とし省エネ機器納入及び電気技術管理を担うこととする。また構成員として現地工事会社を予定している。現地工事会社には建築工事、機械・電気工事の施工品質が高く、現地にて多数の実績を有する会社を候補として検討している。また株式会社松尾設計はポンプ、モーター等の機械技術管理を担い、有限責任監査法人トーマツは、プロジェクト実施主体である PPWSA に対し、MRV 実施に関するキャパシティ・ビルディング等の方法論に係る支援を実施する体制を目指す。また、本プロジェクトは二国間クレジット制度が水道事業体に活用される初めての事例となり、日本における水道技術・ノウハウの展開が期待される。しかしながら現在の日本水道のほとんどは、公共事業体により運転・維持管理等が実施されており、民間企業には水道事業に関するノウハウがあまり蓄積されていない。このことから、カ国の水道事業発展に多くの実績を有する北九州市上下水道局がプロジェクトに関与し、日本の水道技術の展開を図る。

工事計画及び運用計画

プンプレック浄水場は PPWSA が有する浄水場の中でも、主にプノンペン特別市内の中心部に配水している浄水場であり、水需要の増加に対し、配水ポンプの大型化計画を進めている。PPWSA はすでに 320kW、180kW のポンプ各 1 台に代わり、520kW、272kW のポンプを各 1 台購入している。またこれに伴い、モーターはインバータ化可能なモーターを購入している。本調査では、大型化される 520kW、272kW のポンプのインバータ化が GHG 排出削減に最も有効であると考え、プロジェクトの対象とした。

チャンカーモン浄水場は、新規に建設された商業施設や新興開発地域への配水に特化した浄水場となる計画が進められている。この計画を実行した場合、昼夜の水需要変動が大きく変動することが予想され、この変動に効率的に対応するためには配水ポンプのインバータ化は有効であると考え、本調査では配水ポンプ 1 台をインバータ化することとした。

浄水場－取水場間の送電は、プンプレック浄水場、チャンカーモン浄水場の両浄水場において行われている。PPWSA は送電によるロスだけでなく、断線リスクへも懸念を示しており、現にプンプレック浄水場－取水場間では過去に断線事故が発生している。本調査では両浄水場を取水場での直接受電に変更することにより、送電ロス低減と断線リスク低減の観点からメリットがあると考え、プロジェクトの対象とした。

プンプレック浄水場の 3.3kV を 380-220V に変圧している変圧器は、低圧の動力設備に配電している。この変圧器は 1995 年当初より使用されており、老朽化が進んでいる。本調査では高効率変圧器へ更新することで、効率の改善が可能と考え、プロジェクトの対象とした。

上記の切替工事にあたっては、部分停止もしくは全面停止を伴う。PPWSA によると、停止作業は夜間に最長 2 時間であれば可能であるため、時間内の切替実施により、運用に及ぼす影響は最小限にとどめられると想定している。

PPWSA は 1954 年に創業し、2012 年 4 月にカ国証券取引所に株式公開された。2014 年時点の PPWSA の資本金は、約 21 百万 US ドル、職員数は 727 人である。営業利益は 2001 年の約 2.2 百万 US ドルから、2011 年には約 9.1 百万 US ドル、2013 年には約 12.8 百万 US ドルに増加しており、堅調に推移している。

組織の最上位に位置する取締役会は、工業手工芸省 (Ministry of Industry and Handicraft、以下「MIH」) 1 名、経済財務省 1 名、プノンペン特別市議会 1 名、社外取締役 1 名、公共投資家 1 名、PPWSA 2 名の計 7 名から構成されており、この取締役会にて年間執行予算や投資判断を行っている。この取締役会は四半期に 1 度開催されている。また、必要な場合は、臨時取締役会が開催されることも確認している。取締役会の下には、総裁 1 名、副総裁 6 名が配されている。

(1) 事業収益性評価の前提条件

1) プロジェクト実施体制

PPWSA が完成施設を自らの水道施設の一部として所有し、事業を継続遂行するものと想定している。即ち、本プロジェクトを PPWSA の事業から切り出して特別目的会社 (Special Purpose Company、以下「SPC」) を設立する可能性は低いものと認識している。JCM 補助金でカバーされない施設整備費用 (投資コスト) の資金源については、PPWSA の予算に基づいて決定されることになるが、本調査の評価においては、経常的な更新投資予算の一部として剰余金の中で賄われるものと想定している。

2) プロジェクト期間

PPWSA は永続企業であるが、プロジェクトとしての成果は一定期間の中で評価される必要があ

る。省エネ機器の標準ライフサイクルは20年前後であり、その間に投資回収した上で、投下資本と共に投下資本に見合った利益を獲得することが求められる。

3) 評価通貨

金額は全てUSドル建てで評価を行う。

4) 電気料金削減効果

電気料金単価は、現状の平均調達単価であるUS\$0.18/kWhで削減メリットを評価する。比較は、提案のJCMリファレンスに基づく電力削減量をベースとして議論している。

5) 物価変動

維持管理費用を含め、全てのコストがUSドル建てであり、物価上昇率は発展途上国としては低く、安定している。過去15年（1998年から2013年）の年平均物価上昇率は4.2%であり、2008年の25%という異常値を除外すれば、最高でも8%以下と安定している。2008年を除いた平均を取ると2.8%である。

6) 割引率 (Discount Rate)

