

厚生労働省委託事業

令和4年度

水道分野の国際協力検討事業

気候変動影響への対策としての国際協力について

報告書

令和5年3月

公益社団法人 国際厚生事業団
Japan International Corporation of Welfare Services
JICWELS

目次

略語表	1
第1章 令和4年度水道国際協力検討事業の実施方針	3
1-1 調査内容	3
(1) 背景と経緯	3
(2) 事業の目的	4
(3) 昨年までの取組	4
(4) 本年度の調査方針	4
1-2 調査体制	6
(1) 委員会の構成	6
(2) 委員会の開催と日程	7
第2章 我が国の気候変動対策の方針	8
2-1 国際社会の動向	8
2-2 我が国の気候変動対策の方針	11
(1) 日本政府及び省庁等の方針・取組	11
(2) 水道事業における気候変動対策の捉え方と取組	14
第3章 気候変動影響に対応する水道分野の国際協力活動の具体的事例	20
3-1 調査方針	20
3-2 各案件の持続性と費用対効果	22
3-3 各案件から得られた教訓	27
3-4 まとめ	31
第4章 カンボジア現地調査	32
4-1 現地調査の概要	32
(1) 調査目的	32
(2) 調査内容	32
(3) 調査団	32
(4) 調査行程	32
(5) 調査対象国における情報収集	33
4-2 現地調査の結果	34
(1) PPWSA	34
(2) MISTI	36
(3) MOE	40
(4) PPWSA プンプレック浄水場	42
(5) コダック民営水道	43
4-3 まとめ	45
(1) 当該国の水道事業の現状と水道事業における気候変動について	45
(2) 当該国における我が国の気候変動影響に対応する国際協力活動について	47
(3) 他国の協力活動について	47
(4) その他(ビジネス展開の可能性等)	47
第5章 カーボンニュートラル達成に向けた国内水道事業者の取組	48
5-1 水道事業者の気候変動影響と対策の捉え方	48

5-2	水道事業体の具体的な取組事例	50
(1)	水道システムにおける低エネルギー化	50
(2)	再生可能エネルギーの活用・エネルギーの有効活用・その他の CO ₂ 削減対策	52
(3)	自然エネルギーを有効利用する水道システムへの転換	54
5-3	まとめ	56
第 6 章	要点と提言	58
6-1	調査結果の整理と分析	58
6-2	途上国への展開の要点	61
6-3	国際協力に携わる水道事業関係者への提案と提言	64

略語表

AAD	Advanced Anaerobic Digestion	高度嫌気性消化
AC	Aggregation Coordinator	アグリゲーションコーディネーター
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
Anammox	Anaerobic ammonium oxidation	嫌気性アンモニア酸化
BEV	Battery Electric Vehicle	バッテリー式電気自動車
BTM	Behind-the-meter	蓄電設備等電力メーターの先にある設備
CAKE	Climate Adaptation Knowledge Exchange	気候変動への適応に関する知識交換のためのプラットフォーム
CCD	Climate Change Department	気候変動局
CDC	Council for the Development of Cambodia	カンボジア開発評議会
CHP	Combined Heat & Power	熱電併給(発電と熱供給のコジェネレーション)
CoE	Center of Excellence	中核となる部署・拠点
COP21	Conference of Parties 21	国連気候変動枠組条約第21回締約国会議
CRDB	Cambodian Rehabilitation and Development Board	カンボジア復興開発委員会
CWA	Cambodian Water Supply Association	カンボジア水道協会
DMA	District Metered Area	水道管網を区切る単位
DR	Demand Response	デマンドレスポンス
DX	Digital Transformation	デジタルトランスフォーメーション
EAC	Electricity Authority of Cambodia	カンボジア電力庁
EDC	Electricite du Cambodge	カンボジア電力公社
EIB	European Investment Bank	欧州投資銀行
EPC	Engineering, Procurement and Construction	設計、調達、建設
ESG	Environment, Social and Governance	環境、社会、ガバナンス
EU	European Union	欧州連合
FOIP	Free and Open Indo-Pacific	自由で開かれたインド太平洋
FWP	French Water Partnership	フランス水パートナーシップ
GCF	Green Climate Fund	緑の気候基金
GHGs	Greenhouse Gases	温室効果ガス
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IoT	Internet of Things	モノのインターネット
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JMP	Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene	水と衛生に関する共同監査プログラム
JWRC	Japan Water Research Center	公益財団法人水道技術研究センター
KPI	Key Performance Indicator	重要業績評価指標
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
MAFF	Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries	農林水産省
MIME	Ministry of Industry, Mines and Energy	鉱工業エネルギー省
MISTI	Ministry of Industry, Science, Technology & Innovation	工業・科学・技術・革新省
MME	Ministry of Mines and Energy	鉱業エネルギー省

MOE	Ministry of Environment	環境省
MPWT	Ministry of Public Works and Transport	公共事業運輸省
MRD	Ministry of Rural Development	地方開発省 or 村落開発省
NCCC	National Climate Change Committee	国家気候変動委員会
NCSD	The National Council for Sustainable Development	持続可能な発展のための国家評議会
NEPCO	National Electric Power Company	国営電力会社
NFWR	National Framework for Water Resources	水資源に関する国家枠組
NGO	Nongovernmental Organization	非政府組織
Nitrite-Shunt	Nitrite-Shunt	亜硝酸シャント(亜硝酸から硝酸への酸化を抑制し電子受容体として亜硝酸塩を利用する)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	米国海洋大気庁
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PE	Polyethylene	ポリエチレン
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle	プラグインハイブリッド電気自動車
PPA	Power Purchase Agreement	電力販売契約
PPWSA	Phnom Penh Water Supply Authority	プノンペン水道公社
PVC	Polyvinyl chloride	ポリ塩化ビニル
RE100	Renewable Energy 100%	事業活動で消費するエネルギーを100%再生可能エネルギーで調達するという目標及びその認定を行う国際的イニシアティブ
SAWACO	Saigon Water Corporation	ホーチミン市水道総公社
SBTi	Science Base Targets Initiative	SBT(科学的根拠に基づく目標)イニシアティブ
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
TCFD	Task Force on Climate-related Financial Disclosures	気候関連財務情報開示タスクフォース
TNFD	Task Force on Nature-related Financial Disclosures	自然関連財務情報開示タスクフォース
THP	Thermal Hydrolysis Pretreatment	熱加水分解前処理
UHC	Universal Health Coverage	ユニバーサル・ヘルス・カバレッジ
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	国連気候変動枠組条約
UNICEF	United Nations Children's Fund	国連児童基金
US EPA	U.S. Environmental Protection Agency	米国環境保護庁
VPP	Virtual Power Plant	バーチャルパワープラント
WDF	Water Development Fund	水開発基金
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WSAA	Water Services Association of Australia	オーストラリア水事業協会
ZEB	Net Zero Energy Building	ネット・ゼロ・エネルギー・ビル

第1章 令和4年度水道国際協力検討事業の実施方針

1-1 調査内容

(1) 背景と経緯

2015年9月、国連総会で持続可能な開発目標（SDGs）が加盟国の満場一致で採択され、水・衛生分野では「全ての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する」という目標の下「2030年までに、全ての人々の、安全で安価な飲料水の普遍的かつ衡平なアクセスを達成する」ことがターゲット6.1とされ、現在、全世界でその達成に向けた取組が進められている。最新の国連児童基金（UNICEF）と世界保健機関（WHO）水と衛生に関する共同監査プログラム（JMP）による最新報告書「家庭の水と衛生の前進2000-2020（原題：Progress on household drinking water and sanitation and hygiene 2000-2020）」によると、前進の速度を4倍に加速させなければ、2030年になっても、世界の何十億もの人々が家庭で安全に管理された飲料水、衛生設備、衛生サービスを利用できないだろうと指摘されており、さらなる効率的かつ効果的な取組が求められている。気候変動は、水道施設や水質、水量等に対して大きな影響を与えることが予測されており、水道事業への影響も懸念されている。近年、気候変動によるとみられる影響は既に世界各地で現れており、大規模な洪水により水道施設が大きな被害を受け、大規模な断水が発生し、基幹インフラ・ライフライン機能が制限されたときの国民生活や都市活動への影響は深刻である。これらの影響に対して、国内外の水道事業者では、気候変動への適応策について、水安全計画に組み込む動きも見られる。WHOは2017年、気候変動に耐性のある水安全計画の策定マニュアルを公表し、各国に対して、将来のリスクにも適切に対応し、安全で高品質な水を安定的に供給するために、気候変動に対する強靭さを求めている。また、我が国を含む各国が、2050年頃にカーボンニュートラルを実現することを表明しているが、日本国内では水道事業が全電力の約1%を消費しており、水道分野においても電源の大きな見直し努力が必要である。我が国政府は、2015年2月に政府開発援助（ODA）大綱を見直し、ODAの理念や基本原則等を取りまとめた開発協力大綱を策定した。この中で、重要重点課題の一つとして、低炭素社会の構築及び気候変動の悪影響に対する適応を含む気候変動対策等の地球規模課題に取り組み、開発協力を推進していくことを掲げている。また、2020年12月に決定されたインフラシステム海外展開戦略2025においては、「気候変動対策に関しても、中長期的にカーボンニュートラルを実現するためには、各国に対して、その経済の発展段階や抱える課題に応じたエネルギー転換・脱炭素化の多様なソリューションを提供していくことが重要である。」とした上で、我が国の質の高いインフラの展開先のニーズや資力に合致したプロジェクトを現地パートナーと協創し、現地の人材育成にも関与することの重要性等が示されている。このように、人類が共通して直面し、一国のみでは解決し得ないことから国際社会で一致団結して対峙していく必要がある気候変動問題に対しても、国内外の国際協力が求められている状況から、より効果的、効率的な水道分野の国際協力、国際貢献を推進していくために、これまでの国際協力、国際貢献を振り返り、今後の取組を検討する必要がある。

(2) 事業の目的

気候変動に対して、水道事業分野の国際協力による緩和策と適応策、国際貢献における優先的、積極的に取り組むべき課題について、産学官の専門家により、関連情報の収集、整理、分析などを行うとともに、被援助国のニーズを踏まえた課題解決のためのアプローチや、支援の方針を検討し、その結果を関係者と共有することで、効果的・効率的な国際協力、国際貢献の展開を促進し、ひいては気候変動下での被援助国の水道の自立的発展に資することを目的とする。

(3) 昨年までの取組

厚生労働省は、本事業により設置された水道国際協力検討委員会を通じて、いわゆるソフト面での支援に焦点をあてた調査と提言を継続的に行ってきた。平成30年度の調査では、ユニバーサル・ヘルス・カバレッジ（UHC）の視点から水道分野と衛生分野との連携について東ティモール民主共和国で現地調査を行い、都市水道だけでなく地方の水供給の改善が重要であること、今後の水道事業者の国際協力や本邦企業の海外進出のための環境整備について、地方自治体が出資する第三セクターや運営・維持管理業務を行う民間企業の参加を促すことが提言された。平成31（令和元）年度の調査では、水道分野の国際協力において、アフリカ地域への支援についても国際協力の重点地区としてその土壌作りを行っていく段階であるとされ、その重点課題に対する具体的な対応策や成果のモニタリングの実際について深掘りした。

令和2年度調査では、本事業の過去の取組の経緯や過去10年間の提言事項等を整理し、本事業の位置付け、方向性及び成果について振り返りを行った。また、第9回太平洋・島サミットが令和3年に開催されることを踏まえ、当該地域の国々の水事情について取りまとめるとともに、太平洋島嶼国地域の特殊性に由来する課題や地域全体で取り組むべき課題について整理し、各国の事情を踏まえた国際協力のあり方について提言を行った。

令和3年度調査では、水道分野の国際協力における水道事業者連携に焦点を当て、複数の水道事業者が連携して行った過去の取組実績について調査を行い、水道事業者連携による国際協力の効果と実施にあたっての具体的課題について案件ごとに整理した。調査の結果、水道事業者連携による国際協力には、人材育成効果、他水道事業者との関係構築、地元企業等の国際展開支援等の効果があることが確認されるとともに、自治体の負担を減らしつつ同時に相手国にとっての支援メニューの拡大をもたらし、今後国際協力を行おうとする事業者にとっては最初のきっかけとなることが把握できた。これを受け、今後の水道分野の国際協力を推進する上で効果的と考えられる、水道事業者連携を促進するための取組と、調査の中で重要性が確認された援助相手国との関係構築への提言を行った。

(4) 本年度の調査方針

気候変動による影響は様々な要因が複雑に因果関係を持ち、また相互に連鎖するものであり、水道に及ぼす影響は、例えば降水の変化による洪水や干ばつといった災害だけでなく、気温の上昇や洪水等の災害に起因する森林や生物相を含む生態系の変化、湖沼・河川の水量変化

や水質の悪化、地下水の塩水化等の水質の悪化、居住地の移動による水需要の変化など多岐にわたる。また、それに対する取組は、気候変動をでき得る限り抑制するため温室効果ガスの排出削減と吸収を行う緩和策と、気候変動による影響による被害を回避もしくは軽減するための適応策とに分けられる。

各国における国際協力活動において、気候変動による影響を考慮した取組は既に行われているが、今後さらに有効な取組を促進し、また取組の持続性を実現するためには、実施した取組の振り返りと評価が必要である。

上記を踏まえ、本年度調査は、水道分野として取り組むことのできる気候変動影響への対策としての国際協力活動とは何かを検討する基礎調査と位置づけ、これまでに実施した気候変動対策事例について整理・評価を行い、今後の水道分野の国際協力につながる知見を得ることを念頭に調査を行うこととする。

1) 水道事業分野の国際協力における気候変動対策事例の調査・整理

- 国際社会の動向を概説し、我が国の気候変動対策の方針について日本政府及び関連省庁等の発表資料を確認し整理する。
- 水道分野における気候変動対策について前項で確認した資料等から抽出するとともに、具体的な取組事例を紹介する。
- 水道施設に係る緩和策と、気候変動影響にも強靱な水道システムの適応策を考慮した水道分野の国際協力について、文献調査、ヒアリング調査等により課題や改善の方向の設定、持続性の評価に関する情報を整理する。

具体的には、以下の取組を取り上げる。

①緩和策

- ・無償資金協力「ヨルダン国ザイ給水システム改良計画」
- ・無償資金協力「ヨルダン国上水道エネルギー効率改善計画」
- ・無償資金協力「カンボジア国太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」
- ・無償資金協力「ホンジュラス国テグシガルパ市内給水施設小水力発電導入計画」

②適応策

- ・無償資金協力「マーシャル諸島マジュロ環礁貯水池整備計画」
- ・民間技術普及促進事業「ベトナム国給水装置施工技術普及促進事業」
- ・中小企業海外展開支援事業「インドネシア国樹脂管（PVC管・PE管等）に特化した漏水探知器を使用した無収水削減対策及び配水管維持管理の普及・実証事業」
- ・無償資金協力「パラグアイ国ビジャ・アジェス市給水システム改善計画」
- ・無償資金協力「ネパール国ポカラ上水道改善計画」
- ・無償資金協力「エチオピア国オロミア州小都市給水施設整備計画」

2) カーボンニュートラル達成に向けた国内水道事業体の取組の調査

国内水道事業体のカーボンニュートラル達成の目標に向けた活動について、水道事業体及び

関連企業のウェブサイト、業界紙等のオープンソースから調査し、実施している気候変動緩和策、適応策の種類を整理し、途上国での適用効果について検討する。また、事業体戦略や計画における気候変動影響の捉え方や位置づけについて調査する。

3) 他国の水道事業体による水道分野の気候変動影響に対応する取組事例についての調査

他国の水道事業体による水道分野の気候変動影響に対応する取組事例について、委員等へのヒアリング等により情報を得て、気候変動影響に対応するプロジェクトの事例、事業の方向性等について整理し情報提供する。

4) 気候変動下における今後の国際協力についての検討

国内の水道事業体による取組及び海外の水道事業体による取組と、これまでの国際協力における取組とを比較し、国際協力でまだ実施されていない取組を抽出する。また、国内外の水道事業体の将来予測を把握し、今後国際協力にも取り入れるべき考え方を抽出する。

1-2 調査体制

(1) 委員会の構成

本調査は1年間の期間で、評価委員会を設置し、3回の委員会での審議により調査結果を報告する。令和4年度の委員会の構成員は以下のとおりである。

敬称略・委員のみ50音順

【委員会構成員】

沖 大幹	東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤学専攻 教授
○北脇 秀敏	東洋大学 国際学部 教授
渋谷 正夫	公益社団法人 日本水道協会 研修国際部 国際課長
園田 圭佑	さいたま市水道局 業務部 経営企画課 主査
中村 陽子	東京都水道局 総務部 企画調整課 課長代理 (国際施策推進担当)
林 祐輔	北九州市上下水道局 海外事業部 海外事業課 海外事業担当係長
松本 賢一	大阪広域水道企業団 四條畷水道センター所長
松本 重行	独立行政法人 国際協力機構 地球環境部 次長兼水資源グループ長
三浦 尚之	国立保健医療科学院 生活環境研究部 主任研究官
森本 達男	一般社団法人 日本水道工業団体連合会 上級アドバイザー

(○:委員長)

【事務局】

井谷 哲也 厚生労働省 大臣官房国際課 国際保健・協力室長

吉富 萌子	厚生労働省	大臣官房国際課	国際保健・協力室	国際協力専門官
		医薬・生活衛生局	水道課	課長補佐
山口 岳夫	公益社団法人	国際厚生事業団	技術参与	
富岡 透	公益社団法人	国際厚生事業団	技術参与	
遠山 明広	公益社団法人	国際厚生事業団	事務局長	
矢口 浩也	公益社団法人	国際厚生事業団	国際・研修事業部長	
磯畑 麻衣	公益社団法人	国際厚生事業団	国際・研修事業部	国際協力チーム
落合 佐知子	公益社団法人	国際厚生事業団	国際・研修事業部	国際協力チーム
中川 織恵	公益社団法人	国際厚生事業団	国際・研修事業部	国際協力チーム

【オブザーバー】

薬師寺 裕之	厚生労働省	医薬・生活衛生局	水道課	課長補佐
久保田 晴香	厚生労働省	医薬・生活衛生局	水道課	係長
川本 逸平	厚生労働省	医薬・生活衛生局	水道課	研修生

(2) 委員会の開催と日程

令和4年度は3回の検討委員会を開催する。各委員会の開催日は下記のとおりである。新型コロナウイルス感染症に係る状況を踏まえ、全3回をオンラインでの開催とする。

【委員会】

第1回委員会 令和4年7月1日
 第2回委員会 令和4年11月4日
 第3回委員会 令和5年2月7日

【国内調査】

令和4年5月～令和5年2月

【現地調査】

令和4年9月25日～9月28日

第2章 我が国の気候変動対策の方針

国際社会の動向を概説し、我が国の気候変動対策の方針について、内閣官房及び関連省庁の公表資料等から関連する情報を抽出する。

本章では、2-1において国際社会の動向を概説し、2-2に我が国の気候変動対策の方針について、内閣官房及び関連省庁のウェブサイト等から関連する情報を収集・整理した。

2-1 国際社会の動向

気候変動は、世界のあらゆる国々にとって脅威となっている。国際社会が適切かつ十分な気候変動対策を迅速に講じなければ、自然災害や感染症被害の増大、自然資源や食糧の枯渇・欠乏、生物種や自然生態系の減少・喪失、海面上昇による国土の消失等を通じ、世界の経済・社会に甚大な打撃を与える危険性が高く、気候変動対策は持続可能な開発を実現するための必要不可欠な条件の一つとなっている。

気候変動対策には、大きく分けて2つの方法「緩和」と「適応」がある。「緩和」策は、社会の様々なセクターにおける温室効果ガス（GHGs）削減努力や、省エネルギー、再生可能エネルギー等の低炭素エネルギー活用による削減及び植物による二酸化炭素（CO₂）の吸収などを指すのに対し、「適応」策は、気候変動によって既に起こっている海面上昇、干ばつ等の悪影響の防止・軽減のための取組を指す。

多くの開発途上国は、自国の経済開発に取り組む中で、自国の限られた資金や能力だけで十分な気候変動対策を実施することは困難であり、特に、「適応」については、島嶼国や後発開発途上国にとって死活問題となり得るものである。国際社会で一致して気候変動に取り組むために、先進国が必要とする国に支援を行う必要がある。

国際社会では、1992年に採択された国連気候変動枠組条約（UNFCCC）に基づき、1995年より毎年、国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）が開催され、世界での実効的なGHGs排出量削減の実現に向けて、精力的な議論が行われてきた。2015年12月、フランスのパリで開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）において、2020年以降のGHGs排出削減等のための新たな国際枠組としてパリ協定が採択され、産業革命前と比較して世界の平均気温上昇を2℃より十分低い水準に保ち、1.5℃上昇までに抑えるべく努力するという目標を打ち立てた。

2018年12月のCOP24ではパリ協定の実施指針（ルールブック）が採択され、途上国を含む全ての締約国に共通のルールを適用することで合意がなされた。一方で、2018年10月に気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が発表した「1.5℃特別報告書」では、「人為活動により、工業化以前の水準と比べて、既に約1℃（0.8～1.2℃）の気温上昇が引き起こされた。現在のペースが続けば、2030～2052年の間に、工業化以前の水準と比べて1.5℃上昇に達する可能性が高い。」と報告されており、引き続き、国際社会が一体となって気候変動対策を進めていく必要があることが示された。

2021年10月から11月に英国・グラスゴーで開催されたCOP26においては、COP24からの継続議題となっていたパリ協定第6条（市場メカニズム）実施指針等の重要議題で合意に至

り、パリルールブックが完成した。また、削減目標の引き上げの重要性に合意するなど大きな成果があった。

2022年11月にはエジプトのシャルム・エル・シェイクでCOP27が開催され、気候変動対策の各分野における取組の強化を求めるシャルム・エル・シェイク実施計画と緩和作業計画が採択された。1.5°C目標達成に向けたGHGs排出削減の取組の実施の重要性が強調されるとともに、干ばつや洪水等気候変動の悪影響に伴うロス&ダメージ（損失と被害）への対応が初めて中心的な議題とされ、特に脆弱な途上国を支援する基金の創設で合意した¹。2050年等の年限を区切ったカーボンニュートラル実現にコミットした国・地域は2021年11月時点で154か国・1地域となり、これらの国のCO₂排出量が世界全体に占める割合は約8割に達している²。

国連が2015年に採択したSDGsのゴール13には「気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる」とあり、気候変動とその影響に対処するだけでなく、気候関連の危険や自然災害に対応できる強靭性を構築するため、5つのターゲットが設定されている。表1にSDG13とそのターゲットを示す。

表1 SDG13とターゲット^{3,4}

ゴール13	気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる Take urgent action to combat climate change and its impacts
ターゲット	内容
13.1	【気候リスクへのレジリエンス強化】 すべての国々において、気候関連災害や自然災害に対する強靭性（レジリエンス）及び適応の能力を強化する。
13.2	【気候変動対策の主流化】 気候変動対策を国別の政策、戦略及び計画に盛り込む。
13.3	【人材育成・組織・制度強化】 気候変動の緩和、適応、影響軽減及び早期警戒に関する教育、啓発、人的能力及び制度機能を改善する。
13.a	【気候資金の拡充】 重要な緩和行動の実施とその実施における透明性確保に関する開発途上国のニーズに対応するため、2020年までにあらゆる供給源から年間1,000億ドルを共同で動員するという、UNFCCCの先進締約国によるコミットメントを実施するとともに、可能な限り速やかに資本を投入して緑の気候基金を本格始動させる。
13.b	【脆弱国、脆弱なグループへの特別の配慮・支援】 後発開発途上国及び小島嶼開発途上国において、女性や青年、地方及び社会的に疎外されたコミュニティに焦点を当てることを含め、気候変動関連の効果的な計画策定と管理のための能力を向上するメカニズムを推進する。

¹ 外務省 国連気候変動枠組み条約第27回締約国会議(COP27)結果概要
https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1_001420.html

² 令和3年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2022)
https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2022/pdf/whitepaper2022_all.pdf

³ 総務省 指標仮訳(最終更新日2021年6月)
https://www.soumu.go.jp/main_content/000562264.pdf

⁴ 外務省 JAPAN SDGs Action Platform (Goal13)
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/statistics/goal13.html>

国連による SDGs 報告 2021 では、気候ファイナンスの増加や、開発途上国 154 か国中 125 か国が国家気候変動適応計画を策定もしくは実施中であることが確認されているが、気候危機はほとんど収まっておらず、1.5°Cシナリオ達成のためには、経済をカーボンニュートラルに移行させる必要があるとされていた。2022年に発表された SDGs 報告 2022 によると、エネルギー関連の CO₂ 排出量は 2021 年に 6%増加して過去最高水準に到達し、世界の気温上昇は収まらず、さらなる異常気象を招いている。気候変動の最悪の影響を回避するには世界の GHGs 排出量を 2025 年までにピークアウトさせ、2030 年までに 43%削減する必要があるが、現在の各国のコミットメントでは 2030 年までに 14%近くまで増加するとされており、1.5°C 目標の達成には不十分である。



出典)国際連合広報センター 持続可能な開発目標(SDGs)報告 2022 概要

水は生活のあらゆる面で根幹をなすものであり、社会的、文化的、環境的、経済的、政治的な価値を持ち、気候、エネルギー、都市、環境、食糧安全保障、貧困、男女平等、健康などと密接に関連して横断的に SDGs の達成を支えている。気候変動への対応力やより持続可能で包括的な開発や発展に対し、水が非常に重要な役割をもつこと、また SDG ターゲット 6.1 の達成に向けて迅速な取組が必要である現状を受け、2023 年 3 月に国連水会議がニューヨークで開催されることとなった。5つのテーマ (Water for Health、Water for Sustainable Development、Water for Climate, Resilience and Environment、Water for Cooperation、Water Action Decade (健康のための水、持続可能な開発のための水、気候・レジリエンス・環境のための水、協力のための水、ウォーターアクションの 10 年)) が設定されており、我が国はテーマ 3「Water for Climate, Resilience, and Environment: Source to Sea, Biodiversity, Climate, Resilience, and Disaster Risk Reduction (DRR) (気候、レジリエンス、環境のための水：水源から海まで、生物多様性、気候、レジリエンス、災害リスク低減)」の共同議長を務める⁵。

⁵ UN 2023 Water Conference <https://sdgs.un.org/conferences/water2023>

2-2 我が国の気候変動対策の方針

(1) 日本政府及び省庁等の方針・取組

日本政府の方針及び関係機関の方針や代表的な取組について、各項目の気候変動に係る内容を表2に整理する。

表2 政府及び省庁等の気候変動対策の方針・取組

	項目	気候変動対策に係る内容
我が国のコミットメント	カーボンニュートラル宣言	2020年10月、我が国は2050年カーボンニュートラルを宣言し、積極的に温暖化対策を行うことにより産業構造や経済社会の変革をもたらす、経済成長につなげる方針を明らかにした。
	2030年度目標	2021年4月の気候変動サミットにおいて、2030年度のGHGs削減目標について2013年度比46%削減を目指し、さらに50%に向けて挑戦を続けていくことを表明し、世界の脱炭素を主導し、将来世代への責任を果たす方針を決定した ⁶ 。
	気候資金に関するコミットメント	COP21において途上国支援、イノベーションからなる貢献策「美しい星への行動2.0」を発表し、2016年から2020年まで、官民合わせて毎年約1.3兆円の気候変動に関する支援を実施した。2021年6月のG7コーンウォール・サミットにおいて、2021年から2025年まで、官民合わせて6.5兆円相当の支援の実施と、適応分野の支援の強化を表明した。COP26期間中の2021年11月、世界リーダーズ・サミットにおいて、新たに5年間で官民合わせて最大100億ドルの追加支援の用意を表明するとともに、適応分野の支援を倍増し、5年間で官民合わせて1.6兆円相当の適応支援の実施を表明した。このコミットメントは、先進国の中でも最大規模である ⁷ 。
	熊本水イニシアティブ	2022年4月23、24日に熊本で開催された「第4回アジア・太平洋水サミット」において、気候変動適応策・緩和策両面での取組の推進、基礎的生活環境の改善に向けた取組の推進の2つのアプローチにより、アジア太平洋地域の質の高い社会の実現に貢献するとして、今後5年間で約5,000億円の支援を実施し、2030年のSDGs目標達成、2050年カーボンニュートラルの実現に向け、アジア太平洋地域をはじめとする世界の水関連の取組を加速化することを表明した ⁸ 。
関連法・計画	地球温暖化対策推進法	1997年に京都で開催されたCOP3での京都議定書の採択を受け、国、地方公共団体、事業者、国民が一体となって地球温暖化対策に取り組むための枠組を定めるため1998年に成立した。その後改正が加えられ、直近では、2020年10月に我が国が2050年カーボンニュートラルを宣言したことを受けて改正され、2050年カーボンニュートラルを基本理念として法定化した(2021年3月2日閣議決定)。

⁶ 気候変動対策推進のための有識者会議 報告書(2021年10月)

<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kikouhendoutaisaku/pdf/houkokusyo.pdf>

⁷ 気候資金に関する我が国の新たなコミットメント(2021~25年)

https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page24_001405.html

⁸ 第4回アジア・太平洋水サミット <https://www.4apws-kumamoto2022.jp/>

	項目	気候変動対策に係る内容
	地球温暖化対策計画	地球温暖化対策推進法に基づく政府の総合計画であり、COP21でのパリ協定採択を受けて2016年5月13日に閣議決定した前回の計画を5年ぶりに改訂し、2021年10月22日に閣議決定された。2021年4月に表明したGHGsの新たな削減目標も踏まえて策定したもので、GHGsの全てを網羅し、新たな2030年度目標の裏付けとなる対策・施策を記載して実現への道筋を描いている ⁹ 。
	気候変動適応法	気候変動への適応を推進することを目的として、2018年6月に公布された(平成30年法律第50号)。政府による気候変動適応計画の策定、環境大臣による気候変動影響評価の実施、国立研究開発法人国立環境研究所による気候変動への適応を推進するための業務の実施、地域気候変動適応センターによる気候変動への適応に関する情報の収集及び提供等の措置を実施することが定められている。
	気候変動適応計画	気候変動適応に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るため、気候変動適応法に基づき策定されたものであり、2020年12月に公表した気候変動影響評価報告書を踏まえ変更された(2021年10月22日閣議決定)。第1章では気候変動適応に関する施策の基本的方向性、第2章では分野別施策、第3章では基盤的施策について記載している。また、PDCAサイクルの下、分野別・基盤的施策に関するKPI [*] の設定、国・地方自治体・国民の各レベルで気候変動適応を定着・浸透させる観点からの指標の設定等による進捗管理の実施について記載している ^{10,11} 。
国際関係	インフラシステム海外展開戦略2025	2020年12月に決定、2021年6月に改訂、2022年6月に国際社会の情勢の変化を受けて追補された。目的を、「カーボンニュートラル、デジタル変革への対応を通じた経済成長の実現」、「展開国の社会課題解決・SDGs達成への貢献」、「自由で開かれたインド太平洋FOIPの実現」の3本の柱建てとしている。インフラ海外展開を成長のエンジンの1つに位置づけ、環境変化を踏まえ、「ポストコロナを見据えたより良い回復の着実な実現」「脱炭素社会に向けたトランジションの加速」「FOIPを踏まえたパートナーシップの促進」の3つの視点から重点戦略を明確化し具体的施策が示されている。「脱炭素社会に向けたトランジションの加速」の具体的施策には、アジア・ゼロエミッション共同体構想の実現、日本の優れた脱炭素技術等の海外展開支援、各種支援策の統合的活用が挙げられている ¹² 。
	開発協力大綱	2015年2月にODA大綱を見直して策定された。3つ目の重点課題に「地球規模課題への取組を通じた持続可能で強靱な国際社会の構築」が挙げられ、取り組む対象に「低炭素社会の構築及び気候変動の悪影響に対する適応を含む気候変動対策」、「健全な水循環の推進」、「持続可能な形での資源・エネルギーへのアクセスの確保」等が示されている。 開発協力の実施に際しては、開発協力の適正性確保のための原則として、開発に伴う環境・気候変動への影響を挙げ、環境と開発を両立させ、持続可能な開発を実現するため、開発に伴う様々な環境への影響や気候変動対策に十分注意を払い、環境に十分配慮した開発協力を行うとしている ¹³ 。

⁹ 環境省 地球温暖化対策計画 <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/211022.html>

¹⁰ 気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT)気候変動適応計画 <https://adaptation-platform.nies.go.jp/plan/government/npcca.html>

¹¹ 気候変動適応計画 <https://www.env.go.jp/press/110115/1tekioukeikakuR3.pdf>

¹² インフラシステム海外展開戦略 2025(2022年6月追補版) <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keikyuu/dai54/infra.pdf>

¹³ 外務省 開発協力大綱 https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/taikou_201502.html

	項目	気候変動対策に係る内容
	緑の気候基金 (Green Climate Fund: GCF)	開発途上国のGHGs削減(緩和)と気候変動の影響への対処(適応)を支援するため、UNFCCCに基づく資金供与の制度の運営を委託された基金であり、日本は理事及び理事代理の席を有し、初期拠出において15億米ドルを拠出し、2019年には第1次増資で最大15億米ドルの拠出を表明している ¹⁴ 。
	二国間クレジット制度(Joint Crediting Mechanism: JCM)	途上国と協力してGHGsの削減に取り組み、削減の成果を両国で分け合う制度であり、優れた脱炭素技術等、製品、システム、サービス、インフラの普及や緩和活動の実施を加速し、途上国等の持続可能な開発に貢献すること、地球規模でのGHGs排出削減・吸収行動を促進することにより、国連気候変動枠組条約の究極的な目的の達成に貢献することを基本概念としている。2021年7月の政府発表資料では、パリ協定第6条に沿って実施することが明記された ¹⁵ 。これまでにアジア、アフリカ、島嶼国、中南米、中東及び欧州の25か国と署名済みである(2022年11月28日現在) ¹⁶ 。 日本国JCM実施要項と日本国JCM登録簿のほか、経済産業省によるJCM支援事業及び実証事業、環境省による複数の支援事業が実施されている。
	脱炭素インフラ イニシアティブ	環境省は、2021年6月、官民連携を強化・拡充しJCMを通じた環境インフラの海外展開を一層強力に促進するため「脱炭素インフライニシアティブ」を策定した。2030年度までに、官民連携でJCMプロジェクトの想定GHGs排出削減量累計1億トン-CO ₂ 程度、資金の多様化による加速化を通じて、官民連携で事業規模最大1兆円程度相当を目指すとしている ¹⁷ 。
	脱炭素技術 海外展開 イニシアティブ	我が国のODAスキームの一つである日本NGO連携無償資金協力等を活用し、日本企業と日本のNGOが協力しつつ、日本企業が有する高度な脱炭素技術を、支援と必要とする開発途上国に提供するメカニズムであり、日本の脱炭素技術の海外展開促進を目的として新たに立ち上げたものである。これにより日本の脱炭素技術の海外展開を促進する ¹⁸ 。
日本の各機関の方針・取組等	独立行政法人 国際協力機構 (JICA)	パリ協定の実施促進(途上国政府の気候変動対策の対応能力向上支援)と、各開発課題と気候変動対策の推進を両立させたコベネフィット型気候変動対策を協力量針とするJICAグローバルアジェンダを公表している ¹⁹ 。気候変動対策を行う際には、気候変動対策支援ツール(JICA Climate-FIT)を活用し、案件形成、立案の段階で「緩和策」、「適応策」を検討し、気候変動対策の主流化を進める。
	経済産業省 資源エネルギー庁	省エネルギー政策、新エネルギー政策についての情報とともに、再生可能エネルギーの導入に取り組む事業者や自治体に対し、国や地方自治体の支援施策や関連法規等を含む情報を一元化した「再生可能エネルギー事業支援ガイドブック(令和4年度版)」を作成・公開している ²⁰ 。

¹⁴ 外務省 気候変動分野における途上国支援 https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page23_001646.html

¹⁵ 二国間クレジット制度の最新動向(2021年7月) http://carbon-markets.env.go.jp/document/20210712_JCM_goj_jpn.pdf

¹⁶ 外務省 二国間クレジット制度(JCM) https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000122.html

¹⁷ 環境省 脱炭素インフライニシアティブ(2021年6月15日) <https://www.env.go.jp/content/900517638.pdf>

¹⁸ 外務省 脱炭素技術海外展開イニシアティブ <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/100192078.pdf>

¹⁹ JICA 気候変動 <https://www.jica.go.jp/activities/issues/climate/index.html>

²⁰ 経済産業省資源エネルギー庁 再エネガイドブック web版

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/guide/

	項目	気候変動対策に係る内容
	総務省自治財政局	地球温暖化対策計画(2021年10月22日閣議決定)を踏まえ、公営企業の脱炭素化の取組を推進。公共施設等適正管理推進事業費の対象に脱炭素化事業を追加し、公営企業の脱炭素化の取組についても地方財政措置を創設した。どちらも事業期間を2022～2025年度とし、対象事業は、太陽光発電の導入、建築物におけるNet Zero Energy Building(ZEB)の実現、省エネルギー改修の実施、LED照明の導入が挙げられている ²¹ 。

※Key Performance Indicator(重要業績評価指標):政府の適応に関する取組の短期的な進展を確認することを目的とし、目標や効果につながる施策の達成度合いを、可能な限り定量的に測定するための重点的な指標

(2) 水道事業における気候変動対策の捉え方と取組

前述したように、気候変動対策は、大きく緩和策と適応策に分けられる。気候変動対策のうち、地球温暖化対策推進法は緩和策の、気候変動適応法は適応策の法的位置づけを明確化し、国、地方公共団体、事業者、国民が連携・協力して施策を推進するための法的仕組みである。気候変動対策の緩和策と適応策は車の両輪の関係であり、地球温暖化対策推進法と気候変動適応法の2つを礎に、気候変動対策のさらなる推進が期待される²²。

水分野においては、世界の水市場のコンサルティング会社である Global Water Intelligence が 2022 年 11 月に発表した資料によると、水道・下水道を含む水分野全体の GHGs 排出量は、世界の排出量の 1.8%を占める 847 百万トン CO₂ と試算されている。このうち水道は 38%、下水道は 62%（下水処理 30%、浄化槽等のオンサイトの排出 32%）である。水道による GHGs 排出は、下水道のようにメタンや N₂O は含まず、エネルギー消費による CO₂ の排出であり、配水、取水、浄水処理、淡水化の順に排出量の割合が大きい²³。

日本においても、水道設備のモーターやポンプの電力消費の占める割合は大きく、水道事業の年間の電力消費量は日本全体の電力消費の約 0.8%を占めている^{24,25}。これらのエネルギー消費を削減することは、温暖化の原因となる GHGs 排出を抑制する緩和策となる。UNFCCC に基づく第 5 回日本国隔年報告書（2022 年 12 月）において、上水道においては、省エネルギー・高効率機器の導入、ポンプのインバータ制御化などの省エネルギー設備の導入及び施設の広域化・統廃合・再配置による省エネルギー化の推進や、小水力発電、太陽光発電などの再生可能エネルギー発電設備の導入を実施することが明記されている。一方、干ばつに備えた貯水池の整備、水道管からの漏水の削減、洪水への備え等は、顕在化している、あるいは起こり得る影響の被害を回避・軽減する適応策となる²⁶。

以下に、地球温暖化対策計画と気候変動適応計画の水道事業に関する記載内容と、国が実施する気候変動対策のうち水道事業に関する取組の事例を挙げる。

²¹ 総務省 公営企業課関係資料 https://www.soumu.go.jp/main_content/000790316.pdf

²² 環境省 地球環境・国際環境協力 <https://www.env.go.jp/earth/tekiou.html>

²³ GWI Mapping Water's Carbon Footprint (November 2022)

²⁴ 水道統計 2019

²⁵ エネルギー白書 2021

²⁶ JICA トピックス(2021年6月16日) https://www.jica.go.jp/topics/2021/20210616_02.html

1) 地球温暖化対策計画

2021年10月22日に改訂が閣議決定された地球温暖化対策計画では、上下水道において省エネルギー設備や再生可能エネルギー導入を促進することが明記された（水道事業における省エネルギー・再生可能エネルギー対策の推進等）。

上水道における省エネ・再エネの具体的取組として、省エネルギー・高効率機器の導入、ポンプのインバータ制御化などの省エネルギー設備の導入及び施設の広域化・統廃合・再配置による省エネルギー化の推進や、小水力発電、太陽光発電などの再生可能エネルギー発電設備の導入、長期的な取組として、上水道施設が電力の需給調整に貢献する可能性の追求が挙げられている。

水道分野では2030年度21.6万トン-CO₂減（2013年度比約5%減）の目標を提示しているが、2018年度の実績は0.7万トン-CO₂減にとどまっており、2030年度の目標達成は厳しい状況である²⁷。

そのほか、政府の設置する「再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検タスクフォース」において、「水循環政策における再エネ導入目標・ロードマップ」が提示され、各省庁に対し再エネ発電の一層の推進が指示されている。安定した水道水の供給に加えて、地球温暖化対策が水道事業の重要な目標として新たに位置づけられている。



図 水道事業のCO₂削減量の推移と2030年度目標

出典) 厚生労働省 水道行政の最近の動向等
について(2021年12月15日)

2) 気候変動適応計画（2021年10月22日閣議決定）

水道に関連する気候変動影響の予測には、水温上昇による藻類等の原水水質の変化・降水の時空間分布変化や融雪期のズレに伴う渇水、豪雨災害の激甚化、海面水位の上昇による塩水遡上、地下水の塩水化等が挙げられている。

地表水については重大性、緊急性、確信度全て、地下水については重大性が高いと評価されており、適応策として、既存施設の水供給の安全度と渇水リスクの評価を行うこととあわせて渇水による被害を防止・軽減するための対策が挙げられている。

水道インフラに関しても、重大性、緊急性、確信度は全て高いと評価されており、具体的な対応策として、「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策（2020年12月11日）」に基づく浸水災害対策等の水道施設の耐災害性強化に向けた施設整備の推進、危機管理マニュアルの策定、減断水発生時の迅速で適切な応急措置及び復旧が行える体制の整備が挙げられている。気候変動適応に関する分野別施策においては、重要な位置づけの施策においてKPIを設定

²⁷ 厚生労働省 水道行政の最近の動向等について(2021年12月15日)

<https://www.mhlw.go.jp/content/11130500/000866664.pdf>

し進捗を把握することが記載されている²⁸。

3) 緑の気候基金 (GCF)

GCF の水道事業に関する案件は村落給水の適応策が多く、都市給水の適応策の案件はフィジーで実施された都市部の水供給・廃水管理プロジェクトがある^{29,30}。

このプロジェクトは水道及び下水道両方の施策が含まれ、水道においては、海面上昇による洪水、干ばつ、塩水混入に対する適応策である。ポンプ場、浄水場、貯水池、配水管を備えたレウ川の新しい取水口の設計と建設を通じて給水を強化し、水生産量を 1 日あたり 3 万 m³ 増加させるとともに、より上流から水を取り込むことで海面上昇による塩水の混入を防ぐ。また、メーター交換と漏水の検出とその修繕により無収水を削減する。下水道においては、エネルギー効率の高い技術の使用と下水道普及率拡大による緩和と、生態系保全の側面を持つ。

4) 二国間クレジット制度 (JCM)

