

厚生労働省委託事業

令和5年度

水道分野の国際協力検討事業

国際協力活動による水道の開発効果と
気候変動対策の相乗効果について

報告書

令和6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5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	5
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 水道分野の国際協力における気候変動対策の相乗効果の検討	8
2-1 気候変動と水	8
(1) 気候変動と水	8
(2) 国際協力における気候変動対策との相乗効果の考え方	12
2-2 調査方針	14
2-3 各案件の概要と課題	16
2-4 定性・定量評価の検討	20
(1) 評価の指標	20
(2) 評価の結果	21
2-5 持続可能な水道の開発と気候変動対策の両立の実現可能性の検討	30
2-6 事業全体に共通する課題・教訓の整理	34
第3章 現地調査(ルワンダ共和国キガリ市)の結果と提言	37
3-1 ルワンダ共和国キガリ市における水供給の現状と特徴	37
3-2 ルワンダ共和国地方部における水供給の現状と特徴	39
3-3 ルワンダ共和国の水供給に係る目標	40
3-4 ルワンダ共和国の水供給に関する行政機関	40
(1) インフラ省	40
(2) WASAC	41
(3) 財務・経済計画省	41
(4) 公共サービス規制庁	41
3-5 ルワンダ共和国の気候変動対策に係る目標	41
3-6 ルワンダ共和国の気候変動対策に係る目標における水供給の位置づけ	42
3-7 ルワンダ共和国の気候変動対策に関する行政機関	42
(1) 環境省	42
(2) ルワンダ水資源委員会	42
3-8 ルワンダ共和国において観測されている気候変動影響と将来予測	42
3-9 ルワンダ共和国の水供給における気候変動対策	43
3-10 統合水資源管理を通じたルワンダ共和国の気候変動下における水へのアクセスと供給に関する取組	44
3-11 他国政府による対外援助や国際開発金融機関等からの援助による水供給における気候変動対策	46
(1) UNICEFによる太陽光発電による給水システムプロジェクト	46
(2) UNICEFによるキガリ市マスタープラン2050更新支援としての「気候変動に強靱な	

WASH 戦略」の提供.....	46
(3) AfDB の「持続可能な水供給と衛生プログラム」.....	47
3-12 ルワンダ共和国との議論で得た今後の方向性.....	47
第4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の途上国支援への活用....	49
4-1 調査方針.....	49
4-2 実施内容.....	49
4-3 水道事業者へのアンケート・ヒアリング結果.....	49
4-4 途上国支援への活用に向けた知見の整理.....	53
(1) 途上国支援に活用できると考えられる施策と適用に際しての課題.....	53
(2) カーボンニュートラル達成のための施策の推進に係る意見及び情報.....	54
4-5 まとめ.....	56
(1) 途上国支援に活用できると考えられる取組.....	56
(2) 環境負荷削減策の推進のための判断要素.....	57
第5章 日本企業の製品や技術を活用したイノベーションと現場見学に関する知見.....	59
5-1 調査方針.....	59
5-2 海外水道関係者の現場見学に関する知見の整理.....	60
(1) 現場見学可能な企業の製品・技術と分類.....	60
(2) 現場見学実施の際の留意事項.....	63
第6章 他国あるいは開発関係機関の水道分野の国際協力の取組事例と気候変動対策等との相乗効果.....	65
6-1 調査方針.....	65
6-2 他国・関係開発機関の取組事例.....	65
(1) 官民連携における無収水管理へのインセンティブの設定.....	65
(2) 官民連携におけるエネルギー節減へのインセンティブの設定.....	68
(3) 営利企業の環境保護活動へのインセンティブの設定.....	69
(4) 気候変動戦略の設定・全ての活動をパリ協定に適合させる取組.....	70
(5) 政策と規制への介入・行動変容への取組.....	73
(6) Nature-based Solutions.....	74
(7) サポートツールの開発.....	76
(8) 飲料水水源としての下水処理水の利用.....	76
第7章 今後の国際協力をより効果的・効率的に実施するための考察.....	78
7-1 本調査のまとめ.....	78
7-2 今後の国際協力をより効果的・効率的に実施するための考察.....	79
資料編.....	84
対象案件概要.....	84
対象案件資料一覧.....	92
略語表.....	93
第8章 現地調査に基づく水道事業と気候変動の関係と課題.....	94
8-1 現地調査の概要.....	94
8-2 パキスタンにおける日本の政府開発援助.....	94
8-3 パキスタン及び WASA-F の水供給事情.....	95

8-4	パキスタン政府の気候変動目標と取組.....	96
8-5	他国政府による対外援助や国際開発金融機関等からの援助による水供給における気候 変動対策	97
8-6	まとめ	97
(1)	当該国の水道事業における気候変動との関係と課題.....	97
(2)	その他.....	98

略語表

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
AIIB	Asian Infrastructure Investment Bank	アジアインフラ投資銀行
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados	上下水道公社
AR4	the 4th Assessment Report	(IPCC) 第 4 次評価報告書
AR5	the 5th Assessment Report	(IPCC) 第 5 次評価報告書
AR6	the 6th Assessment Report	(IPCC) 第 6 次評価報告書
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CEB	Council of Europe Development Bank	欧州評議会開発銀行
COP12	Conference of Parties12	国連気候変動枠組条約第 12 回締約国会議
COVID-19	Coronavirus disease 2019	新型コロナウイルス感染症
DCS	Distributed Control System	分散型制御システム
DR	Demand Response	デマンドレスポンス
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development	欧州復興開発銀行
EIB	European Investment Bank	欧州投資銀行
ESCO	Energy Service Company	省エネルギーサービス事業(事業者)
ESG	Environment, Social, Governance	環境、社会、ガバナンス(企業統治)
G8	Group of Eight	主要国首脳会議(サミット)
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
FCDO	Foreign, Commonwealth and Development Office	英国外務・英連邦・開発省
FS	Feasibility Study	実現可能性調査
GHGs	Greenhouse Gases	温室効果ガス
GIS	Geographic Information Systems	地理情報システム
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
ICF	International Climate Finance	国際気候資金
ICT	Information and Communications Technology	情報通信技術
IDB	Inter-American Development Bank	米州開発銀行グループ
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
IsDB	Islamic Development Bank	イスラム開発銀行
IWA	International Water Association	国際水協会
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
JOD	Jordanian Dinars	ヨルダン・ディナール
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	ドイツ復興金融公庫
MDBs	Multilateral Development Banks	国際開発金融機関
MBR	Membrane Bioreactor	膜分離活性汚泥法
MIME	Ministry of Industry Mines and Energy	鉱工業エネルギー省

MISTI	Ministry of Industry, Science, Technology and Innovation	工業科学技術革新省
NbS	Nature-based Solutions	自然に根差した解決策
NDB	New Development Bank	新開発銀行
NIWS	Natural Infrastructure for Water Security	水の安全のための自然インフラ
NRW	Non-Revenue Water	無収水
NWSDB	National Water Supply and Drainage Board	(スリランカ)国家上下水道公社
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PBC	Performance-based Contracts	パフォーマンスベース契約、成果主義契約
PES	Payments for Ecosystem Services	生態系サービスへの支払い
PPA	Power Purchase Agreement	電力購入契約
PPIAF	Public Private Infrastructure Advisory Facility	官民インフラ諮問機関
PPP	Public Private Partnership	官民連携
PRO	Pressure Retarded Osmosis	浸透圧発電
RO	Reverse Osmosis	逆浸透
RWF	Rwandan Francs	ルワンダフラン
SABESP	Saneamento Basico do Estado de São Paulo	(ブラジル)サンパウロ州上下水道公社
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	生産制御システム(広域分散監視システム)
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
UF	Ultrafiltration	限外ろ過
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
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
UWSS	Urban Water and Sanitation Services	都市上下水道部
VPP	Virtual Power Plant	仮想発電所
WAJ	Water Authority of Jordan	ヨルダン水道庁
WASA	Water and Sanitation Agency	上下水道公社
WASAC	Water and Sanitation Corporation	水衛生公社
WASH	Water, Sanitation and Hygiene	水と衛生
WB	World Bank	世界銀行
WHO	World Health Organization	世界保健機関

第1章 令和5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。UNICEFとWHOの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年の策定時からの大きな情勢変化を踏まえ、開発協力のあり方をアップデートし、一層効果的・戦略的に実施するために、2023年6月に開発協力大綱の改定を行った。基本方針に新たな時代の「人間の安全保障」、途上国との共創、開発協力の国際的ルールの普及・実践を示し、重点政策として、途上国の喫緊の課題である気候変動を含めた新しい時代の「質の高い成長」と、法の支配に基づく自由で開かれた国際秩序の維持・強化を掲げた。実施面では、開発の効果を最大化するための様々な主体との共創、能動的な協力による戦略性の強化として日本の強みを活かした協力メニューを積極的に提案するオファー型協力、意思決定の迅速化や制度設計のさらなる改善など、アプローチを進化させるとしている。

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、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、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、今後の水道事業体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、本事業の位置づけ、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体連携に焦点を当て、複数の水道事業体が連携して行った過去の取組実績について調査を行った。連携することにより得られる効果と実施にあたっての具体的課題を整理し、水道事業体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。

令和 4 年度調査では、水道分野における気候変動対策について取り上げ、我が国の気候変動対策の方針、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、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及び海外水道事業体の取組事例について調査した。水道分野における取組を緩和策、適応策及び気候変動に関する人材育成策に分類し、取組ごとに途上国への展開の進めやすさや難しさ、実施に適した条件、重要な要素等を整理した。また、水道分野における気候変動対策としての評価の視点を提案し、今後の国際協力活動において意識すべき事項について提言した。

(4) 本年度の調査方針

水道分野として取り組む気候変動対策について基礎的な調査を行った昨年度の結果を受け、本年度調査は水道分野の国際協力活動による水道の開発効果と気候変動対策の相乗効果（コベネフィット）に焦点を当てる。活動の内容に応じた相乗効果の定性・定量評価について調査検討するとともに、個別事業について、持続可能な水道の開発と気候変動対策の両立の実現可能性の検討を行う。

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相乗効果の検討

- 今後の有効な取組の促進及び持続性の実現に向け、気候変動をめぐる社会変化に対応した途上国支援として、過去に実施した国際協力の取組実績を参考として、文献調査、ヒアリング調査等により、支援メニューによる水道の開発効果と気候変動対策の相乗効果を定性・定量評価し、情報提供する。
- タイムスパンに応じた持続可能な水道の開発と気候変動対策の両立の実現可能性を評価する。
- 事業全体に共通する課題や教訓を整理する。
具体的には、以下の取組を取り上げる。

①緩和策：省エネルギー

- ・「エルサルバドル国上下水道公社事業運営能力強化プロジェクト」（技術協力プロジェクト）
- ・「パキスタン国ラホール給水設備エネルギー効率化計画」（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）

②緩和策、適応策：配水の改善（ポンプ圧送から自然流下への転換、水圧の適正化による漏水削減）

- ・「ヨルダン国第二次ザルカ地区上水道施設改善計画」（無償資金協力）
- ・「ルワンダ国キガリ市上水道改善整備マスタープランプロジェクト」（開発計画調査型技術協力）