現在価値評価を行うための割引率については、年3%を採用してPPWSAに説明している。

(2) 適用評価指標：

事業収益性評価指標として、「投資回収期間法」、「現在価値法」、「内部収益率法」を適用して多面的に評価を行っている。

1) 投資回収期間 (Pay-Back Period) 法

投資回収の確実性を可視化できる投資回収期間は投資意思決定に重要な役割を果たす指標とされている。PPWSAは、6年を一つの目安として評価している。

2) 現在価値 (Net Present Worth、以下「NPW」) 法

割引キャッシュフロー (Discounted Cash Flow、以下「DCF」) に基づくため、その割引率とプロジェクトライフサイクルの設定の合理性が求められる。本調査では、早期に結果を確認できる10年案と、良いものを長く使うという発想に基づく30年案も検討したが、最終的に一般的な耐用年数である20年を採用とした。割引率については、特に標準値が定められていないため、3%で議論を進めている。

3) 内部収益率 (Internal Rate of Return、以下「IRR」) 法

現在価値法と同様に20年を採用した。資本コストとの比較において投資意思決定が行われるが、資本コストは個々の企業の資本政策に基づくものであり、PPWSAの判断に委ねられることになるが、PPWSAの純資産利益率 (6%前後) を参考値として捉えている。日本の民間企業が海外でPPP事業を実施する場合には、事業リスクを含めてより高い収益性を求めるが、本来収益性を求めない公営企業による事業であり、6%あるいはそれ以下でも十分なレベルと考えられる。

(3) 評価結果

プンプレック浄水場とチャンカーモン浄水場についての各種提案 (オプション) 内容についての評価結果を表1に示す (表中では、プンプレック浄水場をPP WTP、チャンカーモン浄水場をCM WTPと記載した)。補助率は総投資額の40%とした。個別オプションの中では、プンプレック浄水場におけるインバータ化提案 (Option 1) とチャンカーモン浄水場の送電ロス削減案 (Option 5) において、投資回収期間がPPWSAの目安とする6年以内、20年間プロジェクトライフサイクルでの現在価値評価が投資額を越えている (投資に対してDCFリターンが2倍以上)、IRRが10%以上となり、投資効果が充分得られるものと考えられる。しかし、その他のオプションでは単独で投資効果が得られないとの結果である。全オプション採用すれば、投資回収期間6年未満、現在価値 > 投資価値、IRRは約18%と投資効果は充分に得られるものと想定される。

表1 事業収益性の評価結果

	初期投資額 (US\$)	電力削減量 (MWh/年)	JCM 補助金有		
			Pay-back period (年)	NPW 20年 (US\$)	IRR 20年 (%/年)
Option 1 (PP WTP) ポンプインバータ化	560,200	667.00	2.9	1,374,195	34.1%
Option 2 (PP WTP) 送電ロス低減	327,900	40	27.3	-89,622	-2.8%
Option 3 (PP WTP) 高効率変圧器	109,300	18	20.2	-17,377	-0.1%
小計(PP WTP)	997,400	725.00	4.8	1,267,195	20.4%
Option 4 (CM WTP) ポンプインバータ化	164,400	37	15.2	-2,085	2.8%
Option 5 (CM WTP) 送電ロス低減	81,900	38	7.2	52,622	12.6%
小計(CM WTP)	246,300	75	11.1	50,537	6.4%
合計	1,243,700	800.0	5.4	1,317,732	17.9%

初期投資・維持管理及びMRVに関する資金計画

PPWSA は設備の老朽化に対して、更新計画を立案し、資金を準備しているため、本提案の経済性及び有益性を示すことにより、この資金から初期投資費用が見込まれる。本事業の初期投資額を示した上で、PPWSA の意見をヒアリングしたところ、本プロジェクトにおける初期投資規模で、さらにJCMの補助金を最大限に得ることができれば、自己資金からの初期投資が想定されるとの回答を得ている。PPWSA は電気代の削減のみならず、事業収益性、GHG削減の観点からも本プロジェクトに対して期待しており、プロジェクト実現のために、PPWSA 内の予算化措置、取締役会への説明、調達方法について協議継続中である。設備の維持管理費用、MRV においても、本プロジェクトにおける維持管理費の規模であれば、通常の営業費用から拠出可能との回答を得ている。

(1)外部環境要因

一般的な外部環境要因として、PESTEL（政治・経済・社会・技術・環境・法律）の要素が挙げられるが、本プロジェクトでは、いずれもインパクトは限定されている中で、経済・技術・法律について、以下のとおり認識している。

- 1) 経済環境リスク要因の中で、最も事業性に影響するのが貨幣価値の変動であるが、本プロジェクトの対象国であるカ国ではリエルという自国通貨を持ちながら市場はUSドルで動いており、USドルベースでの事業評価を行う本プロジェクトでの通貨リスクは日本からの供給設備のコストに限定される。
- 2) 技術リスク要因としては、将来の更なる技術向上によってプロジェクトライフサイクルの途中で本プロジェクトの施設が陳腐化してしまい、新たな技術による更新が実施されるリスクである。そのような場合にも、最低限投資回収は終わられるように、投資回収期間は6年程度を目標としている。
- 3) 法務リスクに関しては、JCM が対象とする日本の優れた環境技術の適用が、公営企業の調達要件に従った結果、第3国企業に発注される可能性が挙げられる。当該リスクに対して、円安メリットとJCMによる補助でコストの不利をカバーした上で、調達上の要求性能を入札要件とし、日本製品の採用の必然性を高める方式での発注形態や、日本では定着してきている総合評価方式での発注形態についてPPWSA等のカ国関連機関と協議を行うことで対応する。

(2)内部環境要因

プロジェクトへの投資意思決定には、PPWSA の予算措置が事前に講じられる必要がある。PPWSA の予算年度は暦年（1～12月）であり、2015年度実施は多くの調整を要する。日本国内でのJCMの手続きスケジュールとの間で前後関係が生じ、契約上の支障となる可能性が想定される。この点については、調査実施団体として日本政府及びPPWSA並びにカ国関連機関との連携を密にして、誤解を生じないような対応を取ることで解決できるものと考えている。