JCM を活用した水道事業の事例を表 3 に示す³¹。3 案件ともにポンプの省エネルギー化による GHGs 削減の緩和策の事例である。

表 3 二国間クレジット制度(JCM)を活用した水道事業の事例

パートナー国	区分	採択年度	分野	案件名	実施団体	想定GHGs排出削減量 (t-CO ₂ /年)
ベトナム	設備補助	2018	省エネルギー	インバータ導入による取水ポンプの省エネルギー化	横浜ウォーター株式会社	602
カンボジア	設備補助	2016	省エネルギー	浄水場におけるインバータ導入による配水ポンプの省エネルギー化	メタウォーター株式会社	406
ベトナム	設備補助	2016	省エネルギー	ダナン市水道公社への高効率ポンプの導入	横浜ウォーター株式会社	738

5) 脱炭素技術海外展開イニシアティブ

気候変動分野における途上国支援のうち脱炭素技術海外展開イニシアティブにおいて、公表された脱炭素製品・パッケージリストから飲料水関連技術を抜粋したものを表 4 に示す。これらの技術は再生可能エネルギーの利用により CO₂ 排出を削減する緩和策に位置づけられる。

²⁸ 気候変動適応計画(2021年10月22日閣議決定) <https://www.env.go.jp/content/900449799.pdf>

²⁹ BCF Project portfolio <https://www.greenclimate.fund/projects>

³⁰ BCF Fiji Urban water Supply and Wastewater Management Project <https://www.greenclimate.fund/project/fp008>

³¹ JCM 事例紹介 <https://gec.jp/jcm/jp/projects/>

表 4 脱炭素技術海外展開イニシアティブ 脱炭素製品・パッケージリスト(2022年2月8日)
(飲料水関連技術抜粋、3事例ともに2021年6月採択)

製品名	企業名	用いられている技術	対象となる地域	具体的な活用例
海水淡水化装置を搭載したコンテナ式ハイブリッド発電システム (商品名:N ³ エヌキューブ)	NTN 株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・コンテナ内に搭載された再生可能エネルギー(風、水、光)で発電し、蓄電装置に充電する発電システムで電力を供給し、海水淡水化装置で海水や汚染された水をろ過し、安全な水を供給。 ・サイズ:12~20ftコンテナ(以下20ftコンテナの場合) ・1日に600Lの水を確保可能 ・発電によるCO₂削減効果は11.4t-CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> ・未電化地域、電力不安定地域 ・自然災害に対し電力インフラが脆弱な地域 ・安全な水へのアクセスの乏しい地域 	未電化地域などで、電力(携帯電話への充電や灯など)と安全な水を住民に提供できる。また、未電化地域等の開発事業や環境事業、保健医療などの活動拠点や休憩所としても活用可能。コンテナ内にすべての機器を搭載するため、現地への移送が簡単で、設置後すぐに発電し、水を提供できる。
500Wマイクロ水力発電システム「せせらぎ」と小型電動浄水装置「Cyclo clean ポータブルSPX」による可動式浄水蓄電パッケージ	日本ベリック 株式会社 MNJ 株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・水力発電システムにより浄水装置を24h稼働し1日最大7,200L(約3600人分)の飲料水と約7,000Whの電力(LED電灯70本×10時間点灯相当)を供給。 ・年間CO₂削減量はディーゼル発電比約12t。 ・可動式(発電部504×500×700mm/65kg、浄水器550×370×230mm/11kg、中間蓄電機600×600×650mm/150kg) 	バングラデシュ	非電化地域や被災地で幅55cm以上の水路にせせらぎ発電部を設置し発電・蓄電。ポンプ式浄水装置を稼働させ、水路から原水を引込み浄水し飲料水を150L/h(75人分、平均値)供給。残りの電力でLED電灯とスマホを充電し「水」「照明」「通信」を確保。ハイブリッド蓄電機で太陽光電力も蓄電可。
Yamaha Clean Water Supply System	ヤマハ発動機株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・浄水方式:物理ろ過+生物ろ過+塩素消毒 ・電力供給:太陽光発電 ・水源:表流水(海水・農薬・重金属等は除去対象外) ・浄水生産量:8,000L/日 ・対象人口:最大2,000人(4L/人・日の飲用想定) ・設置面積:8×10m ・緩速ろ過方式の浄水装置。凝集剤や膜を使用せず維持管理や廃棄物処理に係る環境負荷が低い。付属の太陽光発電で電力を賄える。 	東南アジア・南アジア・サブサハラ以南のアフリカ各国	安全な水へのアクセスが困難な地方村落に対し、再生可能エネルギーである太陽光を電源とした浄水装置を導入。安全な飲料水へのアクセスを確保するとともに、水を煮沸消毒する際の薪の消費量の削減によって脱炭素化に貢献。加えて、水汲み労働に費やす時間を学習や他の生産活動へ充てることで、村落の活性化が期待できる。

6) 日本企業による適応グッドプラクティス事例

経済産業省「令和3年度地球温暖化問題等対策調査(途上国における適応分野の我が国企業の貢献可視化事業)」の一環で作成された、「日本企業による途上国における適応グッドプラクティス事例集(2022年2月)」に記載された39の適応策事例のうち、水道事業に関連する事例

を抜粋し表 5 に示す³²。ヤマハ発動機株式会社の水供給システムは、表 4 の脱炭素製品としても挙げられており、緩和策（再生可能エネルギーの利用）と適応策（水害による水質汚染への対応）の両方の側面を持つ技術といえる。

表 5 日本企業による適応グッドプラクティス事例(水道分野抜粋)

タイトル・製品名	企業名	用いられている技術	事業実施国	ビジネスモデル
共存し豊かな社会を実現する水プロジェクト	株式会社クボタ	耐久性に優れたダクタイル鉄管、洪水にも干ばつにも対応するポンプ、排水ポンプ、浄化槽、環境配慮型の水のトータルソリューション等。	UAE、バングラデシュ、タイ、ベトナム、ミャンマー他	国際機関や途上国政府のプロジェクトにおいて、設計施工、機器納入を行う。
自転車一体型浄水装置で飲料水の安定供給に貢献する	日本ペーシック株式会社	自転車一体型の浄水装置で、自転車をこぐ動力を使用するため電源不要。	バングラデシュ	現地自転車メーカーに技術開示しバングラデシュモデルを現地製造。定期的にフィルターを販売。現地での地産地消を目指す。
イオン交換膜による安心・安全な水の確保	AGC株式会社	イオン交換膜と電気の働きにより水に溶けているイオン性物質を分離し脱塩する電気透析浄化システム。	イスラエル、中国、インド	システムの心臓部である電気透析槽の設計を行い、コア技術であるイオン交換膜を輸出する。現地エンジニアリング企業が電気透析槽と周辺ユニットを製作し、システムとして納入する。
水処理からの観光都市開発	株式会社サニコン/株式会社アクリート	UF膜(限外ろ過膜)による水処理と、日本式の維持管理手法の指導。	ベトナム	現地法人を設立し、コア技術を日本から輸出。日本から定期的に技術者を現地に派遣して営業推進、技術指導を進める。
埋設水道管からの漏水発見による無収水の低減と安全な水の安定供給に貢献	水道テクニカルサービス株式会社	漏水を見つけるための知識・音聴技術・ノウハウ・プロセスといった無形資産及び漏水監視機器。	インド、ベトナム	調査員による現地の漏水調査サービスの提供、水道事業者に対する無収水対策トレーニングの実施、漏水調査監視機器の販売。
雨水貯留システムによる水害被害の抑制及び水不足の解消	積水化学工業株式会社	安定的な水供給、洪水の防止に貢献する雨水貯留システム。雨水を地下の貯留槽に貯め、再利用または流出抑制するプラスチック製貯留材を使用。	インド	現地法人が現地コンサルティング企業等と提携の上事業推進、代理店を通じて販売。インドでは現地生産、他国では日本から輸出する。
高濁度原水対応型浄水装置による水の安定供給	株式会社トーケミ	繊維ろ過と砂ろ過システムから成り、1,000NTUを超える河川水を5NTU以下に浄化するコンパクトな浄水装置。	ラオス	水道局をはじめとするラオスの現地政府関係者やJICA、その他ステークホルダー等との官民連携の取組。

³² 日本企業による途上国における適応グッドプラクティス事例集(経済産業省)(2022年2月)

https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/pdf/JCM_FS/R3FY_adaptation_practice_Japanese.pdf

タイトル・製品名	企業名	用いられている技術	事業実施国	ビジネスモデル
塩水化・高濁表流水から安全な飲料水をつくる	三菱ケミカルアクア・ソリューションズ株式会社	原水水質に応じ適切な前処理技術と膜ろ過技術を組み合わせたカスタム設計が特徴の水処理システム、水処理システムに搭載された遠隔監視システム、水質分析を含む維持管理まで一貫した管理体制。	ミャンマー	現地に設立した合弁会社を拠点に、水処理エンジニアリング（EPC）、水質分析、環境コンサルティングの3本柱でミャンマー国内にサービスを展開する。
水害による水質汚染に対応する	ヤマハ発動機株式会社	水の浄化に砂や砂利を利用する緩速ろ過式を採用したシステム。藻類・微生物の働きにより水処理を行う。凝集剤やフィルター交換不要で、運用及びメンテナンスが容易なため地域住民による自主運営・管理が可能。	インドネシア、マダガスカル、セネガル、ベナン他	現地政府やNGOを通じて病院や学校、村に導入。導入先に「水委員会」の設置を促し、新規ビジネスを創出し、職を生み出すことを促す、地域の社会経済全体の発展に寄与する仕組みを構築。

7) その他カーボンニュートラルに関連する活動

政府の国・地方脱炭素実現会議が2021年6月に公表した「地域脱炭素ロードマップ」の中で上下水道施設の更新・集約再編等が取り上げられたことを受け、公益財団法人水道技術研究センター（JWRC）は2024年9月までを研究期間とする第10期浄水共同研究プロジェクト Aqua-MODELS のテーマとして、水道事業の基盤強化と2050年カーボンニュートラルの実現を意識した「設備の維持修繕・更新」と「施設の再構築」を設定し、情報収集と方策の提案を図っている³³。

³³ Aqua-MODELS 共同研究(水道技術研究センター) <http://www.jwrc-net.or.jp/chousa-kenkyuu/aqua-models.html>

第3章 気候変動影響に対応する水道分野の国際協力活動の具体的事例

3-1 調査方針

本章では、水道施設に係る緩和策と、気候変動影響にも強靱な水道システムの適応策を考慮した水道分野の国際協力の具体的事例について、文献調査、ヒアリング調査等により整理して情報提供し、個別事業について課題や改善の方向に関する仮説の設定及び持続性の評価を行う。緩和策の事例として1)～4)の案件、適応策の事例として5)～10)の案件を参考とする。緩和策と適応策それぞれについて、その目的と実施する対策の種類により分類したものを表6に、各案件に対する調査方針を表7に示す。

【緩和策の事例】

- 1) 無償資金協力「ヨルダン国ザイ給水システム改良計画」
安定給水及び運転効率の高い配水システムの構築による電力消費量削減の事例。
- 2) 無償資金協力「ヨルダン国上水道エネルギー効率改善計画」
ポンプ場における運転効率の改善による電力消費量削減の事例。
- 3) 無償資金協力「カンボジア国太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」
再生可能エネルギー（太陽光）の利用促進による電力需要増加への対応の事例。
- 4) 無償資金協力「ホンジュラス国テグシガルパ市内給水施設小水力発電導入計画」
再生可能エネルギー（水力）の利用促進と浄水場の効率的運営の事例。

【適応策の事例】

- 5) 無償資金協力「マーシャル諸島マジュロ環礁貯水池整備計画」
干ばつ時の対応のための雨水貯留の施設整備の事例。
- 6) 民間技術普及促進事業「ベトナム国給水装置施工技術普及促進事業」
分水栓の施工技術向上による漏水削減への寄与の事例。
- 7) 中小企業海外展開支援事業「インドネシア国樹脂管（PVC管・PE管等）に特化した漏水探知器を使用した無収水削減対策及び配水管維持管理の普及・実証事業」
樹脂管用漏水探知機を利用した漏水箇所検出による無収水率の削減の事例。
- 8) 無償資金協力「パラグアイ国ビジャ・アジェス市給水システム改善計画」
新規浄水場整備による安定給水と気候変動の影響を受けやすい表流水を水源とする浄水場の施設改善による脆弱性低減の事例。
- 9) 無償資金協力「ネパール国ポカラ上水道改善計画」
浄水施設、配水池、導・送・配水管、給水メーター等の整備による水道サービス改善と雨季の水質改善を防災の観点を踏まえて実施した事例。
- 10) 無償資金協力「エチオピア国オロミア州小都市給水施設整備計画」
干ばつの影響を受けやすく地下水のフッ素濃度の高い地域において、地下水を水源とする管路系給水施設整備の事例。

表 6 各案件の気候変動対策としての位置づけ

大分類	中分類	小分類	案件
緩和策	省エネ	ポンプ効率の向上	1)ヨルダン・ザイ
		ポンプをなるべく使わない配水システムの構築	2)ヨルダン・ザルカ
		漏水の削減	多数あり
	再生可能エネルギー	水道施設の土地を使った再生可能エネルギーの発電(太陽光、風力)	3)カンボジア
水道施設そのものを使った再生可能エネルギーの発電(水力)		4)ホンジュラス	
適応策	渇水	気候変動に強い水源の確保:貯水、地下水利用、取水施設の設計	5)マーシャル、8)パラグアイ、10)エチオピア
		漏水の削減	6)ベトナム、7)インドネシア 他多数あり
		節水の促進	技術協力プロジェクト「中国節水型社会構築モデルプロジェクト(効率的な水資源管理)」
	豪雨	洪水・浸水等の気象災害への備え(防災の主流化)	9)ネパール

表 7 調査方針

項目	内容
調査方法	報告書及び関係書類からの情報収集
調査内容	<ul style="list-style-type: none"> ・概要の整理:案件名、援助形態、協力金額、協力期間、実施機関、日本側協力機関、目的、課題・地域性、実施事項 ・課題の整理:実施の経緯、採用理由(地域性、電力の価格等) ・評価指標の整理:案件実施により得られた成果、評価の根拠となるデータ等 ・持続性の評価:課題や改善の方向に関する仮説、実施した気候変動対策の効果の持続性評価
整理項目	案件概要 緩和策/適応策としての効果 算出根拠等(必要に応じて記載) 課題や改善の方向に関する仮説 気候変動対策効果の持続性評価 教訓

効果については、基準値に対する目標値（通常事業完成3年後に設定）を参照する。適応策としての効果を示す際には、JICAの気候変動対策支援ツール（適応策）（JICA Climate-FIT（Adaptation））を参考に、その案件の気候リスクの構成要素を確認する。

課題や改善の方向に関する仮説は、各案件の報告書に記載された内容を整理する。

持続性の評価においては、事後評価が実施されていない案件については目標値の設定方法や仮定したシナリオからの考察とし、事後評価が実施されている案件については、事後評価報告書を参照し、目標値に対する達成度や実測値との差異等から考察するものとする。7)の案件は中小企業海外展開支援事業であるため、ビジネス展開の視点を加える。

さらに、気候変動対策として効率の良い対策とは何かという観点から、協力金額及びCO₂削減量を用いて費用対効果の算出を行い、評価指標についての検討を行う。これらの結果から、気候変動対策としての教訓を整理する。

なお、各案件の概要や検討に用いた情報は資料1とする。

3-2 各案件の持続性と費用対効果

各案件について、実施の背景、課題や実施事項、評価指標を整理し、課題や改善の方向に関する仮説と実施により得られる緩和策/適応策としての効果から、気候変動対策効果の持続性について検討した。緩和策の効果はGHGs排出の低減とし、適応策の効果は気候変動影響の防止・軽減の有効性とした。適応策に位置づけられる施策であっても緩和策としての効果を含む場合にはGHGs排出の低減を合わせて検討した。

各案件の報告書から、気候変動対策効果の持続性判断に寄与すると考えられる事項を抽出した。低減の効果の大きさについては、事後評価が実施されていない事例については想定されている効果の数値を参照し、事後評価が実施されている事例については評価指標の実測値とともに、想定した目標値との差が生じた理由を抽出した。維持管理の持続性については、実施事業体の維持管理体制、維持管理のための能力開発の実施の有無等を中心に抽出した。持続性の検討結果を表8に、費用対効果の検討結果を表9に示す。

表8 対象案件の気候変動対策効果の持続性

案件	項目	関連する記載事項・備考
1)ヨルダン ザイ給水システム改良計画	GHGs排出 低減	<ul style="list-style-type: none"> ・水量1m³当たりの電力消費量は、5.10kWhから4.91kWhと約3.7%の削減効果が期待される。 ・ポンプが必須の地形であり、ポンプ揚程も大きいため、ポンプ効率の向上が緩和策として効果的であるとともに、水道事業体の経営改善に対しても大きく寄与する。 ・ポンプの前段階のトラベリングスクリーンの更新、原水水質を加味した材質選択等、ポンプの劣化をできる限り防ぐ方法が検討されていることから、ポンプ効率を長期間維持できると考えられる。
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・調達される機材は既存機材の更新であることから、使用にあたって相手国側に十分な技術力がある。
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・削減する電力費は電力料金に依存する。ヨルダンの電気料金は2008年からの10年間で3倍以上値上がりしており、報告書作成時(2018年8月)のポンプ用電気料金は0.126JOD/kWh(2011年比2.7倍)である。2022年12月現在のポンプ用料金は0.094JOD/kWhである(NEPCOウェブサイト)。 ・ヨルダンでは、再生可能エネルギー(太陽光、風力)の導入に力を入れており、2015年に0.9%であった再エネ比率(発電量比率)は、2017年6.7%、2019年14.6%(IEA統計データ)、2020年末には約20%、発電量約2,063MWに達している(NEPCO)。2021年11月にはエネルギー・鉱物資源省大臣が2030年までに再エネ比率を50%以上に拡大することを目指す公表した。ヨルダンは年間の晴天日の多さや風力発電に適した風速が見込める広い砂漠地帯を有するなどの好条件を有している。水道事業における再生可能エネルギーの導入は不透明だが、将来的な電気料金に影響がある可能性がある。

案件	項目	関連する記載事項・備考
2)ヨルダン 上水道エネルギー効率改善計画	GHGs排出低減	<ul style="list-style-type: none"> ・事後評価において目標通りの電力使用削減量を達成している。 ・自然流下方式のシステムとすることを整備方針とした無償資金協力が既に実施されており、これまで整備された基幹水道施設を最大限に活用し、自然流下による効率的なシステムへの移行を進めることに加えて、送配水に伴うエネルギー消費の節減と送水の安定化を図ることを基本方針としている。 ・ポンプ施設におけるエネルギー改善策の前提として、自然流下システムへ移行するための準備としての水量配分のシナリオの設定が検討されている。水道計画として現実的で、日本側が整備した配水池や管路を最大限活用できるものであること、かつ技術的観点や将来の水源開発の進展可能性等から判断するとしており、機器のエネルギー効率化だけではないシステム全体のエネルギー低減策として長期的な効果の持続性が期待できる。
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・運営維持管理体制が維持されている。
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・将来的に追加的な電気系統の改修工事があれば、さらに改善効果が見込まれる。
3)カンボジア 太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画	GHGs排出低減	<ul style="list-style-type: none"> ・事業完了2年後において、発電量は目標を大きく上回っている。 ・パネルの種類、系統との関係、設置場所（構造図が存在する既存施設の屋上に設置する）、使用技術（日本で実績のある技術を使用する）など、設備能力の観点から持続性が高い。
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理について、体制、技術、財務面ともに目標のとおり維持されている。 ・日常の維持管理、不具合の簡易な対応ができる能力を身につけるためのソフトコンポーネントが実施されている。 ・長期運用の観点から機材修理・取替え等の維持管理用の必要積立額を協議している。
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・現行の制度上、電力公社の電気系統に接続できず、コスト面でのメリットが出にくい。
4)ホンジュラス テグシガルバ市内給水施設小水力発電導入計画	GHGs排出低減	<ul style="list-style-type: none"> ・コンセプション発電所の年間推定発生電力量は、ダム日水位と損失摩擦水頭より求まる有効落差と日流量より計算していたが、テグシガルバ市内の人口増加による給水需要の拡大、政府による新規水源開発の遅れによるコンセプション浄水場の継続的な改善・拡張により、貯水池からの送水量が増加し、導水管の摩擦損失が増加し、その分有効落差が減少した。給水事業を優先するためコンセプション発電所は停止された。 ・ピカチヨ発電所は実測流量、配水計画時の最大配水量を勘案して発電規模を検討したが、気候変動による降雨量の減少によるダム水位の低下及び給水制限により、ピカチヨ発電所の発電量は目標に達していない。 ・想定したGHGs排出低減効果が得られていない。
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・コンセプションは稼働、要員配置ともになく、維持管理されていない。 ・ピカチヨは体制・技術ともに維持され、維持管理もされている。
5)マーシャル マジロ環礁における貯水池整備計画	気候変動影響の防止・軽減	<ul style="list-style-type: none"> ・干ばつに耐え得る貯水能力を高めることが一義的な課題となっているため、干ばつ時に可能な限り水供給日数を延伸できるように貯水池を増設している（水供給継続可能期間は19日延長）。 ・水源については利点と欠点、貯水池の構造については施工性、建設費、経済性、環境社会への影響等について比較検討し、護岸施設の設計にあたっては、1) 現地観測データの分析結果、2) IPCCの報告書及び3) NOAAの一般公開データを用いて総合的に妥当であると判断した海面上昇率を採用し、潮位データについても解析し護岸の設計天端高を設定している。開発課題と気候変動対策としての課題の両方を解決する手法を選択している。
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・既存貯水池の運用方法に基本的に準じており、現地側の体制も変わらないことを確認している。護岸の点検時期と頻度を定めており、導水施設と貯水池の維持管理は既存の施設と同様に運営・維持管理を行う。

案件	項目	関連する記載事項・備考
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・本計画貯水池表面からの蒸発水量は、水深0.37ft(11.3cm)/月に相当する水量であるが、世界銀行の融資を受けた太陽光発電システムの整備事業計画(既存貯水池5か所の水面を利用したフロート式太陽光発電システムを基本とした太陽光発電システム導入)のため、シェード・ボールなど覆蓋の導入は効果や持続性の面で対象外としている。蒸発水量の削減のため、この計画は行われることが望ましい。
6)ベトナム 給水装置施工 技術普及促進 事業	気候変動 影響の防 止・軽減、 GHGs排出 低減	<ul style="list-style-type: none"> ・実際の施工技術ライセンス制度の運用状況とその効果、サドル分水栓の品質や耐久性の高さについての理解が深まり、品質の高いサドル分水栓への更新と、正しい施工技術を学ぶことが漏水率低減に効果的であるとの認識が深まった。
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・SAWACO職員の中に講習会の講師となり得る人材を育て、SAWACOが主体的に継続して講習会が実施される体制が整ったことから、一定の成果は得られた。
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・以下の課題が確実に実施できれば、長期的な効果が見込まれる。 1)継続して講習を続けていくためのフォロー体制の確立 現地法人が現地で支援を継続する。 2)受講者に授与するライセンスの効力について関係省庁との調整 SAWACO職員だけでなく民間を対象にするには人民委員会の承認が必要で手続きに時間がかかる。入札要件に入れられるようSAWACOが人民委員会と調整。 3)実際の施工現場を意識した講義・実技への内容修正 4)安全管理や工事の工程管理などを含んだテキストへの修正 5)外部企業や他省の水道局も巻き込んだ活動にするための施策 2020年度から他省の水道局へ展開することを計画している。漏水率低減効果は周辺エリアに波及すると思われる。 ・サドル分水栓の不断水工法の普及は漏水率低減の直接的な解決策に成り得る。SAWACOの予算のみで品質の高い給水装置の採用は難しいため、ODA事業との連携可能性を検討することが望ましい。
7)インドネシア 樹脂管(PVC 管・PE管等)に 特化した漏水探 査機を使用した 無収水削減対 策の実証及び 漏水調査計画 書・老朽管更新 計画書作成・配 水管網維持管 理事業	気候変動 影響の防 止・軽減、 GHGs排出 低減	<ul style="list-style-type: none"> ・117か所の漏水箇所を検出し、調査対象エリアの無収水率を約17%削減する等、インドネシア環境下での提案機器の有効性が評価できた。 漏水の検知は漏水低減に直接寄与するものであり、検知手法の普及の効果は高い。
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・持続的に漏水を低減させるためには、以下の課題が挙げられる。 ・配管の分岐の多い商業地区の配水管網図面の整備・更新と、分岐箇所を事前にチェックできる体制作り。 ・水素式超高性能漏水探索機のためのガス調達先(ガスポンベの流通網)の構築。あるいは、配水管への活用を視野に、どのような地域でも使用できる機材の開発。 ・住人との接触が困難な地域や商業地区において、無収水削減を含む配水管維持管理のための仕切弁の整備。(現状では宅内の止水栓の借用、調査区間内の利用を一時停止することができないため、水道メーター周り以外の漏水探索は困難。) ・漏水の再発防止のための全体的な技術の向上(基本的な配管敷設・修繕技術を職員が熟知し業者へ徹底させるなど)。 ・計画的な無収水削減のため、DMA未構築区域の早急なDMA構築と、対象エリア全体の無収水率の正確な把握・分析。

案件	項目	関連する記載事項・備考
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ビジネス展開の課題は、漏水調査機器のバックアップ及び修理メンテナンス体制の確立、漏水調査機器購入のための各水道公社の予算化に向けた州政府への働きかけ、高額な輸送・物流コスト及び全体で30%近い諸税等による販売価格高騰など。 ・漏水調査機器の実証及び普及のため、PDAM Tirtanadi、公共事業省及びインドネシア水道協会と協力しつつ普及活動を展開し、インドネシア国内での認知度・信頼度を高める。 ・安定的・安全な水の供給の実現に関し、水質改善・水圧確保のためには、さらなる漏水調査の実施に加え、適切かつ計画的な修理・施工による老朽管の更新が必要。
8)パラグアイ ビジャ・アジェス 市給水システム 改善計画	気候変動 影響の防 止・軽減、 GHGs排出 低減	<ul style="list-style-type: none"> ・施設、機材の整備及び浄水場運転維持管理技術に係る指導、配水管網管理技術及び水道メーター設置促進に係る指導のソフトコンポーネントを実施し、給水人口の増加、平均給水量の増加の定量的効果が得られた。 以下の点で、将来的にも省エネルギーであり、気候変動への強靭さを持ち得ると考えられる。 ・将来の気候変動の検討において、異常渇水、異常洪水ともに50年確率に基づいて決定している。 ・新規施設の計画において、位置エネルギーを最大限に利用した施設配置としている。 ・将来的な拡張への対応が容易となるような配慮をしている。
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・運転維持管理技術の向上のソフトコンポーネントを実施している。 ・無収水削減対策として配水管網管理技術、水道メーター設置促進のソフトコンポーネントを実施している。
9)ネパール ポカラ上水道改 善計画	気候変動 影響の防 止・軽減、 GHGs排出 低減	<ul style="list-style-type: none"> ・施設の建設、機材の調達及び詳細設計等のコンサルティング・サービスと運転維持管理のための技術指導が実施され、水質(濁度、残留塩素)の改善、給水頻度の改善の効果が見込まれる。 ・施設整備にあたって将来的な気候変動の影響(洪水等の災害への脆弱性)を考慮し、導水管の敷設替えを行っている。また、自然流下方式としてできるだけ電力を使用しない水道施設としている。
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・本案件での建設施設・調達機材を有効活用するための基本的な技術指導は、ソフトコンポーネントにより実施するが、ポカラ市において給水サービスの向上を図り、持続的に安全な水の供給及び健全な水道事業経営を行うため、運営面・技術面の能力強化のための技術協力プロジェクトが合わせて実施されている³⁴。 ・持続的な運転維持管理のためには、既存施設(緩速ろ過方式)の運転維持管理の知見の活用、必要に応じて一日数時間手動で運転する一部の電力を使用する機器の停電に対する運用上の留意点の確認、運転維持管理にかかる消耗品の確保が望まれる。

³⁴ ネパール水道公社水道事業能力向上プロジェクト・事業事前評価表
https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2021_1903645_1_s.pdf

案件	項目	関連する記載事項・備考
10)エチオピア オロミア州小都市給水施設整備計画	気候変動影響の防止・軽減、GHGs排出低減	<ul style="list-style-type: none"> 新規給水施設は既存管路系給水施設から独立して建設するものとし、既存施設への接続は行わない、新規給水施設は給水区域全域をカバーすることを基本方針とする。 対象地域であるアワシュ川中流域は気候変動による脆弱性が高い地域であり、これまでも干ばつや洪水の被害に度々見舞われている。深層地下水を利用する本施設は降雨の影響を比較的受けにくい。ただし、今後も気候変動による地下水の状況変化を注視する必要がある。 現時点で電化の計画のないKamiseの動力源については、太陽光発電とディーゼル発電機の併用によるハイブリット方式を採用している。ディーゼル発電機の単独運転に比べてCO₂排出削減効果が期待でき、気候変動の緩和策に貢献する。
	維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理体制には課題がある。既存の管路系給水施設が稼働している4小都市の運営維持管理組織のうち水組合の体制は脆弱であるため、本事業対象の小都市の運営維持管理組織は、オロミア州の運営維持管理のフレームワークに基づき、タウン行政事務所と一体となった水道公社を設立する必要がある。
	その他	<ul style="list-style-type: none"> 電力供給状況が不安定であることが課題である。本調査対象のうちKamiseを除いた6小都市は電力公社により電化されているが、電力供給は不安定で、主要都市でも突発的な停電がしばしば発生している。データのある5小都市の月平均の停電時間は18.71時間～142.69時間、月平均の停電発生回数は18.67回～44.50回、5サイトの月平均停電率は約8.5%であった。

表 9 各案件の費用対効果の検討

案件	効果	協力金額 (億円)	気候変動対策としての 検討内容	費用対効果 (t-CO ₂ /年/ 億円)
1)ヨルダン ・ザイ	単位水量当たり電力量改善 5.10kWh/m ³ から4.91kWh/m ³ 電力使用量12,249MWh/年削減 GHGs排出6.97kt-CO ₂ 以上/年削減 <small>注)</small> (全て目標値)	限度額 23.79	ポンプ等高効率機器への更新	目標値 293.0 事後評価 未実施
2)ヨルダン ・ザルカ	単位水量当たり電力量改善 ①1.88kWh/m ³ から1.48kWh/m ³ ②0.62kWh/m ³ から0.50kWh/m ³ ③1.20kWh/m ³ から0.63kWh/m ³ ④0.78kWh/m ³ から0.40kWh/m ³ 電力使用量8,687MWh/年以上削減 GHGs排出5,386t-CO ₂ /年削減	限度額 11.32 実績額 11.09	流量把握による送水量・漏水量管理、配水圧適正化による漏水削減、自然流下方式を前提としたシステム整備	目標値 475.8 事後評価 485.7以上
3)カンボジア	期待発電量1087MWh/年 GHGs排出1,115t-CO ₂ /年削減	限度額 7.2 実績額 7.17	施設屋上に太陽光パネルを設置し太陽光発電を実施	目標値 55.8 事後評価 155.5
4)ホンジュラス	コンセプション:発電停止 ピカチヨ:発電量126.9MWh/年 GHGs排出49.62t-CO ₂ /年削減	限度額 9.52 実績額 9.52	設備内の未利用エネルギーを活用した小規模水力発電を実施	目標値 89.1 事後評価 5.2
5)マーシャル	干ばつ時の水供給継続時間を19日延長	限度額 17.57	将来的な海面上等気候変動影響を検討した護岸・導水施設の設計	—

案件	効果	協力金額 (億円)	気候変動対策としての 検討内容	費用対効果 (t-CO ₂ /年/ 億円)
6)ベトナム	漏水率低下 日本品質への理解	非公表	高性能な日本製品と施工技術の普及、ライセンス制度の運用継続を目指す	—
7)インドネシア	無収水率17%減少 (173,000m ³ /月相当) 安定・安全な水供給実現	契約金額 0.655	樹脂管用漏水探査装置の有効性を実証、技術を移転	—
8)パラグアイ	給水人口増加 23,900人から33,800人 給水量の増加 5,000m ³ /日から8,400m ³ /日 漏水削減	限度額 19.36	位置エネルギーを最大限利用、濁水・洪水の50年確率に基づき取水点を決定	—
9)ネパール	水質改善 4~419NTUから5NTU以下 残留塩素濃度維持 給水頻度改善	限度額 48.13	自然流下方式を採用、洪水等の災害を考慮した施設設計	—
10)エチオピア	給水量増加 109m ³ /日から1,952m ³ /日 給水人口増加 14,800人から47,279人 一人当たり水使用量 7.4L/人/日から40.0L/人/日 GHGs排出114t-CO ₂ /年削減	非公表	気候変動の影響を受けにくい深層地下水利用、電化計画のないサイトの動力源に太陽光発電とディーゼル発電機の併用によるハイブリット方式を採用	—

注) 1)の元報告書記載は単位間違い(kとMを取り違え)と判断し数値を1/1000にした。(6.97Mt→6.97kt)

協力金額 限度額: 事前評価書もしくは無償資金協力案件概要に記載の供与限度額、実績額: 事後評価報告書記載の金額、契約金額: 業務完了報告書記載の金額

費用対効果 目標値: 供与限度額及び年間CO₂削減量目標値から算出した値、事後評価: 実績額及び事後評価実施時のCO₂削減量実測値から算出した値

ここで記載している持続性及び費用対効果は、今後の国際協力において同様の緩和策/適応策を実施する際、期待できるGHGs排出低減効果及び気候変動影響の防止・軽減効果、効果を持続させるために必要な実施事項や認識しておくべき視点の参考となることを目的としている。計画時に想定していた効果指標の目標値と事後調査における実測値が異なる場合、その理由が実施した案件の内容によるものではなく、対象事業体を取り巻く特異的な状況の変化や外的要因による場合があることには注意が必要である。特に、目標を達成できなかった案件の気候変動対策を評価するにあたっては、原因を精査し、他国への適用に際し該当するかどうかを検討する必要がある。

3-3 各案件から得られた教訓

各案件から得られた、途上国において気候変動対策を実施するにあたって重要なポイントや課題、将来見通し等の教訓を表10に示す。

表 10 各案件の気候変動対策としての位置づけと教訓

大分類	中分類	小分類	案件	教訓
緩和策	省エネ	ポンプ効率の向上	1)ヨルダン・ザイ	<ul style="list-style-type: none"> ・代替水源の確保が困難な国においては、現在の水源からの給水量及び給水水質を維持することが重要である。 ・ポンプが必須の地形においては、ポンプの電力使用量が大きく、営業支出に占める電力費の割合も高くなる。ポンプ効率の向上が緩和策として効果的であるとともに、水道事業者の経営改善に対しても大きく寄与する。 ・持続性のためには、長期にわたり機材が使用できるよう、原水性状に適した材質及び形状を選定することが重要である。 ・機器更新時に省エネ機器に交換する。取組が容易で高い効果が見込める。ただし、置き換えのみではなく、将来的にGHGs排出の低い施設となるよう整備方針を決めておく必要がある。
		ポンプをなるべく使わない配水システムの構築	2)ヨルダン・ザルカ	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプの更新による効率化のみならず、自然流下方式を前提とすることで送配水に係るエネルギー節減を目指すものであり、将来的に自然流下方式のシステムが整備されることによるエネルギー削減効果は大きい。 ・エネルギー消費の削減を目的に方策を検討する際には、エネルギー効率の高い機器への更新と合わせて、まずシステム全体を俯瞰し、施設の再配置も含めて位置エネルギーを最大限利用できる方式を検討することが長期的な有効性につながる。 ・開発課題の指標は、経営改善の観点からは電気料金負担の削減額であるが、電力料金の変動に依存するため、気候変動対策の指標にはGHGs排出量を用いる。電力料金の変動は対象国の電源構成にも影響を受ける。 ・GHGs排出の低減策の持続性のためには、整備した設備・機材の維持管理及び予防メンテナンスが重要である。設備・機材の導入に合わせて研修・トレーニングを検討し、適切なタイミングで実施する対策を講じるなど、将来にわたり維持管理が継続していく方策を最大限検討・具現化することが望ましい。 ・施設の再配置は大きなコストがかかるため、更新時まで待つ必要があることが多い。
		漏水の削減	多数あり	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水削減策の実施（機器、技術）と同時に、長期的な計画のための環境整備と維持管理能力の向上が必要となる。 ・効果の試算は漏水削減量までとなっている。緩和策としての効果は、漏水削減の結果としてのGHGs排出低減量として評価する必要がある。
	再生可能エネルギー	水道施設の土地を使った再生可能エネルギーの発電（太陽光、風力）	3)カンボジア	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光システムの適用により、CO₂削減、電気料金削減が目標より高い水準で達成され、気候変動対策、開発課題ともに解決するコベネフィット型の案件と言える。電力需要に対し供給が不足していること、国として再生可能エネルギーの拡大に力を入れている状況下で、本システムの有用性は高い。 ・設置のみであり、取組は容易で効果も大きい。ただし、水道関連ではないメンテナンスの作業が必要となる。 ・国の制度によっては費用対効果が薄れる場合がある。

大分類	中分類	小分類	案件	教訓
		水道施設そのものを使った再生可能エネルギーの発電（水力）	4)ホンジュラス	<ul style="list-style-type: none"> ・浄水施設に小水力発電を導入する場合、水道公社の優先事業は給水事業であり、発電は従属事業である。優先事業（本件の場合は給水事業）の動向により重大な影響を受ける可能性を計画時に確認し、目標値の設定、維持管理を含む費用対効果について、現実的な給水計画を前提とし、浄水施設の付属施設である発電所の運用という観点から、複数のシナリオを検討することが望ましい。 ・具体的には、将来の都市人口の増加による水道需要の拡大、先方政府による新規水源開発の計画、気候変動による降雨量の増減、それによる給水制限の可能性等について、様々なケースを想定し、長期間にわたる変化に対応可能な発電条件を設定し、給水計画を作成することが必要である。 ・小水力発電に使われる機材も上記のような条件に対応できる仕様が望ましい。可能な限り通常の水力発電事業と同じ内容の調査・検討がなされるべきである。
適応策	渇水	気候変動に強い水源の確保： 貯水、地下水利用、取水施設的设计	5)マーシャル	<ul style="list-style-type: none"> ・一義的な課題（本案件では干ばつに耐え得る貯水能力を高めること）を有する場合、課題解決のための施設能力は最大に設定する。 ・将来的な気候変動の予測が非常に重要である。 ・案件の実施による環境影響を評価する必要がある。（本案件では、貯水池の建設及び運営段階において配慮すべきインパクトについて、緩和策と実施体制を確認し、緩和策に対するモニタリング計画を作成している。）最も負荷の低い水源、設計方法の選定を行う。 ・海面上昇等の将来的な気候変動による影響を検討する。 ・費用に対する効果の持続性の検討には他の計画との調整も必要となる。
			8)パラグアイ	<ul style="list-style-type: none"> ・取水口の設計や施設の設計にあたり洪水や渇水等の将来的な気候変動による影響を検討する必要がある。 ・将来の気候変動の検討において50年確率に基づいて決定することにより、気候変動影響への脆弱性を減らすことができる。 ・新規施設の計画において、省エネルギー型の水道施設とすることにより、課題解決に資すると同時に適応策としても緩和策としても効果的な施策となり得る。 ・運転維持管理技術の向上、無収水削減対策のための管理技術、メーター設置等のソフトコンポーネントを実施することにより、効果の持続性を高めることができる。
			10)エチオピア	<ul style="list-style-type: none"> ・気候変動に脆弱性が高い地域での事業は、気候変動の影響を受けにくい水源（本プロジェクトでは深層地下水）を利用する。 ・電力供給が不安定な地域において動力源を検討する際、GHGs排出の少ない動力源（再生可能エネルギー）を選択することで緩和策としての効果も見込める。 ・GHGs排出の低減策としての持続性を高めるためには、運営・維持管理能力の向上が必要である。

大分類	中分類	小分類	案件	教訓
		漏水の削減	6)ベトナム	<ul style="list-style-type: none"> 漏水防止技術は、将来的な人口増や気候変動のリスクによる水供給不足への対策、造水のためのエネルギー及び薬剤削減・CO₂削減につながる適応策と緩和策の両面を併せ持つものである。漏水個所の特定や資機材の提供ではなく、工法の普及は持続性の観点から効果が高い。 ビジネス面では、各国の気候変動対策の主流化を受け、日本の製品の品質や施工技術を導入することによる効果を、気候変動対策の面から評価し、アピールすることが必要である。 将来的に、商品の生産段階、材料からの気候変動の影響の検討も必要となる可能性がある。 今後の仕組みづくりが課題だが、ライセンス制度が実現すれば長期的な効果が期待できる。
			7)インドネシア	<ul style="list-style-type: none"> 漏水の削減は水資源の有効活用、エネルギーコスト削減にもつながるため検出機器の効果は大きい。 無収水率削減対策は、漏水調査・漏水修理だけでなく、日常的な施設の維持管理やデータ管理が基礎となるため、組織全体で取り組み、総合的な視点で効果的な対策を着実に実施することが必要である。管理図面の改善、施工技術の向上等様々な対策を、計画や予算を立て中長期的に実施していく必要がある。 <p><ビジネスとしての教訓></p> <ul style="list-style-type: none"> 当該国の状況や事情に適合した漏水調査機器を選択し導入することが重要。 言葉や文化の違いから、現地状況を理解し通訳を兼ねる人材の介在が必要不可欠。 日本国内には見られない困難な環境の中で機材の実証を行うことは、日本国内へのリバースイノベーションにつながる。 機器販売と技術移転だけでなく、無収水削減のための対策をパッケージ化したサービスのビジネスの可能性はないか検討の余地がある。
			多数あり	<ul style="list-style-type: none"> 漏水削減策の実施と同時に、維持管理能力の向上が必要となる。
		節水の促進	多数あり	<ul style="list-style-type: none"> 一般的に、需要側のコントロールにより、費用をかけずに大きな効果が得られる。習慣を変える必要があり、意識啓発のための顧客とのコミュニケーションに工夫が必要。
	豪雨	洪水・浸水等の気象災害への備え（防災の主流化）	9)ネパール	<ul style="list-style-type: none"> 導・送・配水管の整備、メーターの調達等による漏水率、無収水の削減により、給水車やプラスチックボトル水購入の機会を減らせる。 将来的な気候変動の影響を加味した省エネルギー型の水道施設とすることにより、課題解決に資すると同時に適応策としても緩和策としても効果的な施策となり得る。（洪水による被災リスクも検討して設計に反映させる、できるだけ電力を使わない水道施設とする等）

3-4 まとめ

実施案件の気候変動対策効果の持続性及び費用対効果について検討し、得られた教訓について整理した結果を示す。

【緩和策について】

- エネルギー効率の高い機器の導入、太陽光発電は効果の予測及び計測が可能であり、効果の量も大きいと、積極的に展開すべきと考えられる。特に、エネルギー効率の高い機器の導入は水道技術上の取組であり導入検討の必要性は大きい。
- 太陽光発電は敷地の余裕や建屋の屋上の利用のほか、沈殿池等の覆蓋としての利用事例等が参考になる。小水力発電は、電力事情の悪い地域では安定的な電源となり得るものであるが、設備の活用の将来的な見通しが重要であることが示唆された。
- 漏水の削減は水道事業そのものの効率を向上させることができるため、経営の観点からも積極的に取り組むべきである。ただし、戦略的かつ継続的に実施する必要がある上に、取組の効果を計測評価できる体制の整備が必要であるため、組織力も含めた大がかりな改善活動となる。
- その他、節水の促進などの政策についても実施事例をシェアすることでプロジェクトのメニューに追加していくことが考えられる。