③緩和策、適応策：漏水削減

- ・「スリランカ国コロombo市無収水削減能力強化プロジェクト」（技術協力プロジェクト）
- ・「ブラジル国無収水管理プロジェクト」（技術協力プロジェクト）
- ・「カンボジア国地方州都における配水管改修及び拡張計画」（無償資金協力）

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途上国支援への活用

カーボンニュートラル達成という目標に対する国内の水道事業体の取組の中から、途上国に対する支援に活用できる事例を抽出し、国内水道事業体のカーボンニュートラル達成への取組を評価する。

昨年度調査した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を対象に、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、取組の概要、期待される効果、取組の途上国への適応における課題や必要な工夫等を整理し、途上国支援に資する知見としてとりま

とめる。事例の抽出・適応への課題や工夫の情報収集にあたっては、委員の意見を参考にす
る。

3) 日本企業の製品や技術を活用したイノベーションと現場見学に関する知見

海外の水道関係者が来日した際に、現場見学による情報提供が可能なイノベーション、とり
わけ日本企業の製品や技術を活用した取組に関する知見を取りまとめて共有する。

水道分野のイノベーション、イノベティブな技術・製品を有する企業について、既往報告
書、水道事業体等の情報発信の活動や企業の展示会情報等から抽出する。抽出した企業に現場
見学について問合せ、実施にあたっての留意事項等を整理し取りまとめる。

4) 他国あるいは開発関係機関の水道分野の国際協力の取組事例と気候変動対策等との相乗効 果

他国あるいは開発関係機関による水道分野の気候変動影響及び社会的問題に対応する国際協
力の取組事例及びその取組による気候変動対応等との相乗効果について、ウェブ調査等により
情報を入手し、特に特徴的な情報について整理を行う。

5) 今後の国際協力をより効果的・効率的に実施する方策についての考察

ここまでの検討結果、委員会での審議結果を踏まえ、水道分野の国際協力関係者に広く、長
く活用してもらうための方策について考慮しつつ、気候変動対策を考慮した今後の国際協力、
国際貢献の方向性と具体的方策について取りまとめる。

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 5 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 教授
○北脇 秀敏	東洋大学 国際学部 教授
齋藤 陽子	東京都水道局 総務部 企画調整課 国際施策推進担当（課長代理）
園田 圭佑	さいたま市水道局 業務部 経営企画課 主査
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
山下 邦夫	横河ソリューションサービス株式会社 環境システム本部 海外ビジネス部 営業グループ長

横山 則子 公益社団法人 日本水道協会 研修国際部 国際課長
(○：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
健康・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
橋本 祐一 公益社団法人 国際厚生事業団 技術参与
大和田 尚史 公益社団法人 国際厚生事業団 国際・研修事業部 部長代理
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
今城 麗 水道技術経営パートナーズ株式会社
藤原 美樹子 水道技術経営パートナーズ株式会社

【話題提供者】

松原 康一 株式会社日水コン コンサルティング本部 海外事業部 海外水道部 副部長

【オブザーバー】

井元 康文 厚生労働省 健康・生活衛生局 水道課 室長補佐
竹中 英雄 厚生労働省 健康・生活衛生局 水道課 室長補佐
青木 那奈 厚生労働省 健康・生活衛生局 水道課 係長
宮川 敏季 厚生労働省 健康・生活衛生局 水道課指導室

(2) 委員会の開催と日程

令和 5 年度は 3 回の検討委員会を開催する。各委員会の開催日（予定）は下記のとおりである。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 5 年 6 月 26 日

第 2 回委員会 令和 5 年 11 月 6 日

第 3 回委員会 令和 6 年 1 月 15 日

【国内調査】

令和 5 年 5 月～令和 6 年 1 月

【現地調査】

令和 5 年 9 月 9 日～令和 5 年 9 月 18 日（ルワンダ共和国キガリ市）

第2章 水道分野の国際協力における気候変動対策の相乗効果の検討

2-1 気候変動と水

(1) 気候変動と水

気候変動と水の関係は世界的に重要視されており、世界及び日本において様々な動きがある。以下に主要なものについて概要を示す。

1) AR6 における水道についての記載

AR6 は、エネルギー、生態系、インフラ、産業・社会における変革・システムの移行に焦点を当て、気候に強靱な開発（Climate Resilient Development）のために緩和と適応を共に実施するプロセスが必要であることを強調している。

人為起源の気候変動が、極端な現象の頻度と強度の増加を伴い、既に自然と人間に対して広範囲にわたる悪影響とそれに関連する損失と損害を引き起こしているとされ、水道に関連する気候変動リスクとしては、熱波、洪水、大雨、干ばつの増加、海面水位の上昇、陸域、淡水及び海洋の生態系における生物多様性の喪失、水の利用可能性の変化等が挙げられている。そして、気候変動の規模と速度及び関連リスクは短期的な緩和や適応の行動に依存し、悪影響と損失・損害は、地球温暖化が進むほど拡大することを指摘している。

気候変動対策に関しては、適応の計画及び実施には進捗がみられるが、生み出される便益の分布は不均衡で適応ギャップが存在すること、緩和のための対策・政策にも進展がみられているが、GHGs 排出量は将来の気温変動目標達成に必要な水準には達していないことも示されている。水道に関連する気候変動対策には、設計や計画における気候変動の影響やリスクの考慮、省エネルギーとエネルギー効率の改善、電化と低炭素資源、物質消費の削減または変化、水インフラの改善・洪水への暴露の低減等が該当する。

持続可能な開発には、緩和と適応における衡平な行動の加速が非常に重要である。これらの行動は SDGs とのトレードオフよりも相乗効果が多い。気候に強靱な開発は衡平、包摂及び公正な変革やシステムの移行プロセスにより可能となる。国際協力、様々な主体の協働やパートナーシップが必要であり、これを可能にするガバナンス、制度、ファイナンス、情報など、包括的な取組が必要である。

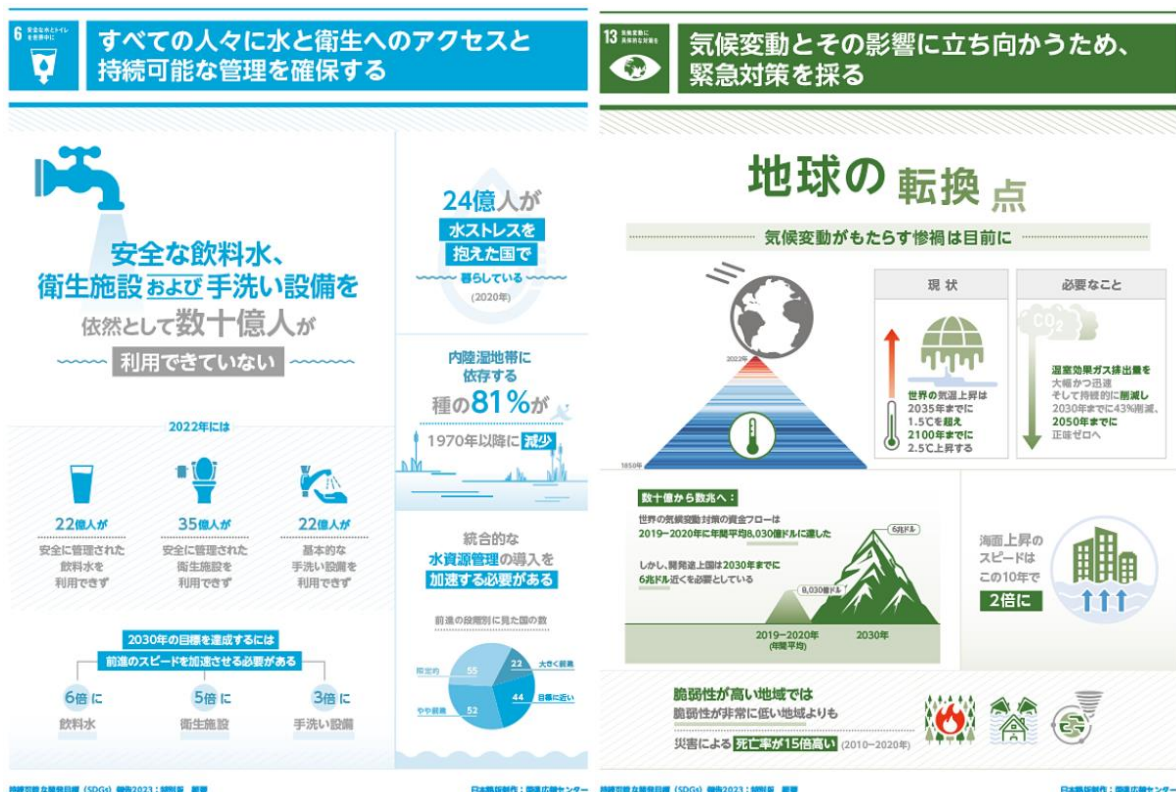
2) SDGs 報告 2023 の概説

2023 年 7 月に発表された「SDGs 報告 2023：特別版」では、評価が可能な約 140 のターゲットのうち半数で、望ましい軌道から「中程度～重度」の逸脱が起きていることが示されている。気候危機や COVID-19 のパンデミックの影響などの世界的な課題により目標達成に向けた前進が阻害されている一方で、これらのもたらす最悪の影響を受けているのは世界で最も貧しく最も脆弱な立場に置かれた人々であるとも警告している。

SDG 6 に関しては、安全に管理された飲料水サービスへアクセスできる世界の人口は、2015 年から 2022 年の間に新たに 6 億 8,700 万人増加（世界の人口の 69%から 73%に増加）したものの、2022 年時点で依然として 22 億人が安全に管理された飲料水を利用できていない。アク

セスは農村部では改善されたが、都市部では減少しており、2030年までにユニバーサルカバレッジを達成するには、現在の前進のスピードを6倍に加速させる必要がある。また、水の利用効率は上昇しているものの、水ストレスと水不足は依然として多くの地域で懸念されており、2020年には24億人が水ストレスを抱える国で暮らしている。この課題は、紛争や気候変動により深刻化している。

SDG 13に関しては、現状の気候変動対策計画のペースと規模では、気候変動に効果的に取り組むには全く不十分であり、頻度と激しさを増す異常気象は既に地球上のあらゆる地域に影響を及ぼしている。気温の上昇はこうした危険をさらにエスカレートさせ、深刻なリスクをもたらすことになる。1.5°C目標の達成には、2030年までにGHGs排出量をほぼ半減させる必要があるが、現状のままでは今世紀末までに2.5°C前後の温暖化が予想される。あらゆる分野でGHGs排出量を大幅かつ迅速に、持続的に削減することが不可欠であり、緊急かつ変革的な行動のため、ネット・ゼロ・エミッション達成への明確な道筋を示すと同時に、経済全体をカバーし、気候変動に強靱な開発へと移行する、意欲を高めることが必要である。



(出典:国際連合広報センター 持続可能な開発目標(SDGs)報告2023:特別版 概要)

3) 国連水会議 (2023年3月)

安全に管理された飲料水へアクセスできない人が現在も世界で約20億人に上り、多くの水資源の汚染が進み、気候変動が干ばつや洪水を引き起こしている現状を受け、世界の水危機への認識を高め、SDGsを含む国際的に合意された水関連の目標とターゲットの達成のための協調行動を決定することを目的に、2023年3月、ニューヨークの国連本部にて46年ぶりに水に