その他事業性に係る項目

(1)税制について

1)恒久的施設（Permanent Establishment、以下「PE」）課税の有無とその運用状況

省令の中にいくつか PE に関する記載はあるものの、詳細に記載されている省令は見当たらない。実務上の運営において、PE に相当する企業に対して PE 課税の事例を確認することはできなかった。

2)促進税制、障害となる税制

現時点では促進税制ならびに障害となる税制に相当するものは見当たらない。現在、カ国では最低賃金等が上昇し、外国企業から各種優遇税制の要望の声が上がっているものの、具体的な対応策はまだ明らかになっていない。

3)関税、VAT について

カ国関税消費税総局(General Department of Customs and Excise、以下「GDCE」)へのヒアリングを行ったが、二国間クレジット制度を利用した物品の輸入に関しては経験がなく、有益な回答を得ることはできなかった。一般的には GDCE に対し、PPWSA から免税措置に関する承認レターを提出して免税申請を行うことで、免税措置を受けることが可能となるようである。

②プロジェクト許認可取得

カ国の都市給水事業を所管しているのは、MIH である。プノンペン特別市においては、PPWSA が MIH より水道事業権を得て給水事業を継続中であり、新たな権利の取得は必要ない。

今回のプロジェクトは、一部の老朽化した機器を、より効率の高い機器に更新するものであり、新たに必要となる許認可として環境アセスメントが考えられたが、PPWSA へのヒアリングにより不要と確認されている。

実際には、本プロジェクトの投資内容が明らかになった段階で、MIH 水道部等と協議のうえ、通常の手続きを進めることになる。

③日本技術の優位性

a) 日本技術の優位性

配水ポンプ

水道の配水ポンプは、その使用条件に合わせて製造され、高性能であるとともに、長期間の使用に耐える堅牢性、耐久性も求められる。

ホスト国浄水場においても、日本、欧米、中国、韓国等メーカー製の実績がある。今回対象のポンプレック、チャンカーモン浄水場においては、稼働配水ポンプの大部分は、日本のクボタ（一部、荏原）製であり、10年以上の稼働実績を有している。この理由として、稼働実績に基づく効率性、耐久性等に対する評価があると考えられる。エンドユーザーのヒアリングでは、欧米製でも10数年、中国製などでは数年で壊れてしまうケースがあるとのことで、初期の購入価格は高めでも、耐用年数を考慮したライフサイクルコストで評価すれば、より長寿命の日本製ポンプを選択するメリットがあるものと考えられる。

インバータ

日本ではインバータの技術開発は活発に行われており、主要メーカーの1社は1974年に世界初となるトランジスタインバータの製品化に成功した。同社は、現在においてもエンコーダレスでもゼロ速高トルクを実現するなど革新的な技術を有している。また、直列多重高圧インバータと低圧インバータを融合した高圧インバータを開発し、広い回転域で約97%の高い電力変換効率、電源力率0.95（定格負荷時）を達成しており、効率・省エネ性能の分野で世界をリードしている。調整・保守作業の点においてもユーザーをサポートするインターフェースを実装しており維持管理性の面でも高い技術を保有している。日本のインバータは中国製等のインバータと比較して一般的に耐久性が高く、性能と価格のバランスを評価した場合、日本製のインバータを選択するメリットはあると考えられる。

変圧器

日本では、地球温暖化防止の政策の一環として、エネルギー使用の合理化に関する法律（省エネ法）により、変圧器の効率向上のため「トップランナー方式」による基準値達成を義務付けている。この基準値を満たした変圧器を「トップランナー変圧器」と呼んでいる。

2012年3月には「第二次判断基準」が告示、目標基準値が見直され、JIS規格は2014年に改正された。これにより2014年4月から「第二次判断基準」を達成した「トップランナー変圧器2014」への切替えが行われた。日本のトップランナー基準値は、主要国間の比較においてもトップクラス

であり、日本製品の導入は温暖化ガスの削減に貢献でき、選択のメリットがあると考えられる。

b) ホスト国における現在の市場の状況、競合製品等

ポンプ

本調査において、PPWSA が所有する 4 つの浄水場のポンプを調査した結果、クボタ製がほとんどで、その他一部は、荏原製作所製、Peme Gourdin（アルジェリア）製などであった。また、現地の取扱業者にヒアリングを行ったところ、上記の PPWSA の浄水場以外では、鶴見製作所、Grundfos（デンマーク）などのポンプも使われている。尚、市場占有率などに関する統計的な情報は確認できなかった。

インバータ

インバータは、ポンプの回転数を制御し、圧力損失低減による省エネルギーを実現するものであり、その結果、給水塔設備が不要になるなどのメリットがある。浄水場の大型ポンプ用途のインバータは、ポンプメーカーとは別メーカーが製造するケースがほとんどである。PPWSA の浄水場では、ニロート及びチュロイチャンワの両浄水場でポンプのインバータ化が実施されている。いずれも日本あるいはフランス政府による政府開発援助（Official Development Assistance、以下「ODA」）によって設置されたもので、インバータは ABB（スイス）製であった。カ国のその他の浄水場については、インバータ化されているケースはほとんどない。

なお、近年のプノンペン特別市における建設ラッシュに伴い、ビルにおける配水設備としてインバータ付ポンプの需要拡大が、今後見込まれている。

変圧器

PPWSA が所有する 3 つの浄水場について、設置されている変圧器を調査した結果、ABB（スイス）製が最も多く、その他、高岳製作所製、Thibidi（ベトナム）製、Alstom（フランス）製、Minel-trafo mladenovac（ユーゴスラビア）製などが確認できた。また、取扱業者へのヒアリングにより、価格の安さから、Tira Thai 及び Precise（共にタイ）製、Thibidi 製の変圧器の導入事例が多いことが分かった。尚、変圧器についても、市場占有率などに関する統計的な情報の存在は確認できなかった。