【適応策について】

- 水道分野における適応策は主に渇水等による水源の不安定化や水質悪化、海面上昇等による水源の塩水化、豪雨による水道施設の被災等の側面がピックアップされる。
- 渇水対応については、特に明確に乾季がある国での取水施設の工夫（極端な水位変動に対応できる取水技術等）について我が国での蓄積が十分ではないと思われ、技術上の工夫のシェアが必要であると考えられる。
- 地下水の塩水化対応については、今後さらに必要性が高まると考えられる。
- 豪雨への備えは我が国にもノウハウがあるが、災害のパターンは多様である。特に、現地の貧弱な防災設備や復旧機材のもとで実施可能な施策の経験については積極的にシェアしていくべきであると考えられる。

【費用対効果の算出について】

- 費用対効果については、各案件の効果として試算された年間のCO₂削減量のみを用いて算出することは、GHGs排出低減効果の持続性が加味されておらず、気候変動対策の評価指標として視点が不足しているという見方がある。評価するタイムスパンの設定や、対策の持続年数を加味した評価指標を検討する必要がある。
- 案件実施の効果はGHGs排出低減だけでなく、水供給課題の達成や人材育成の面なども含めて判断する必要があり、引き続き検討が必要である。

第4章 カンボジア現地調査

4-1 現地調査の概要

(1) 調査目的

相手国の気候変動と水道事業の関係及び課題についての現況と、我が国の気候変動への対応策を考慮した協力活動に関する情報を収集し、これを踏まえて、本調査の目的である水道分野の国際協力を促進するための施策について提言することを目的とする。

(2) 調査内容

当該国の水道事業における気候変動との関係及び課題や、我が国の無償資金協力で設置した設備やスキームの効果と現況、他の水道事業体への波及状況などの情報を収集する。また、気候変動に対応する他国の協力活動や、今後の我が国の国際協力活動へのニーズ等を聴き取り調査する。

聴き取り調査対象は、無償資金協力「太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」の実施機関であるプノンペン水道公社（PPWSA）、責任機関であり都市水供給を管轄する工業・科学・技術・革新省（MISTI）（旧鉱工業エネルギー省（MIME））、及び気候変動に関する政策を担当し、各省庁の気候変動関係部署の調整の役割を担う環境省（MOE）とし、現場調査の対象は、当該協力活動を行った PPWSA のプンプレック浄水場と、カンボジア国内で日本の民間企業が水道事業を実施しているコダック民営水道施設とした。

(3) 調査団

現地調査は水道国際協力検討委員会の委員の協力を得て行った。団員は、主に水道分野での援助経験や我が国で実施している研修事業への参加等の経験を豊富に有する専門家で構成した。調査団員を表 11 に示す。

表 11 現地調査団の構成

団員氏名	所属	専門分野
森本 達男	(一社)日本水道工業団体連合会	水道産業の国際展開
山口 岳夫	(公社)国際厚生事業団	水道計画・事業経営

(4) 調査行程

対象国は、水道施設に係る緩和策と、気候変動影響にも強靱な水道システムの適応策を考慮した国際協力の実績のある国の中から選定し、政治、治安、新型コロナウイルス感染症の状況が比較的安定していること、現在、本邦の水道事業体の専門家が駐在していること等を考慮して、カンボジアとした。表 12 に、現地調査の行程を示す。

表 12 現地調査行程

実施期間	2022年9月25日～9月28日	
訪問先・ 関係機関	PPWSA MISTI MOE PPWSAプンプレック浄水場 コダック民営水道事業サイト	
調査行程	9月25日	日本発プノンペン到着
	9月26日	PPWSAプンプレック浄水場サイト訪問
	9月27日	MISTIインタビュー コダック民営水道事業サイト訪問
	9月28日	MOEインタビュー PPWSAインタビュー プノンペン発
	9月29日	日本着

(5) 調査対象国における情報収集

現地調査では当該国の水道事業について関係者に対して情報収集を行った。プロジェクトに関わった水道関係者からは、プロジェクトの成果や課題、現地国における他国の気候変動に関わる協力活動について、気候変動担当省庁関係者へは、カンボジアにおける水資源分野の気候変動対策全般についてインタビューを行った。現場調査においては、その活動内容や気候変動に関わる課題等について情報収集した。

表 13 に、現地調査における調査項目を示す。インタビュー対象機関（PPWSA、MISTI）には事前に質問票を送付し、その回答をベースに内容の確認や質問等を行った。MOE には本調査の概要と訪問目的について整理した資料を送付した。インタビューに際しては、国際協力活動に従事している本邦水道事業体関係者及び在カンボジア日本国大使館の助力を得た。

なお、事前に得た質問票への回答は資料 2 に記載する。

表 13 現地調査における調査項目

項目	質問
水道事業における気候変動について	水道事業における気候変動の影響
	認識している気候変動リスク
	気候変動影響及びカーボンニュートラルに対する戦略策定の有無
	現在実施している緩和策
	現在実施している適応策
	水道事業における気候変動対策を実施する際の課題とその位置づけ(優先度)
	現時点でのカンボジアの電力事情(電源構成、電気料金、安定性)と水道事業への影響
	水道事業への気候変動影響への対応に関する日本の国際協力へのリクエスト
我が国の気候変動影響に対応する国際協力活動(太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画)について	背景及び実施の経緯で特筆すべき点
	プロジェクトの効果の持続性
	装置及び維持管理において改善すべき点
	その後の横展開の状況(意識の啓蒙、他の浄水場への普及)とその理由
	水道事業への太陽光を活用したクリーンエネルギー導入のインパクトについて、どう考えるか?(特に電力が不安定な国において)
他国の気候変動に関連する協力活動について	活動内容
	日本の国際協力活動との関わり
その他事業全体に関する質問	SDGsと事業戦略や計画との関係
	水道事業におけるSDG6、SDG13のモニタリングの実施主体
	現時点での最重要課題
	人材育成に関する課題
	その他コメント

4-2 現地調査の結果

(1) PPWSA

表 14 に PPWSA との面会記録を、表 15 に調査結果を示す。気候変動による PPWSA の水道事業への影響、ポンプレック浄水場で実施した「太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」の現状及び実施後の展開等についての見解とともに、現在実施中であるフランス開発庁 (AFD) ・欧州投資銀行 (EIB) ・PPWSA による Bakheng 給水プロジェクトの気候変動対策として太陽光発電が取り入れられていることに関する情報を得た。

表 14 面会記録(PPWSA)

項目	内容	備考・資料概要
日時	2022年9月28日14時	
機関名(場所)	PPWSA	プロジェクト実施機関
面会者	Mr. Samreth Sovithia, Deputy General Director	
同席者	なし	
提供された資料	質問票回答	資料2に記載

項目	内容	備考・資料概要
提供された資料	カンボジア王国首都プノンペンにおける水供給開発に関するデータ収集調査報告書 Chapter 9(組織開発)、Chapter 10(人材開発)	JICA作成のマスタープランの更新版。組織開発と人材開発の現状と方向性、主な施策がまとめられている。
	Bakheng造水施設用太陽光発電システム研究レポート(2020年9月)	Bakheng造水施設の太陽光発電システムの費用対効果について、フランスのコンサルタントが試算したレポート。

表 15 調査結果(PPWSA)

項目	質問	回答
水道事業における気候変動について	水道事業における気候変動の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・乾季の水供給不足(5年連続) ・河川水位の低下(トレンサップ川は1~1.5m) ・乾季の水質悪化(藻の繁殖、取水口での貝の繁殖。石灰を追加注入しているが水に臭いがつく) 【気候変動との因果関係が不明な現象】 ・水草(ホテイアオイ)の大量繁殖 ・濁度上昇(上流の住宅地開発により砂が混じった水が流入)
	認識しているリスク	自然災害:原水の水質悪化、洪水・干ばつ
	気候変動影響及びカーボンニュートラルに対する戦略策定の有無	・マスタープラン2017-2030及びマスタープラン更新版2021-2030
	現在実施している緩和策	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽エネルギーの使用 ・エネルギー効率化の手段としてポンプのインバータ省エネシステムの導入。 ・AFD/EIB/PPWSAによるBakheng給水プロジェクトに気候変動対策が取り入れられている。 ・気候変動に取り組みればローン金利が少し下がる仕組みとなる条項がある。太陽光発電を導入することが該当する(3.8MWのソーラーパネルを設置予定)。
	現在実施している適応策	<ul style="list-style-type: none"> ・取水設備の改善。メコン川の水文学、水理学、堆積物、輸送などへの影響の可能性を考慮した設計とする。 ・浄水場の設計時の取水位置の工夫(貝が発生しないよう水深の深いところから取水できるようにする)。 ・貝などの流入への対応。
	水道事業における気候変動対策を実施する際の課題とその位置づけ	エネルギー消費と圧力管理
	現時点でのカンボジアの電力事情(電源構成、電気料金、安定性)と水道事業への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・電力供給は十分(24h供給)。 ・時々停電が発生する。 ・電気料金が運転コストの25%に相当し、PPWSAの運転において最も高い割合となっている。
	水道事業への気候変動影響への対応に関する日本の国際協力へのリクエスト	組織開発及び人材開発(更新マスタープラン2021-2030)

項目	質問	回答
我が国の気候変動影響に対応する国際協力活動（太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画）について	背景及び実施の経緯で特筆すべき点	PPWSAの太陽光発電システムによるクリーンエネルギーの導入は、予想通り有益である。
	プロジェクトの効果の持続性	持続している。
	装置及び維持管理において改善すべき点	特にない。
	その後の横展開の状況（意識の啓蒙、他の浄水場への普及）とその理由	<ul style="list-style-type: none"> ・導入例：M' Leach水処理プラントで50KWpの小規模太陽光発電採用、容量39万m³/dのBakheng Water Production Facilitiesに3.8MWpの太陽光発電システム導入（WPFは2023年に稼働予定）。 ・導入の理由：エネルギー効率の良さが確認できたため。 ・意識啓蒙：SDG13は他省庁が管轄しており特に意識していない。
	水道事業への太陽光を活用したクリーンエネルギー導入のインパクトについて	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電システムはPPWSAにとって有益である。 ・Bakheng造水施設の太陽光発電システムの試算では、年間45-48万\$の節約となり、耐用期間20年の仮定では内部収益率は5%以上となる。 ・ただし、独立系統ではなくEDCのグリッドと接続すると別の料金がかかる制度となっており、デメリットがある。
他国の気候変動に関連する協力活動について	活動内容	Bakheng給水プロジェクトの融資契約において、AFD/EIB/EUの気候変動政策が導入された。
	日本の国際協力活動との関わり	ない
その他事業全体に関する質問	SDGsと事業戦略や計画との関係	<ul style="list-style-type: none"> ・SDG6：マスタープランでは、サービスエリアのすべての人にきれいな水を供給するという目標達成を2030年としているが、PPWSA管轄内においては2025年までに達成できる見込み。政府がプノンペン市を継続的に拡大しており、給水エリアの拡大により普及率が下がる可能性はあるが、現在のプノンペン市のエリアに対しては達成可能。PPWSAの処理能力は、Bakheng造水施設の完成により、100万t/日となる。 ・SDG13：あまり意識していない。
	水道事業におけるSDG6、SDG13のモニタリングの実施主体	<ul style="list-style-type: none"> ・SDG6：MISTI、地方開発省（MRD）、MOE、カンボジア開発評議会（CDC）、カンボジア復興開発委員会（CRDB） ・SDG13：MOE、MAFF、NCSD
	現時点での最重要課題	プノンペンにおいて適切な都市計画がなされずに急激な開発が行われ、水供給と水需要の間にギャップが生じている。
	人材育成に関する課題	第3次マスタープラン2016-2030に記載の内容。 事業規模拡大に伴うスタッフの増加及び管理部門の業務量増加、現経営陣の退職を原因とする、作業効率の向上、新技術への対応力・運用力、特に技術系スタッフの育成、次世代トップマネジメントの育成、新人研修、管理部門の能力向上、組織文化の継承等が課題である。

(2) MISTI

表 16 に MISTI との面会記録を、表 17 に調査結果を示す。長官にインタビューすることができ、気候変動の水道事業への影響の詳細な状況、MISTI が UNICEF とカンボジア水道協会（CWA）の協力により策定した洪水／干ばつに強靱な水供給のためのガイドライン、気候変動に対応した水安全計画のガイドラインについて、資料の提供も合わせて情報を得た。

表 16 面会記録(MISTI)

項目	内容	備考・資料概要
日時	2022年9月27日10時	
機関名(場所)	MISTI	プロジェクト責任機関(旧MIME)
面会者	<ul style="list-style-type: none"> ・Dr. Sim Sitha, Secretary of State ・Dr. Sreng Sokvung, Director of D/TPM, GD/WAT ・Mr. Kim Chanrithy, Officer of D/TPM 	GD/WAT: General Department of Potable Water (水道総局) D/TPM: Department of Technics & Project Management(技術・事業管理部)
同席者	笹田和宏氏(水道行政技プロ)	
提供された資料	・質問票回答	資料2に記載
	<ul style="list-style-type: none"> ・Guideline on Flood Resilient Measurement for Water Supply (2022) ・Guideline on Drought Resilient Measurement for Water Supply (2022) 	特に洪水/干ばつに脆弱な地域の水供給サービスを対象とし、水源・取水、浄水場、貯水池、給配水網における洪水/干ばつの事前・事中・事後に行うべき事項を示したガイドライン。水供給システムに影響を及ぼす可能性のある洪水/干ばつに対し、事前の予防と影響の軽減、事中の緊急に解決するための監視と対策、事後の確認、計画、復旧を行うことを目的とする。
	・Guideline of Climate Resilience Water Safety Plan for Water Supply Service (2022)	UNICEFとCWAの後援・共同協力により飲料水総局技術・事業管理部が作成した気候変動に対応した水安全計画のガイドライン。気候変動に関するリスクに対応するため2015年に策定した水安全計画の手法を拡張したものであり、水源の評価、気候リスク評価、気候変動に強靱な選択肢の決定を追加した6つのステップで構成されている。
	・PPWSA水道料金	家庭用、政府用、商業/工業用の水道料金一覧。家庭用、商業/工業用は従量制。
	<ul style="list-style-type: none"> ・カンボジア国電力概況(2022年3月) 鉱業エネルギー省エネルギー総局アドバイザー(JICA専門家) 	電力需要の急増へ対応するための発電所開発は、独立系発電事業者に依存している。世帯電化率86.4%、村落電化率97.5%(2021)。発電量不足による停電は2014年で解消したが、2019年は渇水で発電量低下。以降電源開発や輸入増加で供給量を確保している。家庭用電気料金は依然周辺国より高い。地域・世帯による格差は減少してきている。
・ブンブレック浄水場太陽光パネル写真		



図 1 MISTI インタビューの様子

表 17 調査結果 (MISTI)

項目	質問	回答
水道事業における気候変動について	水道事業における気候変動の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・干ばつと洪水の発生、頻度の上昇 【乾季の水源不足について】 ・水源不足により生産を停止せざるを得ない水道事業者がある。 ・河川水位の低下(メコン川、他の地域でも同様の傾向)。 ・地下水取水量の減少。乾季の取水困難のため移設予定の水道施設もある(JICA無償のバタンバンなど)。小規模な水道では、池や井戸の掘削、上流からの取水等で対応している。 ・フィージビリティスタディの時の水源(取水地点)で取水できず、水源の移動や、ライセンスの再申請などの例もある(湖から取水する計画を、水質の変化により川からの取水に変更するなど)。 【洪水について】 ・造水の中断(一時的に停止する事業者はわずか)。 ・水源の水質の悪化もしくは汚染。 ・大量降雨時には排水が間に合わず、配水ブロックのマンホールに水が入り機器が損傷したり、水道メーターも水が入り検針しにくくなったりする。検針の困難が収入に影響する。 ・浄水場の浸水。地方水道で事例がある。今後の浄水場設計時に洪水を考慮する必要がある。 ・洪水被害の悪化(これまで浸水しなかった道路の冠水など)。
	認識しているリスク	<ul style="list-style-type: none"> ・干ばつと洪水。特に乾季の水源の確保が課題。 ・需要増による開発と降雨減少の影響を分けて考えることは難しい。

項目	質問	回答
	気候変動影響及びカーボンニュートラルに対する戦略策定の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・特に水源に関する問題を重視している。 ・世界銀行の資金提供プロジェクト(Water Supply and Sanitation Improvement Project)のもと、国の水供給と衛生に関する政策を見直し、更新する予定。すべての関連機関やステークホルダーが密接に協力する良い機会になると期待している。 ・政府は水源開発への投資を行っており、水部門を含む多目的に使用される予定。 ・洪水と干ばつに強靱な水資源に関するガイドラインを発行し、気候変動に対応した水安全計画のガイドラインを取りまとめた。 ・このガイドラインはライセンス発行時に申請事業者を紹介する。 ・都市部をMISTI、地方をMRDが担当していたが、首相に交渉し、2030年まで合わせて水道整備を進めるべきとした。 ・水道法を準備中。
	現在実施している緩和策	洪水や干ばつへの強靱さのガイドラインと気候変動に対応した水安全計画に基づく推奨事項を適用するよう、事業者に働きかける。
	現在実施している適応策	<p>【取水方法・取水施設の変更】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・乾季の水不足に対し、ダムがないため土嚢による水のせき止め、池からの取水、湖からの水路の設置等で対応している。仮設的な取水方法は仕方ないこととして黙認している。 ・川岸の取水施設で取水できなくなったため、川に取水小屋(ポンツーン)を設置している例がある。MPWTや水資源省との交渉が必要だが可能。関係省庁の許可が必要。 ・PPWSAの浄水場では、チャムカプイでポンツーン取水に設計変更、ニロートで当初設計よりも5mも深く設置、コンポントムでフロート式に変更した。フロート式ではない浄水場であっても、取水管は川の中に伸ばすので申請しないと設置できない。 ・洪水に対し、河川構造物はきちんと設計された取水であれば問題なく、湖などの場合は影響ないが、大きな川では不具合が起こる場合がある。 ・フロート式取水は取水管が固定されているため、取水する水深によっては高濁度の水を取水してしまう場合がある。
	水道事業における気候変動対策を実施する際の課題とその位置づけ	気候変動に適応した水供給システムの構築には、通常状態よりも多くの投資が必要となる可能性がある。一方、カンボジアの水セクター、特に民間セクターは、通常時の投資に対しても既に投資の制約に直面している。
	現時点でのカンボジアの電力事情(電源構成、電気料金、安定性)と水道事業への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・不安定であったり、三相の電気が使えなかったりはまだ制約もあるが、水道事業における電気の状況はかなり改善している。 ・電力はほぼ足りている。公共水道は概ね電力公社から引いているため大きな問題はなく、引けない場合には民営事業者や自家発電である。電気料金は高い。 ・水道事業が低料金政策であるのに対し、電力は高料金であることが課題。近隣諸国と比べ、カンボジアの水道料金は低く、電気料金は高い。 ・電気代は、PPWSAではオペレーションコストの25%、地方では約30%になる。
	水道事業への気候変動影響への対応に関する日本の国際協力へのリクエスト	<ul style="list-style-type: none"> ・水供給セクターの持続可能性のためには、水源開発のための資金が必要である。 ・水道法の案では、水開発基金(WDF)の設立を目指している。気候変動に対応するための、水分野、特に民間セクターへの投資不足に対処するため、WDFへの日本の貢献と支援を期待する。

項目	質問	回答
我が国の気候変動影響に対応する国際協力活動（太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画）について	水道事業への太陽光を活用したクリーンエネルギー導入のインパクトについて	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電には、電力削減のメリットもあるが、デメリットもある。太陽光パネルのコストは以前より安くなっているが、電力会社の決まり事があり、太陽光パネルを使う場合は電気の系統を通常の電力ラインと分離することが求められる。別の変圧器を入れる必要があり、そのコストが大きい。 ・太陽光パネルの小さいところではバッテリーが必要。バッテリー等のコストが大きい。 ・今は太陽光を使うとコストがかかる。 ・知る限りでは補助制度はない。
	他国の気候変動に関連する協力活動について	<ul style="list-style-type: none"> ・UNICEF: 洪水や干ばつへの強靭さと、気候変動に対応した水安全計画のガイドライン策定のための支援 ・世界銀行、ADB: 新しいプロジェクト準備の際の気候変動への配慮
その他事業全体に関する質問	日本の国際協力活動との関わり	ない
	SDGsと事業戦略や計画との関係	・MISTIは、2030年のカンボジアのSDGs達成のためにベストを尽くしているが、やるべきことも多く、課題も多いため、開発パートナー（特に日本）からの援助が必要である。
	水道事業におけるSDG6、SDG13のモニタリングの実施主体	<ul style="list-style-type: none"> ・SDG6を担当、水道給水の状態を見ている（MISTIは都市の水供給、MRDは農村の水供給を担当）。 ・2030年の目標に向け、全国の達成の程度について調査収集している。方法はアンケートではなく、関係省庁が協力して方針を決めている。現在、LSMS(Living Standards Measurement Study:生活水準測定調査)という世界銀行のシステムの流用を検討している。クラウドでのデータ蓄積を目指しているが、まだ一部不具合がある。完成すれば共有が可能となる。MISTIのデータセンター内にデータベースを再構築する方向。
	現時点での最重要課題	水源の持続可能性と、特に民間企業への投資ファンド
	人材育成に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> ・水セクター全体では、人材はそれほど大きな問題ではない。PPWSAは世界でもトップクラスの公益事業であり、その人材はカンボジアの水セクターをサポートすることができると考えている。 ・ただし、そのために適切な手順とメカニズムを開発する必要がある。
その他コメント	・民間事業者の能力向上も必要である。それが、全てのステークホルダーに対し、きれいな水に関する意識向上の効果的な実施につながる。	

(3) MOE

表 18 に MOE との面会記録を、表 19 に調査結果を示す。Hak Mao 氏は日本への留学経験を持つ気候変動の専門家であり、環境省の果たしている役割、環境省が評価した気候変動の水資源への影響について情報を得た。

表 18 面会記録(MOE)

項目	内容	備考
日時	2022年9月28日8時半	
機関名(場所)	MOE	政策・戦略総局 気候変動課が気候変動に関する政策を担当している ^{35,36} 。各省庁で気候変動対策が主流化され、10以上の省庁に気候変動関係の部署が設置されている。環境省は調整の役割を担い国際社会と連携している ³⁷ 。
面会者	・Hak Mao, Ph.D., Director, Department of Climate Change, The General Directorate of Policy and Strategy ・他2名	もともと日本の留学生で京都大学の博士課程でCO ₂ 削減のプロジェクトに携わっていた。米国に留学して京都の気候変動プロトコル1996にも携わった。気候変動の人材が不足しているため、日本で研究した知識を生かし、博士として将来CO ₂ 削減に貢献したい。
同席者	栗林孝典氏(在カンボジア日本国大使館一等書記官)	

表 19 調査結果(MOE)

項目	質問	回答
水道事業における気候変動について	水道事業における気候変動の影響	<ul style="list-style-type: none"> MOEがまとめたレポートにおいて、水資源については、渇水、洪水、その際の伝染病の評価をしている。 住民がきれいな水にアクセスできるかどうかを評価している。雨季には、ある地域は洪水になったりある地域は水がなかったりということがある。
	認識しているリスク	<ul style="list-style-type: none"> 都市部は水道にアクセスできるが地方部はアクセスできない人が多い。 乾季に水が不足する。地方では生活用だけでなく農業用の水も不足している。生活用水は何らかの方法で入手している。
	気候変動影響及びカーボンニュートラルに対する戦略策定の有無	<ul style="list-style-type: none"> 水不足の問題を解決するため政府は政策を打ち出した。灌漑施設を修復したり整備したりするなどしている。 MISTIは上水のみを担当し、MOEは水資源全般を担当している。各省庁がガイドラインを作るときはお互いにアドバイスをしあっているが、MISTIの渇水と洪水のガイドラインについては把握していない。
	現在実施している緩和策	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動に対する政策や対策を作っており、2023年までの政策の中に、CO₂を削減する政策も記載されている。 2030年までの政策目標、長期2050年までの政策はある。 CO₂削減の基本策は森林を増やすこと、再生可能なエネルギーを開発することである。エネルギーの中の35%を再生可能エネルギーに変えるなどの政策が打ち出されており、太陽光発電は12%が目標になっている。

³⁵ 「GEOC クライメートアクショントーク」カンボジアのカーボンニュートラル#1 (COP26 の成果のポイント)

<https://www.youtube.com/watch?v=NLD7e8HnDNI>

³⁶ 「GEOC クライメートアクショントーク」カンボジアのカーボンニュートラル#2 (カーボンニュートラル戦略、気候変動の影響等)

<https://www.youtube.com/watch?v=VM3N6cGeCHM>

³⁷ 「GEOC クライメートアクショントーク」カンボジアのカーボンニュートラル#3 (ガバナンスについての情報含む)

<https://www.youtube.com/watch?v=ekib7yeH9VM>

項目	質問	回答
	水道事業への気候変動影響への対応に関する日本の国際協力へのリクエスト	<ul style="list-style-type: none"> ・気候変動問題から気候危機へ、パリの気候変動協定の中で毎年影響が悪化している中、毎年のように多数の報告書を出さないといけない。報告書作成等のための人材が不足している。人材育成は短期と長期が必要、また脆弱性評価などに色々な専門が必要。 ・気候変動は長期的な課題であり、短期的な対応も必要。財務的なサポートも必要。資金が不十分なため、サポートを希望する。日本の役割に期待している。気候変動対策アライアンス(同盟)キャパシティビルディング(能力開発)に日本がもっと役割を担ってくれることを期待している。 ・多くの意思決定が必要。支援の決定、グリーンガバメントイシュー(緑の政府の問題)各方面の活動において政策や資金面での支援が必要。
我が国の気候変動影響に対応する国際協力活動(太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画)について	水道事業への太陽光を活用したクリーンエネルギー導入のインパクトについて	<ul style="list-style-type: none"> ・カンボジアでは太陽光発電設備設置への補助金等の制度はない。 ・グリーン投資の政策はある。鉱業エネルギー省(MME)が担当している。
他国の気候変動に関連する協力活動について	日本の国際協力活動との関わり	<ul style="list-style-type: none"> ・様々な国と協力してきたが、日本にはリーダーシップを持って関わってもらっている。より協力をしていく上で、気候変動アライアンスの方に参加してもらえればもっと良いと考えている。 ・気候変動は重要で、課題が既に顕在化しているためすぐにでも対応する必要がある。
その他事業全体に関する質問	水道事業におけるSDG6、SDG13のモニタリングの実施主体	<ul style="list-style-type: none"> ・MOEは、関係省庁と協力調整して関係機関に報告をまとめて送るのが主な仕事。 ・水に関する省庁としてもう一つMRDがある。住民が衛生的な水を確保できるように活動している。 ・気候変動は年々悪化していて我々としては早い段階で対策を打たないといけない。
	その他コメント	<ul style="list-style-type: none"> ・MOEが担当している気候変動はカンボジアの中でも様々な分野に影響を与えている。MOEは毎年ナショナルコミュニケーションレポート2020、2022年等影響調査をまとめており、科学的に調査した内容を公表している。2020年版は国連気候変動事務局に提出したばかりである。 ・レポートにまとめた評価は、水資源、農業、森林、砂浜、健康の5分野。

(4) PPWSA プンブレック浄水場

表 20 にポンプレック浄水場のサイト訪問の際の面会記録を、表 21 に調査結果を示す。訪問日はカンボジアの祝日であったが、人事担当者の配慮により見学が可能となった。現場の作業スタッフも同席し、太陽光発電設備のメンテナンスや発電量について、ポンプレック浄水場の施設設計についての現場の意見、検討中の気候変動対策について情報を得た。

表 20 面会記録(PPWSA プンプレック浄水場)

項目	内容	備考
日時	2022年9月26日11時半	
機関名(場所)	PPWSAプンプレック浄水場	
面会者	PPWSA人事担当者	作業スタッフ同席

表 21 調査結果(PPWSA プンプレック浄水場)

項目	質問	回答
太陽光発電設備について	メンテナンスについて	<ul style="list-style-type: none"> ・あまり故障しないが、パネルが割れたことはあり、交換用で修理した。 ・清掃は月一度程度。雨季には掃除の必要はあまりない。 ・乾季は清掃に加え、盤を開けて冷却する作業等も必要であり、維持作業が大変である。
	発電量について	<ul style="list-style-type: none"> ・2012年に設置したが、発電量は変わらない。 ・事務で使う電気は太陽光発電を使用、全て自家消費している。
プンプレック浄水場について	施設設計について	<ul style="list-style-type: none"> ・需要に対して能力を合わせる。プンプレック浄水場は最初に配水管をきちんと整備した。 ・しっかりとマスタープランを作ることが重要。 ・データをとって施設能力の算定中。
	気候変動対策について	<ul style="list-style-type: none"> ・アセアンDXIに採択された。 ・エネルギー効率も視野に入っている。 ・スマホ検針への変更を検討中。プノンペン王立大学IT学科とコラボする。

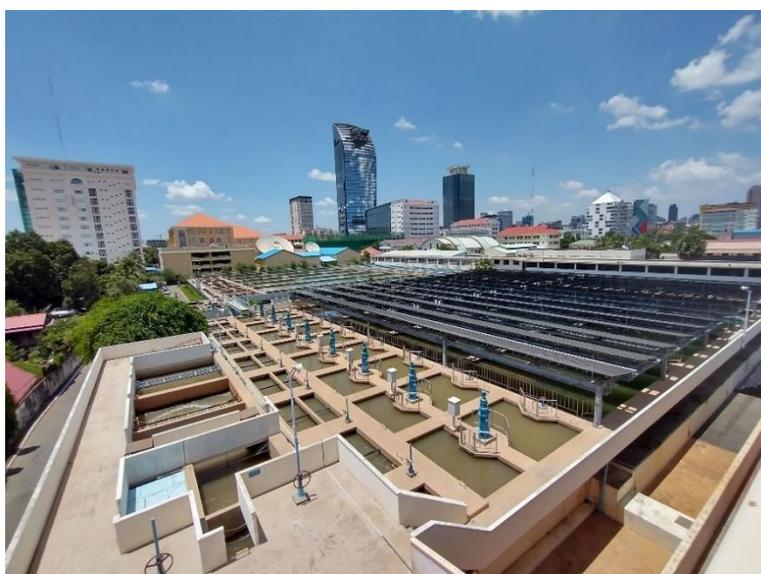


図 2 プンプレック浄水場太陽光発電設備(MISTI 提供)

(5) コダック民営水道

表 22 にコダック民営水道のサイト訪問の際の面会記録を、表 23 に調査結果を示す。

表 22 面会記録(コダック民営水道)

項目	内容	備考
日時	2022年9月27日15時	
機関名(場所)	Koh Dach(コダック)民営水道	株式会社神鋼環境ソリューションとカンボジア民間企業のSOMA Groupが共同出資するSOMA KOBELCO WATER SUPPLY CO., LTDが、プノンペン都Koh Dach及びカンダール州Koh Oknha Tei地区の独占水道事業権(ライセンス期間:20年間)を取得。初めて日本企業が実施するカンボジアでの水道事業。対象人口約20,000人、2019年12月給水開始 ³⁸ 。
面会者	・大野進氏, General Manager, Phnom Penh Branch Office, KOBELCO ECO-SOLUTIONS CO., LTD	
提供された資料	・カンポット州Mech浄水場取水写真 ・プノンペン都Koh Dach浄水場取水写真	

表 23 調査結果(コダック民営水道)

項目	質問	回答
環境対応の取組について	省エネルギー設備の導入(緩和策)	当社の浄水場の送水ポンプはほぼすべてインバータ制御を導入している(富士電機/シュナイダー製品)。現在、建設中のシェムリアップ浄水場(60,000m ³ /日)でもインバータを導入している。
	水位変動に強い取水(適応策)	取水施設(ポンツーン(フロート式取水システム)を導入している。雨季と乾季の水位変動に耐えるため。
その他技術上の工夫	オンサイト次亜塩素酸ナトリウム生成設備の導入について	PPWSAを中心に塩素漏洩リスクのある塩素ガスから精製次亜への切替えを推進中。当社もコンソーシアムメンバーで受託したタクマウ浄水場(30,000m ³ /日)についても精製次亜を導入予定(2024年12月完工予定)。
その他経営上の工夫	事業が軌道に乗った要因について	供給先が当初想定していたコダック地区(島)から隣接した島にも広がって需要が増大、稼働率が高く維持された。これにより5年の予定が2年でペイしたのが大きい。需要を満たすために増設を計画中。

図 3 にプノンペン都 Koh Dach 浄水場の取水施設を、図 4 にカンポット州 Mech 浄水場の取水施設を示す。どちらも雨季と乾季の水位変動に対応するために導入されているポンツーン(フロート式取水システム)である。

³⁸ 株式会社神鋼環境ソリューション トピックス <https://www.kobelco-eco.co.jp/topics/news/2018/20190318.html>,
<https://www.kobelco-eco.co.jp/topics/news/2019/20191216.html>



図 3 プノンペン都 Koh Dach 浄水場取水 (KOBELCO ECO-SOLUTIONS CO., LTD 提供)



図 4 カンポット州 Mech 浄水場取水 (KOBELCO ECO-SOLUTIONS CO., LTD 提供)

4-3 まとめ

以下、現地調査で得られた知見等について整理する。

(1) 当該国の水道事業の現状と水道事業における気候変動について

【当該国における水道事業の現状】

- 緩和策として導入された太陽光発電設備は効果を発揮しており、視察対象以外の事業でも太陽光発電設備の導入を行っている事例があった。ただし、電力公社と電源系統を区分する必要がある設備費が嵩むなど、大々的に導入するにはハードルがあることも確認された。
- 適応策に関しては、洪水と渇水に対するガイドラインを作成しているなど、現地側の問題意識が高いことが確認できた。これらの災害の頻度と深刻度は体感ではあるが年々高まっており、影響を受ける水道事業も増えていると現地では認識している。
- カンボジアでは明確に雨季と乾季があるため渇水による水位差等の影響も大きい。取水堰が設置されていない等により水位低下を防ぐ設備がないこともあり、取水水位の変化を前提とした取水方法として、ポンツーン式（フロート式）取水設備がよく使用される。また、水位の低下が取水量の低下につながる等、水位低下による取水障害についての経験の蓄積がある。
- 取水の工夫でカバーできない場合は取水位置の変更等を迫られているケースもある。

【国家の気候変動政策・カーボンニュートラル政策における水道事業の位置づけ】

- カンボジアは、2013年に国家計画としての気候変動対策 **Cambodia Climate Change Strategic Plan 2014-2023**（カンボジア気候変動戦略計画）³⁹を公表しており、異常気象、洪水、干ばつ、高潮の頻度及び強度の増大が気候変動影響として認識されている。水道事業に関係するものとして、戦略目標 1「食料・水・エネルギーの安全保障の向上を通じた気候変動への耐性の促進」（再生可能エネルギー、エネルギー効率化、適切な技術移転、水インフラの修復と建設が含まれる）、戦略目標 4「国の持続可能な発展を支える低炭素計画・技術の推進」がある。水道事業を管轄する MIMC（現 MISTI）は技術・財務支援によるリソースの動員、気候変動の影響に関する法律・政策・技術指針・技術マニュアルの策定支援を目標に挙げており、MISTI の洪水と渇水に対するガイドライン策定はこれに該当すると捉えられる。MOE の気候変動局（CCD）が国家気候変動委員会（NCCC）の事務局を務めており、省庁間の調整を行っているという記載は、現地調査ヒアリングで得られた回答と合致している。
- 適応策については、MOE が事務局を務める持続可能な開発のための国家評議会（NCSA）が 2017年に **National Adaptation Plan Process in Cambodia**（カンボジア国家適応計画プロセス）⁴⁰を公表し、気候変動の脆弱性に「水資源」「インフラ」を挙げている。水セクターは干ばつや乾季の河川の水面低下による河川からの水供給の減少と洪水の増加により、管理がますます困難になることが予想されている。緩和策については、2021年に同じく NCSA が **Long-term Strategy for Carbon Neutrality**（カーボンニュートラル

³⁹ Cambodia Climate Change Strategic Plan (unfccc.int)
https://www4.unfccc.int/sites/NAPC/Documents/Parties/Cambodia_CCCSP.pdf

⁴⁰ Cambodia NAP process document.pdf (unfccc.int)
<https://www4.unfccc.int/sites/NAPC/Documents/Parties/Cambodia%20NAP%20process%20document.pdf>

に向けた長期戦略)⁴¹を公表している。上水道部門の記載はなく、廃棄物部門に排水処理が位置付けられている。

- PPWSA の年次レポート (2021)⁴²では、戦略的目標をプノンペン郊外及び周辺地域への水供給の拡大と効率的な水供給 (コスト削減) としており、気候変動対策よりも水供給の拡大に焦点を当てた記載となっている。ヒアリングにおいても、SDG13 はあまり意識されておらず、SDG6 の目標達成に向けて意欲的に取り組んでいるという回答であった。ただし、気候変動影響による乾季の河川水位低下がリスクとして認識されており、この対応が適応策に、コスト削減のためのプロセスの効率化、水損失率の低減が緩和策に該当する。

(2) 当該国における我が国の気候変動影響に対応する国際協力活動について

- 本邦の支援で整備された太陽光発電設備の発電量は維持されており、電力費用削減効果も持続している。水道事業における太陽光発電設備の設置事業は有益との理解が得られている。
- ただし、現時点での電力公社との受電区分に関する政策により、費用面でのメリットが低くなっている。当該国の制度設定により効果が大きく変動する。

(3) 他国の協力活動について

- AFD・EIB・EU の資金支援として、環境配慮が含まれないと金利の面で優遇が受けられない仕組みを取り入れている事例が確認できた。

(4) その他 (ビジネス展開の可能性等)

- 水道事業全体としてまだ拡張の時代であり、PPWSA においても都市域の拡大を背景とした水需要の増加に対応するため職員を増やしているところである。経験豊富な職員の退職も相まって人材育成のニーズは大きい。
- 洪水と渇水の頻度が上昇しており、特に水資源の逼迫に危機感が感じられる。渇水に対応するための支援が求められる。
- 環境省の担当する影響評価について、これを担える専門知識を有する人材の不足が顕著であり、人材育成の必要に迫られている。日本側と環境人材育成のための追加的な連携ができればよいという指摘があった。

⁴¹ Cambodia's Long-Term Strategy for Carbon Neutrality (unfccc.int)
https://unfccc.int/sites/default/files/resource/KHM_LTS_Dec2021.pdf

⁴² PPWSA Annual Report 2021
[https://www.ppwsa.com.kh/Administration/downloads/finance/PPWSA_Annual_Report_2021\(EN\).pdf](https://www.ppwsa.com.kh/Administration/downloads/finance/PPWSA_Annual_Report_2021(EN).pdf)

第5章 カーボンニュートラル達成に向けた国内水道事業体の取組

5-1 水道事業体の気候変動影響と対策の捉え方

日本において 2050 年までにカーボンニュートラル達成を表明した自治体は年々増加しており、2022年12月28日時点で823自治体（45都道府県、476市、20特別区、239町、43村）、表明自治体総人口は約1億2,448万人に上る⁴³。

気候変動が水資源、あるいは水道インフラに及ぼす影響は認識されており、自治体が示す気候変動影響とその対策の中には水道事業に関連する事項が含まれている。それぞれの水道事業体においても、カーボンニュートラルの推進につながる様々な施策が行われている。

本項では、水道事業体がどの程度気候変動の将来予測を長期計画に織り込んでいるか、政策方針、戦略、計画における気候変動影響と対策の取り上げ方について、いくつかの事例を取り上げて示す。

表24に、国内水道事業体の気候変動の取り上げ方の事例を示す。気候変動によるリスクとして、豪雨や渇水等の自然災害の激甚化や頻度の増加と、それによる原水水質の悪化が挙げられている。政策方針、戦略・計画には、その対応策として災害時の対応が記載されている。一方、災害と気候変動を関連付ける表現をしていない自治体もある。

気候変動緩和策の位置づけとなるCO₂排出量の削減に関しては、調査した全ての事業体で「環境」をキーワードに、GHGs排出の低減策として電力使用量の削減、再生可能エネルギーの活用が取り上げられており、策定年が新しいものでは「脱炭素」「低炭素」の表現も見られる。また、環境保全についてはほとんどの事業体が記載している。

気候変動の取扱い方に特にルールはなく、自治体によって気候変動の位置づけや表現が異なっている。

表 24 国内水道事業体の気候変動影響の取り上げ方の事例

事業体・自治体	認識しているリスク	政策方針、戦略、計画における取り上げ方
東京都水道局	渇水 貯水池や河川水などの水温上昇による水中生物の異常繁殖 局地的な豪雨などによる急激な原水水質の悪化	長期戦略構想2020:水質・水源対策、災害対策において気候変動の影響に対する対策を記載し、それによる財政運営への影響についても言及している。 マスタープラン(R3~):気候変動の影響について、予想されるリスクを記載している。 経営プラン2021:気候変動対策として、水源対策、水質対策、環境対策(CO ₂ 排出量の削減、水源林の保全)が記載されている。 環境5か年計画(2020-2024)を作成。 環境報告書・環境会計を作成。

⁴³環境省 地方公共団体における 2050 年二酸化炭素排出実質ゼロ表明の状況

<https://www.env.go.jp/policy/zerocarbon.html?msclkid=b566de14cf4011ecbaad27aeb2b62f6d>

事業体・自治体	認識しているリスク	政策方針、戦略、計画における取り上げ方
神奈川県企業庁	気温の上昇、短時間強雨や大雨の発生頻度の増加等による原水水質の変化	水道事業経営計画(2019):気候変動の影響として原水水質の変化が記載されている。環境に配慮した取組として、省エネや再資源化、有効利用等が挙げられている。 水道事業・電力事業を含む環境報告書・環境会計を作成。
横浜市水道局	集中豪雨による急激な原水水質の悪化	長期ビジョン(H28):環境・エネルギー問題として電力使用量の削減の積極的な取組が謳われている。目指す将来の姿として、広域連携による水道施設の再配置や浄水場の統廃合が挙げられている。 中期経営計画(R2-R5):6つの施策目標の中の「安全で良質な水」において水源水質の変化への対応、「環境にやさしい水道」において環境・エネルギー対策が取り上げられている。 環境報告書・環境会計を作成。
さいたま市水道局	大型台風等による大規模災害の発生(災害としての扱い)	長期構想(2021-2030):災害対策として危機管理対策の推進が施策の一つとなっている。5つの施策とは別の「社会貢献の取組」の中に環境対策が位置づけられ、環境保全・環境負荷低減に向けた取組が挙げられている。 環境会計を作成。
大阪広域水道事業団	「量と質」の両面における水問題の顕在化	将来構想(H24、H27改正):気候変動影響は世界のリスクと捉えられている。目指すべき将来像に環境保全が挙げられ、その中で環境問題への取組として、省エネルギー・新エネルギー対策や廃棄物の減量・有効利用が記載されている。 経営戦略(2020-2029):7つの施策のうち社会的責務の中に環境保全が含まれており、GHGs総排出量削減等に取組み「環境に優しい水道事業者」をめざすことを方針として定めている。 環境計画・環境会計を作成。
北九州市上下水道局	豪雨の局地化・集中化等の自然災害の増加	事業基本計画(R3-R12):重点施策の中に、災害への対応強化のほか、水源の保全、環境負荷の低減が挙げられている。低炭素社会づくりを目指した「環境モデル都市」、「環境」「社会」「経済」の3側面の課題解決を目指す「環境未来都市」など積極的な取組を行っている。 中期経営計画(R3-R7):災害への対応強化、CO ₂ 排出量削減のための再生可能エネルギーの活用、省エネルギーの推進、資源の有効利用が記載されている。
大阪市水道局	気象災害の激甚化・頻発化、それによる水道施設の機能停止や復旧までの期間の長期化 原水水質の悪化(河川の急激な増水に伴う原水の濁り、琵琶湖における生態系への影響等)	経営戦略(2018-2027、2022改定):外部環境として気候変動のリスクを明記。気候変動対策に向けた脱炭素社会の構築への積極的な取組を行うとしている。 SDG13に関連する活動が分かる水道局SDGsプラットフォームを作成している。 環境対策として浄水発生土の有効利用、水力発電、太陽光発電が紹介されている。 環境報告書を作成。