特化した国連会議である国連水会議が開催された¹。会議の成果である「水行動アジェンダ」は、より強調的かつ結果志向のアプローチを通じて水をめぐる課題に対処するという国際社会の決意を表したものであり、700を超えるコミットメントが盛り込まれた。米国は気候変動に対して強靱な水・衛生インフラおよびサービスを支援する投資に、最大490億ドルのコミットメントを発表、スイスは水条約（Water Convention）や国境を越えた協力の分野を含めた、国連の取り組みに資する5つのコミットメントを提出、ADBは2030年までに、アジア太平洋地域の水部門に向けて110億ドルを、また世界の水部門に向けて1,000億ドルを投資することをコミット、民間セクターでは5つのグローバル企業が米国政府と共同で500万人に水と衛生へのアクセスを提供することを目標に、Water Access Fundに約1億4,000万ドルの拠出を表明するなど、各国政府、企業、市民社会が、「水行動アジェンダ」の推進のために数十億ドルを拠出することを約束した²。

我が国は国連水会議2023の5つのテーマ別討議のうち、水に関する気候変動と強靱化等を議論するテーマ別討議3の共同議長として、日本の水防災の経験も活かしつつ、世界における水分野の強靱化に向けた提言を取りまとめた。また、世界の水問題解決に向け、「質の高いインフラ」の整備促進と今後5年間で約5,000億円相当の資金援助の提供を含む熊本水イニシアティブ等で貢献していくことを表明した³。

4) 水道分野の電力消費

水道統計によると、令和2年度の日本における水道事業の電力消費は74.0億kWhである⁴。同年度の日本全体の電力消費は、前年度比2.1%減の9,074億kWhであったことから、水道事業の電力消費は日本全体の電力消費の約0.8%に相当する⁵。一方、再生可能エネルギーの実施状況は、上水道事業の総発電量は38,523,156kWhであり、実施事業体数は増加傾向である。内訳は水力66.9%、太陽光31.8%、風力1.3%となっている。

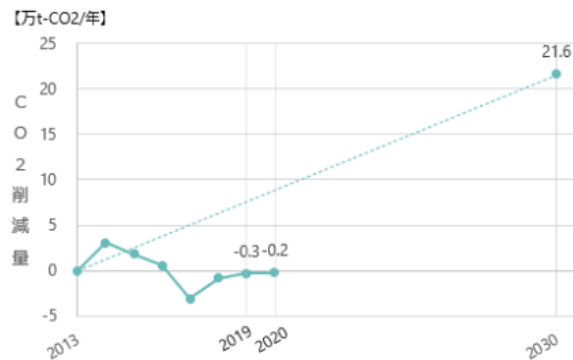
水道事業の令和2年度の電力CO₂排出量は34,778百t-CO₂（都道府県合計値、CO₂排出係数はデフォルト値0.470kg-CO₂/kWhを使用）である。平成30年度の37,002百t-CO₂から2,224百t-CO₂減少しているが、電力消費は平成30年度と令和2年度でほぼ変化がないことから、この減少はCO₂排出係数の改善によるものといえる。

5) UNFCCCに基づく報告書における水道分野の記載及び水道分野のCO₂削減目標

UNFCCCに基づく第5回日本国隔年報告書（2022年12月）では、水道事業における緩和策として、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、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、水道施設が電力の需給調整に貢献する可能性を追求することが記載されている⁶。

2050年カーボンニュートラル実現に向け、水道分野では、2030年度21.6万t-CO₂減（2013年度比約5%減）の目標を提示している。2020年度の実績は2017年度以降改善してきているものの、2013年度比排出削減量は0.2万t-CO₂増となっており、現状では目標達成は厳しい状況である。

これを受け、政府は水道事業者による省エネ・再エネ設備導入と導入時の財政支援（エネルギー特別会計）、水道施設の広域化・統廃合・再配置による省エネルギー化の推進、水道施設の水供給調整能力を活用した電力の需給調整に貢献する可能性を追求といった取組を行っている。水道事業者等を対象に水道分野における脱炭素（補助事業等）に関する説明会を開催する等、さらなる脱炭素の推進を図っている



7。

6) JICA Climate-FIT に示された水道分野における気候リスクおよび適応策の例

JICA は独自に気候変動対策支援ツール JICA Climate-FIT（緩和策、適応策）を作成している。そのうち JICA Climate-FIT（適応策）は、開発事業の立案、準備段階で気候リスク評価と適応策検討を実施するためのガイダンスであり、水道事業における気候ハザード、暴露、脆弱性、気候リスク、適応策のそれぞれについての例が記載されている⁸。このうち気候リスクと適応策の例を表 1、表 2 に示す。

表 1 JICA Climate-FIT(適応策)に示された水道事業における気候リスクの例

対象		気候リスクの例
ハード インフラ	貯水、取水、浄水施設、配水設備等費用・支出	設備の損壊
		機能の低下
		雨水・汚水等の混入
		飲料水供給施設の単位当たりの年間運用・維持管理費用の変化
ソフト インフラ	事業の関連組織・人	適正な水供給能力の低下
		施設、設備の適正な維持管理の停止
		維持管理能力の低下
周辺 環境	水資源へのアクセス	安全な水へのアクセスへの制限/不可
		水の需給バランスの変化
		年間で水供給の不足がなかった月の数の変化、及びそれに伴う信頼性の低下・向上
		一日当たり 12 時間以上の断水(水供給の停止)があった年間日数の変化、及びそれに伴う信頼性の増加・低下
	保健衛生	水系伝染病の罹患率の増加
		衛生な水の供給変動に伴う 5 歳未満児の死亡率(出生 1000 人当たりの死亡数)の増加・減少
	水源	水源の流域の土壌侵食
	水資源	水質悪化(濁度の変化、BOC、リン、窒素等の変化)
		多量の土砂混入による取水制限・停止
		地下水位、水質の変化
氷河の減少		
	年間利用可能水資源量の増加・減少	

出典) JICA Climate-FIT(適応策)5.2.2 水資源分野 「表 34 水資源分野(上水道)事業における気候リスクの例」

表 2 JICA Climate-FIT(適応策)に示された水道事業における適応策の例

分類		適応策の例
ハード インフラ	貯水、取水、浄水 施設、配水設備等	水処理施設およびポンプ設備のバックアップ電源の確保
		海拔の高い場所に移転・設置
		雨の頻発を想定した複数の取水オプションを盛り込んだ施設設計(豪雨頻 発が予測される場合、取水の高濁度を念頭に、取水池容量を増やす等)
		洪水発生域を避けた配水管設置場所の選定
		水密閉性の高いドアの設置、重要な機械/設備を地盤高の移転
		老朽化した施設等の補修
		アップブレード(ダムの嵩上げ)
		能力強化
ソフト インフラ	事業の関連組織・ 人	気候変動リスクを投資設計計画に導入する
		BCP プランの策定
		流域全体の水利用管理戦略の策定
		降水量や河川流量の変化を考慮した取水計画を策定
		気候関連データ・災害発生・気候ハザードの強度・頻度の収集
		設備・施設の維持管理の実施強化
		職員の維持管理能力強化
		維持管理および人材育成の予算措置
		気候ハザードの将来的な激化を踏まえた①土地利用計画の変更(浄水場 や配水・給水管を設置しない)、②インフラ設計基準の改訂
		水源地
	水源地に対するモニタリングキャパシティの改善	
	上流域における植生の保持	
	給水の水源/供給源の多様化	

出典) JICA Climate-FIT(適応策) 5.2.2 水資源分野「表 35 水資源分野(上水道)事業における適応策の例」

(2) 国際協力における気候変動対策との相乗効果の考え方

国際協力において相乗効果の考え方が注目されるようになった経緯と現状の定義、及び我が国におけるコベネフィット・アプローチの経緯と、環境省、JICA の取組について以下に示す。

コベネフィット・アプローチは、特に開発途上国において重要な概念であり、気候変動対策を実施すると同時に、開発途上国の持続可能な開発に資する取組を促進するための手法である。経済社会発展の実現や環境問題の改善等が重大な関心事となる開発途上国において、経済的・社会的ニーズに合った気候変動対策を構想することにより、主体的で実行性の高い気候変動対策を促進し、地球規模の課題である気候変動対策と、途上国国内や地方レベルの課題の双方の解決を目指す。

途上国問題がハイライトされた 2006 年の COP12 (ナイロビ会合) において、途上国が気候変動対策に主体的に取り組む動機付けになりうるものとして、コベネフィットに着目した手法、取組が取り上げられるようになった。AR4 統合報告書政策決定者向け要約 (2007 年 11 月) には、「いくつかの部門では、持続可能な開発の他の側面との相乗効果を実現し、対立を回避するような気候対応オプションを実施することが可能である」との記載があり⁹、これ以降に策定された適応及び緩和に関する国家等の計画や戦略において、複数の目標を統合し、コベネフィットを高め、負の副次効果を減らすよう設計された政策に対する注目度が増大した。AR5

統合報告書の政策決定者向け要約（2014年4月）では、コベネフィットは、緩和策によるGHGs排出削減・吸収の効果以外に副次的にもたらされるプラスの効果を目指す表現として使用されており、統合的対応を通じて、緩和、適応及びその他の社会的目標の追求がリンクする多くの機会が存在することが指摘されている¹⁰。AR6 統合報告書の政策決定者向け要約の概要（2023年3月）においても、気候変動影響の緩和と適応における加速的かつ衡平な行動が持続可能な開発に不可欠であること、緩和行動及び適応行動は、SDGs とのトレードオフよりも相乗効果を多くもつこと、排出量の多い消費を削減するためのオプションは、社会的な幸福とのコベネフィットを伴うことが記載されている¹¹。

我が国においては、2007年5月に安倍総理大臣（当時）が表明した「クールアース 50（美しい星 50）」において、コベネフィット・アプローチの重要性を取り上げた。その後の重要な会合において我が国が中心となって積極的な働きかけが行われ、G8 環境大臣会合、各種国際会合で本アプローチが取り上げられ、北海道洞爺湖サミット首脳宣言（2008年7月8日）にはコベネフィット・アプローチが盛り込まれるなど、国内外における関心が飛躍的に増大した。

環境省は、途上国の開発政策、公害対策と温暖化対策との一体的取組を推進するための方策等を検討し、2008年10月に「開発途上国の環境対策を実現するコベネフィット型温暖化対策・CDM の促進に向けて」をとりまとめた。環境対策分野におけるコベネフィット型温暖化対策・CDM とは、途上国の開発ニーズの一つとしての環境改善（汚染物質の削減）とGHGs の削減とが同時に実現される対策・プロジェクトを指す。環境対策と同時にGHGs の削減を行えるコベネフィット型対策・プロジェクトの実施を推進することにより、途上国において高いインセンティブをもって効果的に温暖化対策を促進できるとしている¹²。コベネフィット型事業の推進の取組として、コベネフィット CDM モデル事業、コベネフィット・アプローチによる二国間協力、多国間枠組であるアジア・コベネフィット・パートナーシップの構築と活動支援、コベネフィット効果を有する事業の拡大及び環境政策等におけるコベネフィット・アプローチの主流化を目的とした研究活動支援等が行われている¹³。