グリッドに接続する特高変圧器の導入は、カ国ではカンボジア電力公社（Electricité du Cambodge、以下「EDC」）の承認が必要であり、EDC の変圧器調達仕様書には、ABB 製、Schneider Electric（フランス）製、GE（米国）製及び Thibidi 製が指定されている。EDC へのヒアリングの結果、EDC が承認した変圧器で導入されているものとしては、ABB 製が最も多いことが分かった。

④MRV 体制

プロジェクト対象となる PPWSA 所有のプンプレック浄水場及びチャンカーモン浄水場に関する MRV 体制の調査を行った。現状では、GHG 排出削減量の計算に必要な、配水ポンプ及び変圧器に関する電力消費量、電流値、流量値などの計測及び記録をモニタリング担当者が行っている。これをモニタリング責任者と JCM プロジェクト総責任者がダブルで確認・承認している（図 1 参照）。本プロジェクト実施の際は、現状のモニタリングに、GHG 排出削減量の計算に必要なモニタリング項目の一部と GHG 排出削減量の計算作業が追加されるが、現状の本体制をそのまま活用することで、実行可能であることを確認した。

GHG 排出削減量を計算する際に必要となるグリッドの排出係数については、環境省より公表されるプノンペン地区の排出係数を適用する。現時点での最新版は 2010 年に公表されたものであるが、これが 2015 年初めに更新される予定である。更新は約 3-4 年ごとに行われるため、モニタリング担当者は随時最新情報を収集・適用する。

収集したデータの記録・保管について、現状では、運転現場の担当者が紙ベースの管理表に手書き・保管した後、一部をパソコンに入力して電子データ化し、上位者が確認している。しかし、紙ベースの管理表の文字がクメール数字で記入されているため、クメール語が分からない調査団がチェックできないなどの問題がある。プロジェクト実施においては、必要な箇所は英語訳を併記、または、アラビア数字にて記載する予定である。

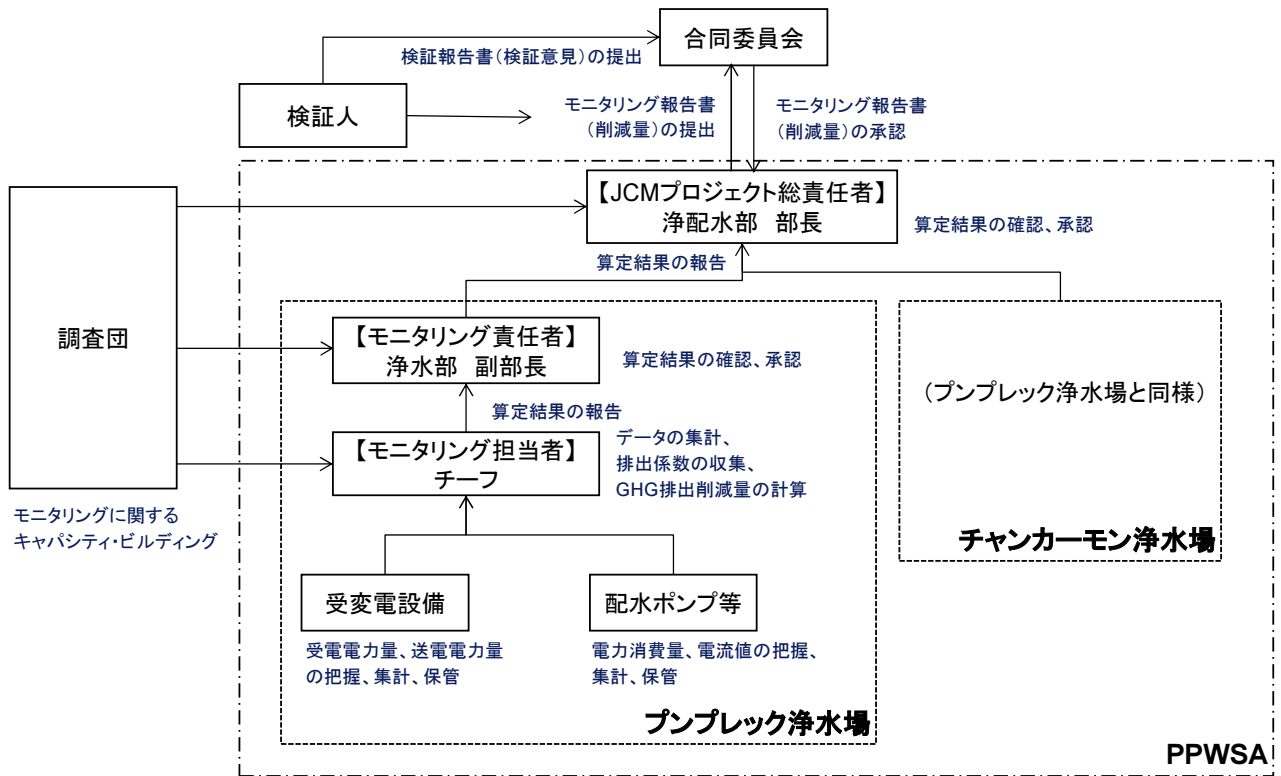


図1 MRV 実施体制図

⑤ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与

本プロジェクトは、PPWSA を事業主体として、カ国プノンペン特別市プンプレック浄水場及びチャンカーモン浄水場における水道機器の高効率化により省電力を図り、GHG 排出削減につなげるものである。対象の水道機器としては、受変電設備及びポンプ設備が主体である。これらは、多くが 1990 年代に計画・建設されたものであり、老朽化が進んでいる。これらを更新することで、性能面でも改善を図ることが可能となる。