事業体・自治体	認識しているリスク	政策方針、戦略、計画における取り上げ方
京都市上下水道局	大雨等による災害、浸水(災害としての扱い)	水ビジョン(2018-2027):環境先進都市として地球温暖化対策の取組を着実に進める。環境負荷の少ない低炭素・循環型まちづくりの実現を目指すことが明記されている。3つの視点の1つに地球環境を配慮した事業運営が含まれ、創エネルギー、省エネルギーの取組を含む、水道・下水道における取組が挙げられている。 中期経営プラン(2018-2022):環境マネジメントシステムの運用による環境負荷の低減と情報発信が明記されている。環境報告書を作成。 別途、京都市として、地球温暖化対策計画、環境モデル都市行動計画、エネルギー政策推進のための戦略等環境対策に関連する方針・計画がある。
福岡市水道局	雨の降り方の二極化(短時間強雨や大雨の頻度増加など自然災害の激甚化、年間降水日数の減少)	長期ビジョン(2017-2028):豪雨や渇水の記載がある。省エネルギー・省資源の推進により地球温暖化防止に貢献できるとの記載がある。 中期経営計画(2021-2024):気候変動の影響として雨の降り方の変化グラフがある。水道事業とSDGsの関わりにSDG13を明記している。 4つの施策目標のうち、「危機管理対策の推進」に災害への対応、「安定経営の持続」に環境に配慮した事業運営が含まれている。
神戸市水道局	気温の上昇・少雨化・集中豪雨 →渇水リスクの高まり 水源水質の悪化 水源濁度の急上昇 土砂災害の発生	水道ビジョン(2016):事業環境の変化の一つに気候変動への対応を挙げている。 「環境に優しい水道システムの構築」として、再生可能エネルギーの活用、省エネルギー対策、循環型社会への取組、自然流下方式を基本とする配水システムの維持を挙げている。 中期経営計画(2020-2023):多発する自然災害を踏まえた危機管理対応の強化が記載されている。

5-2 水道事業体の具体的な取組事例

国内水道事業体のカーボンニュートラル達成の目標に向けた活動の具体的な取組の中で、CO₂削減に直接資するものは、エネルギー使用量の削減である。水道システムにおけるエネルギー使用量に関する取組には、省エネルギー化の追求、エネルギーの有効利用及び新エネルギーの活用を含む再生可能エネルギーの利用が挙げられる。その他、資源の効率的な利用やリサイクルといった資源循環、水資源の有効利用としての漏水対策、水道事業関連業務の省エネ・省資源化、顧客への節水意識や環境保全活動も取組の一つである。水道事業における環境会計の導入も進んでおり、取組によって削減したCO₂の量を算出し公表している。どうしても減らせないCO₂排出量に対するカーボン・オフセットについて検討している事業体もある。

(1) 水道システムにおける低エネルギー化

厚生労働省「令和2年度脱炭素水道システム構築へ向けた調査等一式報告書」⁴⁴は、地球温暖

⁴⁴ 厚生労働省 脱炭素水道システム構築へ向けた調査等一式報告書(2020年6月)
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000701258.pdf>

化対策計画で定められた CO₂ 削減目標達成のため、「脱炭素水道システム」の普及に向けた上水道事業者等の取組を促す検討を行っている。調査では、効果的な CO₂ 削減方策を水供給工程別及び投資レベル別に整理し、それぞれの CO₂ 削減方策に適した水道施設を類型化することにより、上水道事業者等における CO₂ 削減効果及びコスト削減効果を定量的に示すとともに、上水道事業者等への取組の普及方法も検討している。CO₂ 削減ポテンシャル量の推計項目には、インバータ及び高効率モーターの導入、受変電設備の更新といった省エネルギー機器・設備の導入と、位置エネルギーに優れる水源からの優先取水、受水圧力の活用、配水ブロックの更新、施設統廃合、広域化による位置エネルギーの活用方策が挙げられており、これらの方策の推進や再生可能エネルギーの利用により、水道事業の CO₂ 削減量の 2030 年度目標に到達することが可能との算出結果を示している。

報告書に示された取組事例及び JWRC による報告書、水道事業体のウェブサイトからの情報を合わせ、表 25 に国内水道事業体の水道システムにおける CO₂ 削減方策事例を示す⁴⁵。

省エネルギー機器・設備の導入は取り組みやすく、効果も大きいいため、多くの水道事業体で実施が進んでいる。一方で、配水ブロックの更新、取水位置の変更、施設の統廃合や広域化による位置エネルギーの活用については、CO₂ 削減効果が大きいものの、実施には詳細な検討や他の水道事業体との協議等が必要となるため、実施済みの例は少なく、検討中の事業体が多いと推測される。

表 25 国内水道事業体のカーボンニュートラル達成に向けた取組事例
(水道システムにおける CO₂ 削減方策)

工程・設備区分	方策	実施事業体
ポンプ設備 (取水・導水)	ポンプ吸込圧力の有効利用、流量の平準化に伴う管路抵抗の軽減による運転の効率化	東京水道サービス
	台数制御システム・可動羽根制御システム・インバータ等を利用した回転速度制御システム等の導入による運転制御方式の改善	広島市
	羽根車改造等によるポンプ容量の適正化	名古屋市
	高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高いモーターの導入	広島市、他多数
取水工程	排水系統の汚泥脱水上澄み水を着水井に戻すことにより取水量を減らし取水に係る電力を削減する	広島市
凝集池設備	フロック形成において水流を利用する形(迂流式凝集池)に改造することにより機械攪拌の動力を削減	札幌市、北九州市上下水道局
沈殿設備	原水の質に応じた運転時間・運転間隔の調整によるスラッジ掻き寄機の運転の効率化	気仙沼市
	効率的な駆動方式の採用によるスラッジ掻き寄機の運転の効率化	奈良県
	排泥制御装置・圧力水噴射装置・界面計・濃度計の導入による排泥設備の運転の効率化	福岡県南広域水道企業団
ろ過池設備	洗浄の頻度・時間等の見直し及びろ抗(ろ過抵抗)到達洗浄等による洗浄の効率化	札幌市
	自己逆流洗浄型自然平衡形ろ過池	津軽広域水道企業団

⁴⁵ JWRC 日本の上水道事業における環境に配慮した取組(2019年9月)
<http://www.jwrc-net.or.jp/chousa-kenkyuu/comparison/domestic05.pdf>

工程・設備区分	方策	実施事業体
膜ろ過設備	流入落差を利用した膜ろ過システムの導入	横浜市
	RO膜(逆浸透膜)ろ過の排水圧力を利用した動力回収水車の導入	福岡地区水道企業団
薬品注入設備 (沈殿・ろ過)	薬品注入の効率化のための自然流下注入方式の導入・原水の質に応じた薬品注入制御の自動化	発田市
	高効率注入ポンプの導入	柏崎市
粒状活性炭ろ過池設備	洗浄頻度・時間等の見直しによる洗浄の効率化	東京都
	微生物を活用した浄水処理	北九州市
オゾン処理設備	オゾン注入量の制御によるオゾン発生装置の運転の効率化	阪神水道企業団
	高効率オゾン発生装置の導入	千葉県
	排オゾン処理設備における排熱回収	大阪府
排泥脱水設備	運転時間・運転間隔の調整による脱水の効率化	千葉県
	脱水の効率化に適した駆動方式の選定、脱水の効率化のための排熱利用による濃縮汚泥の加温	大阪広域水道企業団
	天日乾燥及び脱水機の使用による脱水の効率化	千葉県
ポンプ設備 (送水・配水)	大・少量ポンプの組合せによる幅広い需要量への対応	東京都
	台数制御システム・可動羽根制御システム・インバータ等を利用した回転速度制御システム等の導入によるポンプ運転制御方式の改善	大阪府
	羽根車改造等による適正規模の設備容量のポンプの導入	札幌市
	高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高いモーターの導入	光市、他多数
	送水・配水管路の分離による圧力管理の適正化	大阪府東大阪市
	ポンプのインバータ化によりバルブの開閉でロスするエネルギーを削減	北九州市、他多数
施設全体 (送水・配水)	ブロック配水システムの導入	仙台市、さいたま市
	漏水防止対策の推進	千葉県、その他多数
	管口径変更等による配水の最適化	さいたま市
水運用管理	取水・導水・送水・配水工程等における自然流下等の有効利用位置エネルギーを利用した施設の整備	名古屋市、他多数
	浄水場を廃止し自己水源から浄水受水に切替え受水圧を利用した配水地への送水	福島市
	電力原単位及び管路損失などを考慮した水運用システムの導入	神奈川県内広域水道企業団
	需要予測システムの導入	神奈川県内広域水道企業団
	ITを活用した合理的水道システムの構築	横浜市、大阪市、他多数
監視制御システム	エネルギー原単位の分析のための処理工程単位・主要設備単位・機器単位での電力計の設置	東京水道サービス
	エネルギー管理システムの導入	神奈川県内広域水道企業団
	設備管理の一元化・設備の集中監視等による広域的運用システムの導入	仙台市

出典)・厚生労働省 脱炭素水道システム構築へ向けた調査等一式報告書(2020年6月)

・JWRC 日本の水道事業における環境に配慮した取組(2019年9月)

・水道事業体ウェブサイト、委員による情報提供

(2) 再生可能エネルギーの活用・エネルギーの有効活用・その他のCO₂削減対策

水道システムが有しているエネルギーの有効活用や新たな再生可能エネルギーの活用には、

小水力発電の推進、太陽光発電の導入、電力販売契約（PPA：Power Purchase Agreement）、水道施設を活用したバーチャルパワープラント（VPP）、デマンドレスポンス（DR）事業等がある。その他の CO₂ 削減対策には、情報通信技術（ICT）を活用した水道事業関連業務の省資源化、電気自動車等の次世代自動車への移行、庁舎の LED 照明導入等、水道システム以外での省エネルギー施策、水資源の有効活用、環境保全の取組、資源循環のための施策等が挙げられる。

各事業体あるいは自治体を実施している、もしくは実施のための取組を開始している CO₂ 削減方策事例を表 26 に示す。複数の取組を組み合わせた総合的な施策を実施している自治体もある。表 26 に示す方策のうち、PPA、VPP、DR、ICT を活用した水道事業関連業務の省資源化の具体的な内容については表 27 に示す。なお、ここに挙げた国内水道事業体及び自治体は本調査において確認したものであり、全ての事例を網羅するものではない。

表 26 国内水道事業体のカーボンニュートラル達成に向けた取組事例
（エネルギー有効活用・新エネルギー活用、その他）

分類	方策	実施自治体・事業体
再生可能エネルギーの活用	小水力発電の導入 浄水池・減圧槽から配水場までの落差を利用 調整池からの送水に伴う余剰エネルギーを活用 自然流下方式で配水する通り道にあたる箇所では圧力を利用 送水管から受水場に流入する管路の受水圧力から生じる余剰圧力を利用	京都市、富田林市、東大阪市、豊中市、八尾市、名取市、千葉市、さいたま市等多数
	太陽光発電の導入(施設屋上、遊休地等)	多数
	太陽光発電(電力会社と包括連携協定締結)	大阪広域水道企業団
	太陽光発電によるPPA事業※	新潟市
	蓄電池の整備 再生可能エネルギーの導入・低炭素電力への切替	大阪広域水道企業団 東京都
連携・再生可能エネルギーの活用	水道施設を活用したVPP事業※・DR事業※	高槻市、新潟市、福山市、静岡市、大阪広域水道企業団、神戸市、和歌山県白浜町
省エネルギー（水道システム以外）	常用発電設備の高効率化	東京都
	ICT活用(DX導入等)によるペーパーレス化、業務効率化※	東京都、堺市、大竹市
	庁舎における省エネ対策、空調室外機の自動制御等	さいたま市、他多数
水資源の有効利用	雨水の有効活用(雨水貯留施設の設置、助成金制度等)	さいたま市、他多数
	節水への広報活動、節水コマの配布・推奨	多数
	漏水防止対策の推進(漏水調査、配水管理システムによる管理)	多数
その他CO ₂ 排出削減	電気自動車・充放電設備の導入	大阪広域水道企業団
	ゼロエミッションビークル、電気自動車等の導入	東京都、さいたま市
	マイボトル促進等による脱プラスチック	東京都、他多数
顧客との連携	水道講座等の実施	多数
	環境報告書・環境会計の発行等環境取組情報の発信	多数
	CO ₂ 排出量の計算ツールの公開	東京都
環境保全	水源の保護、水源林の保全・機能向上	多数
資源循環	浄水汚泥の有効利用、水道工事で発生した残土の有効利用	北九州市
	廃棄物抑制とリサイクル推進(浄水場発生土・粒状活性炭・工事廃材の有効利用)	東京都、横浜市、さいたま市、他多数

分類	方策	実施自治体・事業体
	再生水道メーター購入、水道メーターの再資源化	横浜市、さいたま市、他
カーボン・オフセットの導入	J-クレジット制度の活用(森林クレジット)	東京都
	カーボンニュートラルガスの購入	上越市
総合的な施策	流域治水、水道事業、環境・エネルギーを含む総合的なプロジェクトを実施。カーボンニュートラルに向けた流域・水道システムの構築を目指す	愛知県「矢作川カーボンニュートラルプロジェクト」

出典)水道産業新聞、日本水道新聞、JWRC 日本の水道事業における環境に配慮した取組(2019年9月)、水道事業者ウェブサイト

※次表に具体的内容を示す

表 27 CO₂削減のための施策(PPA、VPP、DR、ICT活用)の具体的内容

施策	内容
PPA	発電事業者と需要家が直接契約できる仕組みで2021年頃から民間企業の間で活用が活発化している。発電事業者が、需要家である施設所有者から敷地等を借りて発電設備を設置し、発電した電力を施設所有者に使用分だけ販売するビジネスモデルで、地方公共団体にとっては、用地や施設等を活用し初期投資せずに再生可能エネルギーが使用でき、発電事業者にとっては、長期間安定した売電が可能となる。遠隔地(オフサイト)であっても発電事業者と需要家が契約を締結でき、需要地点の敷地内に十分なスペースがない場合でも、オフサイトPPAの形で再生可能エネルギーの調達が可能である。このことから、発電地点及び需要地点の両方の面で上下水道施設への適用が期待できる。ただし、電力を大量に使用する上下水道施設では太陽光発電によるPPAよりも小売電気事業者から電力を調達する方が経済的である可能性がある ⁴⁶ 。
VPP	工場や家庭などが保有する蓄電池、電気自動車及び発電設備などのエネルギーリソースを、モノのインターネット(IoT)を活用した高度なエネルギーマネジメント技術の活用により遠隔・統合制御し、あたかも一つの発電所のように機能させる仕組みであり、電力システムにおいて、電力負荷平準化や再生可能エネルギーの吸収及び供給などを実現することが期待されている。水道事業者において、電力を抑制する場合はポンプを停止し配水池の水を使用し、電力を消費する場合はポンプを起動し配水池に水を貯めることで、水道設備を蓄電池に見立てた運用が可能となる ⁴⁷ 。
DR	VPPIにおいて、配水池での一定水準以上の貯水量を確保しながら、ACからの電力のデマンドレスポンスの要請に応じて、最適化アルゴリズムにより送水ポンプの運転台数を削減、追加稼働し、水の安定供給を妨げることなく送水ポンプの運用計画を最適化する。
ICT活用(DX)	水道スマートメータの設置、アプリによる支払いや手続きのオンライン化等。業務のオンライン化に伴い、職員の移動に係るCO ₂ 排出量削減やペーパーレス化によるCO ₂ 排出量の削減が可能となる。2021年度以降、複数の水道事業者で実施あるいは検討の動きがみられている。東京都では、お客さまサービスの一層の向上、業務の効率化、ペーパーレス・キャッシュレスの促進を図るため、スマートメータの導入による自動検針の開始に合わせて、「東京都水道局アプリ」を令和4年10月に導入した。請求書や検針票の電子配信(ペーパーレス)にも対応しており、CO ₂ 排出量が削減できる。

(3) 自然エネルギーを有効利用する水道システムへの転換

日本においては、自然エネルギーを有効利用する水道システムへの転換が国の方針として示

⁴⁶ EY ストラテジー・アンド・コンサルティング株式会社(2022年2月10日)

https://www.ey.com/ja_jp/government-public-sector/how-will-water-and-sewage-infrastructure-respond-to-climate-change-and-decarbonized-socialization

⁴⁷ 日立製作所 日立評論 2021Vol.103No.3 <https://www.hitachihyoron.com/jp/archive/2020s/2021/03/03a06/index.html>

されている。2022年6月に閣議決定された水循環基本計画では、「水処理、送水過程等での地球温暖化対策」として、「水の移送等に伴うエネルギー消費の削減に向け、水道施設への省エネルギー・再生可能エネルギー設備の導入や、上流からの取水等による位置エネルギーの有効活用等を推進する」ことが明記されている⁴⁸。また、2022年12月に公表されたUNFCCCに基づく第5回日本国隔年報告書において、上水道における政策として「施設の広域化・統廃合・再配置による省エネルギー化の推進」が追加された。

2010年3月に報告された社団法人日本水道工業団体連合会による「首都圏における低炭素化を目標とした水循環システム実証モデル事業」⁴⁹では、水源ダムの相互融通や容量調整、取水地点・浄水場位置の上流化、浄水場の効率的な管理、水道システムの広域一元化、再生可能エネルギー、各種代替水資源（雨水・下水道再生水・農業用水・工業用水・地下水）の活用など、首都圏を対象に水道システムを見直す実証モデルの検討が行われ、水道システムの再配置、高効率機器の採用、太陽光発電・小水力発電の採用により、2050年に2005年比64%（人口減少による削減を考慮すると71%）削減可能と試算している。取水地点・浄水場位置の上流化の効果には、取水原水清浄化による浄水処理方式の簡素化（オゾン処理、粒状活性炭処理等の不要化）も見込まれている。削減効果は、取水・浄水場位置の上流化と高効率機器採用の割合が高く、中小規模水道事業者では広域化が大きいとされている。

表25、表26の事例の中では、名古屋市と愛知県の事例が自然エネルギーを有効利用する水道システムへの転換に該当する。

名古屋市では、水輸送エネルギーの低減化を目的に、自然流下方式の拡大、送配水ルートの簡素化、配水ブロックの区域変更などを組み合わせた水運用の総合的な見直しを行った場合の検討が行われ⁵⁰、最新の経営計画では、水道事業における環境対策として、高台の配水場から自然流下により送配水する区域の拡大により電力使用量の削減を図り（2016年に着手、2026年に完了見通し）、設備更新時の省エネ機器の導入、再生可能エネルギーの有効活用等にも取り組んでいる⁵¹。

愛知県の「矢作川カーボンニュートラルプロジェクト」は、水循環をキーワードに総合的かつ分野横断的にあらゆる施策を推進するものであり、水道分野では水道施設の再編による省力化が挙げられている。浄水場の再編による自然流下の有効活用（ポンプ圧送の削減）、設備の機器更新、水道水の効率的な利用（漏水防止、雨水の活用）、情報のスマート化等の取組により、流域単位でカーボンニュートラルを目指す。また、分野を横断した流域マネジメント実施のため、上下水道施設の連携による省エネ化についても可能性を検討している⁵²。

⁴⁸ 水循環基本計画(令和4年6月) https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/mizu_junkan/about/pdf/r020621_honbun.pdf

⁴⁹ 社団法人日本水道工業団体連合会「首都圏における低炭素化を目標とした水循環システム実証モデル事業」 「首都圏水循環検討委員会」報告書概要版(平成22年3月) <https://www.suidanren.or.jp/cms/wp-content/uploads/%E9%A6%96%E9%83%BD%E5%9C%8F%E6%B0%B4%E5%BE%AA%E7%92%B0%E5%A7%94%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8%E6%A6%82%E8%A6%81%E7%89%88.pdf>

⁵⁰ 厚生労働省 水道事業における環境対策の手引書(改訂版)(平成21年7月)第I編3 水道事業における環境・エネルギー対策の取組の現状 <https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/jouhou/kankyoku/dl/090729-1d.pdf>

⁵¹ 名古屋市上下水道経営プラン2028(2019~2028年度) <https://www.water.city.nagoya.jp/file/35921.pdf>

⁵² 矢作川CNプロジェクト <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/kasen/kasen20210901-1.html>
(対策案の概要) https://www.pref.aichi.jp/uploaded/life/389261_1709529_misc.pdf

自然エネルギーをできる限り有効利用する施設の配置は広い視野で検討することが必要であり、広域化を実施する際に合わせて検討することが有効である。都市に降る雨をポンプを使って排水しながら、エネルギーを使って遠くから水道原水を導水するといった社会の水利用の構造を転換する必要がある、どのような水循環の社会を目指すのか、水道業界だけでなく分野を超えて考えていく必要がある。

5-3 まとめ

我が国の水道事業者で実施中の各種の環境対策について確認した。実際の取組の中には戦略等において取り上げていないものもあり、公表資料では、重要度が高いもの、あるいは特徴的なものが整理されていると考えられる。全体的な特徴について以下に整理する。

- 自治体によって気候変動の位置づけや表現が異なっている。気候変動対策について取扱いの指針等は出されていないため、各自治体の特徴や状況に沿ったものとなっていると推察される。
- 気候変動によるリスクとしては、豪雨、渇水等、原水水質等の懸念を提示した上でその対応策が提案されているが、事業者によってフォーカスされている影響はそれぞれの事業者の実態を踏まえたものとなっており、類似性はあまりない。
- カーボンニュートラル達成に向けた様々な個々の工夫については、自治体の実施例が参考になる。省エネルギー機器の導入は比較的容易であるが効果が限定的である一方、配水ブロックの更新、取水位置の変更、施設の統廃合や広域化による位置エネルギーの活用等により抜本的な取組は、長期的に大きな効果が期待できる一方、長期的かつ着実な取組が必要であり、効果の計測が難しい。
- 再生可能エネルギーの活用、エネルギーの有効利用等の施策としては小水力発電の推進、太陽光発電の導入等が中心であるが、一部には情報化を伴った電力の効果的な活用のためのシステムの導入事例がある。
- 本調査では環境対策に比較的積極的に取り組む水道事業者を調査したが、水道事業者が独自にネット・ゼロやカーボンニュートラルの具体的な目標を設定している事例は確認できなかった。2050年CO₂排出実質ゼロに取り組むことを表明した地方公共団体（ゼロカーボンシティ）の脱炭素に向けた主な取組・施策の中に、水道事業における脱炭素の取組が挙げられている⁵³。

以上が我が国での取組である。実施事例が非常に多様であるため、個別の事業の効果を比較することは困難であるが、我が国での実施経験のある取組は国際協力の現場においても参考になるものと考えられる。自然エネルギーをできる限り有効利用する施設の配置は、長期的かつ

⁵³ 環境省 地方公共団体における2050年二酸化炭素排出実質ゼロ表明の状況(「ゼロカーボンシティ取組一覧」参照)
<https://www.env.go.jp/policy/zerocarbon.html>

広域的な取組が必要であることから取組事例は多くないが、途上国においても使用するエネルギーがなるべく少ない水道システムを構築することが、経済的にも気候変動影響への対策の面からも望ましいことは自明であり、日本の事業者の取組が参考となると考えられる。

第6章 要点と提言

本年度の調査方針に則り、水道分野として取り組むことのできる気候変動影響への対策としての国際協力活動とは何かを検討し、今後の水道分野の国際協力につながる知見を得るため、我が国の気候変動対策の方針を整理したうえで、これまでに実施した気候変動影響に対応する国際協力活動の具体的事例、国内水道事業者のカーボンニュートラル達成に向けた取組、他国の水道事業者による気候変動影響に対応する取組事例について、整理、評価を行った（他国の水道事業者による気候変動影響に対応する取組事例については資料4に記載）。

調査結果を踏まえ、水道施設に係る緩和策と、気候変動影響にも強靱な水道システムの適応策を考慮した水道分野の国際協力活動について、取り入れるべき視点や被援助国のニーズを踏まえた課題解決のための実施策の考え方を述べ、今後の方向性について有しておくべき視点をまとめる。

6-1 調査結果の整理と分析

検討結果をもとに、気候変動対策の各分野における取組の状況を表28に整理する。これにより、ベンチマークとする国内外の水道事業者が行っている気候変動対策のトレンドを把握し、今後の国際協力に取り入れるべき考え方や日本が強みを持つ分野を抽出する。なお、実施事例は今回の調査範囲において、気候変動対策の枠組み以外でも、分類に該当する実施事例が確認されたものに○を付記している。

カンボジアでの現地調査において、気候変動影響を評価するための人材不足とその必要性が指摘されたことを受け、緩和策、適応策に加え、気候変動に関する人材育成を加えた。

自然流下を利用した配水システムの構築については、重要性が認識され、日本特有の地形と水資源を背景として実施が推進されている分野である。本調査において、水道の施策にこの方針が掲げられている他の国は確認できておらず、日本が強みを持つ分野になり得ると考えられる。また、人材育成策は日本の国際協力において継続して重点を置いている分野であり、国内でも技術者の減少を受けて重要性が強く認識され、様々な施策が実施されていることから、今後の国際協力にさらに活かすことができると考えられる。

表28に示す通り、日本の国際協力ではほぼ全ての分類において実施事例があり、今後同様の取組を行う際に参考とすることができる。

表 28 水道における気候変動対策の各分野の取組の状況

大分類	中分類	小分類	日本の事業者		他国の水道事業者等		国際協力実施事例
緩和策	省エネ	ポンプ効率の向上	○	ほとんどの水道事業者でインバータ制御が導入されている。送水量が多い場合には台数制御による運用が基本となる。	○	インバータ制御等、ポンプの省エネが導入されている。	○

大分類	中分類	小分類	日本の事業者	他国の水道事業者等	国際協力実施事例	
		ポンプをなるべく使わない(自然流下を利用した)配水システムの構築	○ 配水に係るGHGs排出が見込めることから重要性が認識されており、広域化と合わせて実施することが期待されている。統合的水資源管理の試みがある。 水質の良い上流からの取水により浄水処理に係るGHGs排出の低減効果も見込める。		○	
		漏水の削減	○ 給水工事に関するライセンス制度があり、精度の高い工事が実施されている。高機能な探知機、製品が多い。 配水管網内の圧力管理等も含め様々な取組実績がある。	○ 使用エネルギーが削減されることから緩和策の一つとして重要視されている。	○	
		設備全体のエネルギー効率の改善	○ 送水・配水の最適化、水運用管理のための施設整備・システム導入、エネルギー管理システム導入等、多数の実績がある。	○ 運転保守の最適化などが実施されている。	○	
	再生可能エネルギー	水道施設の土地を使った再生可能エネルギーの発電(太陽光、風力)	○ 太陽光発電の実績が多数あり、製品・維持管理ともに信頼度が高い。	○ 緩和策の手段として挙げられている。	○	
		水道施設そのものを使った再生可能エネルギーの発電(水力)	○ 小水力発電の実績は多くある。設置場所、使用するエネルギーも様々な事例がある。	○ 緩和策の手段として挙げられている。	○	
		水道施設を利用したVPP・DR	○ 企業と連携した実施事例が複数ある。		実施例を確認できていない。	
		グリーンエネルギーの売買	○ いくつかの事業者で公表されているが、多くはない。	○ 購入、生産、販売合わせて多数の記載がある。		
	環境保全	○ 水源林保全・機能向上	○ 環境保全策として多数の事業者で挙げられている。	○ 緩和策の手段として植林・森林再生、土壌の炭素固定等が挙げられている。		

大分類	中分類	小分類	日本の事業体		他国の水道事業体等		国際協力実施事例
適応策	渇水	気候変動に強い水源の確保：貯水、地下水利用、取水施設の設計	○	ダムや水源開発、水源の保護等が挙げられている。	○	雨季と乾季が明確な国において、地下水利用、フロー式取水施設の利用など工夫がみられる。	○
		漏水の削減	○	給水工事に関するライセンス制度があり、精度の高い工事が実施されている。高機能な探知機、製品が多い。配水管網内の圧力管理等も含め様々な取組実績がある。	○	水資源不足への対応として、適応策としても重要視されている。	○
		節水の促進	○	節水コマ、節水シャワー、節水トイレ等、様々な製品が開発されている。利用者に継続的に水の使用方法、節水製品の利用等の呼び掛けを行っており、無償配布する事例もある。	○	国主導の節水製品を認定するプログラムや、地域の事業体合同で節水の呼び掛け（節水機器への交換、学校でのプログラム、還元サービス）を行っている事例がある。	○
		水の再利用	○	飲料水以外の用途に使用している事例がある。	○	水資源の不足への危機感から飲料水への再利用、農業・工業への再利用を積極的に進めている例がある。	○
	豪雨	洪水・浸水等の気象災害への備え（防災の主流化）	○	災害への対応に対しガイドラインや計画を策定している。	○	強い危機感を持っており、ガイドライン等を策定している。	○
		洪水・浸水等の気象災害からの復興対応	○	大きな災害からの復興を経験している事業体が複数ある。	○	国によっては大きな災害の影響を受けている。	○
	気候変動に関する人材育成策	水道事業の維持	事業体の維持管理能力の強化・人材育成	○	経験豊富な人材の退職、若年層の技術者の不足から、人材育成の重要性が認識されている。講習・ライセンス制度等の仕組みがある。		
長期的なサポート体制（人材・機材）			○	日本のシステムに則った部品の保有期間を確保している。保守により設備の長寿命化を図る。国際協力を携わる事業体は長期的なサポート体制を構築している。			○

大分類	中分類	小分類	日本の事業者	他国の水道事業者等	国際協力実施事例
	気候変動対応	気候変動対策に関する知識を持った人材の育成	○ 地方公共団体は気候変動対策の計画策定と実施が求められており、各事業者が個別に対応している。 厚生労働省により水道事業者職員のための手引書が作成されている。 気候変動適応計画、地球温暖化対策計画に人材育成の必要性が明記されている。	業界団体や水事業協会のイニシアティブにより、事業者独自の脱炭素に向けた目標を設定している事例があるが、人材育成については不明。	○

○:実施例あり

6-2 途上国への展開の要点

途上国に対し気候変動影響に対応する国際協力を実施するうえで目指すべき方向性として、以下が挙げられる。

- エネルギー効率を上げて電力原単位を下げる。
- 位置エネルギーを利用する。「下流から上げる」から、「上流から落とす」に変える。
- 需要側のコントロールをする。
- 再生可能エネルギーによる発電を行う。
- 気候変動影響を視野に入れた長期的な計画のための人材を育成する。

これを踏まえ、表 29 に日本の事業者が実施している気候変動影響に対応する取組のうち、途上国に対する支援に活用できると考えられる事例を抽出し、水道事業者にとっての取組の進めやすさと難しさを整理する。また、その事例に適した条件や地域について、調査結果から得られた情報をもとに記載する。

表 29 気候変動影響に対応する取組の途上国支援への適用

対策	進めやすさ	難しさ	適した条件、地域等
(1) ポンプの省エネ（インバータ制御、台数制御）	・効果の予測及び計測が可能で効果も大きい。 ・実施が容易。	・故障時のメンテナンス、部品の調達難しいものは維持が困難。	・現存の機器が古くエネルギー効率が低い。 ・ポンプが不可欠な地形である。 ・導入が長期的にエネルギー効率の高い配水計画に寄与する。
(2) 省エネ型機器の導入	・効果の予測及び計測が可能で効果も大きい。 ・実施が容易。	・故障時のメンテナンス、部品の調達難しいものは維持が困難。	・現存の機器が古くエネルギー効率が低い。 ・導入が長期的にエネルギー効率の高い配水計画に寄与する。

対策	進めやすさ	難しさ	適した条件、地域等
(3) 小水力発電	<ul style="list-style-type: none"> ・現存の施設を活かした設置が可能。 ・安定的な電源となり得る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水供給が優先されるため、将来的な水需要変化の見通しが重要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・導・送配水工程に余剰エネルギーがある。 ・将来的な水需要の変動に対応しても余剰エネルギーの維持が見込める。 ・電力供給が不安定である。
(4) 太陽光発電	<ul style="list-style-type: none"> ・効果の予測及び計測が可能で効果も大きい。 ・施設の設置のみで導入が容易。 	<ul style="list-style-type: none"> ・長期的な維持管理(費用・部品等)と、水道とは異なる技術(人員)が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力供給が不安定である。 ・施設内外に施設設置可能な場所がある。 ・発電に適した気象条件を有する。
(5) 漏水削減	<ul style="list-style-type: none"> ・緩和策としても適応策としても効果が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・予算を立て中長期的に取り組む必要があり、費用対効果への理解が必要。 ・漏水探知に技術を要する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水率が高い。 ・配水量・給水量のデータがある。
(6) 施設の効率的な配置によるエネルギー効率の高い水道の整備・そのための長期計画	<ul style="list-style-type: none"> ・GHGs排出低減効果が大きく、電力供給への依存度が低くなる。 ・効果が長期的に維持され、カーボンニュートラルに貢献する。 ・水質の良い上流からの取水により浄水処理に係るGHGs排出の低減効果が見込める。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現存の施設の更新時期まで待つ必要がある。 ・計画からの検討のため必要な費用・時間が大きい。 ・他の計画、事業者との調整が必要。 ・基礎データと計画能力のある人材が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・給水エリアに対し位置エネルギーが期待できる取水可能な水源が存在するか、位置エネルギーを利用した配水が可能な地形を有する。 ・長期計画が可能である。
(7) 節水の促進(需要側のコントロール)	<ul style="list-style-type: none"> ・節水コマ、節水シャワー、節水トイレ等の節水機器が充実しており性能が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・習慣の変容が必要で、インセンティブがないと時間がかかる可能性がある。 ・企業の海外展開の視点では、機器が低価格であること、他国でも同様な機能の製品があることは難しさとなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一人当たり水使用量が多い。 ・水需要に対し供給が不足している。または不足が予想される。 ・水道料金が高い。
(8) ICTによる事業の省資源化	<ul style="list-style-type: none"> ・既に実用化されているものであれば導入が容易。 	<ul style="list-style-type: none"> ・システムの不具合への対応などの体制が整備されていなければ維持が困難。 	<ul style="list-style-type: none"> ・効率化の余地のある業務が多い。 ・業務量に対し職員数の低下が見込まれる。
(9) 気候変動による災害が発生した時の対応	<ul style="list-style-type: none"> ・経験に裏打ちされた知見を伝えることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地域固有の特徴(社会情勢、地形、水源、人口密度等)の影響が大きく我が国の知見がそのまま適用できるとは限らない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害対応に改善の余地がある。 ・日本と類似の災害が起こる可能性が高い。

対策	進めやすさ	難しさ	適した条件、地域等
(10) 気候変動に関する人材育成	・長期的な気候変動対策のための計画立案、報告等が可能となる。	・時間を要する。 ・研修受講人数等で成果把握している状況であるが、気候変動影響に対する明確な効果指標がない。 ・講師や教材等のリソースが不足している。	・気候変動対応のための知識の不足により計画立案・報告に困難がある。

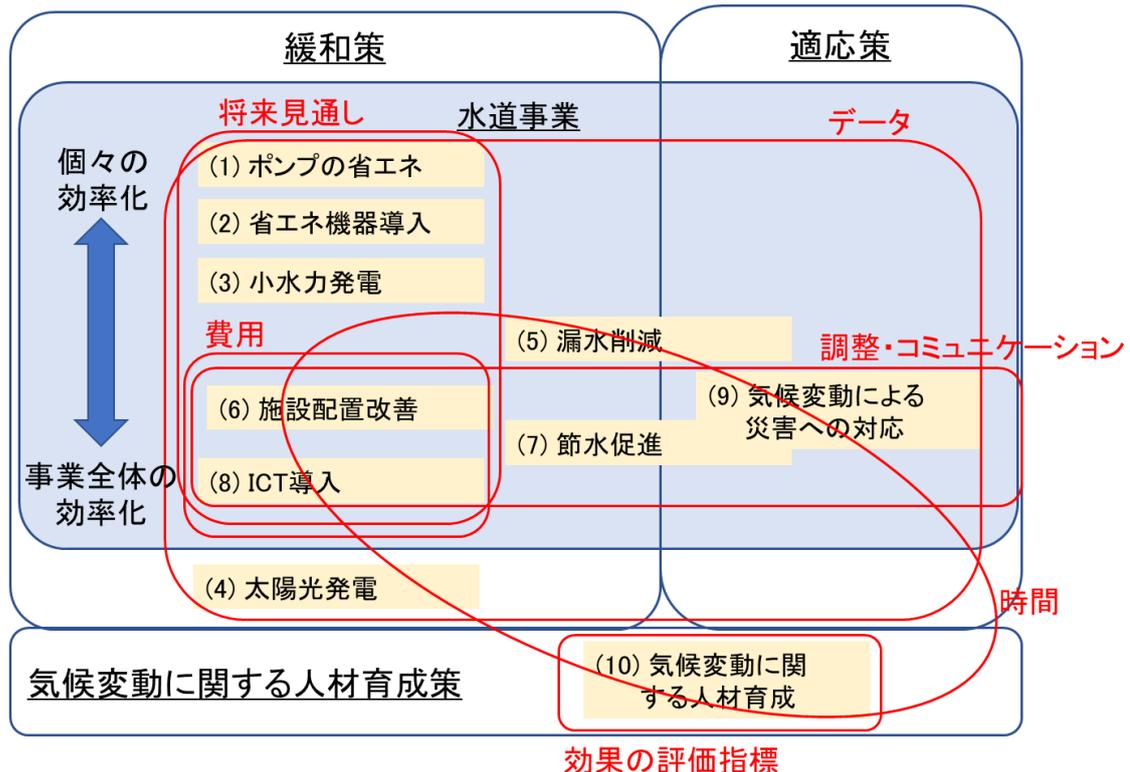


図 5 水道分野の取組の気候変動対策としての位置づけと重要な要素

図 5 に、表 29 に挙げた取組の気候変動対策としての位置づけを示す。気候変動に関する人材育成策は、緩和策及び適応策を効果的に実施するための基盤と位置付けられる。図中赤字で示した、それぞれの取組を実施する際に重要と考えられる要素を以下に整理する。

【実施に際し重要な要素】

- (1)～(9)について：エネルギー効率化のためには精度の高いデータ取得が必要である（配水管網への圧力、各施設の使用電力量、取水から導水、浄水、送配水過程におけるエネルギー使用量、季節・気象条件・時間等により変化する配水運用実績等）。データ整理の取組の積極的な導入が、効果的な施策の実施につながる。
- (6)について：位置エネルギーの有効利用のためには、配水ブロックの変更、取水地点、浄水場及び配水池の移転、新設の可能性を含む総合的で長期的な計画が必要となるため単独

の国際協力の実施期間のみでは困難かつ多額の費用が必要である。自然流下システムへの移行の方針を踏襲した継続的な取組が求められる。

- (6)～(9)について：対象事業体の事業主体が実施する他の事業、あるいは他ドナーの実施する国際協力事業との間で、基本的な考え方が異なると実施が困難あるいは効果が限定的となるため、考え方の浸透、調整が必要である。
- (5)(6)(7)(9)(10)について：意識や行動変容の必要性や、長期的な計画の必要性等、施策の実施もしくは効果の確認に長期の時間を要する。ただし、(5)漏水、(7)節水は数年単位の短期でも成果が出ている例がある。
- (10)について：安定的な水供給と気候変動対策を両立させる施策とするための長期的な視野からの計画立案と、実施のための調整等が可能な能力を有する人材が必要である。気候変動対策全般を支える施策であるが、対象国の事情に影響を受ける可能性があるとともに、数値指標として効果が測りにくい。長期的な取組とその評価の検討が求められる。

6-3 国際協力に携わる水道事業関係者への提案と提言

水道分野の国際協力は、安全で安価な飲料水の供給の課題及び被援助国の水道の自立的な発展に資するものであることを目的としているが、同時に、気候変動影響にも対応するものであることが求められている。本調査結果を踏まえ、気候変動影響に対応する我が国の今後の水道事業分野の国際協力活動について、気候変動対策としての評価の視点を提案し、国際協力に携わる国内水道事業関係者が協力活動を実施する際に念頭に置いておくべき事項をまとめる。

【水道分野における気候変動対策としての評価の視点の提案】

本調査では、実施された水道事業分野の国際協力案件の報告書をもとに、気候変動対策効果の持続性、維持管理の持続性の観点及び費用対効果の観点からの評価を試みた。今後の国際協力において気候変動影響への対策を考慮した水供給課題の解決策を提供するにあたり、最も適した施策の検討に資する情報とするために、実施する施策の評価方法として今後取り入れるべき視点を考察した結果を以下に整理する。求める視点を明らかにすることで、国際協力の対象地域に対して必要な施策の選択や適切な目標設定につながると考えられる。

また、実施に適した条件、実施の際に注意を要した点、影響を受けた事項等については、新規に施策を実施する際においても制限要因となる可能性があるため、評価の視点の一つとして挙げる。

- **気候変動緩和策としての効果**：GHGs 排出低減幅の大きさ。将来的にはライフサイクル全体からみた GHGs 排出量から評価することになると推察される。
- **効果の持続性**：GHGs 排出低減幅の大小に関わらず、その施策自体が継続されるかどうか。導入した機器の部品の長期的な供給も重要な因子となる。施策の継続により効果が持続する。
- **移転可能性**：施策の他国・他地域への適用しやすさ。

- **気候変動対策としての投資効果**：投資額に対する、GHGs 排出低減効果。効果の持続性を加味して評価する。
- **相乗効果**：水供給に係る課題解決の効果と気候変動対策の相乗効果。人材育成など、他の社会課題解決の効果。
- **実施に適した条件**：事業体規模、気候、水源、電力構成や安定性等の条件、適していると考えられる国や地域等。
- **注意すべき事項等**：対象国の規制の動向、水需要の変動、近隣事業体の動向、影響があるもしくは調整が必要な他の施策、気候変動に関する国際的な考え方・規則や規制の動向等。