JICA においてもコベネフィットの考え方が重要視されている。JICA におけるコベネフィット・アプローチとは、開発課題の解決（開発便益）を図ると同時に、気候変動対策（気候便益）にも資するものである。コベネフィット型アプローチを推進するため、開発を入り口として気候変動緩和策にアプローチした事例を分析した報告書「コベネフィット型気候変動対策と JICA の協力」（2008年6月）を公表するなど、ODA 実施機関として開発途上国の持続可能な開発と気候変動対策の双方に有益な協力のあり方を追求し、研究を行っている¹⁴。途上国での開発事業において気候変動対策を推進するため、2021年に策定した、JICA グローバル・アジェンダ（課題別事業戦略）16. 気候変動では、「パリ協定の実施促進」と「コベネフィット型気候変動対策」を気候変動対策推進の柱と設定し、具体的な数値目標を設定している¹⁵。2022年4月から開始された JICA の第5次中期計画（2022-2026）及び2023年度計画においても、気候変動対策を重点課題に据え、日本の開発協力の重点課題の一つである「地球規模課題への取組を通じた持続可能で強じんな国際社会の構築」の気候変動分野において、これを積極的に

推進すると明記している^{16,17}。全ての開発事業に気候変動の緩和策・適応策の視点を取り入れる「気候変動対策の主流化」を促進し、気候変動対策支援ツール（JICA Climate-FIT）等も用いて、計画段階において気候変動への配慮・対策を事業計画に盛り込んでいる。

他の開発関係機関では、例えば WB が、気候変動への適応や緩和に特化した融資を「気候コベネフィット（Climate Co-Benefits）」と呼び、WB の融資総額に占める気候コベネフィットを有する融資の割合の目標値を定めるなど、投資や業務において気候変動への配慮を積極的に主流化している¹⁸。

2-2 調査方針

水道分野として取り組む気候変動対策について、緩和策、適応策、それを支える気候変動に関する人材育成策といった分類ごとに具体的な実施策を挙げ、国際協力における取組の状況を確認した昨年度の調査を受け、本年度は、水道分野の国際協力活動による水道の開発効果と気候変動対策の相乗効果に焦点を当て、以下の 3 点について調査検討を行う。

- 今後の有効な取組の促進及び持続性の実現に向け、気候変動をめぐる社会変化に対応した途上国支援として、過去に実施した国際協力の取組実績を参考として、文献調査、ヒアリング調査等により、支援メニューによる水道の開発効果と気候変動対策の相乗効果を定性・定量評価し、情報提供する。
- タイムスパンに応じた持続可能な水道の開発と気候変動対策の両立の実現可能性を評価する。
- 事業全体に共通する課題や教訓を整理する。

具体的な事例として、日本の ODA を活用した国際協力を表 3-1 に、他国の国際協力・国際開発機関が実施したプロジェクトを表 3-2 に示す。このうち、本章では日本の実施した 8 つの案件について調査を行い、他国の国際協力・国際開発機関のプロジェクトの概要は第 5 章で整理する。8 つの案件の内訳は、水道事業の電力使用効率を上げ、省エネルギーを図った事例が 3 件、ポンプ圧送から自然流下への転換や、水圧の適正化による漏水削減により配水の改善を図った事例が 2 件、漏水削減のための支援活動を実施した事例が 3 件である。

水道分野の国際協力の目的は、対象国の水道事業の持続的な経営を実現し、安全な水を安定的に供給することである。電気使用効率の向上・省エネルギーは、水道事業においては電気料金の低減により経営状態を改善させ、気候変動対策としては GHGs 排出削減に繋がる緩和策と位置づけられる。配水の改善による漏水削減、それによる無収水率の削減は、水道事業においては料金収入の増加と維持管理費用の削減による経営の改善、気候変動対策としては GHGs 排出削減と水資源の有効利用による水源の持続可能性の向上の、緩和策、適応策両方の意味合いを有する。したがって、これらの対策は、持続的な水供給に繋がるものである。この考え方に沿った調査方法及びまとめ方とするため、委員会における協議に基づいて決定した調査方針を表 4 に示す。

表 3-1 対象事例(日本の ODA を活用した国際協力)

分類	番号	案件名	対象都市・地域	援助形態
緩和策	1)	エルサルバドル国上下水道公社事業運営能力強化プロジェクト	首都圏、西部地域、中部地域	技術協力プロジェクト
	2)	パキスタン国ラホール給水設備エネルギー効率化計画	パンジャブ州ラホール市	無償資金協力
	3)	ヨルダン国上水道エネルギー効率改善計画※	ザルカ県	無償資金協力
緩和策・適応策	4)	ヨルダン国第二次ザルカ地区上水道施設改善計画	ザルカ県ザルカ市北部地区、ハシミエ市、スフナ市	無償資金協力
	5)	ルワンダ国キガリ市上水道改善整備マスタープランプロジェクト	キガリ市、キガリ市周辺 7 セクター	開発計画調査型技術協力
	6)	スリランカ国コロンボ市無収水削減能力強化プロジェクト	コロンボ市	技術協力プロジェクト
	7)	ブラジル国無収水管理プロジェクト	サンパウロ州	技術協力プロジェクト
	8)	カンボジア国地方州都における配水管改修及び拡張計画	プルサット、プレアシハヌーク、バットンバンの各州都	無償資金協力

※令和4年度水道分野の国際協力検討事業調査対象事業

表 3-2 対象事例(他国の国際協力・国際開発機関の実施したプロジェクト)

分類	実施機関	プロジェクト	対象国・地域
緩和策	GIZ	水道事業におけるエネルギー節減	ヨルダン
	USAID	エチオピアの太陽光発電給水システムに関する国家ガイドライン	エチオピア
緩和策・適応策	WB、IWA	無収水管理における官民連携への Performance-Based Contracts (PBC、成果主義契約) の適用	ベリーズ、ヨルダン
	ADB	無収水管理における官民連携への Performance-Based Contracts (PBC、成果主義契約) の適用	インド・カルナータカ州
	AFD	ヨルダン川西岸における水処理とグリーンエネルギーを組み合わせたイノベーション	ヨルダン川西岸
適応策	USAID	ペルーの Payments for Ecosystem Services (PES、生態系サービスへの支払い) による投資促進	ペルー
	USAID	レバノンにおける利用者間の水需要管理	レバノン
	AFD	中国の七賢 Qixian 湿地における自然による自然の回復	中国
	AFD	セネガル・プート地方の水資源の保護	セネガル・プート地方
	KfW	グローバルサウスのための水プロジェクト(下水処理水からの飲料水製造)	ナミビア
ADB	業界における水利用のための水製造	インド・マハラシュトラ州等	

表 4 調査方針

項目	調査・検討事項
支援メニューによる水道の開発効果と気候変動対策の相乗効果の定性・定量評価	①各案件の情報を整理する。 ・基本情報 ・課題(水道に係る問題・気候変動に関する課題・社会課題) ・目標 ・実施事項 ・効果の定性・定量データ(水道の開発効果・気候変動対策効果・社会課題の効果) ②案件の効果を項目別に整理し、相乗効果を検討する。
タイムスパンに応じた持続可能な水道の開発と気候変動対策の両立の実現可能性の評価	持続可能な水道の開発と気候変動対策について、 ①短期的な視点での課題、改善のための施策、得られる便益とデメリットを整理する。 ②長期的な視点での課題、改善のための施策、得られる便益とデメリットを整理する。 ③双方の課題解決が実現する可能性について考察する。
事業全体に共通する課題や教訓の整理	①個別案件の課題や教訓を抽出する。 ②共通する内容を整理する。

2-3 各案件の概要と課題

各案件の概要は資料編に示す。表 5 に、各案件の資料及び各対象国の気候変動対策について調査した資料から抽出した、対象事業・対象地域の有する水道の課題、気候変動の課題及びその他の社会課題を示す。また、表 5 及び資料編の表 1～8 から、各案件が有する水道事業における気候リスクについて、表 1 のリストを用いて整理したものを表 6 に示す。

表 5 各案件の対象事業・対象地域の有する課題

案件実施国	水道の課題	気候変動の課題	他の社会課題
1)エルサルバドル	<ul style="list-style-type: none"> ・無収水率が高い(約 50%と推定)。 ・支出の 35%を電気料金が占めている。 ・主に高い電気料金に起因する割高な維持管理費と、料金設定の低さが経営を圧迫している。 ・給水施設の能力と水資源量の不足により一部地域で間欠給水となっている。 ・給水が十分に行われていない他の地域がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力消費が非効率である。 ・電力使用量が多い。 ・地理的条件から集中豪雨等の自然災害の影響を受けやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・97%の下水が未処理のまま河川に放流されている。
2)パキスタン	<ul style="list-style-type: none"> ・給水施設の老朽化により揚水量が著しく低下し、給水量の低下につながっている。 ・電力料金の上昇や発電機燃料の高騰により、動力費が運営コストの約 45%に達している。 ・深刻な電力不足により計画停電等により 1 日 14 時間程度の時間給水となっている。 ・深井戸における塩素注入器の機能している割合が低く、水因性疾病が発生している。 ・地下水中のヒ素濃度が上昇している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・揚水に係るエネルギー効率が悪化しエネルギー消費が増大している。 ・気候変動による氷河の融解等による鉄砲水、モンスーンによる豪雨や洪水、サイクロン、干ばつ、熱波等の影響を受けている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・私有井戸を含む地域的な過剰揚水によって地下水位低下が生じている。市の人口増大により一段と進行すると想定される。 ・ラホール市の南東約 42km の市周辺部には塩水地下水が存在する。
3)ヨルダン	<ul style="list-style-type: none"> ・砂漠地帯に属し、慢性的に水資源が不足している(人口一人当たりの水資源賦存量は 2008 年で 145m³/年)。 ・人口増加や難民受け入れ増加により水需要が増大している。 ・ポンプの老朽化や不適切な維持管理による故障の頻発で送配水能力が低下している(一日当たり給水量は約 140L/日)。 ・地形上多くのポンプを使用する必要があり、電力費の割合が 6~7 割と高く、かつ増加傾向である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力のほぼ全量を火力発電に依存しており、非効率なポンプの運転は電力消費増大とともに GHGs の排出増加も懸念される。 ・電気料金水準が上昇している。 ・中東地域は気候変動により水利用可能性が減少する地域とされ、更に飲料水確保が困難になることが予測されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・近隣諸国からの人口流入(難民・避難民、失業した出稼ぎ労働者等)も増加が続いており、失業率や貧困率が高い水準に達している。
4)ヨルダン	<ul style="list-style-type: none"> 3)と同じ ・計画的な漏水制御対策も進んでおらず、間欠給水による管内負圧発生及び不十分な塩素消毒も確認されている。 ・普及率は 98%と高いものの、給水制限により週に 12~72 時間しか給水されない地域もある。 	<ul style="list-style-type: none"> 3)と同じ ・ポンプ給水により電気消費量が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> 3)と同じ ・給水に労力・時間を要する、民間の水売りから高価な水を購入するなど、生活の改善が望まれる。 ・対象地域に難民キャンプが含まれ、生活環境の改善や民生の安定が望まれる。