カ国の環境関連の主要な法規・法令としては、1996 年発令の「環境保護と自然資源管理に関する法律」がある。個別の法令としては、「固形廃棄物の管理に関する政令」（1999 年）「水質汚染管理に関する政令」（1999 年）、「大気汚染と騒音公害の管理に関する政令」（2000 年）などが制定されている。環境影響評価に関しては 1999 年に「環境負荷手順の実施に関する政令」が施行されており、本政令にて、環境負荷評価を必要とするプロジェクトの業種・内容・規模が規定されている。水道事業に関しては、1 日 1 万人以上の水供給開発プロジェクトが対象になる。

今回は、現在の PPWSA 水供給事業において、機器の更新・改善により省エネならびに GHG 排出削減を図るものであり、環境負荷調査を必要とするプロジェクトには該当しない。

このため、事業実施にあたり環境影響評価等の許認可を取得する必要はなく、本プロジェクトにおいても新たな環境影響に係る調査の実施は不要であると現地ヒアリングで聴取された。

本プロジェクトは、GHG 排出削減という環境面でプラスの効果を発揮するものであるが、本プロジェクト実施に伴う環境面での好影響の担保、及び悪影響の回避のための措置として下記が挙げられる。

好影響の担保

カ国政府が 2003 年に発表した「全ての国民が安全な水供給を受け、衛生施設を有し、安全で衛生的かつ環境に適応した生活環境を享受することができる」水供給及び衛生に関する基本方針の推進にも寄与する。また、省エネにより水道水の生産コスト低減が図られることとなり、安価な水道水の供給により市民生活の改善に貢献できる。

悪影響の回避

今回のプロジェクトは、取水場および浄水場の設備更新である。工事場所は、市民生活と隔離された取水場、浄水場等の PPWSA 管理敷地内であり、騒音・振動等工事に伴う負の影響は、限定的と考えている。PPWSA は、設備更新により撤去された変圧器、モーター、ケーブル等の機器類を維持管理上の非常用予備品として、保管責任者を定め責任を持って保管することを確約したうえ引き渡すこととしており廃棄物の発生を極力抑制させる仕組みを考えている。

また、瓦礫等の一般廃棄物については、カ国の代表的廃棄物処理業者に処分を依頼することとしており、不法投棄を防止する。

なお、将来、処分が必要となった撤去品、特に、一部変圧器には有害物資が含まれている可能性が考えられるため、プノンペン市公共事業運輸局（Department of Public Works and Transport、「DPWT」）が管理する、廃棄物処理に関する規制・法律の整備状況を注視しながら適切に処分することとしており、悪影響は回避できるものと考えている。

⑥今後の予定及び課題

2015年度における設備補助事業に向けて、現在 PPWSA と投資意思及び予算化について継続協議中である。第5回現地調査にて PPWSA と協議を行い、2015年3月末に開催される PPWSA の取締役会（4.（1）③プロジェクト実施主体の経営体制・実績参照）において、調査団からプロジェクトの説明を行うことになった。PPWSA 総裁からは取締役会にて本プロジェクトへの投資検討を行うにあたり、PPWSA におけるメリット、事業収益性評価、スケジュール、プロジェクト実施体制等の再説明が求められている。従って本プロジェクトの有益性を再度明確にした上で、プロジェクト実現に向けて PPWSA と引き続き協議を行う。

PPWSA の調達は原則的にカ国の調達法に則り、入札を経る必要がある。一方、PPWSA からは、日本とカ国の政府間レベルで入札回避の合意形成が実現されれば、随意契約等の可能性が示唆されている。従って、入札回避の方法について、調査継続を予定している。

2015年度プロジェクト実現に向けて国際コンソーシアムの結成についても調整を行う必要がある。土建・機電工事が可能であり、施工品質面も担保可能な現地企業として、PPWSA の子会社である Water and Sanitation Service Subsidiary 社等を想定している。本内容についても、上述の取締役会にて説明、協議を予定している。

(2) JCM 方法論作成に関する調査

本調査では、下記に示す3つの省エネルギー手法について、JCM 方法論を検討した

A	ポンプのインバータ化による省エネルギー	インバータの追加によりモーターの回転数を制御
B	浄水場－取水場間の送電ロス低減	取水場の受電方式をグリッドからの直接受電に変更
C	高効率変圧器の導入による省エネルギー	変圧器を高効率変圧器に更新

①適格性要件

A.ポンプのインバータ化による省エネルギー

本調査にて開発するポンプのインバータ化による省エネルギーに係る方法論は、以下の要件を全て満たすプロジェクトに適用することを想定する。

要件1	インバータ化されていないポンプをインバータ化するプロジェクトであること。
要件2	プロジェクトポンプのモーターの容量が100kW以上であること。
要件3	高圧インバータの定格点における電力変換効率が97%以上、電源力率が95%以上であること。
要件4	年間2回以上の定期点検を実施する計画を有すること。

要件1の設定理由：

インバータ化されていないポンプをインバータ化し、配水流量に応じてモーターの回転数を制御することで、大きな省エネルギー効果が期待できる。一方で、既にインバータ化されているポンプに対して、最新のインバータを導入した場合には、期待される省エネルギー効果は僅かであるため、本要件を設定した。

要件2の設定理由：

ポンプ及びポンプの動力源であるモーターの容量により、ポンプの性能特性は変化する。一般的に、機器が大型の方が効率は高くなる。PPWSA が所有する4つの浄水場のポンプの容量を調査した上で、プロジェクト対象ポンプを選定し、本数値を設定した。

要件3の設定理由：

インバータの技術開発において、日本は優位な立場にある。より高効率の日本製機器を導入して、GHG 排出削減効果をより大きくする目的で、本数値を設定した。なお、この電力変換効率及び電源力率の算