【気候変動影響に対応する水道分野の国際協力の実施の際に意識すべき事項】

- **資金調達と経済状況**：途上国においては資金不足が常に問題となっており、基本的なニーズである水道の普及が優先され、どこまで追加して気候変動対策に取り組むかが課題となることが多い。気候変動の影響によると考えられる干ばつや洪水の頻度増大等、水道事業の継続に直接関わる課題が生じており、気候変動への適応策は優先して取り組むべきとの認識があるが、緩和策についてはコスト面でのメリットの有無が判断基準と考えられる。相手途上国の経済状況によっても取組可能な対策のレベルは異なるため、経済状況に合わせた取組を検討する必要がある。
- **カーボンプライシング**：現時点では、カーボンニュートラルに資する省エネルギーのための施策は省コストにつながるため、経済合理性に適う範囲で実施するという姿勢の事業体も多いと推察されるが、カーボンプライシングのような施策の導入が見込まれるため、施設整備の際に将来のエネルギーコスト高騰の可能性も踏まえた事業計画が必要となる。炭素税及び排出量取引価格がキーファクターとなり、その動向により収益性は大きく変わる。
- **脱炭素に向けた目標設定、環境負荷の評価・開示**：ESG 投資を含む ESG 金融の進展に伴い、グローバル企業を中心に、気候変動に対応した経営戦略の開示（気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD））や、脱炭素に向けた目標の設定（SBT・RE100等）が国際的に拡大している。TCFD は全ての企業に対し、自社の気候関連リスク・機会を評価して経営戦略・リスク管理に反映し、その財務上の影響を開示することを求めている。自然環境への影響についても同様の動きがあり（自然関連財務情報開示タスクフォース（TNFD））、水に関するガイドラインができ始めている。RE100 は企業の、遅くとも 2050 年までに事業活動で消費するエネルギーを 100%再生可能エネルギーで調達するという目標及びその認定を行うイニシアティブである。世界の潮流として、気候変動リスクに対し、各企業など事業主体の環境負荷、またサプライチェーンにおける製品の環境負荷を評価し開示する必要が生じている。水道事業においても、将来的に脱炭素に向けた目標の設定、環境負荷の評価・開示が求められる可能性がある。

- **工業用水のカーボンニュートラル**：EU ではサプライチェーンにおける環境への影響を評価し対処することを義務付ける規則を含む法案が 2022 年 2 月に採択されており⁵⁴、製品の生産段階の環境負荷が各製品及び企業の ESG 投資にも影響するような制度が動き出す段階にある。水の視点から考えれば、例えば、生産段階で使用した水がどの程度温暖化に悪影響を及ぼす電気を使用して作られたかによって最終製品の環境負荷が変わる。国際的な枠組みから説明責任が求められていることから、将来的にカーボンニュートラルな工業用水提供が求められる可能性があり、途上国においても、これらの動きに対応できなければ EU に対し製品が輸出できなくなる懸念もある⁵⁵。国際協力を実施する対象国においても、水の環境負荷が、その水を使用して生産された製品の扱われ方に影響を及ぼすという視点を持つ必要がある。
- **素材・資機材のカーボンニュートラル**：水道事業においても素材・資機材、マテリアルフローからみたカーボンニュートラルが今後必要になることが予想される。交換頻度の高い機器等の場合、次の交換時にはカーボンニュートラルの時代に入っていることも考えられる。それによる調達難化等、変化の可能性を考えておく必要がある。先進国でも水道事業においてそこまでの視点で戦略を立てている事例は確認できていない。計画立案時の代替案比較を行う際にも、資機材のライフサイクルでの環境負荷を考慮するなど、これまで以上に気候変動対策としての効果を評価の基準として重視する必要があると考えられる。
- **災害対応事例の海外展開**：近年日本においても豪雨による水道の停止等、大規模な災害が発生しており、水の安定供給に向けて迅速な対応を行っている。これらの経験は海外においても参考となると考えられ、日本での対応・教訓を海外に提供していく視点があってもよい。
- **水質悪化への対応**：国際協力においては水供給が主目的であり、水質改善への取組の判断は難しいが、気候変動の影響によると考えられる水質の悪化及び水源の枯渇が確認されていることから、今後は水質への対応の必要性が高まる。適応策として安定的で安全な水供給の普及に日本の技術を活かしていく。
- **技術の継続・資金回収**：提供した技術が継続的に引き継がれる体制や、資金回収の仕組みの構築についての考察が必要である。指標や KPI を設定したモニタリング等も検討する必要がある。
- **アフターケア・側方支援**：ドナーの技術や製品が正しく理解されていないために維持管理ができず、短い期間で故障するケースや、部品調達が継続してできず故障が放置されるケースも見られるため、継続的なサポートも重要なポイントとなる。アフターケアが可能な代理店の設置や現地技術プロジェクトによる側方支援、人材育成など、きめ細やかな支援は日本の得意分野であると考えられる。

⁵⁴ European Commission https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_1145

⁵⁵ JETRO 欧州委、炭素国境調整メカニズム(CBAM)の設置規則案を発表(2021年7月16日)
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/07/6f6d68c9f585c5b4.html>

- **日本の水道事業体における気候変動対策**：日本の水道事業体においても、災害対応だけでなく、緩和策を含めた気候変動対策を事業体の戦略に位置づける必要がある。国際協力においては、長期的な視野でカーボンニュートラルを達成するため、将来の気候変動予測から起こり得る事象を様々な観点から検討し、複数のシナリオを想定した上で、国際社会の情勢の変化と合わせ、日本の技術・製品の強みを把握し、気候変動対策の展開に活用していくことが求められる。
- **GHGs 排出低減技術・製品の開発**：水道業界における製品の環境負荷低減策の事例としては、バルブの工場再生を用いた運用システム（株式会社森田鉄工所）⁵⁶、セラミック膜の再利用（メタウォーター株式会社）⁵⁷といったリユースの取組がある。国際市場で競争力を有するためには、企業規模に関わらず、国際的な脱炭素の潮流に対応し水生産におけるさらなる脱炭素の取組を広げ、世界基準を意識した技術・製品の開発が必要である。
- **最新技術・製品の海外展開**：水道業界各社では、予防保全、資源の再利用、省エネ・GHGs 削減等の観点から様々な技術開発が進められ、国内の水道事業体に適用されている。国際協力においても日本の技術・製品の気候変動対策への活用が期待される。

⁵⁶ JWRC「水道施設の点検を含む維持・修繕に関する新技術事例集(Aqua-LIST)」

<http://www.jwrc-net.or.jp/chousa-kenkyuu/a-list/list.html>

株式会社森田鉄工所 <http://www.jwrc-net.or.jp/chousa-kenkyuu/a-list/21-015.pdf>

⁵⁷ メタウォーター2022 名古屋水道展出典資料 <https://suidoten.jp/2022/product/mv219/>

厚生労働省委託事業

令和4年度

水道分野の国際協力検討事業

気候変動影響への対策としての国際協力について

報告書

資料編

令和5年3月

公益社団法人 国際厚生事業団
Japan International Corporation of Welfare Services
JICWELS

目次

資料 1	各案件の概要	1
(1)	無償資金協力「ヨルダン国ザイ給水システム改良計画」	1
(2)	無償資金協力「ヨルダン国上水道エネルギー効率改善計画」	4
(3)	無償資金協力「カンボジア国太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」	8
(4)	無償資金協力「ホンジュラス国テグシガルパ市内給水施設小水力発電導入計画」	12
(5)	無償資金協力「マーシャル諸島マジユロ環礁貯水池整備計画」	17
(6)	民間技術普及促進事業「ベトナム国給水装置施工技術普及促進事業」	19
(7)	中小企業海外展開支援事業「インドネシア国樹脂管(PVC管・PE管等)に特化した漏水探知器を使用した無収水削減対策及び配水管維持管理の普及・実証事業」	21
(8)	無償資金協力「パラグアイ国ビジャ・アジェス市給水システム改善計画」	23
(9)	無償資金協力「ネパール国ポカラ上水道改善計画」	27
(10)	無償資金協力「エチオピア国オロミア州小都市給水施設整備計画」	30
資料 2	現地調査資料	34
(1)	PPWSA 質問票回答	34
(2)	MISTI 質問票回答	37
資料 3	現地調査の概要	40
資料 4	他国の水道事業者による水道分野の気候変動影響に対応する取組事例	44
1	調査方法	44
2	取組事例の整理	44
(1)	英国の事例	45
(2)	オーストラリア・ニュージーランドの事例	50
(3)	フランスの事例	54
(4)	米国の事例	55
3	まとめ	58

資料1 各案件の概要

(1)～(10)の各案件について、案件の概要、緩和策・適応策としての効果及びその検討に用いた資料を示す。各案件の報告書から抜粋した表には、本調査における表番号は付記しない。

(1) 無償資金協力「ヨルダン国ザイ給水システム改良計画」

表1-1 案件概要((1)ヨルダン・ザイ)

項目	内容
国名	ヨルダン・ハシェミット王国(以下ヨルダン)
案件名	ザイ給水システム改良計画
援助形態	無償資金協力
協力金額	供与限度額23.79億円
協力期間	2021年1月～2024年5月予定 (調印式)2021年6月15日、(完工予定)2023年5月31日
実施機関	事業実施機関:水・灌漑省水道庁(Water Authority of Jordan, Ministry of Water and Irrigation) 運営・維持管理機関:ミヤフナ水道公社(Miyahuna Water Company)
日本側 協力機関	豊田通商と株式会社 荏原製作所によるコンソーシアム
目的	アンマン都市圏及びバルカ県への給水を支えるザイ給水システムにおいて、劣化した設備及び機材を更新・改良することで、運転効率の改善と運転費用の削減等を実現し、安定給水を図り、ヨルダンの自立的・持続的な経済成長の後押しに寄与する。
課題・ 地域性	<ul style="list-style-type: none"> 限られた水資源に対し人口増加・難民流入により水需要が増加し供給不足となっている 地下水の水質に問題がある 本システムによる給水量はアンマン都市圏全体の約30%に相当し、約40%を占める地下水の希釈にも利用されているため、アンマン都市圏全体の給水量の約70%を支えており、システム停止の影響が大きい 設備の老朽化、特にポンプの劣化が著しい 取水地点から最終配水池までの高低差が大きく各ポンプの揚程が大きい ポンプ効率の低下による電力消費量の増大(ヨルダン全国の発電量の15%を消費) 電力費の増大(営業支出に占める電力費の割合約33%)
実施事項	<ul style="list-style-type: none"> 設備・機材(取水・導水・送水ポンプ、モーター、バルブ、トラベリングスクリーン、吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板)を更新 更新効果の高さで優先順位を決定し、ポンプ場の大きさの制限、原水中の粒子・高い塩化物イオン濃度、揚程の高さ等を勘案して材質・形状を選定した。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ODA見える化サイト:https://www.jica.go.jp/oda/project/2060330/index.html 外務省報道発表(2021年1月19日):https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press6_000731.html 外務省ODA政策評価法に基づく事前評価書(2021年1月21日): https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/press/shiryo/page24_000065.html 準備調査報告書(先行公開版)(2020年8月):https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12361317_01.pdf~03.pdf 事業事前評価表:https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2020_2060330_1_s.pdf 豊田通商株式会社プレスルーム: https://www.toyota-tsusho.com/press/detail/210701_004857.html

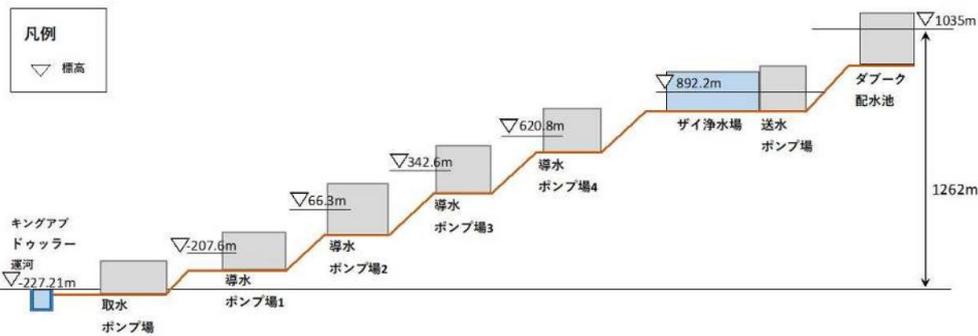


図1-1 ザイ給水システム 高低差模式図

表1-2 緩和策としての効果((1)ヨルダン・ザイ)
(基準値:2019年実績値、目標値:2026年(事業完成3年後))

項目	内容	
条件	水量	年間揚水量66,000,000m ³ /年以上 (予防的に水量低下を防ぐ目的で設定する指標とし、2015年から2019年の最低実績値を元に設定)
	ポンプの仕様	下表
	稼働時間	ポンプ稼働率68.8%(過去の運転データより)
	ポンプ効率	規定ポンプ効率は83~84%。ポンプ効率の裕度は-3%となっているため、更新後規定するポンプ効率より3%下回ると仮定する。ポンプ効率とモーター効率を掛け合わせた総合効率を用いて電力費を算出する。
定量的効果	単位水量当たり電力量	5.10kWh/m ³ から4.91kWh/m ³ に改善。
	電力費削減額	6機場合計で年間1.54百万JOD(=約2.4億円)。 (電力費単価0.126JOD/kWh、日本円-ヨルダンディナール交換レートを153.36円/JODとして計算)
	GHGs排出削減量	6.97kt-CO ₂ 以上/年* (191.97kt-CO ₂ /年*から185kt-CO ₂ /年*以下へ削減。)
定性的効果	基幹施設の更新による首都アンマン都市圏への持続的安定給水の実現。	

※元報告書では単位間違え(kとMを取り違え)と判断し数値を1/1000にした。(6.97Mt→6.97kt)

【算出根拠等】

更新機材の仕様と数量

施設名	ポンプ型式	ポンプ容量	ポンプ全揚程	回転速度	モーター出力	規定ポンプ効率※	設置台数
		m ³ /min	m	min ⁻¹	kW	%	
取水ポンプ場(IPS)	縦軸斜流	43.8	30	990	280	83	3
	モーター	280kWx6Px0.4kVx50Hz					
導水ポンプ場(PS1~PS4)	横軸渦巻	43.5	300~314	1490	3200~3500	83	12
	モーター	3200~3500kWx4Px6.6kVx50Hz(保護形式:IP24)					
送水ポンプ場(PS5)	横軸渦巻	42.9	195	1490	1800	84	3
	モーター	1800kWx4Px6.6kVx50Hz(保護形式:IP24)					

※規定ポンプ効率より3%下回っても可とする。

●年間当たりのGHGs排出量算出

NEPCOによる年次報告 2017 (Annual Report 2017) より発電方式別の発電量を抽出し、IPCC 2006年ガイドライン第2巻エネルギー (IPCC 2006 Guideline: Volume 2 Energy) から必要な数値データを参照し、JICAによる定量化手法シートを活用して電力CO₂排出係数 (CEF) を計算した (0.5771t-CO₂/MWh)。本事業の実施によって減じられる各PSの年間CO₂排出量は合計で7.06kt-CO₂*の削減効果が期待でき、本事業の完工3年後には2019年の実績値である191.97kt-CO₂/年*から185kt-CO₂/年*以下に減少することが示された。

現状の年間電力量332,646,365 (kWh/year) × 電力CO₂排出係数0.5771 (t-CO₂/MWh)
=191.97 (kt-CO₂/year) *

各ポンプステーション(PS)におけるGHGs削減量

ポンプステーション	IPS	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	Total
更新後の電力削減量 (MWh/year)	1.15	1.18	-0.09	2.33	3.91	3.76	12.24
GHG 削減量 (Mt-CO ₂ /year)	0.66	0.68	-0.05	1.34	2.26	2.17	7.06

※単位間違え(kとMを取り違え)と判断し数値を1/1000にした。(Mt→kt)

【課題や改善の方向に関する仮説】

ポンプが必須の地形であり、ポンプ揚程も大きいため、ポンプ効率の向上が緩和策として効果的であるとともに、水道事業体の経営改善に対しても大きく寄与する。

設備・機材 (取水・導水・送水ポンプ、モーター、バルブ、トラベリングスクリーン、吐出ヘッダー管エンドパイプ鏡板) の整備・更新にあたり、更新効果の高さで優先順位を決定し、ポンプ場の大きさの制限、原水中の粒子・高い塩化物イオン濃度、揚程の高さ等を勘案して材質・形状を選定した。

調達される機材は既存機材の更新であることから、使用にあたって相手国側に十分な技術力があるため、ソフトコンポーネントは投入しない。O/Mマニュアルは作成する。

気候変動リスクに対する評価は、「将来的な気候変動 (降雨量の減少による水不足)」、「水道事業体の運営状況」に対する脆弱性が中程度、「代替水源の利用可能量及び水質の状況」に対する脆弱性が高い。ザイ給水システムはアンマン県の主要な給水源の一つであり、これを代替できる水源を確保することは現実的に極めて困難と言える。本事業の実施によって給水量及び水質の低下を未然に防ぐことが非常に重要となる。

(2) 無償資金協力「ヨルダン国上水道エネルギー効率改善計画」

表1-3 案件概要((2)ヨルダン・ザルカ)

項目	内容
国名	ヨルダン・ハシェミット王国(以下ヨルダン)
案件名	上水道エネルギー効率改善計画
援助形態	無償資金協力
協力金額	供与限度額11.32億円
協力期間	事業全体 2010年2月～2015年11月 (贈与契約締結)2010年2月・2013年10月(修正)～(事業完成)2014年2月
実施機関	ヨルダン水道庁(Water Authority of Jordan: WAJ)
日本側 協力機関	本体:株式会社クボタ(日本)、Emar Jordan Building Materials(ヨルダン)、大日本土木株式会社(日本) コンサルタント:株式会社協和コンサルタンツ
目的	ザルカ県の対象地区においてポンプ設備、送配水管機材の調達、据付・敷設とポンプ設備の運転・維持管理指導及び送水システムの運営指導にかかる技術支援を行うことにより、送配水に係る消費エネルギー消費節減を通じたCO ₂ の排出量の削減(緩和策)と同時に、対象地域での送配水の安定化(適応策)を図る。
課題・ 地域性	降水量の不足等慢性的な水資源の不足。 ポンプの老朽化や不適切な維持管理による故障の頻発や送配水能力の低下(一人当たり給水量は約140L/日)。 地形上多くのポンプを使用しなければならない。 非効率なポンプの運転により電力消費量が増大する。 電力費の割合が6割～7割と高く、かつ増加傾向。 電気料金水準の上昇。
実施事項	給水圧の均等化及び漏水量の削減を実現する。 8つの配水区の設定と配水池を基点とした自然流下システムを整備。 主要な送水ポンプ設備の更新。 流量計の整備による流量管理体制の整備。 送水管及び配水管網資機材の調達による配水圧の適正化や漏水削減。 実施機関WAJに対する技術支援(送水ポンプ設備の運転・維持管理指導、送水システムの運用管理に関するソフトコンポーネント)。
資料	・ODA見える化サイト: https://www.jica.go.jp/oda/project/0961580/index.html ・準備調査報告書(2009年11月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/11969540_01.pdf~03.pdf ・2019年度 外部事後評価報告書: https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2019_0961580_4_f.pdf

表1-4 緩和策としての効果((2)ヨルダン・ザルカ)
(基準値:2009年実績値、目標値:2015年(計画完成3年後))

項目	内容	
条件	水量	計画流量(2008年の各井戸群の生産量、ハウポンプ場への送水量データを元に設定。協力対象のポンプ場の送水先は検討した水配分に直接関係しないため、計画送水量は既存水源の生産量に基づいて決定される。)
	ポンプの仕様	下表
	稼働時間	アズラックポンプ場で稼働時間増加(具体的な数値の記載はなし)。
	ポンプ効率	65～68%

項目		内容
	ポンプ設備の運用方針	1)既設ポンプとの併用運転の禁止 2)現地の送電方式を踏まえた効率的な受電方式 3)台数制御・運転時間の調整による運転
定量的効果	単位水量当たり電力量(電力原単位)	送水ポンプの更新に係る効果は、 アズラックポンプ場(ハウ配水池) 1.88kWh/m ³ から1.58kWh/m ³ に改善。 ハラバットポンプ場(ハウ配水池) 0.62kWh/m ³ から0.52kWh/m ³ に改善。 ハラバットポンプ場(ハラバット村) 1.20kWh/m ³ から0.63kWh/m ³ に改善。 ザルカポンプ場(バトラウイ配水池) 0.78kWh/m ³ から0.40kWh/m ³ に改善。
	電力使用削減量	年間8,687MWh
	電力費削減額	年間374,000JOD(計画実施前における対象ポンプ場の総電力費の約18%) (プロジェクト実施前(2009年)の水道用電気料金0.043JOD/kWhで試算)
	GHGs 排出削減量	5,386t-CO ₂ /年(8,687MWh/年×0.62kg-CO ₂ /kWh)
	送水能力	1,900,000m ³ /年増加
定性的効果		技術支援による実施機関職員的能力強化。 排水施設の故障・送水の中絶の軽減。 配水池への送水量増加により配水量が増加し、配水地区の給水状況が改善。 流量の正確な把握による送水量・漏水量の管理、ポンプ運転状況の診断。 配水圧の適正化、漏水削減による水資源の効率的な活用。

【算出根拠等】

資機材調達の概要

用途	資機材の分類			ロット番号
	ポンプ設備	送配水管資材	流量計、流量調整弁	
主要井戸水源からの送水	アズラックポンプ場			
	変圧器 11kV/6.6kV、6000kVA、2台 片吸込多段渦巻ポンプ 5式(内予備1) 吐出力 425 m ³ /時/台、揚程 360 m 空気弁、φ4"、1個 送水管 鋼管 40m	ハウ向け送水管の空気弁、φ42" 40個	流量計 3式 ・配水池流入部(2) ・ポンプ場流出部(1) 流量調整弁 1式	1
	ハラバットポンプ場			
【ハウ向け】 変圧器 33kV/400V 1000kVA、1台 片吸込多段渦巻ポンプ 2式(内予備1) 吐出力 500 m ³ /時/台、揚程 135 m 送水分離弁 1個	ハウ向け送水管の空気弁、φ4" 15個	流量計 4式 ・配水池流入部(2) ・ポンプ場流出部(1) 流量調整弁 1式		
	【ハラバット村向け】 片吸込多段渦巻ポンプ 2式 吐出力 150 m ³ /時/台、揚程 150 m	—	流量計 1式 ・ポンプ場流出部(1) 流量調整弁 1式	
バトラウイ配水池向け送水	ザルカポンプ場			
	片吸込多段渦巻ポンプ 3式(内予備1) 吐出力 400 m ³ /時/台、揚程 90 m	バトラウイ向け送水管 φ600、L=約2km (バルブ類含む)	流量計 1式 ・ポンプ場流出部(1) 流量調整弁 1式	1
ハウ新ポンプ場				
	ポンプ周りバルブ 4式 (仕切弁、逆止弁、バタフライ弁)	—	流量計 1式 ・配水池流入部(2) ・ポンプ場流出部(1) 流量調整弁 1式	
ザルカ地区送配水管網資材	—	—	流量計 2式 ・南部送水管(2)	2
	—	配水管網内仕切弁、 φ4"～φ24"、343個 空気弁、φ2"、15個	—	

送水ポンプの更新に係る効果指標

ポンプ場	送水先	通常 運転台数	既存ポンプ		更新ポンプ	
			運転 効率	電力 原単位	運転効率 (更新/既存)	電力原単位 (更新/既存)
			(%)	(kWh/m ³)	(%)	(kWh/m ³)
アズラック	ハウ配水池	4	57	1.88	68(119%)	1.58(83.6%)
ハラバット	ハウ配水池	1	57	0.62	68(119%)	0.52(83.8%)
ハラバット	ハラバット村	2	34	1.20	65(191%)	0.63(52.5%)
ザルカ	パトラウイ配水池	2	50	0.78	68(136%)	0.40(51.3%)

既存の状態と更新後で流量が異なる、配水先が変更されるなど条件が異なる場合には、ベースラインデータの実績値を用いてプロジェクトの成果を判断することはできない。そのため、アズラックポンプ場は既存のポンプを継続使用して設計流量を送水する場合を想定して算出、ザルカポンプ場は使用電力量の実績とポンプ効率の推定値を元に設定している。

協力対象事業のPDM

プロジェクトの要約	指標	指標データ入手手段	外部条件
上位目標 1. 送配水システムの適正化により消費エネルギーを削減し、気候変動の緩和に資する。 2. 気候変動に起因する降雨量の減少と飲料水確保の困難化に適応する。	1. 二酸化炭素(CO ₂)排出量 2. 給水原単位	使用電力量記録	電力が問題なく供給される。
プロジェクト目標 1. 送配水に係る消費エネルギーが削減される(緩和策)。 2. 対象地域への送配水が安定化する(適応策)。	1. 計画流量換算でポンプ運転の電力消費量が年間8,687MWh削減する。 2-1. ザルカ地域に対する送水量が年間1,900千m ³ 増加する。 2-2. 効率的な送配水システムが構築される。	1. 使用電力量記録 2. 送配水量記録	WAJが送水施設の適正な運転・維持管理を行う。
成果 1. ポンプ設備のエネルギー消費効率が改善する。 2. 対象地域の送配水システムの効率が改善する。	1. 対象ポンプ場のポンプ設備単位送水量当りの消費電力量(電力原単位)が低減する。 2-1. 対象ポンプ場の流入量及び吐出量が的確に把握され、適切な送配水管理が実施される。 2-2. ザルカポンプ場とパトラウイ配水池間の送水方法が改善する。 2-3. 配水管網が適切に運転維持管理される。	使用電力量記録 送配水量記録 施設運転記録	・WAJが新ザルカポンプ場を2010年度内に建設する ・日本側が調達した資機材(送水管、バルブ、空気弁)をWAJ側が据付ける。 ・技術支援(運用指導、ソフトコンポーネント)における技術指導の参加者が技術指導を受ける。

【課題や改善の方向に関する仮説】

●自然流下方式を前提とする

- ザルカ地域の上水道システムの改善計画については、既にJICAが策定したマスタープランで自然流下方式のシステムとすることを整備方針とし、二次にわたり無償資金協力が実施されている¹。これらの支援による送配水基幹施設の整備により、市内の大部分はポンプによる直接配水から自然流下による配水へ切り替えられる予定である。

¹ 無償資金協力「ザルカ地区上水道施設改善計画」

- ・これまで整備された基幹水道施設を最大限に活用し、自然流下による効率的なシステムへの移行を進めることに加えて、送配水に伴うエネルギー消費の節減と送水の安定化を図る。

整備方針	<ul style="list-style-type: none"> ・「公平な給水と無収水量の削減」を目的とする。 ・上記の目的を達成するために、「給水圧の均等化及び漏水量の削減」を実現する。 ・8つの配水区の設定と配水池を基点とした自然流下システムを整備する。
基本方針	<ol style="list-style-type: none"> 1) 配水地区内への直接圧送を目的とするポンプの調達を行わない。自然流下システムへの移行とは関連がなく、エネルギー効率の改善が期待できるポンプについては調査対象に含めた。 2) 配水管網内設置のための要請のバルブや流量計については、自然流下システムを前提として仕様を決定する。配水地区内への直接圧送を目的とする配水ポンプ場の交換用バルブの調達は行わない。

●送配水計画において水量配分のシナリオを設定する

- ・現在ポンプ直送が行われている配水地区において自然流下システムへ移行するための準備として、ザルカ地区の水配分計画及び自然流下移行後の配水不良地区への配水計画を策定する必要がある。
- ・ポンプ施設におけるエネルギー改善策の前提として、水量配分のシナリオを設定することが必要である。ザルカ地域へ利用可能な水量はミヤフナとの協定で定められたアンマンへの送水量、最低500m³/時を除いた量となる。
- ・水道計画として現実的で、日本側が整備した配水池や管路を最大限活用できるものであること、かつ技術的観点や将来の水資源開発の進展可能性等から判断する。送水シナリオは、ザルカ北部地域への給水量を優先的に満足させる考え方を採用する。

【気候変動対策効果の持続性評価】（事後評価報告書より）

●定量的効果及び運用の持続性

項目	実績値年度	実績値と目標値(2015年)との比較	理由
運転効率	2018	同等	
電力原単位	2018	アズラックポンプ場：1.58kWh/m ³ から1.48kWh/m ³ に改善。 ハラバットポンプ場(ハウ配水地向け)：0.52kWh/m ³ から0.50kWh/m ³ に改善。	アズラックポンプ場の電力原単位の改善は、事業改善後にWAJの自己資金により井戸設備の電力系統の改修工事が行われ、既存の11kVから33kVに更新されたことが主な要因。
電気料金の削減額	2019	374,000JODから999,000JOD以上に増加。	事業開始前と事後評価時の電気料金水準の変化という外部要因による。直近10年間において、電気料金水準は複数回改定されて上昇しており、電力単価は、事業開始前(2009年)は0.043JOD/kWhだったものが、事後評価時(2019年末)には0.115JOD/kWhとなっている。
電力使用削減量	2019	同等以上	

項目	実績値 年度	実績値と目標値(2015年)との比較	理由
GHGs排出削減量	2019	同等以上	
運営・維持管理	2019	体制、技術、財務面で問題ないことが確認された。	<ul style="list-style-type: none"> ・日常点検、月例点検、年間点検が実施されている。 ・スペアパーツの保管・調達状況も問題ない。 ・勤務体系は24時間体制・3交代制で、トラブル発生時に対応する体制が敷かれている。

(3) 無償資金協力「カンボジア国太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」

表1-5 案件概要((3)カンボジア)

項目	内容
国名	カンボジア
案件名	太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画
援助形態	無償資金協力
協力金額	供与限度額7.2億円
協力期間	(贈与契約締結)2010年3月18日～(事業完了)2013年6月20日(調達機材納品日)
実施機関	プノンペン水道公社(PPWSA): 運転・維持管理を実施
責任機関	鉱工業エネルギー省(MIME、現MISTI): 助言を行う
関連機関	カンボジア電力公社(EDC): 助言を行う
日本側 協力機関	本体: 丸紅株式会社 コンサルタント: 株式会社ニュージェック
目的	プノンペン都プンプレック浄水場において、太陽光発電機器の調達及び技術者育成支援を行うことにより、発電能力強化、エネルギー源の多様化、再生可能エネルギー利用に関するカンボジア国民及び政策決定者の意識啓発を図り、もって気候変動対策に係る先進国及び途上国の取組を促進する日本のイニシアティブを示すことに寄与することを目的とする。
課題・ 地域性	<ul style="list-style-type: none"> ・貧困層の多さ(2007年時点で全人口の30.1%、地方農村人口の34.7%)。 ・2000年以降の電力需要の急増と発電量不足。 ・輸入に頼る化石燃料主体の発電設備。 ・高い電力料金。 ・低い世帯電化率(2009年時点で20%)。 ・低い再生可能エネルギー比率。 ・水生産コストに占める電気料金コストの高さ(2008年時点で約80%)。
カンボジア 政府の目標	<ul style="list-style-type: none"> ・貧困削減(再生可能エネルギーによる地方殿下を通じた地方経済の発展)。 ・系統連系及び太陽光、バイオマス、小水力といった再生可能エネルギー技術の導入を通して、2030年までに世帯電化率を70%とする。 ・カンボジアの地方電化計画(農村電化)では2020年時点で再生可能エネルギーによる電化を40%と計画。

項目	内容
実施事項	<ul style="list-style-type: none"> ・プンプレック浄水場に488kWの太陽光発電システムを設置。 配水池屋上2か所、薬注棟屋上1か所。 太陽光発電システムは系統連系し、バッテリーは装備しない。 系統停電時は太陽光発電システムも運転を停止し、単独運転は行わない。 ・付帯設備の調達と据付工事。 (接続箱、集電箱、パワーコンディショナー、パワーコンディショナーキュービクル、環境計測装置、監視装置及び遠隔監視システム、外部・内部雷対策装置、太陽電池モジュール用架台、モジュール用架台基礎及びキュービクル基礎、系統接続箱、表示装置、ケーブル敷設) ・配水池屋上全面防水工事。 ・発電設備の維持管理に必要な予備品等(第1回本格点検まで)及び工具類の調達。 ・運転保守マニュアル(OJT用教材を含む)の調達と運転保守ガイダンスの実施。 ・運転・維持管理技術、太陽光発電の知識と技術に関するトレーニングプログラムを実施。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ・ODA見える化サイト: https://www.jica.go.jp/oda/project/0962090/index.html ・準備調査報告書(2011年2月): https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12015525_01.pdf~04.pdf ・案件別事後評価: https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2016_0962090_4_f.pdf ・JETROカンボジアの太陽光発電推進についてのレポート(参考資料): https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2021/0401/27e294db3f095481.html

表1-6 緩和策としての効果((3)カンボジア)
(基準値:2012年、目標値:2015年(事業完了3年後))

項目	内容	
条件	定格容量	488kWp(太陽光パネル2,328枚)(210Wp×2,328枚)
	パネルの種類	設置面積の制約がある中で所定の設置容量を確保するため結晶系とする。アレイの入射角は南向きに10°。
	系統との関係等	系統連系型(本邦の系統連系規定を準拠し、本邦規定の適用範囲及び相手国の系統接続基準の適用範囲を明確にする)。 系統事故時の単独運転は認めない。 系統及び浄水場内既設配電設備に影響を与えないよう、事故時には太陽光発電システムを遮断(保護装置)する設計とする。
	設置場所	既存施設の屋上。構造上の安全性を確認するため構造図が存在する施設を対象とする。
	技術	日本で実績のある技術を使用する。
定量的効果	発電端電力量	652MWh/年(期待発電量) (年間電気消費量12,265,400kWhの5.3%)
	電力費削減額	507百万Riel(年間平均電気料金支払額の5.3%) (2007年から2008年の2年間の平均電気料金単価776.8Riel/kWhを使用)
	GHGs 排出削減量	402t-CO ₂ /年 算出根拠:(669-53)g/kWh×653MWh

項目		内容
定性的効果		<ul style="list-style-type: none"> ・発電能力の強化とエネルギー源の多様化(化石燃料への依存度低減)。 ・PPWSAの電力料金負担の削減。 ・現場の運転・維持管理人材が育成され発電設備が適切に運転・維持管理されている(通常の運転・維持管理、事故・故障時の適切な対応、消耗品の交換や必要なスペアパーツ・消耗品の調達)。 ・MIME、EDC、PPWSA職員等の人材が以下の3つの能力を得る。 <ul style="list-style-type: none"> ①太陽光発電システムに係る基礎技術を理解し、同様な案件に知識を活かせるようになる。 ②EDCとの協定等について理解し協定書等を作成できるようになる。 ③新規太陽光発電システム導入に係る人材育成・指導の知識を得て活用できる。 ・PPWSAの経営基盤を強化し、ひいてはプノンペン市民に購入可能な水道水を提供し、市民の保健衛生の増進に寄与する。 ・日本の太陽光発電製品は、効率、寿命、信頼性等の観点から技術的優位性が高く、長期間カンボジアに貢献することになる。

【算出根拠等】

●期待発電量と電力料金削減額

期待発生電力量については、「カンボジア国再生可能エネルギー利用地方電化マスタープラン調査ファイナルレポート第1巻：要約」に記載されている日射量図(図-15)より、月最低値の年平均4.7kWh/m²/dayを用いて試算している²。

免許事業者がEACに電力料金を申請し、承認を受けるシステムとなっている。電力供給は系統毎であり、系統毎に免許事業者がいるため、電力料金は系統毎もしくは地方毎に異なった電力料金となっている。電力料金削減額はEDCによる平均電力料金で算出している。

●CO₂排出削減量

電力中央研究所から公表されている「各種電源別の二酸化炭素排出原単位量」を用いて、その原単位量をEDC2007年発電量に適用し、二酸化炭素排出削減量を試算している。

太陽光発電システムによる二酸化炭素排出削減量

Energy Generation in 2007	Generation Type	Energy Generation MWh	CO ₂ emission		
			by fuel burning (E1) g/kWh	by plant operation (E2) g/kWh	E1 + E2 kg
	HFO	1,105	704	38	819,910
	DO	138	704	38	102,396
	IMPORT	81	0	0	0
	HYDRO	50	0	11	550
	Others	5.1	0	0	0
	Total	1,379			922,856
	Average (kg/MWh)				669
	PV System (488 kW)	653	669	-53	402,248

Source: EDC Annual Report 2007, Table 5, page 26

² カンボジア国再生可能エネルギー利用地方電化マスタープラン調査ファイナルレポート第1巻：要約(図15)
https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11826385_02.pdf

【課題や改善の方向に関する仮説】

●運営・維持管理に対する方針

- ・ 日常の維持管理、不具合の簡易な対応ができる能力を身につけるためのソフトコンポーネントを計画する。
- ・ 長期運用の観点から機材修理・取替え等の維持管理用の必要積立額を協議する。

スペアパーツ等購入費用の積立金

	第2回本格点検まで (7年間)	年平均
パワーコンディショナ (100kW) (第1回本格点検までは不要)	約 1,250 万円	約 179 万円
空調設備を含むその他周辺機器	約 100 万円	約 15 万円
合計(第1回本格点検以降)	約 1,350 万円	約 194 万円

注：前述のとおり、上記費用は部品代のみで、メーカーからの技術者派遣に伴う人件費・旅費等は含まれていない。また、設備の使用環境により大きく異なる可能性がある。

【気候変動対策効果の持続性評価】（事後評価報告書より）

●定量的効果及び運用の持続性

項目	実績値 (2016)	目標値(2015年)との比較	理由
電端発電電力量	1087MWh/年(期待発電量)	大きく上回った	太陽光パネルが予定価格よりも廉価であったため、当初計画の2,328枚(488kWp)を超える3,624枚(777kWp)のパネルが調達された。
電力費削減額	783百万Riel (2014年から2016年の平均電気料金単価720Riel/kWhを使用)	大きく上回った	平均電気料金はわずかに下がったが、発電端電力量が大きく上回った。
GHGs排出削減量	1,115 t-CO ₂ /年	大きく上回った	発電端電力量が大きく上回った。
体制	PPWSA内に太陽光発電維持管理チーム5名が編成されている	3名増員	本事業実施中にPPWSA内に太陽光発電維持管理チームが編成され、ソフトコンポーネントの研修に参加したPPWSAの2名の技術者に本事業完了後に配置された3名を加えた5名でチームが編成されている。システムの通常の維持管理には十分である。
技術	維持管理マニュアルが活用されている	目標通り	PPWSA内の技術職員向け年次研修の研修教材の作成に、本事業が提供した研修教材及びマニュアル類が活用された。本事業が作成した維持管理マニュアルは、主要マニュアルとして日々の業務及び問題解決に活用されている。

項目	実績値 (2016)	目標値(2015 年)との比較	理由
財務	運転・維持管理に必要な年間予算が準備されている	目標通り	予算の主な部分は機器の破損やスペアパーツの調達に対する備えだが、2014年の事業完了以降、部品やモジュールの交換・修理はなく、職員の給与以外に支出はない。大規模な破損及び部品交換が発生した場合は、PPWSA総裁の承認を得て、別枠の予算区分から改修費が措置される。
維持管理	定期点検が厳格に行われている	目標通り	日、週、月、年の定期点検が、本事業が準備した維持管理計画に基づいて厳格に行われている。年間維持管理計画に関しては、電気ケーブルや保護リレーなど数品目の検査を加える形で、PPWSAが改訂を行っている。

定量的効果

指標	基準年 2012年 計画年	目標年 2015年 事業完了3年後	実績値 2014年 事業完了年	実績値 2015年 事業完了1年後	実績値 2016年 事業完了2年後
指標1：送電端発電電力量 (MWh/年)	0	652	1,091	1,132	1,087
指標2：CO ₂ 削減量 (t/年) ¹⁾	0	402	974	1,662	1,115
指標3：電気料金削減額 (百万リエル/年) ²⁾	0	507	786	815	783
補完情報1：稼働している太陽光パネル数 (枚)	0	2,328	3,624	3,624	3,624
補完情報2：発電容量 (kWp)	0	488 ³⁾	777	777	777

出所：本事業準備調査報告書(2011年)、事後評価調査時のPPWSA提供資料(2017年)

1): 太陽光発電によるCO₂削減量は以下の計算式により算出：(発電量) × (燃料燃焼によるCO₂推定排出量 + 発電所運転によるCO₂推定排出量)

2): 電力料金の年間節約額は以下の計算式により算出：(送電端発電電力量) × (EDCによる平均電力料金)。EDCによる平均電力料金は、2015年の目標金額の計算に用いられた平均電力料金が776.8リエル/kWhであったのに対して、2014年から2016年の3年間の実際の平均電力料金は720リエル/kWhであった。

3): 210 Wp × 2,328 枚 = 488 kWp

(4) 無償資金協力「ホンジュラス国テグシガルパ市内給水施設小水力発電導入計画」

表1-7 案件概要((4)ホンジュラス)

項目	内容
国名	ホンジュラス
案件名	テグシガルパ市内給水施設小水力発電導入計画
援助形態	無償資金協力
協力金額	供与限度額9.52億円
協力期間	(贈与計画締結)2013年3月18日～(事業完了)2015年12月15日
実施機関	ホンジュラス上下水道公社(SANAA)
日本側 協力機関	本体：株式会社安藤・間 コンサルタント：株式会社ニュージェック・日本テクノ株式会社 ※タカオカエンジニアリング株式会社が小水力発電設備(水車発電機)の整備を支援
目的	テグシガルパ首都圏の浄水場2か所(コンセプト浄水場及びピカチヨ浄水場)において小水力発電所を建設することにより、再生可能エネルギーの利用促進と当該浄水場の効率的運営(買電量の削減)を図り、もって経済社会開発の向上及びGHGs排出量の削減に寄与する。

項目	内容
課題・地域性	<ul style="list-style-type: none"> 電力セクターの課題: ①火力発電への高い依存度(57%)、②高い送配電ロス(20%以上)、③発電コストを反映しない電力料金体系等。 SANAAの管理する浄水場や地下水くみ上げ用ポンプで消費する電力は年間平均11.7GWh、年間約2百万USDルの電気料金を負担。
実施事項	<p>コンセプション浄水場とピカチヨ浄水場において、設備内の未利用エネルギー(位置エネルギー)を活用した小規模水力発電を行う。両発電所は近傍の ENEE の配電線と系統連系する。</p> <ul style="list-style-type: none"> コンセプション: 既存の曝気装置の直上流に水車・発電機を設置して、上流のコンセプション貯水ダムと発電所地点の導水管落差を利用して発電を行う。管路を新設することにより損失水頭を軽減し有効落差を増す。 ピカチヨ: 浄水場下流の水道配管(L22系統管路)にある減圧弁と並列に水車・発電機を設置し、減圧弁の水圧差を利用して発電を行う。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ODA見える化サイト: https://www.jica.go.jp/oda/project/1260860/index.html 準備調査報告書(2013年3月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/12113650_01.pdf 案件別事後評価(内部評価)評価結果票(2020年10月): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2019_1260860_4_f.pdf タカオカエンジニアリング株式会社(事業内容): http://www.takaoka-eng.co.jp/business/honduras.html

表1-8 緩和策としての効果((4)ホンジュラス)
(基準値:2012年実績値、目標値:2018年(事業完成3年後))

項目	内容	
条件	発生電力量算出のための水量	<ul style="list-style-type: none"> コンセプション発電所の発生電力量は、2006～2011年のダム水位とダムからの取水量の日データを用いて算定した年間平均値である。 ピカチヨ発電所については対象となるL22系統管路の流量記録がないため、現地調査時に測定した流量とSANAAからの間取りによる配水パターン(週3～4日程度の給水時間)に基づいて発生電力量を推定した。
	電力買取価格	2012年度の小水力発電による電力の買取価格0.13695USDル/kWh (再生可能エネルギーのインセンティブ10%が上乗せされている。)
	電力費削減額の算定	発電端電力量より電気料金削減額を算定。電力クレジットとしてSANAAの電気料金支払金額が削減される。
	発電諸元	下表
定量的効果	発電端電力量	1,650MWh/年(コンセプション発電所) 520MWh/年(ピカチヨ発電所)
	電力費削減額	225,967USDル/年(コンセプション発電所) 71,214USDル/年(ピカチヨ発電所)
	GHGs排出削減量	645t-CO ₂ /年(コンセプション発電所) 203t-CO ₂ /年(ピカチヨ発電所) CO ₂ 発生削減係数:391g/kWh
定性的効果	再生可能エネルギーの導入拡大	

【算出根拠等】

ホンジュラス国の電力システムによるCO₂発生削減係数

(単位: grammes CO₂ / kilowatt hour)