案件実施国	水道の課題	気候変動の課題	他の社会課題
5)ルワンダ	<ul style="list-style-type: none"> ・急速な人口増加による水需要の増加に対し、施設能力が不足している。 ・近い将来現在の水源からは十分な水量を確保できなくなる可能性がある。 ・市内の標高差が大きく、水圧管理の不足により管路破損、漏水、エネルギー損失が起こっている。 ・時間給水、低水圧が発生している。漏水率が高い。 ・水源の濁度が高いことに起因する浄水量の低下がみられる。 ・電力費用が生産コストに占める割合が約 50%と高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギーを非常に多く消費する水供給システムとなっている。 ・洪水による取水場の水没など、豪雨災害が増加している。 ・気温の上昇に伴う影響(水需要の増大や藻類の増加に起因する水質悪化等)がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・貧困率が高い(30%(2018年)、20%(2020年))。
6)スリランカ	<ul style="list-style-type: none"> ・無収水率の高さが経営上の大きな課題である(2008年のコロンボ市無収水率は54.1%、全国平均約33%)。 ・布設から75~100年経過した送配水管が多い。 ・不明な管路やバルブが多いなど、データが不完全である。 ・不適切な接合部が多い、長い束状給水管が多い、既存配管の上に家屋が建設されている、人口過密地域であるなど、管路状況等が悪い。 ・違法接続、賦課誤差がある。公共水栓が多い。 ・各戸の給水メータ以前にタンクが存在し、その損失が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・無収水に係るエネルギー損失が大きい。 ・気温の緩やかな上昇、降雨の分布パターンの変化、異常気象の頻度と深刻さの増加がみられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・貧困世帯の戸別接続に外部の支援が必要である。
7)ブラジル	<ul style="list-style-type: none"> ・国内最大の水需要に対し、水資源が少ないため効率的な活用と保全が最重要課題である。 ・無収水率が高い(2007年時点の無収水率が43.8%)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・無収水に係るエネルギー損失が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ファベラ(貧民街)の使用水量は一般的に社会目的の使用水量として位置づけられ、無収水率にはカウントされていない。使用量把握・予測は困難である。ファベラにおける無収水削減対策の促進には、市、警察なども巻き込んだ対策が必要になってくる。
8)カンボジア	<ul style="list-style-type: none"> ・地方都市における給水率が低い(事業実施前の都市水道による給水人口は80千人で約30%)。 ・漏水を原因とする無収水率が20~35%に及ぶのに加えて、配水管の総延長が不十分なため、増強した浄水場の供給能力を活かしきれしていない。 ・無収水による損失は事業運営上も大きな問題となっている。 ・起伏に富んだ地形のため管内給水圧力が高くなる(プレアシハヌーク)。 ・道路拡張工事の際に水道管が破損され漏水が頻発している(ブルサット、バタンバン)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・無収水に係るエネルギー損失が大きい。 ・極端な気象現象に対し脆弱である。洪水、干ばつの頻度が増加している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・アセアン諸国と比較して貧困人口比率は特に高い。(全州地域(都市部+村落部)を対象として貧困率30%~50%と推計)

1)~8)は表 3-1 に示す案件の番号を指す。

表 6 対象案件が該当する水道事業における気候リスク

対象		気候リスクの例	該当の根拠	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)
ハード インフラ	貯水、 取水、 浄水施 設、配 水設備 等 費用・ 支出	設備の損壊	洪水のリスクが高い、既に被害を受けている	●	●			●			●
		機能の低下	洪水のリスクが高い、既に被害を受けている	●	●			●			●
		雨水・汚水等の混入	洪水のリスクが高い、既に被害を受けている	●	●			●			●
		飲料水供給施設の単位当たりの年間運用・維持管理費用の変化	電力単価が上昇している			●	●	●	●		
ソフト インフラ	事業の 関連 組織・ 人	適正な水供給能力の低下									
		施設、設備の適正な維持管理の停止									
		維持管理能力の低下									
周辺 環境	水資源 への アクセス	安全な水へのアクセスへの制限/不可	人口増加・水資源不足・給水サービスの不均衡がみられる	●	●	●	●	●	●	●	●
		水の需給バランスの変化	人口が増大している		●	●	●	●			
		年間で水供給の不足がなかった月の数の変化、及びそれに伴う信頼性の低下・向上	時間給水の地域が存在する	●	●		●	●			
		一日当たり 12 時間以上の断水(水供給の停止)があった年間日数の変化、及びそれに伴う信頼性の増加・低下	時間給水の地域が存在する	●	●		●	●			
	保健衛生	水系伝染病の罹患率の増加	下水道が未整備である、水因性疾病がみられる、塩素不足がみられる	●	●		●				
		衛生な水の供給変動に伴う 5 歳未満児の死亡率(出生 1000 人当たりの死亡数)の増加・減少	下水道が未整備である、水因性疾病がみられる、塩素不足がみられる	●	●		●				
	水源地	水源地の流域の土壌侵食									
	水資源	水質悪化(濁度の変化、BOC、リン、窒素等の変化)	下水道が未整備である、水質の悪化がみられる	●	●			●			
		多量の土砂混入による取水制限・停止	洪水のリスクが高い、既に被害を受けている	●	●			●			●
		地下水位、水質の変化	地下水を利用している、地下水位の低下がみられる		●	●	●				
		氷河の減少	氷河の融解の影響を受けている		●						
		年間利用可能水資源量の増加・減少	地下水位の低下がみられる、水利用可能性の減少が予測されている、水源水質の悪化がみられる、洪水・干ばつの頻度が増加している		●	●	●	●			

1)～8)は表 3-1 に示す案件の番号を指す。

2-4 定性・定量評価の検討

(1) 評価の指標

支援メニューによる水道の開発効果と気候変動対策の定性評価・定量評価を整理する。気候変動対策のうち、緩和策に関する活動は数値指標が示されていることが多い一方で、適応策は数値指標で表せないものが多い。本調査では、定量評価が難しい場合は定性評価に記載する。また、定性評価の項目、定量評価の数値指標の種類は実施した支援メニューにより異なること、数値については国や事業者によってデータの精度に差があること、指標によっては未算出の場合があることに留意する必要がある。したがって、同じ指標であっても、単純に比較して解釈することは困難であり、各々の現地の事情を踏まえた評価が必要である。

1) 定量評価

水道の課題、気候変動対策、他の社会課題それぞれに係る数値指標について、報告書等の資料から支援メニューの実施による変化が報告されているものを抽出する。表7に指標の例を示す。

表7 定量評価の指標の例

分類	指標の例
水道に係る指標	給水率、給水量、給水人口、給水人口一人当たり配水量、一人一日使用水量、給水時間、漏水率、無収水率、水質、水圧、経常収支、水道に係る研修受講人数、安全な水へのアクセス率、等
気候変動対策に係る指標	電気使用量、電気使用量から換算されたCO ₂ 排出量、単位水量当たりの電力消費量、電気料金、気候変動に係る研修受講人数、等

2) 定性評価

水道の課題、気候変動対策、他の社会課題に対し、支援メニューによる効果と考えられる事項を報告書から抽出し、分類整理する。表8に指標の例を示す。

表8 定性評価の指標の例

分類	指標の例
水道の開発に係る観点	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水、取水、浄水施設、配水設備等の改善 ・管路等の図面、水道に係るデータの正確性の向上 ・各業務担当者の知識・能力の向上 ・ガイドライン・マニュアル等の整備 ・職員の育成体制の構築 ・給水水質の改善による水因性疾患等の減少
気候変動対策に係る観点	<ul style="list-style-type: none"> ・渇水・洪水に対して強靱な水道システムの構築 ・水源の塩水化への対応 ・気候変動による公衆衛生上のリスクや水需要の変化への対応 ・給水水質の改善による住民の行動変容
他の社会課題に係る観点	<ul style="list-style-type: none"> ・人口変化 ・女性及び子どもの水汲み労働の軽減 ・貧困世帯の生活改善

3) CO₂排出量への換算

本調査において無収水削減に関する指標を CO₂ 排出量へ換算する際には、JICA Climate-FIT（緩和策）に示された手法を用いる¹⁹。換算に用いる系統電力の CO₂ 排出係数を表 9 に示す。CO₂ 排出係数は国ごとに異なり、エネルギー効率、電力消費に係る CO₂ 排出係数はブラジルの数値が最も小さく、エルサルバドル、ヨルダン、パキスタンの数値も日本の数値より小さい。CO₂ 排出係数は、CO₂ 排出量の少ない電力の比率（非化石電源の発電電力量比率）が高いほど小さく、ブラジルの水力等の自然エネルギーによる発電量比率は 91%（IEA, 2022）である。CO₂ 排出量の少ない電力の比率が高い国では、電力消費削減量が同じでも CO₂ 排出削減量は小さく算出される。

表 9 系統電力の CO₂ 排出係数

(t-CO₂/MWh)

国/地域/島	コンバインドマージン ^{※1} グリッド排出係数				オペレーティングマージングリッド排出係数 (PCAF ^{※2} GHGs 算定用を含む)
	安定したエネルギー (水力、地熱等)	断続的なエネルギー (太陽光、風力、潮力等)	エネルギー効率	電力の消費	
ブラジル	0.150	0.234	0.150	0.150	0.284
カンボジア	0.588	0.874	0.588	0.588	1.046
エルサルバドル	0.275	0.445	0.275	0.275	0.547
ヨルダン	0.382	0.474	0.382	0.382	0.529
パキスタン	0.386	0.515	0.386	0.386	0.592
ルワンダ	0.416	0.601	0.416	0.416	0.712
スリランカ	0.506	0.646	0.506	0.506	0.731
日本	0.408	0.448	0.408	0.408	0.471

出典：JICA 気候変動対策支援ツール(JICA Climate-FIT)Version4.0 2023 年 3 月 別表 3(事務局による和訳)

事業の種類を勘案し、当該国の値を選択する。

※1:コンバインドマージンは、プロジェクトが既存の発電所からの発電量を代替すると設定するオペレーティングマージンと、プロジェクトが発電所の建設を遅延させることになると考えるビルドマージンの両方を考慮して計算されるため、より包括的といえる。²⁰

※2:PCAF(Partnership for Carbon Accounting Financials)は融資や投資に伴う GHGs 排出量を評価・開示するための統合的なアプローチを開発・実施するために協力する金融機関の世界的なパートナーシップである。

(2) 評価の結果

表 10～表 17 に、各対象案件の支援メニューの実施による効果の定性・定量評価を整理した結果を示す。特に表記がない場合、実施前の数値は表のタイトル行に示した基準値の年のもの、実施後の数値は実績値の年のものを表す。