定方法については、規格などは特に設けられていない。

要件 4 の設定理由：

ポンプのインバータ化による GHG 排出削減効果を維持するためには、定期点検の実施が必要である。インバータの製造業者に定期点検の頻度を確認し、本要件を設定した。

B. 浄水場－取水場間の送電ロス低減

本調査にて開発する浄水場－取水場間の送電ロス低減に係る方法論は、以下の要件を全て満たすプロジェクトに適用することを想定する。

要件 1	浄水場から取水場に自営の送電線を使用して電力供給しているシステムに対して、取水場を個別受電方式に切り替えるプロジェクトであること。
------	---

要件 1 の設定理由：

本方法論は、浄水場－取水場間に自営の送電システムを構築することにより、浄水場から電力供給を受けている取水場を対象としている。このような送電システムが採用されている背景として、停電時に、浄水場に設置した自家発電の電力を取水場に送電する必要があったことが挙げられる。しかし、近年では、グリッドの安定により停電回数が減少し、また、燃料費の高騰から自家発電（主にディーゼル）が運転されなくなっていることから、現状のような送電システムの必要性が小さくなっている。

これに対し、プロジェクトは、受電方式をグリッドからの個別受電に変更することで送電ロスを削減し、GHG 排出削減を実現するものである。そのため、本方法論の要件として、個別受電方式に変更するプロジェクトであることを設定した。

C. 高効率変圧器の導入による省エネルギー

本調査にて開発する高効率変圧器の採用に係る方法論は、以下の要件を全て満たすプロジェクトに適用することを想定する。

要件 1	プロジェクト変圧器は、容量が 500kVA 以上 1,000kVA 以下である。
要件 2	プロジェクト変圧器は、定格点における効率が 98.5%以上である。

要件 1 の設定理由：

変圧器の効率は、一般的に、機器が大型の方が効率は高くなる。PPWSA が所有する浄水場の変圧器の内、今回プロジェクト対象となる変圧器を選定し、本数値を設定した。

要件 2 の設定理由：

PPWSA が所有する 3 つの浄水場の変圧器と、EDC が推奨する製造業者の変圧器効率を調査し、変圧器容量と効率の関係を求めた。そして、本プロジェクトで更新対象となる変圧器容量範囲におけるリファレンス効率を求めた。なお、カ国において、グリッドと接続する変圧器については、EDC が推奨する製造業者のものを使用し、かつ、EDC が指定する仕様を満たしていなければならない。

次に、本プロジェクトで導入予定である日本製変圧器を調査した上で、リファレンス効率に対し優位となる本数値を設定した。日本製変圧器の効率は、変圧器のトップランナー制度により、世界でも最高水準を維持している。日本製の高効率変圧器を導入することで、GHG 排出削減効果をより大きくする目的で、本数値を設定した。なお、この効率の算定方法については、JIS C 4306 にて規定されている。

②リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定

A. ポンプのインバータ化による省エネルギー

本方法論では、リファレンス排出量とプロジェクト排出量との差分をプロジェクト実施による GHG 排出削減量と設定し、以下の式にて算定する。

$$ER_p = RE_p - PE_p$$

ER_p : 排出削減量 [tCO₂/p]
 RE_p : リファレンス排出量 [tCO₂/p]
 PE_p : プロジェクト排出量 [tCO₂/p]

カ国内の浄水場においてインバータ化されている配水ポンプの事例が PPWSA の浄水場で数件見られるのみであり、また、これらの事例は日本又はフランス政府の ODA によって設置されたものであることから、カ国内の BAU (Business as Usual) シナリオとしてはインバータ化されない配水ポンプが使用されるシナリオを採用することが考えられる。

リファレンス排出量は、以下の式に示すように、プロジェクトポンプの電力消費量、プロジェクトポンプに対するリファレンスポンプの電力消費量比の割合と、ポンプで消費される電力の排出係数の積により求める。

リファレンス排出量の算定では、電力消費量が BAU シナリオであるインバータ化されない配水ポンプが使用される場合よりも保守的になるようなポンプ特性をもつリファレンスポンプを設定した。具体的には、PPWSA の 4 つの浄水場のポンプを調査し、以下の式の $P_{REF,LF,p}$ が BAU に対して保守的になるように設定した。PPWSA は、カンボジアの中で最も効率的な浄水場を保有する機関であるため、リファレンスの設定対象としては適切であると考ええる。

$$RE_p = \{EC_{PJ,p} * (P_{REF,LF,p} / P_{PJ,LF,p})\} * EF_{grid}$$

RE_p : リファレンス排出量 [tCO₂/p]
 $EC_{PJ,p}$: プロジェクトポンプの電力消費量 [MWh/p]
 $P_{REF,LF,p}$: LF におけるリファレンスポンプの電力消費量比 [-]
 $P_{PJ,LF,p}$: LF におけるプロジェクトポンプの電力消費量比 [-]
 LF : プロジェクトポンプの運転負荷率 (流量比) [-]
 EF_{grid} : グリッドの排出係数 [tCO₂/MWh]

プロジェクト排出量は、以下の式に示すように、プロジェクトポンプの電力消費量と、ポンプで消費される電力の排出係数の積により算出する。

$$PE_p = EC_{PJ,p} * EF_{grid}$$

PE_p : プロジェクト排出量 [tCO₂/p]
 $EC_{PJ,p}$: プロジェクトポンプの電力消費量 [MWh/p]
 EF_{grid} : グリッドの排出係数 [tCO₂/MWh]

B. 浄水場－取水場間の送電ロス低減

本方法論では、リファレンス排出量とプロジェクト排出量との差分をプロジェクト実施による GHG 排出削減量と設定し、以下の式にて算定する。

$$ER_p = RE_p - PE_p$$

ER_p : 排出削減量 [tCO₂/p]
 RE_p : リファレンス排出量 [tCO₂/p]
 PE_p : プロジェクト排出量 [tCO₂/p]