	2007	2008	2009	3年間平均
全ての燃料平均	418	409	344	391
燃料油	670	661	627	653

(出典: CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION-Highlight, 2011 Edition, IEA)

【課題や改善の方向に関する仮説】

● コンセプション発電所

- 既設送水管は、ダムから曝気装置までは、上流の3.67km区間は内径1,100mm、下流の2.61km区間は内径900mmの鋼管で、古く延長が長いことため水路の損失が大きい。既設管路から分岐して、下流に内径700mmの管路を約3km新設し、新設管路と両方に送水することで損失水頭を軽減して有効落差を増し、出力を上げ、発生電力量を増加する。
- 年間推定発生電力量は、ダム日水位と損失摩擦水頭より求まる有効落差と日流量より計算する。有効落差が10m以下または、流量が0.6m³/sec以下の場合は、発電不能とし日発生電力量を0とする。水車発電機の総合効率を0.8として計算する。ダム嵩上げ後の2006～2011年（6年間）は1.650GWh/年となる。なお、設備利用率（PF）は68%となっている。

コンセプション発電所の発電諸元

項目		値	備考
流量範囲	Qp	0.6~1.5 m ³ /sec	Qpmin = 0.4Qpmax
最大発電流量	Qpmax	1.5 m ³ /sec	
ダム最高水位	Hmax	1,157.28m	
発電所放水水位	TWL	1,115.22m	
最大総落差	Hg	42.06m	= Hmax - TWL
定格出力時の発電流量	Qp	1.2m ³ /sec	
定格出力時の管路全長の摩擦損失水頭	Hloss	14.6m	ヘーゼン・ウィリアムスの式より算定 既設鋼管 C=90、新設ダクタイル管 C=110
定格出力時の有効落差	He	27.46m	
定格出力	Pt	273kW	水車効率: ηt = 0.845
発電所出力(設備容量)	P	250kW	発電機出力(314kVA)の80%

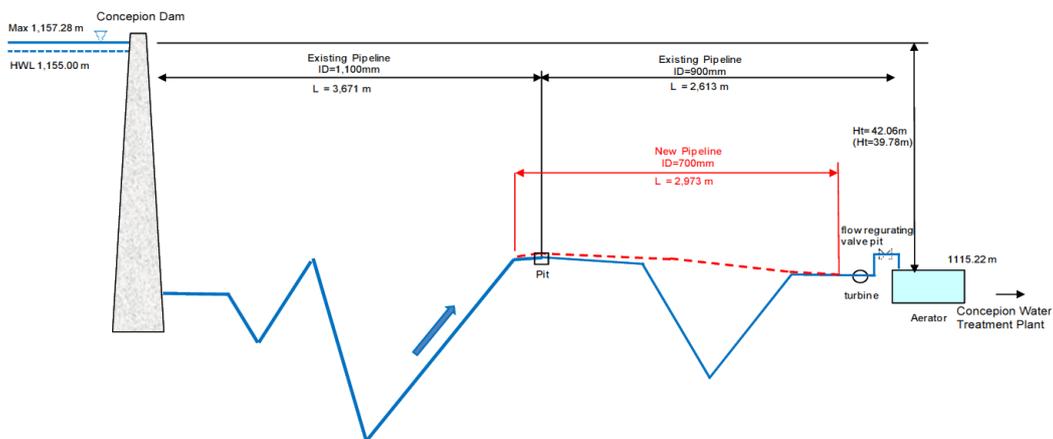


図1-2 コンセプション発電所の概略レイアウト

●ピカチヨ発電所

- ピカチヨ浄水場からの9つの配水系統のうち、L22系統管路（管径400mm）にある減圧弁と水車を並列に設置して発電を行う。減圧弁の下流側で90mの残圧水頭を確保するため、総落差は181.44m（ピカチヨ浄水場水位）－90m＝91.44mとなる。浄水場のマンホールから発電所予定地点までのダクタイル鋳鉄管延長は約300mと短く管径は400mmと大きいので、損失水頭は小さく、有効落差の変動も小さい。
- 発電流量については、発電所設置対象のL22 系統管路における流量測定記録がないため、発電規模検討は、実測流量及び配水計画時の最大配水量（225.54L/sec）を勘案して行う。L22 系統管路の現状の流量は、120～150L/secであるが、L22系統管路はピカチヨ浄水場からの9配水系統の中では最大管径で配水地域も広いことから、今後配水量が増える可能性は十分考えられる。したがって、将来的には、最大配水量225L/sec相当で発電が可能な計画とするのが適切であると判断し、最大発電流量300L/secとして発電諸元をまとめる。
- 実測流量（120L/sec及び150L/sec）とSANAAから聞き取った配水運用実績（雨季は75%相当、乾季は54%相当の時間割合で配水する）より年間推定発生電力量を計算すると0.52GWh/年となる。また、最大配水量相当の225L/secが、乾季に80%及び雨季に60%相当の時間割合で配水すれば0.95GWh/年と推定される。

ピカチヨ発電所の発電諸元

項目		値	備考
流量範囲	Qp	0.12～0.30 m ³ /sec	Qpmin =0.4Qpmax
最大発電流量	Qpmax	0.30 m ³ /sec	
最高水位	Hmax	1,301.44m	
放水位	TWL	1,210.00m	
定格総落差	Hg	91.44m	= Hmax - TWL
定格出力時の流量	Qp	0.30 m ³ /sec	
定格出力時の管路全長の摩擦損失水頭	Hloss	5.28m	ヘーゼン・ウィリアムスの式より算定 既設ダクタイル鋳鉄管 C=110
定格出力時有効落差	He	86.16m	
定格出力	Pt	204kW	水車効率：ηt=0.806
発電所出力（設備容量）	P	180kW	発電機出力（235kVA）の80%

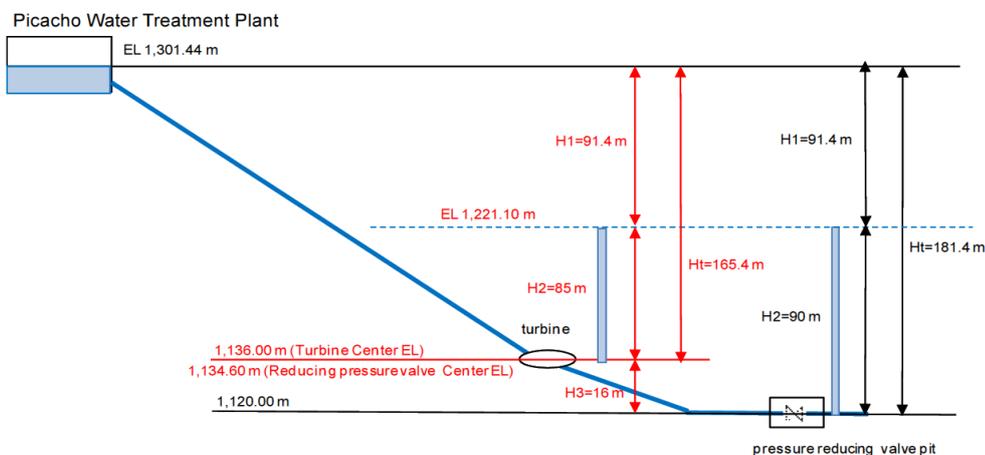


図1-3 ピカチヨ発電所の縦断レイアウト

【気候変動対策効果の持続性評価】（事後評価報告書より）

項目	サイト名	実績値(2019)と目標値(2018)の比較	理由
発電端電力量	コンセプション	目標に達していない	・テグシガルパ市内の人口増加による給水需要の拡大。 ・政府による新規水源開発の遅れによる、コンセプション浄水場の継続的な改善・拡張。 その結果、貯水池からの送水量増加により導水管の摩擦損失が増加、その分有効落差が減少。 給水事業を優先するため、2017年2月以降、コンセプション発電所による発電は停止。
	ピカチヨ	目標に達していない	・気候変動による降雨量の減少によるダム水位の低下 その結果、発電可能な有効落差が確保できない。 ・降雨量不足に起因する給水制限により通水が週1日程度(2020年10月)、発電端電力量は2018年に75.2MWh/年、2019年は126.9MWh/年。
電気料金の削減額	コンセプション ピカチヨ	計画に達していない	発電が計画を下回っている。
GHGs排出削減量	コンセプション ピカチヨ	計画に達していない	発電端電力量が限定的である。
調達機材		不明	仕様どおりの可動範囲になっているか確認できなかった。
運営・維持管理	コンセプション	計画に達していない	稼働しておらず、要員も配置されず、維持管理もされていない。
	ピカチヨ	一部計画に達していない	体制、技術ともに維持され、維持管理もされている。売電が行われていないため電気事業運営に関するマニュアルと様式は使用されていない。
定性的効果		目標に達していない	運転がなされておらず、再生エネルギー導入拡大には寄与していない。

定量的効果

		基準値 2012年 計画年	目標値 2018年 事業完成 3年後	実績値 2016年 事業完成 1年後	実績値 2017年 事業完成 2年後	実績値 2018年 事業完成 3年後	実績値 2019年 事業完成 4年後
発電端電力量 (MWh/年)	コンセプション	-	1,650	204.2	15.8	0	0
	ピカチヨ	-	520	29.7	50.1	75.2	126.9
電気料金削減額 (US\$/年)	コンセプション	-	225,967	15,823	1,227	0	0
	ピカチヨ	-	71,214	2,301	3,882	5,827	9,833

出所：SANAA。

CO₂排出削減量

	目標値 2018年	実績値 2016年	実績値 2017年	実績値 2018年	実績値 2019年
コンセプション	645	79.84	6.18	0	0
ピカチヨ	203	11.61	19.59	29.40	49.62

出所：SANAA。

(5) 無償資金協力「マーシャル諸島マジュロ環礁貯水池整備計画」

表1-9 案件概要((5)マーシャル)

項目	内容
国名	マーシャル
案件名	マジュロ環礁における貯水池整備計画
援助形態	無償資金協力
協力金額	供与額17.57億円
協力期間	G/A締結 2020年9月
実施機関	マジュロ上下水道公社(MWSC)
日本側 協力機関	コンサルタント:八千代エンジニアリング株式会社
目的	マジュロ環礁において容量5.7万m ³ の貯水池を新設、及び付属する導水管路、護岸の整備を行うことにより、貯水量の増加を図り、気候変動の影響等による干ばつ発生時の飲料水・生活用水の確保及び将来の需要増への対応に寄与する。
課題・ 地域性	<ul style="list-style-type: none"> ・小島が楕円状に細長くつながり、河川、湖沼、湧水はなく、一部地域に地下水(淡水レンズとして)が賦存するが、環礁の主な水源は雨水である。 ・給水量の約65%を占める「浄水場C」は、空港の滑走路で集水した雨水を貯めて水源としているが、その貯水量は気候変動に大きく影響される。 ・給水時間は1日4時間・週3日の給水制限が慢性的な状況となっている。 ・乾季(11月～5月頃)にはさらに短縮されるほか、早魃が深刻化すると水道は停止され、給水車によって限られた水が供給されるなど、対応が不足している。 ・MWSCの水道の蛇口からの低水圧と不十分な水量のため、多くの世帯は雨水貯留タンクを利用しているほか、井戸に頼っている世帯もある。
実施事項	貯水池の増設(雨水の貯水量の確保)
	水源の検討:利点、欠点を検討し雨水(空港集水・貯水池)に決定。
	貯水池構造の検討:鉄筋コンクリート比率、盛土比率、防水シート面積比率、水密性、施行性、建設費比率、経済性、環境への影響、社会への影響を検討し、土堤+逆T式擁壁形式に決定。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ・ODA見える化サイト:https://www.jica.go.jp/oda/project/2060280/index.html ・事業事前評価表:https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2020_2060280_1_s.pdf ・準備調査報告書(先行公開版)(2020年7月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/12359394_01.pdf~05.pdf

表1-10 適応策としての効果((5)マーシャル)
(基準値:2019年想定値、目標値:2026年(事業完成3年後))

項目	内容	
リスク ※	気候ハザード	降雨パターンの極端な変動、早魃の発生 海面水位の上昇
	暴露	水需要の増加(人口増加、一人当たり水消費量の増加)
	脆弱性	貯水池からの漏水
	気候	水資源へのアクセス(給水時間・日数の制限)
条件	基準	2019年時点での想定値を基準とする
	貯水池容量	貯水池約15MG(約56,900m ³)を増設(合計約51.5MG(約194,900m ³)の貯水容量を確保)
	想定人口	約31,000人(完成3年後(2026年時))

項目		内容
	相手方負担事項	<ul style="list-style-type: none"> ・建設、調達された施設や機材の適切な使用及び維持管理を行う。 ・建設される貯水池及び周辺管路施設の維持管理要員を適切に配置する。 ・環境社会配慮のために、緩和策及び環境管理計画、モニタリング計画を実施する。 ・全貯水量を適切に確保するために、既存貯水池リハビリ事業を進める。
	外部条件	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水池の漏水防止 ・貯水池からの蒸発水量削減 ・漏水量削減
定量的効果	干ばつ時の水供給継続可能期間	55日間から74日間に19日延長
	給水サービスの改善	1日当たり給水時間の延長あるいは一週間当たり給水日数の増加
定性的効果		<ul style="list-style-type: none"> ・給水制限の減少等の給水サービス改善による住民の生活の質の改善と公衆衛生上の向上。 ・渇水時における淡水レンズ層からの取水量の減少による水循環の健全性の改善。

※JICA Climate-FIT(Adaptation) 水資源分野(上水道)の気候リスクの構成要素の例を参照

【課題や改善の方向に関する仮説】

本プロジェクトを実施しない案及び利用可能な複数の水源について、代替案（雨水：空港集水・貯水池、地下水：井戸揚水設備、海水：淡水化施設、市販飲料水：主に輸入）の利点、欠点の比較検討の結果、雨水が最適と判断された（下表）。

また、貯水池の構造については、3つの代替案（土堤＋逆T式擁壁形式、逆T式擁壁形式、矩形水槽形式）の施工性、建設費、経済性、環境社会への影響等の比較検討の結果、既設貯水池と同構造である土堤＋逆T式擁壁形式が最も高い評価となった。

水源の代替案の比較

代替案・代替水源 取水・貯水施設	欠点	結論
雨水： 空港集水・貯水池	<p>貯水池建設用に土地造成が必要。 建設費が高額となる。 海洋環境への影響が懸念。</p>	既存施設（貯水池）の増設であり、干ばつ対策として妥当。
地下水： 井戸揚水設備	<p>地下水存在地域が限られている（主に最西端の Laura 地域）。 地下水を貯水槽へ汲み上げる揚水ポンプが必要。 ポンプ運転用の電力が必要。 地下水はレンズ水のみが利用可能であり貴重な水源である。 地下水の過剰揚水の場合、レンズのコーニングが起これば淡水層への浸入が懸念される。 限定的な揚水可能量により干ばつ時等は使用を限定する可能性あり。</p>	集水地域の限定及び水量の限界のため、干ばつ等の緊急時のみ利用可能。
海水： 淡水化施設	<p>膜の薬品洗浄や膜の交換等により維持管理費が高額となる。 大規模な維持管理訓練が必要。 設備自動化に必要な維持管理スタッフ確保が困難。 濃縮された塩分の放流等による海洋環境への影響が懸念。</p>	委託や維持管理要員の確保が困難。

代替案・代替水源 取水・貯水施設	欠点	結論
市販飲料水： 主に輸入	販売店での購入か配達が必要。 売り切れて在庫がない場合がある。 購入単価が他の給水手段より高額となるため、大量の消費に向かない。 容器の処分が必要。	割高であり、飲料用のみに適している。

※準備調査報告書から抜粋して作成

●基本方針

本プロジェクトでは干ばつに耐えうる貯水能力を高めることが一義的な課題となっている。そのため、干ばつ時に可能な限り水供給日数を延伸できるよう貯水池を増設する。貯水池の増設容量については、計画予定地の敷地面積を最大限活用し、増設容量を設定する。

●将来の気候変動の影響の検討

護岸施設の設計にあたっては、気候変動による海面上昇の影響を検討する必要がある。このため、IPCCレポートをはじめとした文献の確認や有識者との意見交換を行った。本件ではIPCCの示すGHGsの排出量が中程度のA1Bシナリオを採用し、「1）現地観測データの分析結果」、「2）IPCCの報告書」及び「3）NOAAの一般公開データ」を用い、近接する他プロジェクトで採用された海面上昇率を総合的に妥当であると判断して、4.5mm/年（0.23m/50年）を採用した。

また、潮位データも解析し、波浪による海水が貯水池内の貯留水に影響しないように、設計波高に余裕高を考慮し護岸の設計天端高を設定する。

●環境社会配慮

環境社会配慮調査を実施し、結果に基づき事業による環境影響を評価した。

さらに、貯水池の建設及び運営段階において配慮すべきインパクトについて、緩和策と実施体制を確認した。さらに緩和策に対するモニタリング計画を作成した。

(6) 民間技術普及促進事業「ベトナム国給水装置施工技術普及促進事業」

表1-11 案件概要((6)ベトナム)

項目	内容
国名	ベトナム
案件名	給水装置施工技術普及促進事業
援助形態	民間技術普及促進事業
協力金額	—
協力期間	(契約締結)2017年8月1日～2018年12月
対象機関	ホーチミン市水道局 (Saigon Water Corporation: SAWACO)
日本側 協力機関	株式会社タブチ 大阪市水道局

項目	内容
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・ホーチミン市水道における漏水率の改善。 ・ホーチミン市における給水装置の施工(サドル付分水栓の取付)に係る施工ライセンス(認証)制度の導入に向けて、ソフト・ハード両面にわたる以下の支援を行う。 <ul style="list-style-type: none"> ①SAWACOがホーチミン市9区に所有するトレーニングセンター内に施工講習会/検定試験のできる研修設備を整備。 ②研修プログラムや施工管理マニュアルを作成。 ③SAWACO職員を講師として教育。 ・本事業をきっかけに日本製品の技術や品質に対する理解が深まり、サドル分水栓の採用地域・販売個数の拡大を期待する。
課題・地域性	<ul style="list-style-type: none"> ・非効率的な給配水(水道漏水率30%)。SAWACOの目標は2020年までに20%以下。 ・将来的な人口増加による水需要の拡大と供給不足。 ・漏水箇所からの負圧による地下水や有機物の配管経路への混入。 ・漏水による道路の陥没。 ・現場の給水装置施工者の施工ミスによる漏水の発生。 ・ホーチミン市の全ての施工工事業者に対する講習会の開催に対する人員不足。
実施事項	<ul style="list-style-type: none"> ・設備概要の説明、サドル分水栓の不断水工法に関する講習、施工現場視察。 ・ライセンス制度の設計・実技検定試験内容の確認。 ・模擬講習会の実施。 ・第一回施工講習会・検定試験の実施。 ・本邦受入活動:サドル分水栓の生産現場の視察、国内ライセンス運用状況の確認)。 <ul style="list-style-type: none"> ①(株)タブチ工場視察・技術セミナー受講・実験立ち合い、(株)日電鐵工所工場でサドル分水栓の塗装、加工、組立ての各工程視察。 ②大阪市水道局体験型研修センターの視察・セミナー受講、浄水施設の見学、施工講習会の模擬検定実施。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ・業務完了報告書(2018年10月): https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12322368.pdf ・大阪市 水道事業の海外展開に向けた取組: https://www.city.osaka.lg.jp/suido/page/0000099244.html、 https://www.city.osaka.lg.jp/suido/page/0000407032.html

【背景等】

- ・2015年度から現地法人がホーチミン市水道局へ品質及び耐久性の高いサドル分水栓、継手、止水栓等の給水装置を販売しているが、現場施工者の施工ミスによる漏水の発生が確認されている。同社は水道局や施工会社に対する技術講習会や施工講習会を行い、施工技術向上のための活動を行ってきたが、採用エリアの拡大に伴い、ホーチミン市の全ての施工工事業者に対する講習会の開催に対し人員が不足していた。

表1-12 適応策としての効果((6)ベトナム)

項目	内容	
リスク ※	暴露	水需要の増加(人口増加、一人当たり水消費量の増加)
	脆弱性	水供給ネットワークの効率性(漏水率) 漏水削減の技術 水質の悪化

項目		内容
定性的効果	ベトナム側の成果	<p>【期待される成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本品質の製品及び正しい施工技術を普及させることで、ホーチミン市をはじめとするベトナムの水道漏水率低減に寄与する。 ・漏水を減らすことで水不足の解消に加え、水質向上及び給水コストの削減に貢献する。 ・施工ライセンス制度を継続的に運用し、施工ミスによる漏水ゼロを目指す。 <p>【実際に得られた成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実際の施工技術ライセンス制度の運用状況とその効果の理解が深まった。 ・サドル分水栓の品質や耐久性の高さについての理解が深まった。 ・既存の安価な分水栓から品質の高いサドル分水栓への更新と、正しい施工技術を学ぶことが効果的であるとの認識が深まった。 ・SAWACO職員の中に講習会の講師となりうる人材を育て、SAWACOが主体的に講習会を実施できる環境ができたため、継続的に講習会が実施される体制が整った。
	日本企業側の成果	<p>【期待される成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・正しい施工技術を普及させることで、ホーチミン市をはじめとするベトナムの漏水率が低減するとともに、日本品質のサドル分水栓への理解が深まり、採用エリア・販売個数が拡大する。 <p>【実際に得られた成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SAWACO幹部との人脈が広がった。

※JICA Climate-FIT(Adaptation) 水資源分野(上水道)の気候リスクの構成要素の例を参照

【課題や改善の方向に関する仮説】

ホーチミン市における給水装置の施工ライセンス（認証）制度の導入と、SAWACO職員を講師として教育し、主体的に継続して施工技術講習会を実施する体制を作ることにより、給水工事従事者の施工技術の向上と施工品質に対する意識の高まりが期待でき、施工ミスによる漏水がなくなることが期待できる。また給水装置選定の重要性が広まり高品質の給水栓が採用されることで、ホーチミン市の漏水率低減が期待できる。

現在現地法人が生産するサドル分水栓は、ホーチミン市水道局において年間約20,000個が使用されているが、競合の分水栓との価格差が約1.7倍あり、採用に対する障壁となっている。講習会を通じて、サドル分水栓の費用対効果の高さ（競合の分水栓の製品寿命の約5倍の50年間の使用に耐える）への理解を広める。日本製品の技術や品質に対する理解と、採用地域・販売個数の拡大を期待する。

(7) 中小企業海外展開支援事業「インドネシア国樹脂管（PVC管・PE管等）に特化した漏水探知器を使用した無収水削減対策及び配水管維持管理の普及・実証事業」

表1-13 案件概要((7)インドネシア)

項目	内容
国名	インドネシア
案件名	樹脂管(PVC管・PE管等)に特化した漏水探知器を使用した無収水削減対策の実証及び漏水調査計画書・老朽管更新計画書作成・配水管網維持管理事業
援助形態	中小企業海外展開支援事業
契約金額	65,518,200円(税込)
協力期間	2013年11月～2015年5月

項目	内容
対象機関	北スマトラ州水道公社(PDAM Tirtanadi)
関連機関	公共事業省、インドネシア水道協会
日本側協力機関	株式会社グッドマン
目的	樹脂管用漏水探索器を使用した漏水調査の実施を通じ当該機器の有効性を実証するとともに、同機器使用の漏水調査手法等にかかる技術移転等の普及活動を通じ、水道事業体を念頭にインドネシア国内での展開策について検討する。
課題・地域性	<ul style="list-style-type: none"> ・人口増による給水世帯数・給水需要の増加。 ・国全体の高い漏水率と低水圧(インドネシア国平均37%)。 ・PDAM Tirtanadiの高い漏水率(メダン市及びその近郊地域(ゾーン I)における2010年の年間給水量は167,154,487m³、うち年間無収水量は46,762,052m³で率にして27.98%) (2015年までに無収水率を22%に引き下げること为目标としている)。 ・ポンプ圧送のための電気料金等を含む水道水製造費用と年間無収水量から算出される多額の費用損失(年間無収水量46,762,052m³(2010年)×982(PDAM Tirtanadi Zone1における水道水製造費用Rp/m³)÷460億Rp(約4億3500万円))。 ・既存の漏水調査用機材が主に金属管の漏水探索に適して開発されたものであるため、PVC管や水圧の低い水道施設では探索が困難であり活用されていない。
実施事項	<ul style="list-style-type: none"> ・樹脂管に特化したD305樹脂管用漏水探索器を使用した漏水調査を実施し、漏水調査結果を踏まえ、現地の状況に有効な漏水探索器及び漏水調査手法の実証・提案を行う。 ・同漏水探索器を使用した漏水調査手法や配水管網維持管理にかかる技術移転を行うとともに、漏水調査結果等についてセミナー等で関係者と共有する等、同機器の普及に向けた活動を行う。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ・業務完了報告書(2015年5月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/12237871_01.pdf~02.pdf

表1-14 適応策としての効果((7)インドネシア)
(実施前と実施後を比較(定量的効果は2014年1月年実測値と2014年10月実測値を比較))

項目	内容	
リスク ※	暴露	水需要の増加(人口増加、一人当たり水消費量の増加)
	脆弱性	水供給ネットワークの効率性(漏水率)、漏水削減の技術 水質の悪化
定量的 効果	検出漏水箇所	117か所の漏水箇所を検出。
	無収率	調査対象17DMA全体の無収率が41.82%(2014年1月)から24.45%(2014年10月)と約17%減少。
	削減漏水量	173,000m ³ /月相当を削減。
	経営安定化	月当たり約5,536,000円相当(対象地区の水道料金約32円/m ³ で換算)
定性的 効果	PDAM Tirtanadiへの効果	・PDAM Tirtanadi職員に対する無収水対策にかかる技術移転及び無収水削減対策として漏水調査や配水管網の維持管理の重要性が理解されるなどの意識向上。
	水供給	<ul style="list-style-type: none"> ・安定的な水供給の実現(適切な水圧での給水が可能となる)。 ・安全な水供給の実現(断水時の管内負圧減少により漏水箇所から汚水が管内流入することを防ぎ飲用に適した安全な水供給を実現する)。
	ビジネスの効果	<ul style="list-style-type: none"> ・インドネシア環境下での提案機材の有効性評価。 (樹脂管用漏水探索器・配管路探索器、長距離相関式漏水探索器、小型軽量漏水探索器、小型音聴式漏水探索器、水素式高性能漏水探索器) ・セミナー等を通して、インドネシアにおける本調査機器の有効性を他の水道事業体等に対しても周知することができた。

※JICA Climate-FIT(Adaptation) 水資源分野(上水道)の気候リスクの構成要素の例を参照

【算出根拠等】

- ・漏水調査結果と無収水率推移

全25DMAのうち17DMAで漏水調査を行った実証結果
(漏水発見箇所数)

		1st	2nd	3rd	4th	合計
配水管		6	17	10	5	38
漏水	地上漏水	1	0	3	0	4
	地下漏水	5	17	7	5	34
給水管		13	39	14	13	79
漏水	地上漏水	7	22	8	5	42
	地下漏水	6	17	6	8	37
合計		19	56	24	18	117

(検出漏水流出量 m³/月)

		1st	2nd	3rd	4th	合計
配水管		8,333	49,179	70,121	32,400	160,033
漏水	地上漏水	700	0	12,000	0	12,700
	地下漏水	7,633	49,179	58,121	32,400	147,334
給水管		1,248	6,847	4,069	734	12,899
漏水	地上漏水	285	4,778	1,503	389	6,955
	地下漏水	963	2,069	2,566	346	5,944
合計		9,582	56,026	74,190	33,134	172,932

【課題や改善の方向に関する仮説】

提案製品を基にインドネシアに適合した漏水調査手法をC/P機関と協働で実践・検証し、調査・検証結果を踏まえ提案製品の有用性や優位性について実証を行う。また、その実証結果を踏まえ、無収水削減対策における漏水調査の位置づけ等を整理した上で、PDAM Tirtanadi に対し漏水調査計画、老朽管更新計画、配水管網の維持管理等にかかる技術移転を行うとともに、当該提案製品を活用した漏水調査手法の紹介や成果の共有等を通じ普及活動を行う。

(8) 無償資金協力「パラグアイ国ビジャ・アジェス市給水システム改善計画」

表1-15 案件概要((8)パラグアイ)

項目	内容
国名	パラグアイ共和国
案件名	ビジャ・アジェス市給水システム改善計画
援助形態	無償資金協力(プロジェクト形成) ³
協力金額	19.36億円 (交換公文E/N締結2022年3月28日)

³ 外務省 開発協力適正会議第46回会合(2019年8月)

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/about/kaikaku/page24_000037.html

項目	内容
協力期間	協力準備調査2020年10月～2021年12月 目標年次2030年
実施機関	計画実施機関/実施体制: 公共事業・通信省上下水道局(MOPC-DAPSAN) 運営/維持管理体制: パラグアイ衛生サービス公社(ESSAP)
日本側 協力機関	協力準備調査 コンサルタント: 株式会社協和コンサルタンツと株式会社TECインターナショナルの共同企業体
目的	ビジャ・アジェス市の水需要拡大に適した浄水場、送配水管等の整備により、安全かつ安定的な水供給を図り、もって同国の生活環境の改善に寄与する。
課題・ 地域性	<ul style="list-style-type: none"> ・ビジャ・アジェス市が属するチャコ地方は年間降水量の少ない乾燥したサバンナ気候で、流量の安定した河川が少なく、地下水も塩水化しており、灌漑や飲料水開発が非常に困難。 ・アスンシオン首都圏の人口過密化の影響を受け、同市は新たなベッドタウンとして、特に貧困層の人口が急増しつつある。 ・給水普及率は58.5%で、全国の上水道普及率83.0%(都市部87.8%、村落部75.1%)と比較し大きく下回っている。 ・既存施設の水生産量の不足。 ・施設の老朽化による処理水・配水池の水質悪化。 ・ビジャ・アジェス市の給水施設の水源であるパラグアイ川は気候変動の影響を受けやすく、直近10年間でも3度の洪水が発生、2019年6月には洪水の影響による取水ポンプの流出被害発生、2020年11月には河川水位が観測史上最低推移を計測する濁水被害に見舞われ、取水ポンプは移設を余儀なくされた。
実施事項	<ul style="list-style-type: none"> ・施設、機材等: 取水施設(取水塔式(50年確率による高低取水水位の設定))、計画取水量12,000m³/日、管理道路、導水管(1.1km)、浄水場(12,000m³/日、急速ろ過式、計画1日最大給水量11,000m³/日×110%)、送水管(0.2km)、配水管の更新(8.9km、生産増、漏水への対応を優先度1、漏水、通水改善への対応を優先度2とする)、リモート監視システム(遠隔制御(プロセス操作)の機能は備えない)。 ・ソフトコンポーネント: 浄水場運転維持管理技術にかかる指導、配水管網管理技術及び水道メーター設置促進に係る指導。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ・案件概要書(2019年8月27日): https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/files/000511346.pdf ・パラグアイ共和国 ビジャ・アジェス市給水システム改善計画準備調査報告書(先行公開版): https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12363479_01.pdf～02.pdf

表1-16 適応策としての効果((8)パラグアイ)
(基準値:2020年、目標値:2030年)

項目	内容	
リスク ※	気候ハザード	極端な気象・気候減少による洪水、濁水の発生
	暴露	水需要の増加(人口増加)
	脆弱性	施設の老朽化による水質の悪化
	気候	水源となる河川の流量変化 原水水質の悪化 地下水の塩水化 低い給水普及率
条件	給水原単位	現状維持、平均186.5L/人/日 (助成世帯100、一般世帯180、商用世帯1,300)
	有収率	75%(2030年)
	負荷率	78%(平均月消費量(157,686m ³)/最大月消費量(201,692m ³)×100を使用)

項目		内容
定量的効果	給水人口の増加	23,900人(2020年)から31,500人(2028年)、33,800人(2030年)に増加。
	平均給水量の増加	5,000m ³ /日(2020年)から7,900m ³ /日(2028年)、8,400m ³ /日(2030年)に増加。
定性的効果	給水サービス	給水サービスの向上によりビジャ・アジェス市民の生活環境・公衆衛生・健康状態が改善される。
	災害への脆弱性	災害に強靱な取水施設建設により、渇水及び洪水などの気候変動に対応することが可能となり、年間を通じて安定した給水を実施することが期待される。

※JICA Climate-FIT(Adaptation) 水資源分野(上水道)の気候リスクの構成要素の例を参照

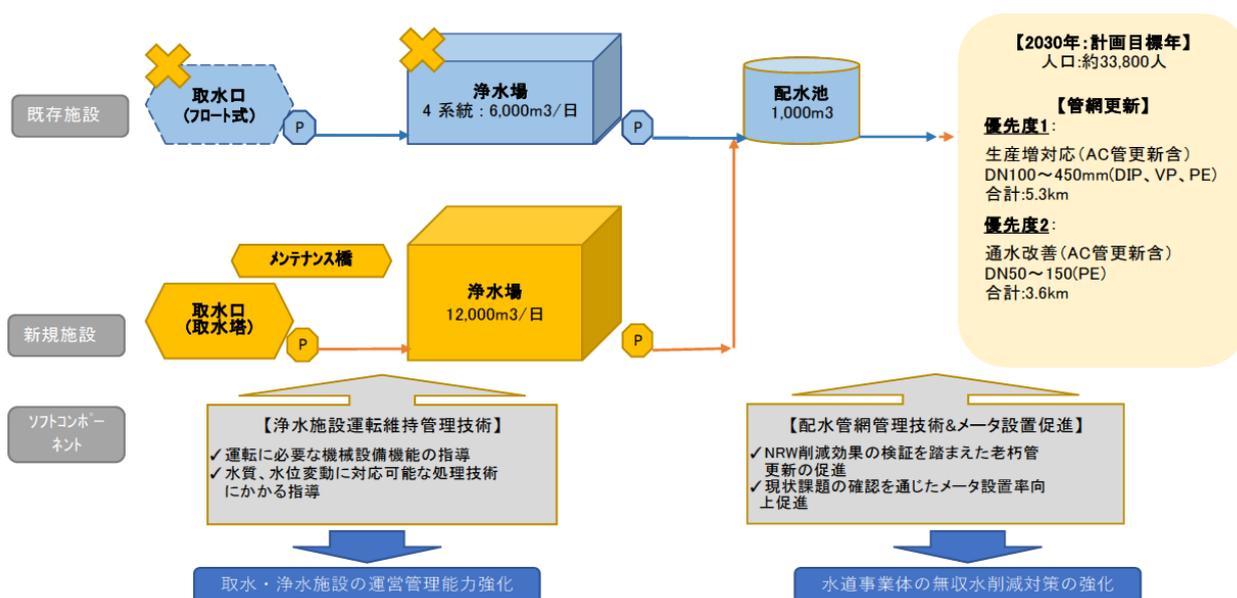


図1-4 本プロジェクトの概要図

【課題や改善の方向に関する仮説】

●整備方針

- ・既存取水施設は簡易フロート式が採用され、洪水・渇水時に運転が停止されるなど気象変動に脆弱である。加えて、水源水質として適切でないパラグアイ川支流の合流により、取水地点にリスクを抱えている。また、パラグアイ川を水源とする他市の水道施設において、近年、気象変動により河川水位が計画低水位を下回るといった事象が生じている。新たな取水施設は、取水点を支流合流部の上流側に移動した上で、50年確率に基づいた高・低水位変動にも耐えうる強靱なものとする。
- ・同じパラグアイ川を水源とする他都市の浄水場の処理方法や運転方法を参考に、効率的、効果的で、2030年の需要に見合った容量の新規浄水場を整備する。
- ・2030年における計画最大給水量である約11,000m³/日を、需要のピーク時においても充足し、適切に運用できる配水池容量は、調査時に測定した配水量測定（時間係数）結果（K=1.20）から試算すると、既存配水池と同容量の1,000m³となる。今後の顧客の水利用環境の変化面で課題を残すものの、現状の水利用実態から評価すると、当面、既存配水池による運用で問題ないと判断される。新規配水池建設が要請されていたものの、緊急性の観点か

らその必要性は低いため、日本側による協力内容からは除外する。一方で、将来的にパラグアイ側が配水池を拡張する際に、配水池間の水位調整、及び接続工が容易になるような配慮を本プロジェクトで実施する。

- ・新規浄水場により倍増する生産量を配水するためには、現状の配水管網の通水能力は不十分であることから、ボトルネックとなる管路の更新を行う必要がある。更新にあたっては、漏水の原因と考えられるAC管対策が効果的に実施されるよう配慮する。
- ・施設建設後のビジャ・アジェス浄水場に関連するESSAP職員の取水・浄水施設に対する運転・維持管理能力を向上させるため運転維持管理技術にかかるソフトコンポーネント、及び無収水削減対策として配水管網管理技術及び水道メーター設置促進にかかるソフトコンポーネントを実施する。

●緩和策（＝エネルギー効率化）の検討

- ・浄水処理単価における電力消費率向上（機械・電気計装設備の電力）：新規施設の計画においては、必要最小限の動力機器採用に配慮した設備方式とし、地形標高差を最大限に利用した施設配置を計画することで、機械・電気計装設備にかかる余剰電力を抑えた省エネルギー化を図ることが望ましい。
- ・漏水率低減に伴う電力消費の抑制：流量記録データを蓄積できる装置を計画することで、無収水対策のサポート機能を充実させ漏水率低減のための管理技術を向上する。

●適応策の検討

- ・気候変動の影響によるパラグアイ川流域の降水量や降雨パターンの変化による取水量への影響、及び気温上昇による環境変化にかかる将来の安定的な水道事業運営への影響について、JICA気候変動対策ツール/適応策を基に検討を行い、脆弱性を評価し、適応オプション案を整理した。
- ・異常渇水対策：2020年に発生した渇水は50年に一度の渇水に相当するものであり、今後気候変動による同程度の渇水が発生する可能性が高い。したがって、本プロジェクトの取水施設は50年確率に基づく渇水に対応するものとする。特に、取水口の位置は、50年確率に基づいた渇水水位以下とする。
- ・異常洪水対策：異常洪水の発生も気候変動によって頻発している。取水地点付近は上下流とも無提状態である。少なくとも取水施設から浄水場全体で浸水被害がないように配置設計することとする。計画高水位は低水位と同様に50年確率に基づくものとする。

脆弱性の評価

評価項目	脆弱性	考察
将来の気候変動に対する感受性	大	過去、長期にわたりパラグアイ川上流域の降水量に大きな変動があり、今後もさらに大きな変動が起こる傾向であると考えられる。 したがって、ビジャ・アジェス浄水場・取水口の水源であるパラグアイ川の水量及び水位への影響も大きいと想定され、浄水場・取水施設の運転にも渇水時および洪水時に大きく影響を及ぼすと推定される。
水道事業体の運営状況	中	本事業により水道事業に対する能力が強化される。また、老朽管更新から同市の水道事業運営はより改善される。
代替水源の利用可能量および水質の状況	少	パラグアイ川からの直接取水は最も効率の良い方法である。水質に関しては取水地点として検討している候補地1での水質は良好で、原水として問題はない。
節水意識	少	すべての顧客に水道メータが設置されれば、計量に基づき水道料金を支払う必要があるため、無駄な利用はなくなると考えられる。
対象居住区の社会経済状況	中	ビジャ・アジェス市は社会経済的には良好である。異常洪水による市内低地の洪水氾濫は居住地の社会経済に対し悪影響をもたらしている。

確率水文解析結果(アスンシオン観測所の測定値による)

採用	確率年	超過高水位 (cm)	非超過低水位 (cm)	ビジャ・アジェス予定地における水位 (EL:m)	
	10	640	10	高:60.49	低:54.19
	20	770	0	高:61.79	低:54.09
	30	800	-30	高:62.09	低:53.79
○	50	830	-50	高:62.39	低:53.59

●環境社会配慮

取水口の候補地及び取水管の口径と逆洗浄機能の有無の代替案について検討する際、社会環境、自然環境の配慮の観点からの評価を加えた。

(9) 無償資金協力「ネパール国ポカラ上水道改善計画」

表1-17 案件概要((9)ネパール)

項目	内容
国名	ネパール
案件名	ポカラ上水道改善計画
援助形態	無償資金協力
協力金額	供与額48.13億円
協力期間	贈与契約(G/A)締結 2017年2月 2016年11月～2020年1月を予定。施設及び機材の供用開始時をもって事業完成とする。
実施機関	ネパール水道公社(Nepal Water Supply Corporation: NWSC)
日本側 協力機関	—
目的	ポカラ市及び周辺1村(ラハチョーク村)において浄水施設、配水池、導・送・配水管、給水メータ等の整備を実施することにより、給水水質・給水頻度等の水道サービスの改善及びNWSCポカラ支所の料金徴収の増加を図り、もって水道公社の財務基盤の強化及びポカラ市住民の生活環境改善に寄与する。

項目	内容
課題・地域性	<ul style="list-style-type: none"> ・ポカラ市はネパール第2の都市として多くの人口・観光客を抱える。 ・給水水質(54%の家庭で濁度が50NTU以上に上がり、またその状態は雨季に50日以上続く(ネパールの飲料水質基準5NTU)、98%の家庭で大腸菌が検出されている)。このため、飲用としてはペットボトル水や簡易フィルターによるろ過後の水を利用。 ・給水エリア内(水道普及率は96%)の住民のうち21%が週7日、23%が週1日と給水頻度の不均衡が生じている。 ・給水能力不足。 ・高い漏水率(約36%)。 ・水道施設の対処的な運転維持管理(マニュアル/SOPがない)。 ・水道施設の整備及び改修予算の不足。 ・給水量と比較して料金収入が少ない(給配水管の不具合等による漏水と各戸に設置されている給水メーターの破損による収入の損失)。 ・ポカラ市内では、雨季で8時間、乾季では11時間程度の計画停電が毎日実施されている。
実施事項	<p>1) 建設施設、調達機材等の内容</p> <p>【施設】浄水施設(沈砂・沈殿池: 42,000m³/日、緩速ろ過池: 41,000m³/日)、導水管(約1km)、送水管(約8km)、配水池(3池、各2,000m³)、配水本管(約50km)、配水支管(約53km)、給水管(7,300か所分)、電気設備(受電設備、計装設備等)。</p> <p>【機材】給水メーター(9,000個)、水質分析機器(1式)、小型掘削機(2台)、管探知機(2台)、バルブ探知機(2台)。</p> <p>2) コンサルティング・サービス/ソフトコンポーネントの内容</p> <p>詳細設計、調達・施工監理、環境社会配慮支援/整備される施設等に関する運転維持管理のための技術指導。</p>
資料	<ul style="list-style-type: none"> ・ODA見える化サイト: https://www.jica.go.jp/oda/project/1660380/index.html ・事業事前評価表: https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2016_1660380_1_s.pdf ・準備調査報告書(2016年9月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/12264511_01.pdf~03.pdf

表1-18 適応策としての効果((9)ネパール)
(基準値:2015年実績値、定量的効果指標の目標値:2023年(事業完成3年後)、
事業の目標年次:2025年))

項目	内容	
リスク ※	気候ハザード	季節性の降雨量の変化
	暴露	水需要の増加(人口増加、一人当たり水消費量の増加)
	脆弱性	浄水処理の不備による給水水質の悪化(濁度、大腸菌) 濁度の高い水による給水メーターの故障 高い漏水率 不安定な電力供給
	気候	雨季の水質の悪化 低い給水普及率
条件	給水原単位	130L/人/日
	計画対象地域	ポカラ市の中心部21地区とする(現在のNWSCの給水エリアを対象とする。ポカラ市全域を対象とするものではない)。
	計画浄水処理水量	41,000m ³ /日(Mardi川の既設取水堰からの取水量及び既設導水管能力より)
	計画給水人口	405,881人
	認定消費水量の算出	小口利用者使用水量に大口利用者使用水量、観光客利用水量、共同水栓使用水量の推計値を合算。