表 10 支援メニューの実施による効果の定性・定量評価
1) エルサルバドル国上下水道公社事業運営能力強化プロジェクト

分類	項目	効果の内容(基準値 2011 年、実績値 2014 年)
水道の 開発	定量 評価	<p>上水事業収入: 82,107 百万ドルから 84,598 百万ドルに増加</p> <p>無収水率(モデル区画): 43%から 28%に減少 (区画流入水量(m³/日)/有収水量(m³/日)/無収水量(m³/日)/無収水率) 活動前: 4,903 / 2,818 / 2,085 / 43% 活動後: 4,085 / 2,955 / 1,130 / 28%</p> <p>無収水率(実践的パイロット区画): 47%から 21%に減少 (区画流入水量(m³/日)/有収水量(m³/日)/無収水量(m³/日)/無収水率) 活動前: 3,485 / 1,860 / 1,624 / 47% 活動後: 2,583 / 2,050 / 533 / 21%</p>
	定性 評価	<p>【無収水削減計画の範囲拡大】 新たな区画の無収水削減計画が策定され、実施された。</p> <p>【無収水削減のための予算配分】 無収水削減計画に沿って予算申請を作成した。事後評価時、活動に必要な予算は配分されている。</p> <p>【職員の無収水削減能力の強化】 無収水削減に関連する能力が強化され、無収水に関する知識が普及した。無収水計画チームが組織され、研修を受けた担当者が他の支局と知識を共有する、新規採用者等に研修が行われるなど知識の普及体制が作られている。</p>
気候 変動 対策	定量 評価	<p>電力消費: 508,376,770.47kWh から 509,072,866.97kWh に増加(目標未達成。電力消費が必要となる新たな事業を行っていることが一因。)</p> <p>パイロット施設 1(本部ビル受変電施設に力率コンデンサを設置) ・電力力率値: 平均 76.7%から平均 92.0%に上昇 ・月平均電力料金: 1,223.83ドル/月を節電</p> <p>パイロット施設 2(ポンプ用電動機 2 台の 1 台をインバータ駆動による吐出圧力一定制御) ・送水流量あたりの電力消費量: 0.362kWh/m³ から 0.343kWh/m³ に削減 ・月平均消費電力量: 15,992.5kWh/月を節電 ・月平均電力料金: 1,200.30ドル/月を節電</p> <p>パイロット施設 3(ポンプ用電動機をインバータ駆動による吐出圧力一定制御) ・送水流量あたりの電力消費量: 0.272kWh/m³ から 0.231kWh/m³ に削減 ・月平均消費電力量: 6,300kWh/月を節電 ・月平均電力料金: 1,071.00ドル/月を節電</p> <p>パイロット施設 4(ポンプ運用の見直し(運転時間の短縮)) ・電力消費量(夜間・深夜時間帯): 17,930kWh/月から 8,366kWh/月に削減 ・月平均電力料金: 675.70ドル/月(対策前の約 11%)を節電</p> <p>ろ過池洗浄方法の見直し・洗浄間隔の適正化 ・年間電力料金: 1,300ドル/年を節電</p> <p>節電計画案の 8 つの節電プロジェクトの効果(無収水削減長期計画と連動した配水区画のブロック化を含む) ・年間電力量(試算): 44,306,035kWh(2010 年の電力消費量 505,570,517kWh の 8.7%)削減 ・電力料金(試算): 3,134,823ドル/年削減 ・GHGs 排出量(試算): 12,184t-CO₂/年削減(44,306,035kWh/年 × 0.275t-CO₂/MWh)</p>
	定性 評価	<p>【電力消費効率の向上】 節電活動(省エネルギー・無収水対策)により電力消費効率が向上した。</p> <p>【節電に対する理解・認識】 上水道施設の電力消費量に対するコスト削減意識が向上した。</p> <p>【電力消費量の測定・分析手法の導入】 電力消費量の指標として送水流量あたりの消費電力量(kWh/m³)を作成し、評価するようになった。</p> <p>【節電対策手法の習得】 節電対策手法を習得するとともに、節電対策の計画案が策定され、予算申請された。</p> <p>【配水管網解析の実施】 土木向け 3D CAD ソフトウェアと水理モデリングソフトウェアのライセンス供与により、送配水管等の管網解析を行えるようになった。配水ブロック化検討のための配水管網解析を実施した。(無収水削減計画と連動)</p>
社会 課題	定性 評価	<p>【下水道施設整備計画策定マニュアルの整備】 下水道計画を策定するうえで参照可能な下水道施設整備計画策定のためのマニュアルを作成し、理事会により正式に承認された。</p>

表 11 支援メニューの実施による効果の定性・定量評価
2)パキスタン国ラホール給水設備エネルギー効率化計画

分類	項目	効果の内容(基準値 2013 年、実績値 2020 年)
水道の 開発	定量 評価	1 日当たり総送水量(m ³ /日): 261,349m ³ /日から 376,273m ³ /日に増加
		1 日当たり平均運転時間(時間/日): 14.6(時間/日)から 10.8(時間/日)に減少(2019 年 4 月以降、夏 12 時間、冬 10 時間)
		深井戸の能力(m ³ /時間): 17,901m ³ /時間から 34,776m ³ /時間に増加
	定性 評価	【予防保全の定着による維持管理費の削減】 ポンプの故障回数が削減されることにより、維持管理費の削減に寄与している。
		【電力費の削減】 ラホール WASA の支払いの 4 割を占める電力費が削減された。ただし、電力料金の上昇により引き続き電力支出が経営を圧迫している。
		【給水サービス向上と信頼性構築】 水圧低下や長時間の断水等の出水不良地域が削減された。これにより住民との信頼関係が構築された。ただし、深井戸から遠い住宅で水圧が低いという指摘もある。
【給水水質の改善】 塩素注入設備の設置、ヒ素除去装置設置の設置(ラホール WASA の負担)により給水水質が改善した。		
気候 変動 対策	定量 評価	井戸ポンプの電力消費量・平均エネルギー効率(kWh/m ³): 0.317kWh/m ³ から 0.213kWh/m ³ に低下 電力使用量: 9,600MWh 削減(32.8%削減)
		GHGs 排出量: 3,706t-CO ₂ /年削減(9,600MWh/年 × 0.386t-CO ₂ /MWh) (出典報告書では、CO ₂ 換算係数 0.566t-CO ₂ /MWh で換算しており、GHGs 排出量は 5,400t-CO ₂ /年削減と算出されている。)
		過剰揚水防止(バルブ調整)による電力節約: 3kW/1 か所、11 時間/日として 12,000kWh/1 か所・年 エネルギー効率改善による電力支出の抑制: 約 1 割
		エネルギー監査の技術指導人数: WASA エネルギー管理班・維持管理部門 30 名
		【エネルギー監査技術の向上】 電力局長を含む 7 名で構成されたエネルギー監査チームによりエネルギー監査が実施され、過剰揚水の防止、異常時の運営・維持管理部門への報告、ポンプ更新時期の判断に寄与している。
	定性 評価	【技術資料の整備】 技術指導時に用意されたマニュアル、フォーマット等の技術資料が継続的に活用されている。
社会 課題	定性 評価	【地下水位の低下】 地下水位の低下が顕著になったため、ポンプの運転時間が段階的に短縮された。一部の深井戸では実際の地下水位が想定以上に低下した。

表 12 支援メニューの実施による効果の定性・定量評価
3)ヨルダン国上水道エネルギー効率改善計画

分類	項目	効果の内容(基準値 2009 年、実績値 2018、2019 年)
水道の 開発	定量 評価	・送水能力: 1,900,000m ³ /年増加
		・一人当たり給水量: アンマン首都圏及びザルカ県約 140L/日から 120L/日に減少(2019)。その他地方市部 100L/日、地方村落部 80L/日(2019)。限られた水資源に対し、人口増加と難民流入等により深刻な水需給の不均衡が生じている。
	定性 評価	【運営・維持管理職員の能力向上】 技術支援により実施機関職員のポンプ運転・維持管理の知識・技術が向上した(効率的なポンプ設備運用、定期的な維持管理業務の遵守)。特に予防メンテナンスの研修を漏れなく受講することにより、維持管理の備え、正確なモニタリングの習慣が身に付いた。
		【送配水の安定化】 配水施設の故障・送水の中断が軽減した。 【給水状況の改善】 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した。 【流量の把握による送水管理】 流量計の整備により、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が可能となった。
気候 変動 対策	定量 評価	・単位水量当たり電力量(kWh/m ³): アズラックポンプ場(ハウ配水池): 1.88kWh/m ³ から 1.48kWh/m ³ に低下(2018) ハラバットポンプ場(ハウ配水池): 0.62kWh/m ³ から 0.50kWh/m ³ に低下(2018) 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 に低下(2018) ザルカポンプ場(バトラウィ配水池): 0.78kWh/m ³ から 0.40kWh/m ³ に低下(2018)

分類	項目	効果の内容(基準値 2009 年、実績値 2018、2019 年)
		・運転効率(%): アズラックポンプ場(ハウ配水池): 57%から 68%に上昇(2018) ハラバットポンプ場(ハウ配水池): 57%から 68%に上昇(2018) ハラバットポンプ場(ハラバット村): 34%から 65%に上昇(2018) ザルカポンプ場(バトラウィ配水池): 50%から 68%に上昇(2018)
		・電力使用量(年間): 8,687MWh 以上削減(実施前の対象ポンプ場総電力量の約 18%)(2019)
・GHGs 排出量: 3,318 t-CO ₂ /年以上削減(8,687MWh/年×0.382t-CO ₂ /MWh)(2019) (出典報告書では、CO ₂ 換算係数 0.62t-CO ₂ /MWh で換算しており、GHGs 排出量は 5,386t-CO ₂ /年以上削減と算出されている。)		
・電力費: 999,000JOD 以上削減(2019)		
	定性評価	【送配水に係る消費エネルギー・電力料金の節減】全運営・維持管理費の約 60~70%を電気使用量が占めている。電力のほぼ全量を火力発電に依存しており、電力削減は GHGs 排出削減にも寄与する。 【自然流下システムの整備】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とし、送配水計画における水量配分のシナリオを設定した。 【運営・維持管理職員の能力向上】実施機関職員の効率的なポンプ設備運用、送水システムの運用管理の知識・技術力が向上した。