カ国内の浄水場の担当者へのヒアリング及び図面の確認を行ったところ、本方法論の対象となるような個別受電方式への変更による送電ロス低減が行われた事例はなかった。よって、カ国内での BAU シナリオとしては、現状の、浄水場から取水場への自営線を使った送電システムが引き続き使用されるシナリオを採用することが考えられる。

リファレンス排出量は、現状のリファレンス受電システムを、個別受電方式であるプロジェクト受電システムに変更した場合に、使用されなくなったリファレンス受電システムの一部である変圧器及び送電線における電力ロスと、グリッドの排出係数との積で求められる。なお、本方法論では、プンプレック浄水場およびチャンカーモン浄水場を対象とし、それぞれに固有なシステムをリファレンスとして設定する。

$$RE_p = (EL_{REF,1,p} + EL_{REF,2,p}) * EF_{grid} \quad \dots \text{プンプレック浄水場の場合}$$

$$RE_p = (EL_{REF,3,p} + EL_{REF,4,p} + EL_{REF,5,p}) * EF_{grid} \quad \dots \text{チャンカーモン浄水場の場合}$$

RE_p : リファレンス排出量 [tCO₂/p]
 $EL_{REF,1,p}, EL_{REF,2,p}, EL_{REF,3,p}, EL_{REF,4,p}, EL_{REF,5,p}$:
 プロジェクトの実施により使用されなくなったリファレンス受電システムの一部
 における送電ロス [MWh/p]
 EF_{grid} : グリッドの排出係数 [tCO₂/MWh]

本方法論においては、プロジェクト実施による GHG 排出削減量を、プロジェクト後に使用されなくなったリファレンス受電システムの一部における送電ロスより計算するため、プロジェクト排出量は 0 となる。

$$PE_p = EL_{PJ,p} * EF_{grid}$$

PE_p : プロジェクト排出量 [tCO₂/p]
 $EL_{PJ,p} = 0$ MWh/p

$$EF_{grid}: \text{グリッド排出係数 [tCO}_2\text{/MWh]}$$

C. 高効率変圧器の導入による省エネルギー

本方法論では、リファレンス排出量とプロジェクト排出量との差分をプロジェクト実施による GHG 排出削減量と設定し、以下の式にて算定する。

$$ER_p = RE_p - PE_p$$

ER_p : 排出削減量 [tCO₂/p]

RE_p : リファレンス排出量 [tCO₂/p]

PE_p : プロジェクト排出量 [tCO₂/p]

カ国内において、変圧器は日本国内と同様、頻繁に交換される設備ではないことから、BAU シナリオとしては、変圧器の更新プロジェクトの場合には既存の変圧器が継続使用されるシナリオを採用し、新規導入プロジェクトの場合には最も市場占有率の高い変圧器が導入されるシナリオを採用することが考えられる。リファレンス排出量は、効率が BAU よりも高い変圧器が導入されることを想定することで、保守性を担保している。リファレンス排出量は、以下の式により計算される。

$$RE_p = \{ET_{PJ,2,p} * (1/\eta_{REF} - 1)\} * EF_{grid}$$

RE_p : リファレンス排出量 [tCO₂/p]

$ET_{PJ,2,p}$: プロジェクト変圧器の二次側の電力量 [MWh/p]

η_{REF} : リファレンス変圧器の変圧効率 [-]

EF_{grid} : グリッドの排出係数 [tCO₂/MWh]

プロジェクト排出量は、導入されたプロジェクト変圧器による変圧ロスと、変圧される電力の排出係数との積によって算出する。ここで、プロジェクト変圧器の変圧ロスは、プロジェクト変圧器の一次側の電力量と二次側の電力量の差によって求めることができる。

$$PE_p = (ET_{PJ,1,p} - ET_{PJ,2,p}) * EF_{grid}$$

PE_p : プロジェクト排出量 [tCO₂/p]

$ET_{PJ,1,p}$: プロジェクト変圧器の一次側の電力量 [MWh/p]

$ET_{PJ,2,p}$: プロジェクト変圧器の二次側の電力量 [MWh/p]

EF_{grid} : グリッドの排出係数 [tCO₂/MWh]

③ プロジェクト実施前の設定値

A. ポンプのインバータ化による省エネルギー

本方法論では、下記を事前設定又はデフォルト値とする。

1. リファレンスポンプの性能曲線
2. プロジェクトポンプの性能曲線
3. プロジェクトポンプの電力消費量の定格値
4. グリッド排出係数

1. リファレンスポンプの性能曲線については、PPWSA の 4 つの浄水場に導入されている 6 種類のポンプの製造業者による試験データを調査し、GHG 排出削減の保守性が担保できるように、ニロート浄水場に導入されているポンプをリファレンスポンプに設定した。
2. プロジェクトポンプの性能曲線は、製造業者による試験データを使用する。
3. プロジェクトポンプの電力消費量の定格値は、製造業者が提示する値を使用する。
4. グリッド排出係数については、カ国では、環境省気候変動局が、プノンペン特別市のグリッドにおける排出係数を公表しており、数年毎に更新している（本報告書提出時点において、最新版は 2010 年版である）。また、この数値は、EDC が、同国内に存在するグリッドの電力構成種別（重油、軽油、水力、木質バイオマス、石炭、輸入）毎のアンニュアルレポートにて公表している発電電力量と、国際エネルギー機関（International Energy Agency、「IEA」）が公表している、経済協力開発機構（Organisation for Economic Co-operation and Development、「OECD」）における燃料別の電力排出係数との加重平均により求められている。

B. 浄水場－取水場間の送電ロス低減

本方法論では、下記を事前設定又はデフォルト値とする。

1. プロジェクトの実施によって使用されなくなった浄水場－取水場間のリファレンス受電システムに設置されている変圧器及び送電線における送電ロス
2. グリッド排出係数