項目		内容
	有収率	漏水率27%(無効水量の60%) 見かけ損失率18%(無効水量の40%) 損失水量率45%
	計画負荷率	83.4%
	配水可能量	49,120m ³ /日
	計画1日平均給水量カバー率	50%
定量的効果	水質(濁度)	4~419NTU(2015年雨季のBindhabasini配水池)から5NTU以下(浄水場出口)へ改善。
	水質(残留塩素)	0.0mg/L(2015年雨季のBindhabasini配水池)から0.5mg/L以上(浄水場出口)へ改善。給水栓で0.1mg/Lを維持する。
	給水頻度	7日/週:21%、3-4日/週:56%、1日/週:23%から7日/週:100%へ改善。
定性的効果	給水サービス	・漏水量の削減・給水圧の適正化に伴う水道サービスの改善。 ・ポカラ市住民の生活環境の改善。
	NWSCポカラ支所への効果	・給水メーターの更新・無収水量の低減によるNWSCポカラ支所の料金徴収の増加。 ・NWSCポカラ支所の財務基盤強化。
	気候変動	給水車やプラスチックボトル水の購入量の削減、ひいては二酸化炭素増加や廃棄物問題等の環境問題、燃料消費増加がもたらす地球温暖化の抑制が期待される。

※JICA Climate-FIT(Adaptation) 水資源分野(上水道)の気候リスクの構成要素の例を参照

【課題や改善の方向に関する仮説】

●給水水質の改善への対応

- ・浄水処理施設の建設及び主要施設への塩素処理施設の設置を行い、給水水質の大幅な改善を目指す。

●災害(洪水)に対する脆弱性の対応

- ・Mardi川を水源とする導水管で一部の露出・漏水が認められたものについて敷設替えを行う。
- ・管の敷設レベルが過去の洪水位より低い既設水管橋部については、災害に対する事前の策として導水管を河床の下に敷設替えを行う。

●省エネルギー・不安定な電気供給への対応・維持管理費の低減

- ・できるだけ電力を使わない水道施設とする。
- ・既設取水堰から沈砂・沈殿池に自然流下で送水するため、摩擦損失を抑えることを目的として一部の導水管については敷設替えを行う。
- ・新設する沈砂・沈殿池及び浄水場から配水池及び給水区域への配水は、運転維持管理費を低減させるため、基本的にポンプを使わずに自然流下により行う水道システムとする。
- ・停電対策として、浄水場に自家発電設備を導入する。

●事業コンポーネントの検討

優先度、費用対開発効果、持続性のある事業効果等の視点から十分に検討を行った上で、事

業スコープのオプション案を設定した。オプション案の比較においては、以下の要点を十分に考慮した上で検討を行った。

- ・ 事業効果： 給水水質の改善、 給水頻度の平準化、 漏水率の低減、 経営の改善、 給水水圧の安定化
- ・ 給水状況、 裨益人口
- ・ 先方負担事項
- ・ 維持管理
- ・ 長所・ 短所
- ・ 概算事業費
- ・ NWSCの要望

事業コンポーネントとその効果

事業コンポーネント	主要な課題	効果
① 導水管の一部更新	洪水による被災リスク	洪水・地すべり等の被災リスクの低減
② 沈砂・沈殿池の建設	給水水質	濁度成分の一部除去
③ 浄水場の建設	給水水質	濁度成分の除去および給水水質の向上
④, ⑤, ⑦ 送配水管の敷設・配水池の建設	不均一な配水状況、高い漏水率	配水状況の平滑化、漏水率の低減、水道事業運営の健全化
⑥ 塩素注入設備の整備	給水水質	消毒効果
⑨ 機材調達 (給水メータ等)	高い無収水率	無収水の削減、水道事業運営の健全化
⑩ ソフトコンポーネントの実施	水道施設の運転維持管理能力	本事業で整備される施設に対する運転維持管理能力の向上

(10) 無償資金協力「エチオピア国オロミア州小都市給水施設整備計画」

表1-19 案件概要((10)エチオピア)

項目	内容
国名	エチオピア連邦民主共和国
案件名	オロミア州小都市給水施設整備計画
援助形態	無償資金協力
協力金額	施工・調達業者契約認証まで非公表
協力期間	未定(実施設計計13か月、工事工程計44か月)
実施機関	オロミア州水・エネルギー資源開発局(OWERDB)
日本側協力機関	コンサルタント:国際航業株式会社、株式会社地球システム科学
目的	オロミア州2県の6小都市において、管路系給水施設を整備することにより、安全な水へのアクセス向上を図り、もって対象地域での水因性疾患の減少及び水汲み労働の軽減等の生活基盤改善に寄与する。

項目	内容
課題・地域性	<ul style="list-style-type: none"> ・オロミア州は、改良された飲料水源(improved water sources)へのアクセス率が66.1%、安全に管理された飲み水(safely managed service)へのアクセス率が10.4%で(World Bank, UNICEF, WHO, 2017)、安全な水にアクセスできない人口が多い。特にアディスアベバ近郊の小都市では人口増加に伴う給水需要増加に給水施設の建設が追い付いておらず、より深刻になっている。 ・水と石けんが完備された手洗い施設を保有する世帯の割合は全国で8%に留まり、公共施設でも初等学校で15%、中等学校で22%、農村部の保健医療施設でも25%と給水アクセス率は非常に低い(JMP2020)。 ・対象地域であるアワシュ川中流域は、干ばつの影響を受けやすいアフリカ大地溝帯の一部に位置し、数年おきに深刻な干ばつ被害が発生している。 ・当該地域の地下水は、フッ素濃度が高く飲用に適さず、水源開発が難しい。 ・地下水に関する情報に基づいた地下水開発計画を策定するため、「アワシュ川中流域地下水開発計画プロジェクト」が本事業の先行調査として2013年～2015年に実施された。
実施事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ハードコンポーネント(施設整備)(既存施設の改修・更新等は含まない。) 地下水を水源とする管路系給水施設の新設6基(深井戸(9基)、管理棟(9棟)、水中ポンプ(9基)、発電機(11基)、太陽光システム(1基)、中継ポンプ場、インラインポンプ(2基)、送水管、配水池(地上式4基、高架式2基)、配水管、公共水栓、家畜用水栓、消毒設備棟(6棟)、水事務所棟(6棟)、フェンス、商用電力引き込み(14か所))。 ・ソフトコンポーネント 水評議会及び水道公社の運営・維持管理能力の強化、住民への水衛生に関する啓発。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ・準備調査報告書(先行公開版): https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/1000046125_01.pdf~04.pdf ・案件概要書:https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/files/000411135.pdf

【背景等】

●国家水衛生プログラム(OWNP)が推進している気候レジリエンスのための水衛生の2つのアプローチ

エチオピアは世界的に干ばつに対する脆弱性が最も高い国の1つであり、近年のエルニーニョ及びインド洋ダイポールモード現象による干ばつ被害がWASHサービスに深刻な影響を与えている。このため、WASHセクターは気候レジリエンスの概念を強固に取り入れる必要性が言及されている。OWNPではこの課題に対処するため、2つのアプローチを推進している。

気候レジリエンスのための水衛生の2つのアプローチ

アプローチ	概要
水資源の確保	エチオピアの大部分の住民は、地下水源に依存しているが、その流動システムは水文地質学的に複雑なため、年間を通じて、また干ばつの際の信頼性は必ずしも保証されていない。そのためWHOが開発した「気候変動水安全計画(The Climate Change Water Safety Plans)」やODIが開発した「エチオピアの農村給水のための気候・環境リスクスクリーニングツール」などを用いて気候変動の強靱化のための水源開発を推進している。
管理システムとサプライチェーンを改善することによって施設の持続可能性を改善する	OWNPの年次レポートによれば、農村部の給水施設の稼働率が低いエリアがあり、特に乾期は、施設能力以上の利用者数の増加や施設の予防保全が不十分なことによりさらに稼働率が低下していることが指摘されている。そのため、気候変動への強靱化のためには、水源だけでなく施設のマネジメントを考慮に入れる必要性が言及されている。

出典：One WaSH National Programme, Phase II Programme Documents, November 2018

表1-20 適応策としての効果((10)エチオピア)
(基準値:2018年、目標値:2029年(竣工4年後))

項目		内容
リスク ※	気候ハザード	季節性の降雨量の変化 干ばつ、洪水
	暴露	水需要の増加(人口増加)
	脆弱性	配管の老朽化による漏水 不安定な電力供給
	気候	低い水源へのアクセス率 1人当たり給水量の不足
条件	給水原単位	生活用水:40L/人/日(エチオピア国の10ヶ年国家開発計画における都市カテゴリー-5(人口20,000人未満)に該当) 公共用水:学校5L/人/日、医療施設25L/人/日、宗教施設5L/人/日
	計画給水人口	6か所合計47,279人(33,089人(2018年)から増加)
	計画給水量	計画給水量は、エチオピア国設計基準に基づき1人1日当たりの使用水量に計画給水人口を乗じて算出する。 対象小都市には、学校及び医療機関などの公共施設と教会、モスク等の宗教施設が存在することから、これら施設の使用水量を加算することとする。 家畜用水量については、本事業の対象外とする。
	無収水量	有効水量の15%(エチオピア国基準)
	計画有効率	87%(100%/115%)(エチオピア国基準)
	計画負荷率	83.3%(100%/120%)(エチオピア国基準)
	計画時間最大給水量	計画1日平均給水量x時間係数(2.00)(エチオピア国基準)
	配水池の容量	10,000人以上:計画1日平均給水量の12h分 10,000人未満:計画1日平均給水量の15h分(エチオピア国基準)
	有効水頭	原則15.0m(エチオピア国基準)
	ポンプ運転時間	8~12時間運転を基本とするが、生産井の揚水能力が低い場合には運転時間を増やすことを検討する(エチオピア国基準)。
	管路の水利計算	ヘーゼン・ウィリアムズ式
流速係数	C値:110	
定量的 効果	給水量	109m ³ /日から1,952m ³ /日に増加(本事業により1,844m ³ /日増加)。
	給水人口	14,800人から47,279人に増加。
	1人当たりの水使用量	7.4L/人/日から40.0L/人/日に増加。
定性的 効果	保健衛生	水汲み労働の負担軽減(SDGターゲット5.1に対応)。 水因性疾患の減少(SDGターゲット3.3に対応)。 学校や保健施設における安全な水の確保(SDGターゲット6.1に対応)。 下痢症発症の減少による栄養改善(SDGターゲット2.2、3.3に対応)。
	気候リスクへの対応	深層地下水を水源として利用するため降雨の影響を比較的受けにくい特徴があり、地域住民へ安全な水が安定的に供給されることが期待できる。

※JICA Climate-FIT(Adaptation) 水資源分野(上水道)の気候リスクの構成要素の例を参照

【課題や改善の方向に関する仮説】

●基本方針

- ・既存の管路系給水施設によるサービスが存在する都市では、既存給水施設の検針記録より得られた水使用量を水供給量とみなし、目標年次における水需要から現在の供給量を差し引き

た残りの水需要を賄う給水施設を建設する。

- ・新規給水施設は既存管路系給水施設から独立して建設するものとし、既存施設への接続は行わない。
- ・新規給水施設は給水区域全域をカバーする。

●気候変動対応への貢献

- ・本事業の対象地域であるアワシュ川中流域は気候変動による脆弱性が高い地域であり、これまでも干ばつや洪水の被害に度々見舞われている。干ばつが発生した場合、浅井戸や表流水に頼っている住民の多くは、水源の枯渇や農業生産量の減少などの影響を受け、生活や健康上の脅威となっている。本事業で整備する給水施設は、深層地下水を水源として利用するため降雨の影響を比較的受けにくい特徴があり、地域住民へ安全な水が安定的に供給されることが期待できる。
- ・対象小都市のうち現時点で電化の計画のないKamiseの動力源については、太陽光発電とディーゼル発電機の併用によるハイブリット方式を採用した。ディーゼル発電機の単独運転に比べて年間114t-CO₂/年の排出削減効果が期待でき、気候変動の緩和策に貢献する。

資料2 現地調査資料

(1) PPWSA質問票回答

Questionnaire for “Study of International Cooperation in the Water Supply Sector”

Topic	Question	Answer
1) Impacts of Climate Change on Water Utilities In this section, we ask you about how you perceive the impacts of climate change on water utilities and how you are responding to them.		
1-a) Impact of Climate Change	Are there any climate change impacts on water utilities?	High impact on water resource availability in last five years in the row (especially during dry season. Thus, water production will be significantly decreased) and Water Quality.
1-b) Perceived risks	What are the perceived climate change risks?	Natural disaster: raw water quality degraded, flood and drought are mainly risking
1-c) Strategy	Have you developed your own strategy for climate change impact and carbon neutrality?	1-Solar Energy is being used 2-Energy Consumption: efficiency of pumping (VFD) by well network management (Pressure Management) 3-Improve Intake infrastructure 4-Introduction in the Master Plan 2017-2030 and Master Plan Updated 2021-2030.
1-d) Mitigation measures	Are there any mitigation measures currently being implemented? What are they specifically?	The application of Climate Change is introduced in Bakheng Water Supply Project funded by AFD/European Investment Bank (EIB) /PPWSA
1-e) Adaptation measures	Are there any adaptation measures currently being implemented? What are they specifically?	1-Solar Energy is being used 2-Energy Consumption: efficiency of pumping (VFD) by well network management (Pressure Management) 3-Water Intake station is designed to challenge with possible impact on the Mekong hydrology, hydraulics, sediment transport, etc.
1-f) Challenges and Positioning of climate change measures	What are the challenges in implementing climate change measures in water utilities and how are they positioned (prioritized)?	Energy Consumption and Pressure Management
1-g) Electricity situation	What is the status of the electricity situation in Cambodia (power supply configuration, electricity rate, stability, etc.)? Is there any impact of that on the water supply business?	- Electricity supply is satisfactory (24h/24h). - Sometime blackout -25% of operation cost. Electricity rate is the highest rate in PPWSA operation.
1-h) Requests for Japan's International cooperation	Do you have any requests for Japan's international cooperation in addressing the impacts of climate change on water utilities?	Referred to MPU 2021-2030

Topic	Question	Answer
2) Cooperation activities to address climate change impacts conducted by Japan In this section, we ask about cooperation project conducted by Japan, “the project for introduction of clean energy by solar electricity generation system” .		
2-a) Background and process	Is there anything of note in the background and implementation process?	The introduction of clean energy by solar electricity generation system in PPWSA is beneficial as expected.
2-b) Continuity of effectiveness	Are the effects of the project being maintained?	Yes
2-c) Points to be improved	Are there any points to be improved with the equipment installed and its maintenance?	No idea.
2-d) Application to other sites	Has the technology been applied to other sites? What are the reasons for this?	-Small scale of solar energy of 50KWp is used in M'Leach Water treatment plant - Introduction of Solar PV System of 3.8 MW _p in Bakheng Water Production Facilities capacity 390MLD. The WPF will operate in 2023.
2-e) Impacts of this technology	What do you think about the impacts of introducing clean anergy using solar power to water supply business (especially in countries with unstable electricity supply)?	Beneficial. The solar system is profitable for PPWSA with yearly savings of 450-480 k\$/year and an Internal Rate of Return above 5% for a reasonable lifetime assumption (Study report Sep 2020)
3) Cooperative activities related to climate change by other countries and institutions In this section, we ask you about cooperative activities related to climate change by other countries and institutions.		
3-a) Activities	Are there any cooperative activities by other countries or institutions related to climate change?	AFD/EIB/EU climate change policy was introduced in the loan agreement between KOC
3-b) Relationship with Japan's cooperative activities	Are they related to cooperative activities conducted by Japan?	No
4) Topics related to the business as a whole In this section, we ask about matters related to your business as a whole.		
4-a) Position of SDGs	How are the SDGs positioned in your business strategies and plans?	Clean water for all in PPWSA service area by 2030
4-b) SDGs monitoring	Who is responsible for monitoring SDG 6 and SDG 13 in water utilities?	SDG6 (MISTI, MRD, MoE and CDC/CRDB) SDG13 (MoE and MAFF/NCSD)
4-c) Most important issue	What is the most important issue at present?	Rocket development in PHN without proper urban planning lead to shortage of water supply vs water demand

<p>4-d) Human resource development</p>	<p>Are there any issues related to human resource development?</p>	<p>The main issues for the Human Resource Development of our organization (PPWSA) are mentioned in our 3rd Master Plan 2016-2030 as following:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ To increase the working efficiency to properly control the increase in the number of staff due to the expansion of business scale, and to strengthen the capabilities of staff to handle and operate newly introduced technologies. ✓ Organizationally develop the next generation of top management to prepare for the retirement of technically capable and knowledgeable current management members. ✓ Limited opportunities to identify specialized training needs for technical staff and to provide training courses. ✓ Difficulty in recruiting and training highly specialized staff, particularly in technical fields. ✓ Efficiency and systematization of on-boarding training for young staff after their initial employment. ✓ Development of managers needed in line with facility expansion: managers of each site and team leaders of each technical field; which includes, at WTPs, O&M of WTP, maintenance of electrical and mechanical facilities, water quality analysis, and at branch offices, customer service, meter reading, water loss reduction. ✓ Improving the capacity of administrative departments as the scale of business expands: In addition to departments involved in operations as mentioned above, administrative departments will also face an increased workload. In addition to the increase in workload, the duties of administrative departments become more complicated; at Planning and Project Department in charge of a series of development projects; Accounting and Finance Department, which is responsible for financing and planning; IT Centre, which manages the communication infrastructure within the headquarters and with branches; and Administration and Human Resource Department (Admin & HR Dept.), which manage the expanding offices and the increasing staff. ✓ Opportunities to ensure that the organizational culture is passed on to younger staff, who are increasing in number.
--	--	---

Topic	Question	Answer
4-e) Additional comments	Please provide any additional comments.	No comment
>Thank you for your cooperation.		

※書式等修正

(2) MISTI質問票回答

Questionnaire for “Study of International Cooperation in the Water Supply Sector”

Topic	Question	Answer
1) Impacts of Climate Change on Water Utilities In this section, we ask you about how you perceive the impacts of climate change on water utilities and how you are responding to them.		
1-a) Impact of Climate Change	Are there any climate change impacts on water utilities?	Recently, Cambodia is facing both drought and flood, and the frequency is more often year by year. - During drying season, some of water supply operators are lack of water sources, and some of them have to stop the production due no there are no available water sources. - During flooding, the production somehow are interrupted, only few have to stop their production for short period due the flooding. But the water sources quality somehow are affected by flooded, and sometime it becomes worse or polluted.
1-b) Perceived risks	What are the perceived climate change risks?	In recent years what we are facing are drought and flood, especially the challenges of available of water sources.
1-c) Strategy	Have you developed your own strategy for climate change impact and carbon neutrality?	MISTI is considering the seriously of the issues, especially the water sources. Currently, under the of WB funded project we suppose to review and update the national water supply and sanitation policy which we expect that it will be a very good chance for all relevant institution and stakeholders to sit down to review and work closely together to develop a more clear policy for the sustainability of the water sector which could help to solve all the issues and challenges which are facing. Government is also making some investment on water sources development which will be used for multi-purpose including water sector. Beside that MISTI recently issued the guideline on flood and drought resilient, and finalizing the water safety plan climate resilience.
1-d) Mitigation measures	Are there any mitigation measures currently being implemented? What are they specifically?	Encourage operators to apply the recommendation under the guideline of flood and drought resilient, and the water safety plan climate resilience.

Topic	Question	Answer
1-e) Adaptation measures	Are there any adaptation measures currently being implemented? What are they specifically?	Same answer of 1-d)
1-f) Challenges and Positioning of climate change measures	What are the challenges in implementing climate change measures in water utilities and how are they positioned (prioritized)?	To build a water supply system which could adapt to climate change might need more investment than the normal condition while the water sector in Cambodia currently is already facing the investment constraint for the normally condition investment, especially for the private sector.
1-g) Electricity situation	What is the status of the electricity situation in Cambodia (power supply configuration, electricity rate, stability, etc.)? Is there any impact of that on the water supply business?	The status of electricity for the water supply business is much better currently, even there is still some limited such as not stable, or could not 3 phases of electricity. The main challenges of electricity might be about the tariff. With the lower tariff policy of water supply sector, the high tariff of electricity could be a challenge. If compare to neighbors' countries, the water supply tariff in Cambodia is lower while the electricity tariff is higher.
1-h) Requests for Japan's International cooperation	Do you have any requests for Japan's international cooperation in addressing the impacts of climate change on water utilities?	- Funding for development of water sources are needed for the sustainability of water supply sector - In our draft law, we aim to develop the Water Development Fund (WDF). We hope the Japan will contribute and support that WDF in order to deal with lack of investment for the water sector, especially for private sector to cope with the climate change.
2) Cooperation activities to address climate change impacts conducted by Japan In this section, we ask about cooperation project conducted by Japan, "the project for introduction of clean energy by solar electricity generation system" .		
2-a) Background and process	Is there anything of note in the background and implementation process?	
2-b) Continuity of effectiveness	Are the effects of the project being maintained?	
2-c) Points to be improved	Are there any points to be improved with the equipment installed and its maintenance?	
2-d) Application to other sites	Has the technology been applied to other sites? What are the reasons for this?	
2-e) Impacts of this technology	What do you think about the impacts of introducing clean energy using solar power to water supply business (especially in countries with unstable electricity supply)?	

Topic	Question	Answer
3) Cooperative activities related to climate change by other countries and institutions In this section, we ask you about cooperative activities related to climate change by other countries and institutions.		
3-a) Activities	Are there any cooperative activities by other countries or institutions related to climate change?	UNICEF is also focus on climate change, and UNICEF has been supported MISTI to develop the guideline on flood and drought resilient, and water safety plan climate resilience. WB, ADB is also consider climate change aspect while preparing any new projects.
3-b) Relationship with Japan's cooperative activities	Are they related to cooperative activities conducted by Japan?	Those are separated projects.
4) Topics related to the business as a whole In this section, we ask about matters related to your business as a whole.		
4-a) Position of SDGs	How are the SDGs positioned in your business strategies and plans?	MISTI is trying our best to achieve the Cambodia's SDG in 2030. However, we found that a lot of works we to do and also a lot of challenges. Therefore, the assistance from Development Partner, especially from Japan are needed.
4-b) SDGs monitoring	Who is responsible for monitoring SDG 6 and SDG 13 in water utilities?	MISTI is responsible for SDG 6 as urban water supply, while Ministry of Rural Development (MRD) is responsible for SDG 6 as rural water supply.
4-c) Most important issue	What is the most important issue at present?	The sustainable of water sources and the investment fund, especially for private sector.
4-d) Human resource development	Are there any issues related to human resource development?	For the water sector in Cambodia as a whole we found that the human resources are not really a big challenge. We might understand that PPWSA is one of the top utilities in the world which their human resources could support the water sector in Cambodia. However, proper procedure and mechanism need to be developed to make this happened.
4-e) Additional comments	Please provide any additional comments.	Capacity building also needed for the private operators. And later on a bit, the awareness raising for all stake holder on clean water would be conducted effectively.
>Thank you for your cooperation.		

※書式等修正

資料3 現地調査の概要

令和4年度水道分野の国際協力検討事業 報告書・資料3

1

水道分野の国際協力検討事業 現地調査の概要

対象国 : カンボジア
 対象案件 : 無償資金協力
「太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」
 協力期間 : 2010年3月18日 (贈与契約締結)
 ~ 2013年6月20日 (事業完了・調達機材納品日)
 実施機関 : プノンベン水道公社 (PPWSA)
 責任機関 : 鉱工業エネルギー省 (現MISTI)
 実施事項 : ・ プンブレック浄水場に488kWの太陽光発電システムを設置
 ・ 付帯設備の調達と据付工事
 ・ 運転保守マニュアル (OJT用教材を含む) の調達と
 運転保守ガイドラインの実施
 ・ 運転・維持管理技術、太陽光発電の知識と技術に関する
 トレーニングプログラムを実施 等

令和4年度水道分野の国際協力検討事業 報告書・資料3

3

2 調査行程

回員氏名	所属	専門分野
森本 達男	(一社) 日本水道工業団体連合会	水道産業の国際展開
山口 岳夫	(公社) 国際厚生事業団	水道計画・事業経営

実施期間	2022年9月25日～9月28日	
訪問先・関係機関	【インタビュー】 ・ PPWSA (Phnom Penh Water Supply Authority) (プノンベン水道公社) ・ MISTI (Ministry of Industry, Science, Technology & Innovation) (工業・科学・技術・革新省) ・ MOE (Ministry of Environment) (環境省) 【サイト訪問】 ・ PPWSA プンブレック浄水場 ・ コダック民営水道事業サイト	
調査行程	9月25日 (日)	日本発プノンベン到着
	9月26日 (月・祝)	PPWSA プンブレック浄水場サイト訪問
	9月27日 (火)	MISTI インタビュー コダック民営水道事業サイト訪問
	9月28日 (水)	MOE インタビュー PPWSA インタビュー プノンベン発
	9月29日 (木)	日本着

令和4年度水道分野の国際協力検討事業 報告書・資料3

5

4 PPWSA インタビュー

項目	内容	備考・資料概要
日時	2022年9月28日14時	
機関名 (場所)	PPWSA (プノンベン水道公社)	プロジェクト実施機関
面会者	Mr. Samreth Sovithia, Deputy General Director	
同席者	なし	
提供された資料	質問票回答 カンボジア王国首都プノンベンにおける水供給開発に関するデータ収集調査報告書 Chapter 9 (組織開発) Chapter 10 (人材開発) Bakheng 造水施設用太陽光発電システム研究レポート (2020年9月)	別紙に記載 JICA作成のマスタープランの更新版。組織開発と人材開発の現状と方向性、主な施策がまとめられている。 Bakheng 浄水場の太陽光発電システムの費用対効果について、フランスのコンサルタントが試算したレポート。

令和4年度水道分野の国際協力検討事業 報告書・資料3

1

令和4年度水道分野の国際協力検討事業 報告書・資料3

2

1 実施案件の効果と持続性

項目	実績値 (2016)	目標値との比較 (2015)	理由
電端発電電力量	1087MWh/年 (期待発電量)	上回った 652MWh/年	太陽光パネルが予定価格よりも廉価であったため、計画の 2,328 枚 (488 kWp) を超える3,624 枚 (777 kWp) のパネルが調達された。
電力費削減額	783百万Riel (2014～2016平均電気料金単価を使用)	上回った 507百万Riel	平均電気料金はわずかに下がったが、電端電力量が大きく上回った。
GHG排出削減量	1,115 t-CO ₂ /年	上回った 402t-CO ₂ /年	電端電力量が大きく上回った。
体制	PPWSA 内に太陽光発電維持管理チーム5名が編成されている	3名増員	事業実施中にPPWSA 内に太陽光発電維持管理チームが編成された。研修に参加したPPWSA技術者2名に、事業完了後3名が配置。システム維持管理には十分。
技術	維持管理マニュアルが活用されている	目標通り	PPWSA 内の技術職員向け研修に、提供した研修教材とマニュアル類が活用された。維持管理マニュアルは、日々の業務及び問題解決に活用されている。
財務	運転・維持管理に必要な年間予算が準備されている	目標通り	予算の主な部分は機器の破損やスベアパーツの調達に対する備えだが、2014 年の事業完了以降、部品やモジュールの交換・修理はなく、職員の給与以外に支出はない。大規模な破損及び部品交換が発生した場合は、PPWSA 総裁の承認を得て、別枠の予算区分から改修費が措置される。
維持管理	定期点検が厳格に行われている	目標通り	日、週、月、年の定期点検が、本事業が準備した維持管理計画にもとづいて厳格に行われている。年間維持管理計画は、PPWSA が改訂を行っている。

令和4年度水道分野の国際協力検討事業 報告書・資料3

4

3 調査項目

項目	質問
水道事業における気候変動の影響	水道事業における気候変動の影響 認識しているリスク 気候変動影響及びカーボンニュートラルに対する戦略策定の有無 現在実施している緩和策 現在実施している適応策
水道事業における気候変動について	水道事業における気候変動対策を実施する際の課題とその位置づけ (優先度) 現時点でのカンボジアの電力事情 (電源構成、電気料金、安定性) と水道事業への影響 水道事業への気候変動影響への対応に関する日本の国際協力へのリクエスト
我が国の気候変動影響に対応する国際協力活動	背景および実施の経緯で特筆すべき点 プロジェクトの効果の持続性 装置および維持管理において改善すべき点 その後の展開の状況 (意識の啓蒙、他の浄水場への普及) とその理由 水道事業への太陽光を活用したクリーンエネルギー導入のインパクトについて
他国の気候変動に関連する協力活動について	活動内容 日本の国際協力活動との関わり SDG s と事業戦略や計画との関係 水道事業におけるSDG6、SDG13のモニタリングの実施主体
その他事業全体に関する質問	現時点での最重要課題 人材育成に関する課題 その他コメント

令和4年度水道分野の国際協力検討事業 報告書・資料3

6

5 MISTI インタビュー

項目	内容	備考・資料概要
日時	2022年9月27日10時	
機関名 (場所)	MISTI (工業・科学・技術・革新省)	プロジェクト責任機関 (旧MIME)
面会者	・ Dr. Sim Sitha, Secretary of State ・ Dr. Sreng Sokvung, Director of D/TPM, GD/WAT ・ Mr. Kim Chanrithy, Officer of D/TPM	GD/WAT: General Department of Potable Water (水道総局) D/TPM: Department of Technics & Project Management (技術・事業管理部)
同席者	笹田和宏 (水道行政プロ)	
提供された資料	・ 質問票回答 ・ Guideline on Flood Resilient Measurement for Water Supply (2022) ・ Guideline on Drought Resilient Measurement for Water Supply (2022) ・ Guideline of Climate Resilience Water Safety Plan for Water Supply Service (2022) ・ PPWSA水道料金 ・ カンボジア国電力概況 (2022年3月) 鉱工業エネルギー省エネルギー総局アドバイザー (JICA専門家) ・ プンブレック浄水場太陽光パネル写真	別紙に記載 特に洪水/干ばつに脆弱な地域の水供給サービスを対象に、水源・取水、浄水場、貯水池、給配水網における洪水/干ばつの事前・事中・事後に行うべき事項を示したガイドライン。 UNICEFとCWAの後援・共同協力により作成した気候変動に対応した水安全計画のガイドライン。 家庭用、政府用、商業/工業用水道料金一覧。 世帯電化率86.4%、村落電化率97.5% (2021)。発電量不足による停電は2014年で解消。2019年は洪水で発電量低下。

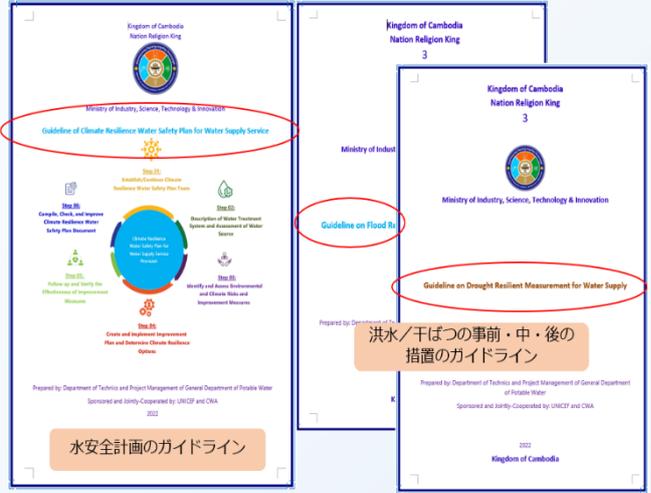
令和4年度水道分野の国際協力検討事業 報告書・資料3

1

5 MISTIインタビュー



5 MISTIインタビュー



6 MOEインタビュー

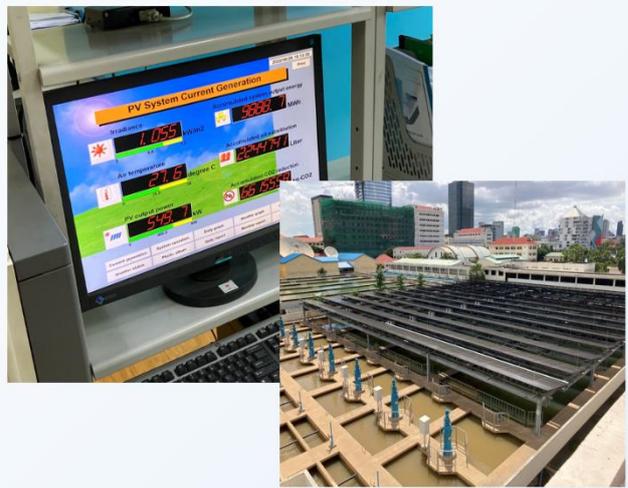
項目	内容	備考
日時	2022年9月28日8時半	
機関名(場所)	MOE (環境省)	政策・戦略総局 気候変動課が気候変動に関する政策を担当している。各省庁で気候変動対策が主流化され、10以上の省庁に気候変動関係の部署が設置されている。環境省は調整の役割を担い国際社会と連携している。
面会者	・ Hak Mao, Ph.D., Director, Department of Climate Change, The General Directorate of Policy and Strategy ・ 他2名	もともと日本の留学生で京都大学の博士課程でCO ₂ 削減のプロジェクトに携わっていた。米国に留学して京都の気候変動プロトコル1996にも携わった。気候変動の人材が不足しているため、日本で研究した知識を生かし、博士として将来CO ₂ 削減に貢献したい。
同席者	栗林孝典 (在カンボジア日本国大使館一等書記官)	

7 PPWSAプンプレック浄水場

項目	内容	備考
日時	2022年9月26日11時半	
機関名(場所)	PPWSAプンプレック浄水場	
面会者	PPWSA人事担当者	作業スタッフ同席



7 PPWSAプンプレック浄水場



8 コダック民営水道

項目	内容	備考
日時	2022年9月27日15時	
機関名(場所)	Koh Dach (コダック) 民営水道	株式会社神鋼環境ソリューションとカンボジア民間企業SOMA Groupが共同出資するSOMA KOBELCO WATER SUPPLY CO., LTDが、プノンベン都コダック及びカンダール州コークニャティ地区の独占水道事業権(ライセンス期間:20年間)を取得。初めて日本企業が実施するカンボジアでの水道事業。対象人口 約20,000人、2019年12月給水開始。
面会者	・大野進, General Manager, Phnom Penh Branch Office, KOBELCO ECO-SOLUTIONS CO., LTD	
提供された資料	・カンボット州Mech浄水場取水写真 ・プノンベン都Koh Dach浄水場取水写真	

8 コダック民営水道



8 コダック民営水道



8 コダック民営水道



9 現地調査まとめ

【当該国の水道事業の現状と水道事業における気候変動について】

- ◆ 緩和策として導入された太陽光発電設備は効果を発揮しており、視察対象以外の事業でも太陽光発電設備の導入を行っている事例があった。ただし、電力会社と電源系統を区分する必要があり設備費が高くなるなど、大々的に導入するにはハードルがあることも確認された。
- ◆ 適応策に関しては、洪水と濁水に対するガイドラインを作成しているなど、現地側の問題意識が高いことが確認できた。これらの災害の頻度は体感ではあるが年々高まっており、影響を受ける水道事業も増えていると現地では認識している。
- ◆ カンボジアでは明確に雨季と乾季があるため濁水による水位差等の影響も大きい。取水堰が設置されていない等により水位低下を防ぐ設備がないこともあり、取水水位の変化を前提とした取水方法として、ポンツーン式(フロート式)取水設備がよく使用される。また、水位の低下が取水量の低下につながる等、水位低下による取水障害についての経験の蓄積がある。
- ◆ 取水の工夫でカバーできない場合は取水位置の変更等を迫られているケースもある。

9 現地調査まとめ

【当該国における我が国の気候変動影響に対応する国際協力活動について】

- ◆ 本邦の支援で整備された太陽光発電設備の発電量は維持されており、電力費用削減効果も持続している。水道事業における太陽光発電設備の設置事業は有益との理解が得られている。
- ◆ ただし、現時点での電力会社との受電区分に関する政策により、費用面でメリットが低くなっている。当該国の制度設定により効果が大きく変動する。

【他国の協力活動について】

- ◆ AFD・EIB・EUの資金支援として、環境配慮が含まれないと金利の面で優遇が受けられない仕組みを取り入れている事例が確認できた。

9 現地調査まとめ

【その他（ビジネス展開の可能性等）】

- ◆ 水道事業全体としてまだまだ拡張の時代であり、PPWSAにおいても都市域の拡大を背景とした水需要の増加に対応するため職員を増やしているところである。経験豊富な職員の退職も相まって人材育成の二重苦は大きい。
- ◆ 洪水と漏水の頻度が上昇しており、特に水資源の逼迫に危機感が感じられる。漏水に対応するための支援が求められる。
- ◆ 環境省の担当する影響評価について、これを担える専門知識を有する人材の不足が顕著であり、人材育成の必要に迫られている。日本側と環境人材育成のための追加的な連携ができればよいという指摘があった。

資料4 他国の水道事業者による水道分野の気候変動影響に対応する取組事例

1 調査方法

他国による水道分野の気候変動影響に対応する取組事例について、JICA等へのヒアリングを実施し、気候変動影響に対応するプロジェクトの事例等について情報を得た。この他参考とした主な情報源はウェブサイトにて公開されている内容とした。

表4-1 主な情報源

種類	機関名
情報コンサルタント	Global Water Intelligence
水道協会	Water UK、WSAA、FWP
水道事業者・水道企業	英国・オーストラリア、米国の水道事業者、フランスの水道企業
政府関係機関	英国政府、オーストラリア政府、フランス外務省、US EPA
その他	JETRO、ウェブニュースサイト等

2 取組事例の整理

Global Water Intelligenceのデータによると、2022年4月現在、22か国、81の事業者（サービス人口230百万人以上）が独自のネット・ゼロ目標（カーボンニュートラル、気候ニュートラル、CO₂ニュートラル、ネット・ゼロ（カーボン排出、直接排出、GHGs排出、オペレーションにおけるカーボン排出）等）を設定している。さらにこれらの事業者のうち26事業者（サービス人口72百万人以上）が、UNFCCCのRace to Zeroキャンペーンに参加している⁴。

表4-2 ネット・ゼロ目標を設定している水道事業者の国別の数(2022年4月時点)

国名	事業者数	国名	事業者数	国名	事業者数
Australia	23	France	1	South Korea	1
Brazil	1	Germany	5	Spain	4
Canada	1	Ireland	1	Sweden	3
Chile	1	Italy	1	Switzerland	2
China	1	Netherlands	5	United Kingdom	18
Colombia	1	New Zealand	1	United States	1
Denmark	6	Portugal	2		
Finland	1	Singapore	1		

これらの事業者のネット・ゼロ目標は、目標年度、取組の内容ともに様々である。特に活発な取組がみられるのは、英国の水道企業の業界団体Water UKとオーストラリアの水事業協会

⁴ Global Water Intelligence <https://www.globalwaterintel.com/water-without-carbon>

WSAAのイニシアティブによる英国、オーストラリア、ニュージーランドの水道事業者の取組である。

本章では、英国とオーストラリアの政府の気候変動への取組方針と、水道事業者の取組の内容について調査した。また、フランスと米国についても、政府の気候変動への取組方針と、水道分野における実施事例を紹介する。

(1) 英国の事例

英国では、2050年までにネット・ゼロエミッションを実現するという法的拘束力のある目標を2019年に世界に先駆けて公表し、2020年11月にはクリーンエネルギー、輸送、自然、革新的な技術などの野心的な10項目の計画を含む「グリーン産業革命」を発表、さらに2021年には、2035年までに排出量を1990年比で78%削減するという目標を法制化している。TCFDへの対応についても特定の企業に気候関連の財務情報の開示を義務付け、2022年4月から施行されており、気候変動への対応において野心的な取組を進めている。

水に関しては、英国では干ばつのリスクの高まりが強く認識されており、人口増加や気候変動に直面する中で長期的に水の安全保障を確保するため、環境庁が2020年に立ち上げ、他の規制当局、政府、水道企業と合意した「水資源に関する国家枠組（NFWR）」があり、2050年までに漏水を半減する、一人一日当たり水需要を平均110Lに削減するなどの国家目標が定められている。

2019年、英国の全ての水道事業者は政府の目標に先駆けて2030年までにネット・ゼロを達成するコミットメントに同意し、水道事業者の業界団体であるWater UKはセクターを超えた自主的な取組の計画を示すルートマップ「Net Zero 2030 Routemap」を作成した⁵。目標年度を20年前倒しすることにより、最大1000万トンのGHGsを削減できると試算している。ルートマップ本文には、これまでの排出量の変遷と2018/2019のベースライン評価、ネット・ゼロへの経路（需要主導型、技術主導型、除去主導型）とその比較及び実施すべき項目、Water UKと水道事業者、サプライチェーン、規制当局、政府や他のステークホルダーへの提言等が示されている。

現時点では、系統電力からのCO₂及び排水・汚泥処理工程からのメタン及び亜酸化窒素の排出量は、グリーン電力の購入と、バイオメタン、再生可能エネルギーによる発電によって相殺されている（上水セクターにおけるGHGs排出は主に系統電力からのCO₂排出が占める）。水道セクターにおける将来のCO₂排出量の削減量は、漏水や一人当たり水使用量の削減等の目標を加速させるといった需要管理に焦点を当てた需要主導型、最も排出量の多い技術分野における技術革新の加速といった技術主導型、炭素貯留など自然を基盤とした解決策を加速する除去主導型の経路が試算されており、水セクターの管理下で実施可能な需要主導型と技術主導型の試算グラフを以下に示す。通常通りの事業を行った場合の脱炭素化率は2030年までに30%だが、これらの脱炭素化対策の拡大により63～96%に増加できると試算されている。