表 13 支援メニューの実施による効果の定性・定量評価
4)ヨルダン国第二次ザルカ地区上水道施設改善計画

分類	項目	効果の内容(基準値 2005 年、実績値 2010、2011、2012 年)
水道の 開発	定量評価	・推定給水人口: 329,540 人から 382,000 人(2010)、390,000 人(2011)、400,000 人(2012)
		・推定未給水人口: 6,725 人から 0 人(2010、2011、2012)
		・給水率: 98%から 100%(2010、2011、2012)
		・給水時間: 12~72 時間/週から 72 時間/週
		・漏水率: 31%から 23.5%(2010)、25.0%(2011)、24.5%(2012)
		・1人1日平均使用水量: 84L/人/日から 126L/人/日(2010)、128L/人/日(2011)、116L/人/日(2012)
		・給水圧: 0~10bar から 1.5~5.5bar(2010、2011、2012)
	定性評価	・研修受講人数: 配水管網マッピングプログラム及び配水データ管理能力プログラム研修 計 11 名 GIS トレーニング研修 計 6 名 配水管網解析プログラム研修 計 13 名 EPANET(管網解析ソフト)に関する研修 計 7 名 配水管網解析モデルに関するセミナー開催 計 50 名
		【自然流下への切替】配水池の建設と送水管の布設により、ポンプ圧送から自然流下による配水に切り替わり、給水圧が均等化され効率的に配水できるようになった。
		【配水エリアの拡大】事業開始前に比べて同地域内の遠方まで十分な量の配水を行うことが可能になっている。
		【維持管理の簡素化】ポンプ場の設置を可能な限り避けた施設設計とすることにより、維持管理が簡素化された。
		【塩素消毒体制の整備】ポンプ場に塩素消毒機材が据付けられ、取水源と合わせて塩素消毒体制が強化された。
定性評価	【配水管理能力の強化】担当職員を対象に配水管網マッピングプログラム、配水データ管理、管網解析等に関する研修・セミナーが実施され、配水データの活用、配水管網シミュレーションの操作、水理状況の把握等ができるようになった。	
	【研修体制の整備】研修施設にて職員向けの技術研修が定期的に行われているほか、必要に応じた研修が実施されている。	
	【住民の満足度】事業の満足度について、約 5 割が満足とする一方、普通・不満も約 5 割確認されている。ザルカ北部地区では住宅が密集しており老朽化した既存配水管が多く存在し、漏水・給水圧等の給水事情に対する不満が引き続き確認されることが主な要因と考えられる。給水量に関する質問には、75%以上が増加したと回答している。	
気候変動	定量評価	・プロジェクトの有無によるポンプ場の年間電力量の増減推定 基準値: 2,134,382JOD/年(2004)、単位送水量当たりの電力費 0.0334JOD/m ³ (2004)

分類	項目	効果の内容(基準値 2005 年、実績値 2010、2011、2012 年)
対策		推定値:プロジェクト有 2,319,504JOD/年(2010)、プロジェクト無 2,720,649JOD/年(2010) ・GHGs 排出量(推定値):3,737t-CO ₂ /年削減(9,784MWh/年×0.382t-CO ₂ /MWh)
	定性評価	【他の水の入手行動の削減】 民間の業者から水を買う住民の地域が皆無となった。それに関わるエネルギー消費量の削減が見込まれる。 【配水ルートの変更・自然流下への切替によるエネルギー削減】 配水区を構築し、送配水システムが分離されることにより、ポンプの効率的な運転が可能となった。ポンプ圧送から自然流下による配水に切り替わったことにより電力使用量・電気料金が削減された。
社会課題	定性評価	【水汲み労働の減少】 水汲み・運搬等に費やす労力・時間が減少したとの回答の割合が高かった。 【衛生環境の改善・疾患の減少】 下痢性疾患等及び衛生環境の改善に関する質問に、肯定的な回答傾向がみられた。

表 14 支援メニューの実施による効果の定性・定量評価
5) ルワンダ国キガリ市上水道改善整備マスタープランプロジェクト

分類	項目	効果の内容(目標値)
水道の 開発	定量評価	【マスターシナリオ】 ・浄水量: 142,000m ³ /日(2019)、207,000m ³ /日(2020)、2025 年までに 85,000m ³ /日増加、2025 年から 2035 年に 98,000m ³ /日増加、2050 年に向けて 754,000m ³ /日増加 ・水道普及率(個別給水栓): 25%(2019)から 100%(2050) ・公共水栓による普及率: 16%(2019)から 0%(2050) ・無収水率(漏水率とみなす): 35%(2019)から 25%(2025)、23%(2035)、20%(2050)(2025 年マスターシナリオシミュレーションは無収水率 25%とした予測水需要に基づいて計画)
		【優先プロジェクト(Kareng 浄水場の拡張)の FS の目標値(完成目標年度 2026 年)】 ・浄水場能力: 12,000 m ³ /日(過負荷運転により 15,000m ³ /日)から 48,000m ³ /日に増加 ・給水人口: 改善された水源を利用している人口 127,000 人(2018)から、受益者全対象人口は 約 493,500 人に増加(2030) ・給水率(各戸接続・公共水栓合計): キガリ市 80%、東部県 46%(EICV V(2018)からプロジェクト完成後は 100% ・無収水率: キガリ市現状 38.8%から、25%(2025)、23%(2035) ・運転維持管理費: 346RWF/m ³ (既存 Kareng 浄水場)から 263RWF/m ³ に削減
		【優先プロジェクト(Masaka 浄水場の建設)の FS の目標値(完成予定早くても 2026 年)】 ・浄水場能力: 20,000m ³ /日に増加(余剰がある期間は余剰分を域外へ送水する。) ・給水人口: 26,000 人(75,000 人(2021)の 35%)から 169,000 人(2035)に増加 ・給水率(各戸接続・公共水栓合計): キガリ市 80%、東部県 46%(EICV V(2018)から 100% ・無収水率: キガリ市現状 38.8%から、25%(2025)、23%(2035) ・運転維持管理費: 346RWF/m ³ (既存 Kareng 浄水場)から 198RWF/m ³ に削減
		【安全で入手可能な価格の飲料水の供給改善を上位目標としてマスタープランを策定】 ・既存の水道施設・上水道サービスの状況を分析し、評価した。 ・将来水需要予測と水資源の利用計画を策定した。 ・マスタープランを策定し選定した優先プロジェクトの FS を行った。 ・マスタープラン策定業務を通じて技術移転を図った。
		【都市人口急増への対応】 計画給水制限地域、圧力不足を原因とした無給水地域を GIS 上でマッピングしモニタリングを実施する方法を考案した。
		【上位計画、関連計画との整合性確保】 2050 年までに 100%戸別給水達成を目標とする。
		【送配水システムにおける水圧コントロールと無収水、エネルギー効率の改善】 配水ブロックシステムの採用により適切な水圧管理を行い、低水圧による給水不可、高水圧に起因する漏水を抑制し、安定的な水供給を図り、もって住民の生活環境の改善に寄与する。
		【財務・組織の強化】 長期計画の実現に向け、財務・組織の強化改善策を提言した。そのために必要となる人材育成に係る予算の確保も推奨している。
		【給水管接続の質の改善】 技術基準案を作成し質の低い給水管更新の重要性を強調した。
		気候 変動 対策

分類	項目	効果の内容(目標値)
		<p>【優先プロジェクト(Masaka 浄水場の建設)の FS の目標値】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・給水量当たり電力消費量: 1.74kWh/m³(既存 Karenge システム)から 0.81kWh/m³に削減 ・GHGs 排出量: 2,460t-CO₂/年増加 ・GHGs 排出量(エネルギー効率改善がなかった場合と比較): 2,824t-CO₂/年削減
	定性評価	<p>【水運用の見直し(送水ルート変更)】 丘の途中に加圧ポンプ場を設置し、給水量の大部分を自然流下で配水することにより、全量を高地の配水池に送水するよりも、エネルギーコストを大幅に削減できる。</p> <p>【災害に対する強靱化】 漏水削減により限られた水資源を保護するとともに、管路の更新・弁の設置等により安定的な給水が可能な水道システムとする。水安全計画・浄水処理に係る運転維持管理能力の向上を図る。</p>

表 15 支援メニューの実施による効果の定性・定量評価
6) スリランカ国コロombo市無収水削減能力強化プロジェクト

分類	項目	効果の内容(基準値 2012 年、実績値 2015 年)
	定量評価	<ul style="list-style-type: none"> ・コロombo市内の無収水率: 49.5%から 45.9%に減少 ・無収水率の減少率: 年率 1.2 パーセント・ポイント(2012~2015 年、コロombo市)。目標値である年率 1.0 パーセント・ポイントを達成している。 ・セミナー、ワークショップ参加人数: 合計 520 人 ・パイロット地区各エリアの無収水率(エリア名: 活動前/活動後): K1: 85%/56% K2: 78%/72% K3&K4: 73%/71% K6: 45%/ー B1: 40%/18% B2: 62%/ー B3: 84%/29% B4-1: 60%/27% B4-2: 62%/52% B5: 62%/ー B6: 50%/28%
水道の 開発	定性評価	<p>【無収水削減活動の拡大】 無収水対策の展開計画に従い、無収水削減活動はコロombo市の 22 地区に拡大した。</p> <p>【無収水削減活動への予算配分】 JICA や ADB の支援により、水道管の交換、水量計の設置などが実施される一方、NWSDB では漏水修理に予算配分を行っている。</p> <p>【事業計画への反映】 Corporate Plan で設定された目標値の達成に資する、無収水対策の展開計画が作成され、NWSDB の事業計画に反映された。</p> <p>【職員の育成体制の整備】 無収水削減チームに対して無収水削減に係る研修プログラムが実施され、チームはパイロット地区での無収水削減活動の継続のみならず、コロombo市全域での同活動の普及に主導的な役割を果たしている。本事業で開発されたマニュアルは広く活用されている。</p> <p>【体制の整備と活動の実施】 2 か所のパイロット地区で無収水削減チームが組織され、ワークプランに沿った無収水削減活動が実施された。</p> <p>【図面の整備】 図面のアップデート、GIS の導入を実施した。</p> <p>【職員の技術力向上】 無収水削減チームを構成する技術者および作業員が、漏水調査、旧雨水管接続、管補修に関する適切な技術を身に付けた。</p> <p>【流量の把握による無収水削減】 メータの設置・交換、違法接続の摘発により、漏水以外の無収水も削減した。</p> <p>【条件に適した対策の実施】 管状況によって無収水対策の効果の出方に違いがあることを確認し、管状況が悪い場合には長い束状給水管の切断・つなぎ換えと漏水対策を組み合わせることによって効果を得た。</p> <p>【サービスの質向上と収入の増加】 水生産コストの削減、配水システムのパフォーマンスの向上、顧客数の増加等のプラスのインパクトが見られ、NWSDB のサービスの質の向上及び収入の増加に貢献した。</p>
気候 変動 対策	定量評価	<ul style="list-style-type: none"> ・GHGs 排出量(コロombo市全体の無収水率低下(2007-2010): 865t-CO₂/年削減(配水量 11.5 万 m³/日、単位給水量あたり電力量 0.570kWh/m³※)
	定性評価	<p>【エネルギー消費量の低減】 漏水の削減によりエネルギー消費量が低減された。</p>