1. プロジェクト実施によって使用されなくなった変圧器及び送電線における送電ロスについては、プロジェクト対象であるプンプレック浄水場及びチャンカーモン浄水場それぞれを調査した上で、プロジェクト実施により使用されなくなる変圧器及び送電線を特定し、それらの送電ロスを求めデフォルト値として設定した。具体的には、プンプレック浄水場の送電線の送電ロスは、プンプレック浄水場における実測値を使用した。チャンカーモン浄水場の送電線の送電ロスは、プンプレック浄水場の実測値を基に推定した。チャンカーモン浄水場の変圧器のロスについては、プンプレック浄水場の実測値を使用した。
2. グリッド排出係数については、方法論 A と同じである。

C. 高効率変圧器の導入による省エネルギー

1. リファレンス変圧器の効率
2. グリッド排出係数

1. リファレンス変圧器の変圧効率については、PPWSA の 3 つの浄水場に導入されている変圧器と、EDC が推奨する製造業者の変圧器効率に関する情報を調査することで、BAU シナリオに対して GHG 排出削減量の保守性が担保できるように決定した。
2. グリッド排出係数については、方法論 A と同じである。

(3) JCM プロジェクト設計書 (PDD) の作成に関する調査

① 環境影響評価

PPWSA においては、水道水の安定供給に資するため、設備メンテナンスを通じて、計画的に設備の更新を行っている。

本プロジェクトは、事業規模の面から見て、通常の設定更新事業の範疇と考えられる。PPWSA の担当責任者とのヒアリングにおいても、今まで当該工事に伴う環境影響負荷調査を実施した例はなく監督官庁の指導もなかったことを確認している。

このことから、本プロジェクトは、PPWSA の水道事業において、機器の更新・改善により省エネルギー化ならびに GHG 排出削減を図るものであり、環境負荷調査を必要とするプロジェクトには該当しない。

工事に伴う負の影響は、限定的ではあるが、十分に計画的な管理を行うとともに、発生廃棄物に関しても、再利用を含め、最小化を図るものとする。

② 現地利害関係者協議

本プロジェクトによって行われる活動は、PPWSA 敷地内における既存機器の交換あるいは新規機器の設置であり、これに対して周辺地域住民への説明や意見交換等を求める法規制は、見当たらない。

本プロジェクトでは 2014 年 10 月及び 12 月に委員会を開催し、プロジェクトメンバーより、プロジェクトの概要説明と調査進捗、調査結果等について説明した。カ国環境省 (Ministry of Environment、以下「MOE」)、MIH、PPWSA からは GHG 排出削減プロジェクトへの期待やカ国への裨益効果、MRV 方法論にかかるリファレンス概念についての質問等があり、これらについて活発な意見交換がなされた。そのうちコメントの一部を下記に示すが、カ国においても GHG 削減に期待が大きいことがわかる。

利害関係者	関係性	収集されたコメント
カ国環境省 (MOE)	環境政策を所管する省庁	JCM プロジェクト実現の暁には、電力使用量の削減、コスト削減、GHG 削減につながることを理解できた。GHG 削減の観点から、PPWSA がこのプロジェクトに参加することを期待する。
カ国工業手工芸省 (MIH)	水道事業を所管する省庁	本プロジェクトは投資回収効果もあり、GHG 削減効果も見込めることが分かった。GHG 排出削減はカンボジア国の方針とも一致しており、プロジェクト実現に向けて後押ししたい。

プノンペン 水道公社 (PPWSA)	カウンターパート	電気代削減だけでなく、GHG 排出削減も非常に重要である。カ国のための温室効果ガス削減の取組について感謝する。提案内容は事業収益性の観点からも期待できるものである。
--------------------------	----------	--

③モニタリング計画

本プロジェクトでは、浄水場でのモニタリング項目として、下記を取り上げている。

A. ポンプのインバータ化による省エネルギー

1. プロジェクトポンプの電力消費量または電流

B. 浄水場－取水場間の送電ロス低減

なし

C. 高効率変圧器の導入による省エネルギー

1. プロジェクト変圧器の一次側の電力量
2. プロジェクト変圧器の二次側の電力量

現状、浄水場では、ポンプに係る日常確認項目として、電流値、吐出圧力および配水流量を1時間毎に計測し、運転日誌に手書きにて記載している。一方、変圧器については、特高変圧器の一次側（グリッドからの受電電力量）は、1日毎に計測しているが、二次側の電力量については計測していない。また、これらのデータは、一部のみしか電子データ化されていない。プロジェクト実施の際は、GHG 排出削減量の計算に必要なモニタリング項目に係る計測機器を一部追加設置すると共に、ルール・手順を整備した上で全モニタリング項目を電子データ化することを PPWSA に確認した。

これらのモニタリング項目が整えば、承認された方法論に沿って、GHG 排出削減量を計算することができる。GHG 排出削減量は、モニタリング項目をスプレッドシートに入力することで、自動で算出できるようなシステムを、プロジェクト実施後に構築する。GHG 排出削減量の計算方法については、第2回及び第3回出張時に PPWSA へ講義を行った。

④計測機器の校正

PPWSA に全モニタリング項目に必要な計測機器について、校正の有無をヒアリングしたところ、一切実施しておらず、必要性も認識していないのが現状である。また、計測機器の校正を定める法規制についても、確認することができなかった。EDC 所管のグリッドに接続する特高変圧器の一次側受電電力量の計測機器については、EDC の所有物のため EDC にて校正を行っているとのこと。なお、上記 EDC 所管の計測機器の精度は、国際電気標準会議（International Electrotechnical Commission、「IEC」）規格に準拠している。