⁵ Water UK Net “Zero 2030 Routemap” <https://www.water.org.uk/routemap2030/>

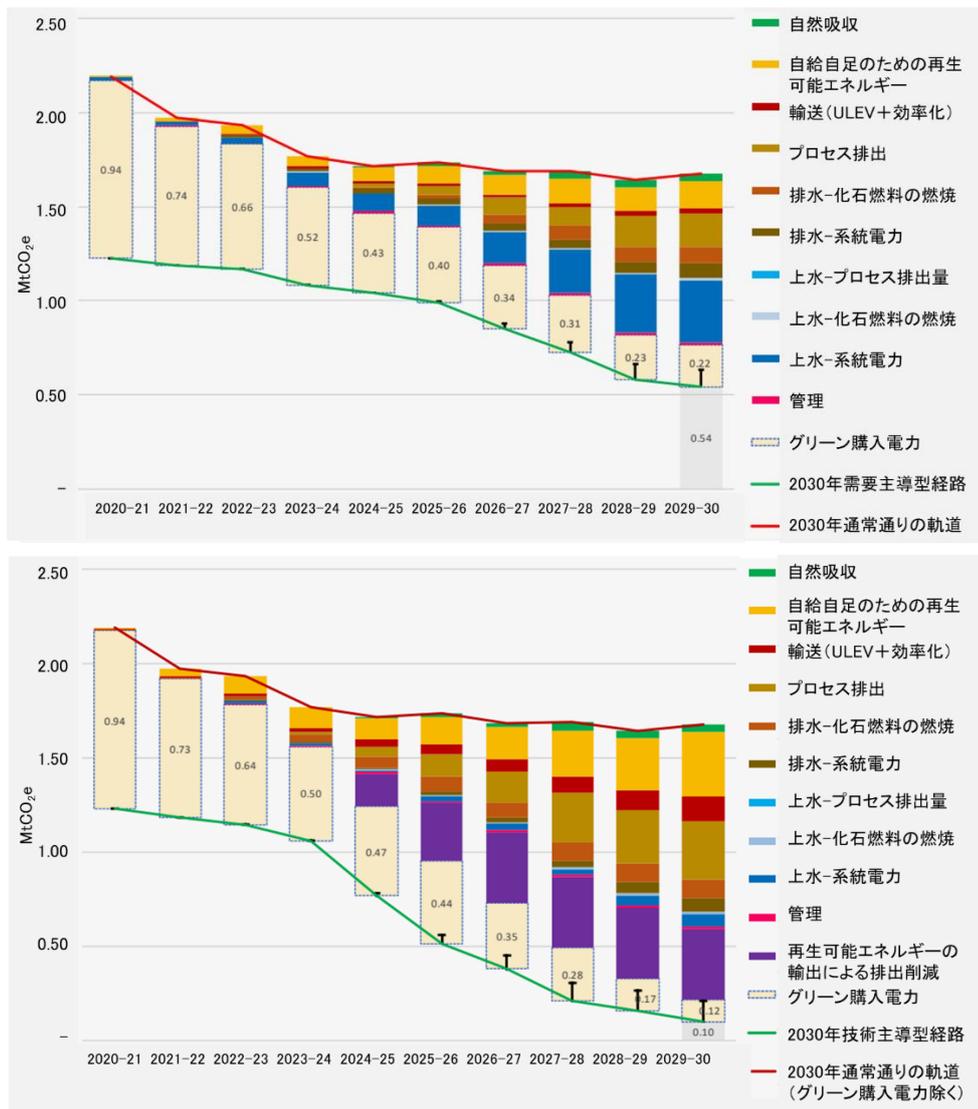


図 4-1 需要主導型(上)と技術主導型(下)の脱炭素化行動によるCO₂排出量の試算
出典)Net Zero 2030 Routemap-Summary for Policymakers (事務局による日本語訳)

政策決定者向けの要約に示されているネット・ゼロ目標達成のために目指すべき項目を表4-3に示す。表中No.1~5の行動のみではネット・ゼロへの到達に不十分であることから、プランにはさらに3つの項目が含まれている(表中No.+)。単独でネット・ゼロを達成する解決策は存在せず、水関連企業、政策決定者、サプライチェーン間のアプローチとコラボレーションの幅広い組合せが必要であること、水セクターは再生可能エネルギー、バイオガス、エネルギー効率等の分野で対策を講じることにより2011年以降排出量を既に45%削減しているが、ネット・ゼロ達成に向けてさらなる加速が必要であることが明記されている。

表4-3 Water UK「Net Zero 2030ルートマップ」に示された目指すべき項目

No.	項目	内容
1	低排出車	乗用車の100%電化と商用車(重量車・大型車)の80%の代替燃料への移行。
2	節水と省エネルギー	よりスマートで効率的な給配水ネットワークと集水域に加え、漏水への対処と、顧客の節水を支援する新たな戦略。
3	プロセスからの排出	2030年までに2018-19年のベースラインから最大60%の削減を目標とし、研究のため排出量のモニタリングを行う。
4	再生可能エネルギー	最大3GWの新しい太陽光発電と風力発電を、エネルギー効率対策及び蓄電と組み合わせることで、セクターの電力需要の80%を賄い、系統発電機への圧力を軽減し、オフセットの必要性を最小限に抑える。
5	グリーンガス	下水廃棄物由来のバイオメタンを系統に連携し、最大15万世帯の暖房、脱炭素化が困難な部門での利用、また、再生可能エネルギーによる発電量が少ない場合の低炭素電力発電のために使用する。
＋ ※	在来生息地の回復	2万ヘクタールの泥炭地と草原を修復し、1,100万本の木を植える。自然に根差した対策は、水処理への需要を減らし、プロセスからの排出のような削減が困難な活動の重要な受け皿となり、生息地を回復し、洪水リスクを低減する。
＋ ※	イノベーションをターゲットに	プロセスからの排出量は非常に不確実であり、早急な対処が世界的な重要課題となっている。効率的な改善策を見つけることがイノベーション戦略の優先事項である。
＋ ※	残留排出ガスのオフセット	最も野心的な経路であっても、ネット・ゼロを達成するには、2030年までに直接取り組むことができない排出量に対応するために適切なオフセットを購入する必要がある。企業がカーボンオフセットを調達するための英国市場の発展は、水セクターが排除できない排出量の管理において重要な役割を果たす。

※1～5のみではネット・ゼロへの到達に不十分であることから、プランにはさらに3項目を含む。

出典) Net Zero 2030 Routemap Summary for Policymakers, Water UK

Water UKはこの水道業界の自主的な取組が他の経済セクターのプロトタイプとして機能することを期待している。顧客を保護し、投資コストを抑えながら、経済回復の一環としてグリーンスキルや自然に根差した解決策の開発を支援するとし、水道業界による6つのコミットメントと、政府や規制当局への4つの提言を示している。提言の内容は、IPCCによる第6次評価報告書の影響・適応・脆弱性を扱う第二作業部会の報告書において繰り返し指摘された、気候政策とその他開発課題の統合的解決の重要性と合致するものである。

表4-4 Water UK「Net Zero 2030ルートマップ」のコミットメントと推奨事項

	No.	項目	内容
コミットメント	1	顧客の保護	投資効率の優先、再生可能エネルギー発電等新たな収益源の提供、より安価な代替投資源へのアクセス等により可能な限り低コストで最大の利益を実現する。水の貧困の公益コミットメントを実現し、弱者が取り残されることのないよう公正な移行を支援する。
	2	リーダーシップとコラボレーション	意思決定においてネット・ゼロを優先し、業界全体でネット・ゼロを実現するためにリーダーに権限を与え、支援する。 サプライチェーンと協力しパートナーシップとイノベーションを構築する。
	3	迅速な行動	脱炭素化に関する取組を、企業やパートナーの進捗を加速させるセクター全体の移行プログラムとしてまとめる。時間のかかる研究を開始するとともに、すぐに取り掛かれる選択肢をできるだけ早く進める手助けをする。

	No.	項目	内容
コミットメント	4	英国全土での地域別の進展	英国国内の全ての水道事業者がルートマップを用いて2021年7月までに独自のネット・ゼロ行動計画を立てる。計画はセクター全体の分析に基づき地域内の機会と課題を反映したものとなる。企業は将来的に予想される排出量を概説し、英国全体の脱炭素化戦略、セクター固有の分析、地域の気候や生物多様性の目標、機会、行動、制約を考慮しなければならない。
	5	透明性の確保	個々の行動計画に加えセクター別の排出報告書を毎年発行し、認定基準による報告書の認定を目指す。水道企業以外からもメンバーを募りNet Zero Expert Panelを開催し、計画やパフォーマンスに関するアドバイスや意見交換を行う。
	6	グリーン雇用とスキル	水道セクター全体、他の公益事業者、都市、地域と協力し、トレーニングプログラム等のスキームを開発する。可能であれば、炭素集約型産業の熟練スタッフにスキルの活用機会を提供する。COVID後のグリーン経済回復支援のために今後5年間の投資計画がある。
推奨事項	1	政府による経済全般にわたる移行戦略	政府は個々の技術やセクターについて個別に判断するのではなく、優先事項、機会、影響について包括的かつ連携した見解を示す必要がある。
	2	低炭素化のための政策的支援	例えば、白物家電の水効率ラベルの義務化と最低基準の設定を、建築規制の改善（新築住宅が一人1日当たり水使用量が100Lを超えない設計基準を満たすようにする）や、持続可能な排水システム基準の義務化と組み合わせるなど、政府はコストをかけずに脱炭素を加速させ、リスクも軽減させるような政策変更を行うことができる。
	3	ネット・ゼロのイノベーションの優先	水事業に携わる全ての人に、プロセスからの排出のような削減が困難な分野の解決のための新たなイノベーション戦略を構築することを奨励する。技術やアプローチを迅速かつ大規模に市場に投入する新しいコラボレーションを期待し、分野全体で最大の進展を確実にするため新しいCoE※と協働していく。
	4	より自然に根差した解決策の実現	自然に根差した解決策と、水質目標達成のための「集水域優先」アプローチへの移行が必要である。水産業国家環境計画の大幅な改革を通じて構築できるもので、カーボンオフセットと土地利用転換のための英国市場の迅速な推進により支援されるべきである。

※CoE: Center of Excellence

英国では18の水道事業者がネット・ゼロを宣言しており、そのうち8事業者がWater UKのRace to Zeroに参加し、残る10事業者は独自のネット・ゼロ目標を設定している。この中から3つの事業者の戦略を紹介する。Race to Zeroへの参加・不参加に関わらず、水道事業者が気候変動対策についての具体的な目標、戦略及び行動計画を有していることが確認された。

表4-5 英国の水道事業者の取組事例

事業者 (地域)	Anglian Water(東イングランド)	Water UKのRace to Zeroに参加
認識しているリスク	英国の中で最も乾燥し、長い海岸線を有する最も低い地域にあり、気候変動影響に対し他の地域より脆弱である(より高温で乾燥した夏、より暖かく湿った冬、それに伴う海面上昇)。	
現状	2020年までに、資本プログラムにおける炭素排出量を2010年の基準値から61%削減、運用時の排出量を、2014/2015年に設定した新たな基準値から34%削減する。地域全体の脱炭素化支援のため、排熱の地域内輸出も行っている。	

事業体 (地域)	Anglian Water(東イングランド)	Water UKのRace to Zeroに参加
目標	<ul style="list-style-type: none"> ・2030年までに運用時の排出をネット・ゼロ、その後も維持する。 対象事業活動:化石燃料の燃焼による排出及びプロセスからの排出、電力系統からの購入電力及び発電した電力の輸出、出張・外部委託・送電及び配電網の損失による排出。 ・2030年までに2010年を基準として70%の資本炭素(資産の創出に伴う排出)削減。 	
戦略	<p>事業活動から排出するGHGsを可能な限り削減する。回避または削減できない残りの排出量は、2030年以降、同等のガスの隔離(sequestration)によって相殺する。</p> <p>柔軟なアプローチが必要であり、サプライチェーン、同業他社、政府、規制当局と広範な協力が必要となる。</p> <p><脱炭素化のヒエラルキー></p> <ol style="list-style-type: none"> ①排出削減(エネルギー効率対策、水資源の効率化、漏水削減) ②再生可能エネルギー・グリーン電力(太陽光・風力発電導入、コジェネレーションシステム、グリーン電力) ③削除・オフセット 	
行動計画	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー効率化(システム全体にわたる、リアルタイムの業務効率を反映することにより、エネルギー効率化の機会を最大化する。パートナー企業と連携し、建設する全ての新規資産の運用炭素効率を促進する。) ・再生可能エネルギーの発電と貯蔵の最大化(太陽光発電を設置、グリーン電力の調達。) ・車両の脱炭素化(電気自動車、水素またはバイオメタンなどの代替燃料への切替、液化天然ガスの使用に変更。) ・バイオガスの価値の最大化(バイオガス生産をバイオメタンにアップグレードする。) ・プロセスからの排出量の管理(4つの大規模サイトに監視装置を設置し、プロセスからの排出に対する理解一運用の最適化、資産の修正、可能であれば交換を通じた管理・削減について、率先して取り組む。サプライチェーンや他業界と協力し、プロセスからの排出を削減するための試験的なソリューションをテストし、効果の高いソリューションを決定する。) ・代替燃料の選択(軽油需要の100%を水素化処理植物油(HVO)に切替える。) ・残留排出量のオフセット戦略を策定(地域内のオフセットを優先し、敷地に50ヘクタールの森林を植林、湿地、草原を使用した土地管理スキームを開発する。) 	
データ	<p>2030年までの削減は、電力削減の寄与が大きい。</p> <p>(2029/2030年におけるCO₂排出の内訳は、排水・汚泥・水処理事業のプロセスからの排出量58%、輸送関連排出量16%、購入したグリーン電力に起因する送配電ロスによる排出量13%、プロセスにおける加熱や非常用発電に使用される化石燃料に関連する排出量13%と試算。)</p>	

出典) Our net zero strategy to 2030, Anglianwater (2021)

事業体 (地域)	Welsh Water(ウェールズ)	Water UKのRace to Zeroに参加
認識しているリスク	暑さ警報、干ばつ、嵐等	
現状	風力、水力、太陽光、高度嫌気性消化(AAD)を通じてエネルギー需要の23%を生成し、残りは100%再生可能エネルギー資源から調達している。	
目標	<ul style="list-style-type: none"> ・2040年までにカーボンニュートラル(2030年までに総炭素排出量を90%削減)とする。 ・2025年までに35%、2050年までに100%エネルギー自給自足(またはエネルギーニュートラル)とする。 	
行動計画	<ul style="list-style-type: none"> ・生物多様性計画、泥炭地の再生、湿地処理、集水域管理を通じて、自然の活用方法を革新する。 ・再生可能エネルギーの使用を増やす。 ・最先端のAAD施設を通じた下水からのエネルギー生成によりエネルギーニュートラルとするのに十分なエネルギーを創出する。 	

出典) Water Strategy for Wales, Welsh Government (2019)

Welsh Waterウェブサイト、Wals News Online

事業体 (地域)	Thames Water(ロンドン)	Water UKのRace to Zeroに不参加
認識しているリスク	極端な天候の頻度と強度の増加(最高気温の更新、嵐、熱波、異常な低温、月間降雨量の更新、集中豪雨、鉄砲水、洪水、干ばつ)	
現状	<ul style="list-style-type: none"> ・消費電力の23%を自然エネルギーで生産。 ・400,000個以上のスマートメーターを設置。 ・漏水量を47,000m³/d削減し、595,000m³/dとした。 ・6,841件の漏水修理を無償で実施。 ・持続可能な排水システムにより、21ヘクタールの土地を幹線から切り離れた。 ・755,000m³/dの水供給施設において、異常降雨に対する耐性を強化。 ・サービス人口1,569,343人相当の排水処理施設において異常降雨に対する耐性を強化。 ・1,000分の1の洪水に対する耐性を評価。 ・26の地域排水戦略を策定し、5件の下水集水域調を完了。 ・供給の安全性指数(SOSI)100%を維持。 ・Water Resources South East社と連携し 地域の水資源に関する理解を深める。 ・150,000m²以上の湿地帯を造成。 ・2020-25年事業計画の策定に100万人以上の顧客参加。 	
目標	2030年までに事業活動から排出されるCO ₂ の量をゼロにする。	
行動計画	<ul style="list-style-type: none"> ・101,000m³/dの漏水を削減し、493,000m³/dの水準とする。 ・ロンドンに約70万個のスマートメーターを設置。 ・持続可能な排水システムにより、さらに65ヘクタールの土地を幹線から切り離す。 ・排水と排水管理計画を完成させ、現行の排水戦略の枠組を置き換える。 ・供給の安全性指標(SOSI)を100%に維持。 ・2030年までに200年に1度の干ばつに対する耐性を向上させる。 ・200年に1度の干ばつに対する耐性等、新しい情報、課題、目標に対応した干ばつ計画更新。 ・水資源管理計画の作成(Water Resources South Eastとの協働を含む)。 ・PR24の計画と2050年のビジョンについての顧客やステークホルダーへの積極的な働きかけ。 	

出典) Protecting our water and world, Our Climate Change Adaptation Summary Report for 2015-2020, Thames Water

(2) オーストラリア・ニュージーランドの事例

オーストラリアはパリ協定の下2030年までに排出量を2005年比で26~28%削減するとの目標を定めており、全ての州・準州政府が2050年までに排出実質ゼロを目指す方針を打ち出している。2021年10月に政府は2050年までにGHGs排出実質ゼロを目指す計画を発表した。発表した長期排出削減計画では、課税ではなく、低排出技術への投資によって排出削減を目指す原則が示され、目標は法制化せず、計画の進捗状況は5年ごとに見直すとしている。

低排出技術への投資にあたっては、2020年に発表した「技術投資ロードマップ」に示した5つの優先分野(水素、電力貯蔵、低排出の素材製造(鉄鋼、アルミニウム)、CO₂回収・貯蔵(CCS)、土壌炭素貯留)に、「超低コストの太陽光発電」を追加した⁶。

水分野の取組事例として、WSAAはUNFCCCのRace to ZeroキャンペーンにおいてWater UKとパートナーシップを結んでいる。ネット・ゼロ目標を設定しているオーストラリアの水道事業体は23あり、そのうち13の事業体と、ニュージーランドの1事業体がWSAAのイニシアティブの下Race to Zeroキャンペーンに参加している。2019-20年におけるオーストラリアとニ

⁶ JETRO ビジネス短信(2021年10月27日) <https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/10/da3bbaaad27a85e6.html>

ュージーランドの14の水道事業者の現状と目標を以下に示す⁷。WSAAによると、オーストラリアとニュージーランドの気候は、既に平均で1.1～1.4℃上昇しており、今後も両国の気候は変化し続け、それによる影響が生じると予測されている⁸。

各水道事業者は、現時点のサービス人口／面積、パイプライン・配水管等の全長、処理場数のほか、CO₂排出量、電気使用量、再生可能エネルギー生産量とその割合、既存及び計画再生可能エネルギー設備能力（太陽光、小水力、バイオガス、コージェネレーション）等の数値を示すとともに、ネット・ゼロに向けた今後の取組を明記している。表4-6に水道事業者が認識している気候変動リスクの例と14事業者合計の現状の数値データを、表4-7に各水道事業者のネット・ゼロ目標と取組計画を示す。各水道事業者個別のウェブサイトではより多くの取組が記載されている。英国同様、個々の水道事業者が気候変動対策の具体的な目標と計画を有している。

表4-6 オーストラリア・ニュージーランドの水道事業者が認識している気候変動リスクと現状

水道事業者	内容
WSAA	<ul style="list-style-type: none"> ・降雨パターンや河川・ダムへの流入量のより大きな変動 ・気温の継続的な上昇、暑さの極端な増加、寒さの減少 ・降雨の減少、干ばつ、水不足 ・暴風雨の頻度と強度の増加、洪水 ・オーストラリア南部、東部、ニュージーランドの火災危険日数の増加、火災シーズンの長期化 ・2100年までに少なくとも0.5m、最大で1mの海面上昇、今後数世紀の海面上昇の固定化
Barwon water	<ul style="list-style-type: none"> ・気温上昇と乾燥による水需要の増加・供給の減少（貯水池への降雨量減少） ・異常で予測不可能な天候・嵐や山火事のリスクの上昇
Sydney Water	<ul style="list-style-type: none"> ・淡水供給の減少 ・顧客の水需要の増加 ・集水域での深刻な山火事のリスクの増加 ・ダムでの藻類の増加 ・パイプの腐食や臭気のリスク上昇 ・極端な嵐による処理プラントの容量超過 ・海面上昇と嵐の増加による低地の沿岸資産への脅威 ・土壌構造と安定性の変化による管の破損の増加 ・電力供給の大規模な混乱
Urban Utilities	<ul style="list-style-type: none"> ・より長期の干ばつの発生 ・降雨量の少ない期間によるダムへの流入の減少 ・蒸発量の増加などの要因による利用可能なダム水の減少 ・気候に依存しないほかの水源へのアクセスの必要性 ・都市や町の冷却、セメント割れ防止等、熱への対処のための水需要の増加
Watercare	<ul style="list-style-type: none"> ・干ばつや洪水など極端な気象現象の影響（暑く乾燥した時期の水需要増加・水需要の圧迫）

⁷ Water and the Race to Zero: A WASS and Water UK partnership, COP26–November 2021

⁸ Urban water industry climate change position, May 2022, Water Services Association of Australia
<https://www.wsaa.asn.au/sites/default/files/publication/download/Urban%20Water%20Industry%20Climate%20Change%20Position%20May%202022.pdf>

水道事業体	内容
現状 (14事業体 合計)	<ul style="list-style-type: none"> ・1,800万人以上の顧客にサービスを提供 ・総延長160,000kmの上下水道パイプライン ・合計354の処理施設 ・総排出量 847, 637 tCO₂e(注) ・総電力使用量 1,199,192 MWh(注) ・175MWの既存太陽光発電設備 ・220MWの太陽光発電を計画中 <p>(注: 2019/2020年データと2020/2021年のデータを含む)</p>

出典)・Water and the Race to Zero: A WSAA and Water UK partnership, COP26–November 2021

- ・Towards Resilience, 2021, WSAA
- ・Urban water industry climate change position, May 2022, WSAA
- ・Barwon water、Sydney Water、Urban Utilities、Watercareウェブサイト

表4-7 オーストラリア・ニュージーランドの各水道事業体のネット・ゼロ目標と取組計画

事業体名	ネット・ゼロ 目標年	中間目標	取組内容
Barwon water	2030	2025までに 再生可能エ ネルギー 100%	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電 ・風力発電PPA ・バイオガス・バイオ炭生産 ・太陽光発電及び蓄電 ・ゼロエミッションウォーター太陽光PPA ・小水力発電
Coliban Water	2030	2025までに 13%削減	<ul style="list-style-type: none"> ・地域組織と協力して脱炭素プロジェクトを実施 ・水力発電機 ・大規模太陽光発電プロジェクト ・戦略的パートナーとのエネルギー効率プロジェクト ・車両を電気自動車に置き換え
Gippsland Water	2030	2025までに 32,080tCO ₂ まで削減 (-24%)	<ul style="list-style-type: none"> ・再生可能エネルギー生産量を増やす ・2025年までに100%再生可能エネルギー化 ・カーボンオフセットプログラムの構築 ・車両と運転における化石燃料使用をなくす
Goulburn Valley Water	2050	2025までに 37,416tCO ₂ まで削減	<ul style="list-style-type: none"> ・Behind-the-meter(BTM)太陽光発電 ・高効率嫌気性ラグーンガス捕捉 ・2025年までに100%再生可能エネルギー化 ・今後のさらなるイニシアティブ
Icon Water	2045	2025までに 50-60%	<ul style="list-style-type: none"> ・排水処理からの亜酸化窒素放出への対処 ・NSW州の電気使用のグリーン化 ・ゼロエミッション車への移行 ・残留排出量に対するカーボンオフセットの維持
Melbourne Water	2030	2025までに 204,380tCO ₂ まで削減	<ul style="list-style-type: none"> ・排出削減の機会の理解と調査 ・再生可能エネルギー発電のポートフォリオを増やす ・エネルギー効率化プロジェクト ・再生可能エネルギーの調達とオフセット
SA Water	2050	2030までに 50%	<ul style="list-style-type: none"> ・ゼロコストエネルギー(太陽光発電、貯蔵、需要スケジューリング、エネルギー効率等) ・排水処理プロセスの亜酸化窒素の排出量削減 ・電気自動車への移行

事業体名	ネット・ゼロ 目標年	中間目標	取組内容
South East Water	2030	2025までにベースラインから45%削減	<ul style="list-style-type: none"> ・ゼロエミッションウォーター(太陽光発電) ・風力発電 ・発電と熱供給のコジェネレーション(CHP) ・エネルギー効率化と最適化
Southern Rural Water	2025	2025までにネット・ゼロ	<ul style="list-style-type: none"> ・Behind-the-meter(BTM)再生可能エネルギーの継続的な使用と拡大 ・業界全体の大規模太陽光発電プロジェクトへの参加 ・車両の移動を最小限に抑え、低/ゼロ排出車を試用
Sydney Water	2030 (Scope1、2) 2040 (Scope3)	2030までにネット・ゼロ(Scope1、2)、2040までにネット・ゼロ(Scope3)	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー効率化(照明のLED化、排水処理における混合技術、エアレーター在省電力化、効率的なポンプの設置等) ・太陽光発電・太陽熱温水の使用 ・コジェネレーションによりバイオガスを電気と熱に変換(排水、食品廃棄物) ・水力発電 ・バイオメタンプロジェクト
Unitywater	2050	2030までに70%	<ul style="list-style-type: none"> ・コジェネレーションプラント ・太陽光発電 ・エネルギー契約における再生可能エネルギーの購入 ・排水処理プラントのエネルギー消費削減のためのアセット戦略 ・バイオソリッドのガス化・堆肥化
Urban Utilities	2050	2030までに30%	<ul style="list-style-type: none"> ・メタン排出量の管理 ・100%再生可能エネルギーとする ・移動のゼロエミッション化 ・カーボンオフセット ・サプライチェーンとの協力
Yarra Valley Water	2025	2025までにネット・ゼロ	<ul style="list-style-type: none"> ・排出削減のためのエネルギー生産 ・食品廃棄物からのバイオガス生産のための2つ目のエネルギー化施設の建設と廃棄物発電機の拡大 ・グリーン水素ハブ ・フローティング太陽光システム及びその他の太陽光発電資産 ・植林によるカーボンオフセットのプロジェクト実施
Watercare (ニュージーランド)	2050	2030までにオペレーションからの排出50%	<ul style="list-style-type: none"> ・グリーンエネルギー戦略 ・排水処理プラントのアップグレード(Anammox、THP、Nitrite-Shunt) ・コジェネレーションエンジンのアップグレード ・商用車のBEV、PHEVへの移行 ・バイオソリッドの有益な使用 ・所有する土地での炭素除去

出典) Water and the Race to Zero: A WSAA and Water UK partnership, COP26–November 2021

※Scope1: 水処理及び排水処理の結果として直接的に発生するもの

Scope2: 水の生産、輸送、処理に伴うエネルギー使用により間接的に発生するもの

Scope3: サプライチェーンや他の事業活動から間接的に発生するもの⁹

⁹ Urban water industry climate change position, May 2022, Water Services Association of Australia

<https://www.wsaa.asn.au/sites/default/files/publication/download/Urban%20Water%20Industry%20Climate%20Change%20Position%20May%202022.pdf>

(3) フランスの事例

世界では高い企業価値や収益性の実現、環境・社会・ガバナンスへの企業の取組を評価するESG投資が急速に拡大しており、特に欧州ではレスポンシブル・インベストメント（責任投資）と呼ばれ、考え方が浸透しており積極的な姿勢がみられる。フランスは2015年に制定したエネルギー転換法の第173条で、企業に年次報告書の中で気候変動に関する財務リスクの開示とそのリスクの低減方法の開示を義務付け、機関投資家にも気候変動リスクについての開示を義務付けるなど、気候変動の問題に、金融市場からも取り組んでいる。2019年にはこれを改正したエネルギー・気候法が施行され、2050年のカーボンニュートラル達成がエネルギー・環境政策の大きな柱として位置づけられた。これを受けて新たなロードマップとして「国家低炭素戦略」が2020年4月に大幅改定され、2020年9月に発表された経済復興策にも約300億ユーロのエネルギー・環境対策が盛り込まれた¹⁰。

水分野においては、フランス政府は水と衛生をODAの優先分野として認識しており、SDG6と2030アジェンダの達成に向けた取組として、水と衛生の新しい国際戦略2020-2030を採択している。これは、グローバルな状況の変化、人口統計、都市化、気候変動に適応させる必要性から前回採択された戦略を見直したものであり、気候変動が水資源への圧力を高めていると認識している¹¹。また、フランスの水に関する利害関係者（省庁、NGO、企業、地方自治体、流域ベースの組織、科学技術組織）からなるプラットフォームであるFWPでは、水と気候に関するワーキンググループが、適応策、緩和策、持続可能な開発目標との整合性、国際的なコミットメント、資金調達の促進などについて活動を行っている¹²。

表4-2のリストに含まれるフランスの水道事業体は1つのみであり、パリの「Syndicat des Eaux d'Île-de-France」がカーボンニュートラル達成を宣言している。一方、フランスでは水道民営化が活発であり、再公営化の動きもみられるものの、代表的な水道企業Veoliaが多くの地方公共団体から水道事業を受託しサービスを行っている。このことから、フランスの水道事業における気候変動への取組として、Veoliaの取組を調査した結果を示す。

Veoliaは2022年現在、全世界で約22万人の従業員を有し、世界各国で上下水道事業及びエネルギー事業を行っている。SBTi¹³に準拠しており、2030年までに欧州での石炭の使用を段階的に廃止し、廃棄物貯蔵センターでのメタン回収率を高めるという2つの戦略を通じて、GHGs排出量を削減するという目標を有している。2021年9月27日にSBTiの1.5°Cのビジネス・アンピションに署名し、2019年に採択した目標を倍増させ2034年までに40%のGHGs削減（2018年

¹⁰ JETRO 地域・分析レポート(2021年6月7日)

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2021/0401/3943e34d321eca66.html>

¹¹ フランス外務省 <https://www.diplomatie.gouv.fr/en/french-foreign-policy/climate-and-environment/sustainable-development-environment/article/french-policy-on-water-and-sanitation>

¹² The French Water Partnership <https://www.partenariat-francais-eau.fr/en/thematique/water-and-climate/>

¹³ Science Based Targets: 水道に限らず世界中の企業が2030年までに排出量を半減させ、2050年までに排出量をゼロにすることを目標に、企業が最新の気候科学に基づいて野心的な排出削減目標を設定できるよう活動しているグローバル組織であり、2023年1月6日現在、4382社が参加、2141社が承認されたSBTを持ち、1625社がNet Zeroにコミットしている <https://sciencebasedtargets.org/>

比)を新たな目標とし、2050年までにネット・ゼロエミッションを達成することを目指すなど気候変動への取組を拡大している。

ウェブサイト上では、トップページの1つ目の項目に「気候変動との戦い」を表示し、CO₂削減(緩和策)、気候変動への適応(適応策)のそれぞれに自社の持つ技術の紹介ページをリンクさせていることから、気候変動を企業活動の最重要課題と位置づけている姿勢が見える。2020年から2023年の戦略プログラム「IMPACT 2023」¹⁴においても、5つの課題の中に気候変動を挙げている。具体的な方策として挙げられている例を以下に示す。緩和策については、既に実施しており促進する活動と、最適化し開発する活動とに分類している。

表4-8 フランス水道企業Veoliaの気候変動対策

緩和策	適応策
<p>【促進する活動】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物リサイクルと回収 ・建物のエネルギー効率化 ・産業におけるコジェネレーション、副産物回収など <p>【最適化し開発する活動】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物のエネルギー化 ・電気のマイクログリッド化:主に再生可能エネルギーを利用した電気や熱の生産と、蓄電による地域へのエネルギー供給 <p>【その他】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・環境フットプリントの測定・認証のためのツール提供 ・スマートモニタリングによるエネルギー管理(水・電力) ・エネルギー効率の改善:エネルギー需要の抑制とコントロール、設備の運転・保守の最適化、一次エネルギーの購入、グリーンエネルギーの生産と販売 	<ul style="list-style-type: none"> ・危機管理: 排水や雨水の収集・処理(洪水への対応) 分散型発電システム(主に再生可能エネルギーによる電気・熱の生産や蓄電が可能なマイクログリッド)(停電への対応) ・水道事業の継続性確保: 自然災害の予測のためのデジタルツールを開発。コントロールセンターによる水・エネルギー・廃棄物施設のリモート継続管理、洪水予測ツール、リアルタイム水質監視、排水処理プラントの運転最適化デジタルモジュール、スマート水統合管理ツール ・世界の水へのアクセス向上: 財政支援、移動型の代替給水手段の提供、危機発生時の動員、デジタルソリューションの実装(消費者が水消費量を監視できるモバイルアプリケーション等) ・廃水の再利用: 飲料水への再利用、農業・工業への再利用。 ・ヒートアイランドの冷却: 蒸発性舗装石、自動道路加湿システム ・リスク管理ソリューション: リスクの影響のモデル化、投資計画作成

(4) 米国の事例

米国はバイデン政権が国際公約として、2030年までにGHGs排出量を2005年比で50~52%削減することを掲げており、2022年8月に成立したインフレ削減法においては気候変動対策に力点が置かれ、歳出全体の約8割にあたる約3,910億ドルが充てられた。気候変動対策として、クリーンエネルギー導入に伴う税額控除、電気自動車(EV)の購入に伴う税額控除、メタンガスの排出量削減対策(財源がUS EPAに割り当てられる)などが挙げられている。エネルギー省は、インフレ削減法とインフラ投資雇用法に盛り込まれた気候変動対策により、2030年までにGHGs排出量を40%削減できると試算している¹⁵。

¹⁴ Veolia IMPACT 2023 <https://www.veolia.com/en/veolia-group/our-strategy-impact-2020-2023>

¹⁵ JETRO 地域分析レポート(2022年10月6日)<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2022/2faeb20d767ea136.html>

水道分野における取組事例として、US EPA気候変動適応リソースセンター（ARC-X）は、気候への影響として、干ばつ、嵐及び洪水、水源水質変化、海面上昇を挙げ、これらの気候変動の脅威に対処するための適応行動を提示している。これは自治体が現在及び将来の気候変動の脅威に対処するための方法を検討するための情報の提供と支援を目的としたものである¹⁶。

気候適応行動の強化を目的とした知識交換のためのプラットフォームCAKEが2010年に発足しており、適応計画のサポートツールの一つとしてUS EPAの水道事業のための適応戦略策ガイドも紹介されている¹⁷。

表4-9 US EPAの示す水道事業の適応策の例

適応策	内容
新しいインフラの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・ インフラを保護するための洪水障壁の構築(堤防、防潮堤、機器の高所移動等) ・ 帯水層の貯蔵と回復に必要なインフラの構築 ・ 水供給の選択の多様化と現在の供給源の拡大(水供給不足リスクの軽減) ・ 貯水容量の増加(干ばつ対応) ・ 海水と淡水の境界が上流へ移動することを防ぐための潮汐のある河口へのダム の設置 ・ 代替電源またはオンサイト電源の計画と確立(局地的な電力不足への対応) ・ 施設のより高い標高への移転(沿岸の洪水や暴露によるリスク軽減)
システム効率の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギー効率の向上と運用の最適化 ・ 水のリサイクルシステムの促進(再生水の利用) ・ 連結利用(Conjunctive use)の実践(例えば雨季の帯水層への貯留と乾季の取水 の組合せなど)
気候リスクのモデル化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 極端な降水の事象解析 ・ 海面上昇と高潮のモデリング ・ 潜在的な水質変化を理解するためのモデル開発 ・ 地下水の状態をモデル化し監視する ・ 下水道システムへの流入・浸透をモデル化し削減する ・ 水門モデルを利用した流出と将来の給水の予測
土地利用の変更	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生態系の保護、取得と管理 ・ グリーンインフラの整備 ・ 集水域管理の実装 ・ 洪水管理とモデリングの土地利用計画への統合 ・ 高潮に対する沿岸湿地の応答に関する研究 ・ 火災モデルの更新と火災管理計画の実践
水需要の変更	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電所における水使用量の削減の奨励及び支援(再生水の提供等) ・ 農業用及び灌漑用水の需要のモデル化と削減 ・ 将来の地域水需要のモデル化 ・ 節水・需要管理の実践(家庭の水使用に関する情報提供、水効率の高い製品に 関する情報、様々なセクターへの意識啓蒙、節水関連機器の設置支援など)

¹⁶ EPA Adaptation Actions for Water Utilities
<https://www.epa.gov/arc-x/adaptation-actions-water-utilities>

¹⁷ CAKE <http://www.cakex.org/tools/adaptation-strategies-guide-water-utilities>

適応策	内容
運用機能の監視	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生物学的排水処理の熱に対する耐性評価 ・ 貯水池の水質管理 ・ 既存インフラの健全性の監視と検査(劣化の検出と耐用年数を延ばすための調整) ・ 気象条件の監視 ・ 洪水のモデル化と引き起こす条件の監視 ・ 地表水の状態の監視 ・ 集水域の植生の変化の監視
気候変動対策計画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 保険やその他の金融商品の採用 ・ 気候変動影響・適応訓練の実施 ・ 海岸復旧計画の策定 ・ 緊急時対応計画の策定 ・ 主要施設のエネルギー管理計画の策定 ・ 近隣の公益事業との相互扶助協定の締結 ・ 脆弱な施設の特定と保護 ・ 気候関連リスクのインフラ改善計画への統合 ・ コミュニティ計画と地域協力への参加 ・ 干ばつ緊急時対応計画の更新
修理・改修設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 洪水後・火災後の修復に関する方針及び手順の実施 ・ 海水侵入障壁と帯水層への淡水の注入 ・ 逆流防止のためのポンプの改善 ・ 廃水及び雨水の収集・処理能力の向上 ・ 処理能力の向上(水質悪化時においても水質基準を満たすための改善、追加処理技術の導入など) ・ 放流水冷却システムの設置 ・ 流量または水位低下に対応するための取水口の改修

出典) EPA Adaptation Actions for Water Utilities⁶⁴

節水について、US EPAは、水使用量の少ない高品質な製品を簡単に選択できる国家プログラムWaterSenseを運用している。水効率の高い製品のラベルであるとともに節水を支援するリソースとなっており、466の公共事業者（水・エネルギー）がこのプログラムのパートナーとなっている¹⁸。

カリフォルニア州は2009年の水保全法で都市の水利用効率目標を採用した最初の州であり、2020年までに都市部の一人当たり水使用量を20%削減することを義務付けた。2015年には、悪化する干ばつに対処するため、州知事が都市部の飲料水消費量を州全体で2013年比25%削減することを義務付け、水供給業者による総生産量削減を罰則付きで義務付けた¹⁹。2018年には水保全法が改正され、都市部と農業部門の水供給事業者に対し干ばつへの備えと水不足の緊急対応計画の強化を求め、不履行に対し民事責任、助成金や融資の停止等も明記されている。法案では、屋内住宅用水使用の基準として1日1人当たり55ガロン（約208L）の制限を設定し、2030年までに50ガロン（約190L）に低下させるとしている²⁰。2022年1月には、州水資源管理委員会が、州全体で特定の無駄な水の使用慣行を禁止し、水供給業者と州民に節水のための生

¹⁸ <https://www.epa.gov/watersense>

¹⁹ https://www.waterboards.ca.gov/press_room/press_releases/2015/pr050515_water_conservation.pdf

²⁰ <https://water.ca.gov/Programs/Water-Use-And-Efficiency/2018-Water-Conservation-Legislation>

活様式の構築を奨励する2つの罰則付きの緊急規制を採択している²¹。また、WaterSenseのパートナーには99の公共事業者が登録している。

シアトル地域では水使用効率目標がワシントン州水道法及びそれに伴う水使用効率規則で要求されており、水供給事業者に対し、水保全計画、配水システム漏水基準、節水性能報告が義務付けられている²²。これに基づき、地元の19の水道事業者のグループSaving Water Partnershipが、年間平均小売水使用量の上限目標を設定し、現在及び将来の水需要の削減のための戦略とプログラムを実施している。具体的には、家庭（屋外、屋内）における水使用の削減のための行動や機器交換、漏水の防止の奨励、企業への節水キットの無償提供、学校における水保全プログラムの実施、家庭や企業の節水機器交換等に対する還元サービス等が示されている。この地域では1990年以降、人口増加に関わらず水の使用量が減少し、2010年以降はほぼ横ばいで推移しており、長期間の取組による節水の実績を挙げている²³。このうち2つの公共事業者がWaterSenseのパートナーとなっている（ワシントン州全体では34）。

3 まとめ

各国政府の気候変動への取組方針とともに、ネット・ゼロを宣言している水道事業者の存在と、特に活発な取組がみられる英国、オーストラリア、ニュージーランドの水道事業者の取組、フランスの代表的な水道企業の気候変動対策の取組、米国の環境保護庁が示す適応策と水道事業者のグループの節水の取組について紹介した。本調査で取り上げた事例は世界の水道事業者の活動の一部であるが、各国が国の方針や計画の下、強みを生かすべく、気候変動影響の状況に応じた活動を行っていること、気候変動対応に対し複数のイニシアティブ（政策）が存在していること、水道事業者が独自の目標を有し気候変動に取り組む動きがあることなどが確認された。

以下に、具体的な内容をピックアップする。

- 欧州では気候変動対策への意識が強く、フランスでは気候変動の問題に金融市場からも取り組んでいる。カンボジア現地調査で確認されたAFDの資金支援に環境配慮の有無が重要視されている事例と合致する。
- ネット・ゼロを宣言の主体が自治体ではなく水道事業者であり、そのための戦略を立案し行動している事例があり、英国、オーストラリアのイニシアティブによる取組が活発である。
- 気候変動のリスクとして、洪水や嵐といった降雨強度の増大と干ばつ等水資源の不足が挙げられている事例が多いが、特に水不足のリスクが強く認識されている。

²¹ California Water Board, Water Conservation Portal

https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/conservation_portal/regs/emergency_regulation.html

²² 2018 Revised Code of Washington Title 70—Public water systems—Penalties and compliance

<https://law.justia.com/codes/washington/2018/title-70/chapter-70.119a/section-70.119a.180/>

²³ Saving Water Partnership 2021 Annual Report

<https://www.savingwater.org/wp-content/uploads/SWP-2021-AR-web-FINAL.pdf>

- 水道事業者のネット・ゼロの達成のための計画では、水セクターとして水道事業と下水道事業を含めた包括的な戦略が立てられており、加えてグリーン購入電力やカーボンオフセットといった水道事業以外の施策が含まれている。
- 気候変動影響への対応には、単独での解決ではなく、サプライチェーンとの協力、他セクターや都市・地域とのパートナーシップやコラボレーションが不可欠とされている（Water UKの策定したルートマップ）。
- 政府による政策変更や環境計画の改革による支援など、政府や規制当局への提言が示されており、経済全般にわたる戦略が必要と考えられている（Water UKの策定したルートマップ）。
- エネルギー効率化はほぼ全ての事業者の行動計画に含まれるが、既に効率化のレベルが比較的高いこと、電力網が脱炭素化するにつれてエネルギー効率化から得られる利益が徐々に減少すること等から、炭素削減ポテンシャルに与える影響は比較的小さいとの記載も見受けられる。
- 新規資産の運用炭素効率を促進するアセット戦略、プラントのアップグレードを挙げる事業者もある。ただし、削減効果は高いが多額の先行投資が必要であり、現行の施設の耐用年数が終了するまでは広く採用することは困難であるとも記載されている。
- 気候変動対策として、再生可能エネルギーの使用はほぼ全ての事業者で挙げられており、コジェネレーションを挙げる事業者も多い。
- 自然に根差した解決策により、生態系・生物多様性の機能・サービスの維持・増強を通じて気候変動への適応能力を上げるアプローチの重要性が示されている。
- UNFCCCのRace to Zero、Water UK「Net Zero 2030ルートマップ」とは別に、世界中の企業が2030年までに排出量を半減させ、2050年までに排出量をゼロにすることを目標に、最新の気候科学に基づいて野心的な排出削減目標を設定できるよう活動しているグローバル組織Science Based Targetsがある。フランス、オランダ、米国、英国、オーストラリア等世界の複数の国の水道企業（事業者）がこれに準拠している。
- 米国では気候変動への対応に関し適応計画策定のための様々なツールが公開されており、水道事業に関してはUS EPAがガイドを示している。
- US EPAは、水効率の高い製品のラベルであり節水支援のリソースとなる国家プログラムWaterSenseを運用している。
- 水資源の不足に対し強い危機感を持つ地域では、水使用効率目標を法律で定め、罰則付きで水使用量や行動を規制する事例や、地域の水道事業者がグループで協力し節水のための戦略プログラムを実施し実績を挙げている事例がある。
- 本調査では、エネルギー効率化の方策の中に、自然エネルギー活用のための（自然流下を利用した）施設の再配置や統廃合、広域化といった手段は確認できなかった。