※年間配水量、給水量あたり電力量は、NWSDB の 2012 年年次報告書から関連する数値を抽出して算出した。

表 16 支援メニューの実施による効果の定性・定量評価
7) ブラジル国無収水管理プロジェクト

分類	項目	効果の内容(基準値 2007 年、実績値 2010、2013 年)
水道 の 開発	定量 評価	・無収水率 (IPM) : SABESP 全体 35.8%から 32.3%(2010)、31.2%(2013)に低下 都市圏局 34.6%から 31.9%(2010)、30.8%(2013)に低下 地方局 39.1%から 33.3%(2010)、32.3%(2013)に低下 ・各パイロット地区での無収水率 (IPM) : MO 地区 59%から 22%に低下(2010) RS 地区 31%から 28%に低下(2010) RV 地区 62%から 30%に低下(2010)
	定性 評価	【無収水管理能力の向上】 プロジェクトで得られる技術を用いて、15 のビジネスユニットがまとめた無収水削減計画をもとに、11 か年にわたる無収水削減・エネルギー効率化プログラムを 2009 年に策定し、実施している。 【無収水管理に関する人材育成の強化】 4 つのテーマのもと、13 のコースから構成される研修プログラムが作成された。プロジェクト終了後に SABESP の努力により他のビジネスユニットへの普及が始まっている。 【基礎的対策の充実】 プロジェクト完了時まで、全パイロット地区で電磁流量計を設置し、配水量を把握するための測定活動が実施された。パイロット地区では無収水の要因特定が十分に実施され、ビジネスユニット内での技術移転も積極的に進められている。 【データ管理の適正化】 各ビジネスユニットの管理者により GIS データが整備・管理されている。無収水管理に関わるデータを取り出して管理できるようになっている。 【補修等の事後対策の強化】 パイロット地区では、得られた知見と経験を活かして、積極的に他の地区に配水管の漏水検知や給水管の水密検査、配水管や給水管の修理など対症的対策を講じている。 【予防的対策の強化】 給水管・配水管の布設替えはほぼ計画通り実施され、水圧調整もニーズのある 2 地区で実施された。自動検知・調整のための機器の設置の進んでいないエリアでは低コストで持続性の高い水圧調整の方法を採用し、継続的に実施されている。パトロール活動は人材不足により実施できなかったが、工事進捗状況を撮影し、進捗効率を向上させるという提案は、事後評価時点でも採用され、予防的対策の強化に寄与している。 【施工管理の強化】 研修プログラムに施工管理のコースが作成されたほか、給水管施工方法の標準化及び施工管理の手順書を作成することとなった。
気候 変動 対策	定量 評価	・GHGs 排出量 (SABESP 全体の無収水率低下(2007-2010): 17,454t-CO ₂ /年削減(配水量 777.6 万 m ³ /日、単位給水量あたり電力量 0.752kWh/m ³ ※)
	定性 評価	【エネルギー消費量の低減】 漏水の削減によりエネルギー消費量が低減された。
社会 課題	定性 評価	【ファベラ(貧民街)の無収水管理】 本プロジェクトでファベラの無収水管理を実施することは困難であり、実質的な対応はない。本プロジェクト及び無収水管理の円借款事業では、ファベラへの流入地点に流量計を設置して、給水量を把握する試みが実施されている。

※給水量あたり電力量は、ブラジル国サンパウロ州無収水対策事業準備調査ファイナルレポートメインレポート及びサポーターングレポート(2010年2月)から関連する数値を抽出して算出した。

表 17 支援メニューの実施による効果の定性・定量評価
8)カンボジア国地方州都における配水管改修及び拡張計画

分類	項目	効果の内容(基準値 2009 年、実績値 2016 年)				
水道の 開発	定量 評価	【プルサット】			【プルサット】	
		・無収水率(%):	23	10	・都市水道による給水率(%):	54.8(2011) 50.5
		・浄水場稼働率(%):	59	95	・最小動水圧(kPa):	150(2011) 100
		・料金回収率:	114	181	・最大動水圧(kPa):	200(2011) 150
		・日最大給水量(m ³ /日):	3,410	6,864		
		・給水人口(人):	約 18,200	36,310		
		【プレアシハヌーク】			【プレアシハヌーク】	
	・無収水率(%):	19	16	・都市水道による給水率(%):	33.5(2012) 53.0	
	・浄水場稼働率(%):	81	20	・最小動水圧(kPa):	200(2011) 200	
	・外部より買水(%):	0	61	・最大動水圧(kPa):	700(2011) 700	
	【バタンバン】			【バタンバン】		
・無収水率(%):	36	10	・都市水道による給水率(%):	27.1(2011) 37.7		
・浄水場稼働率(%):	80	88	・最小動水圧(kPa):	—(2011) 80		
・料金回収率:	149	180	・最大動水圧(kPa):	75(2011) 220		
	・日最大給水量(m ³ /日):	9,220	16,242			
	・給水人口(人):	約 42,900	71,255			
定性 評価	【水量・水圧不測の改善】	配水管内の適正な給水圧力が維持されることにより、給水栓からの水量・水圧不足が改善された。				
	【無収水率の低減】	漏水削減により無収水率が低減した。ただし、古い鋼管の使用(プルサット、バタンバン)、道路拡張工事による水道管の破損(プルサット、バタンバン、プレアシハヌーク)、起伏に富む地形により給水管内水圧が高くなることに起因すると考えられる接合部からの漏水(プレアシハヌーク)がいまだ発生している。				
	【経営改善】	顧客の増加と漏水の減少による給水収入の増加、燃料費(プルサット)や化学薬品など材料費の経費の削減が、各水道局の経営改善に寄与した。				
	【配水管網監視】	配水管網の適切な管理が行われている。ただし、事後評価時においてバタンバン、プレアシハヌークで、供与した配水流量監視システムが故障している。				
	【給水管接続に関する技術向上】	技術指導が行われ、給水管の接続技能が向上した。				
	【浄水場能力の活用】	ドナーの支援により拡充・整備された浄水場の能力が、配水管網が整備されたことにより有効に活用されるようになった。				
	【技術協力プロジェクトの貢献による能力強化】	同時に行われた技術協力プロジェクトにて浄水場の運営・維持管理に関する技術移転、経営能力強化のための支援が行われたことにより、高い事業効果の発現につながった。				
気候 変動 対策	定量 評価	【プルサット】				
		・給水エネルギー効率(kWh/m ³):	—	0.429		
		・軽油消費効率(L/m ³):	0.222	0.152		
		・GHGs 排出量(無収水率低下):	53t-CO ₂ /年削減※			
		【プレアシハヌーク】				
		・給水エネルギー効率(kWh/m ³):	0.704	1.008		
	・GHGs 排出量(無収水率低下):	34t-CO ₂ /年削減※				
	・GHGs 排出量:	2,036t-CO ₂ /年増加				
	・GHGs 排出量(エネルギー効率変化がなかった場合と比較):	897t-CO ₂ /年増加				
	【バタンバン】、					
・給水エネルギー効率(kWh/m ³):	0.609	0.41				
・GHGs 排出量(無収水率低下):	490t-CO ₂ /年削減※					
・GHGs 排出量:	224t-CO ₂ /年増加					
・GHGs 排出量(エネルギー効率改善がなかった場合と比較):	694t-CO ₂ /年削減					
定性 評価	【系統電力への切替による燃料費削減】	プルサットではポンプ等の電力源を発電機から公共電力へ切り替えたこと等により燃料費が削減された。				
	【エネルギー効率の改善】	漏水削減により給水量あたりの電力消費量は減少した。ただし、プレアシハヌークでは給水量のほとんどを外部(民間の水道会社)から購入しているにも関わらず、緊急時に浄				

分類	項目	効果の内容(基準値 2009 年、実績値 2016 年)
		水場の運営を継続しているため、エネルギー効率の改善は達成されていない。
社会課題	定量評価	【プルサット】新規接続を 400 世帯、再接続を 700 世帯に対して実施した。 【プレアシハヌーク】2014 年に 600 世帯への新規給水接続を行った。 【バタンバン】2017 年 1 月までに 1,124 世帯に対して水道を新規接続した。2017 年末までに、残りの資材を活用して 376 世帯への新規接続を計画している。
	定性評価	【貧困層への安全な水の供給による生活の変化】水汲み労働の不要化など使いたいときに使える(80%)、水は安全で安心して使える(約 69%)、経済面の効果がある(約 26%)、健康状態の改善(6%)との回答があった。

※無収水率低下による GHGs 排出量算出にはプロジェクト前の配水量を使用し、プロジェクト前の給水エネルギー効率がプロジェクト後も変わらないと仮定して算出している。ただし、プルサットはプロジェクト前の給水エネルギー効率が確認されていないため、プロジェクト後の値を使用した。

次に、各支援メニューによる相乗効果を検討するため、水道の開発、気候変動対策及び社会課題を項目別に分類し、各案件について、支援メニューの実施によって効果が認められた項目を表 18 に整理する。表の作成にあたっての条件は以下の通りである。

- 5) の案件は策定した計画の実施により効果が期待できる項目を整理する。
- 参照した報告書等に定量評価もしくは定性評価の記載がある項目にマークを付記する。
- 社会課題に対する効果の評価は、受益者調査の結果を根拠とする。
- 記載はないが明らかに効果があると考えられる項目に網掛けする。
- 水道施設の増設・拡張によるエネルギー使用量については、支援メニューによるエネルギー効率の改善がないまま同規模の施設を増設・拡張した場合と比較して評価する。
- 電力単価の高騰、給水対象人口の急増、支援メニューに関連しない他の事業活動の増加等の外部環境の変化による負の影響は、本検討では評価に含めない。

個別の事例の評価には、以下の観点を加えた。

- 2) の事例では、水源とする地下水の揚水量の増加による地下水位の低下が報告されている。支援メニューはその大きさを最小限にするよう給水時間を調整して実施されている。
- 5)、8) の事例では、施設の拡張もしくは新設による給水量の増加分の使用エネルギーは増加し、GHGs 排出量も増加するが、エネルギー効率の改善がないまま拡張・新設を行った場合と比較すると GHGs 排出量は削減されると評価できる(ただし、表 17 のプレアシハヌークの事例は、契約により供給する水のほとんどを民間企業から買水しており、浄水場の運営に必要な電力を消費しているにもかかわらず浄水量が少ないためエネルギー効率が改善していない)。
- 社会課題に対する効果が得られた事例では、4)、8) の事例で、給水量の増加・サービスの改善により、水汲み労働の軽減、家庭の経済的負担の軽減が確認された。また、1) の事例では支援メニューの実施により下水システム整備事業が形成され、4) の事例では住民のアンケートにより衛生環境の改善に肯定的な評価が得られた。定量・定性評価の記載がない事例においても、安全な水の安定供給は衛生環境の改善に繋がると考えられる。
- 4)、8) の事例のように、水道のサービスエリアが拡大すれば、サービスがないことによって発生していた別の水の入手手段のためのエネルギー消費や環境負荷は削減されると考えられる。

表 18 支援メニューの実施による相乗効果

対象	分類	項目	案件								
			1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	
水道の開発	施設・設備能力	給水人口			●	●	●	●		●	
		給水率				●	●	●		●	
		給水量		●	●		●			●	
		一人当たり給水量・使用水量				●					
		給水時間				●	●				
		漏水率	●			●	●	●	●	●	
		無収水率	●			●	●	●	●	●	
		給水水質		●		●					
		水圧		●		●	●		●	●	
	費用、支出	運転・維持管理費用の低減	●	●	●	●	●	●	■	●	
		経営改善	●	●	●	●	●	●	■	●	
	事業の関連組織・人	施設の維持管理能力の向上	●	●	●	●	●	●	●	●	
		計画策定能力の向上	●				●	●	●		
		図面・データの正確性向上						●	●		
		ガイドライン・マニュアル等の整備						●	●		
		人材育成体制の構築	●			●	●	●	●		
	水資源へのアクセス	安全な水へのアクセス率	■	■	■	■	●	■	■	■	
		断水・時間給水の減少		●	●	●	●				
		水道事業への信頼性の向上		●		●		■			
	保健衛生	衛生的な水の供給による生活環境改善	■	●	■	●	●	■		●	
		衛生的な水の供給による健康被害の減少				●				●	
	水資源	水源水質への影響	■								
		地下水位の変化		▲							
		水資源の持続性の確保	■	●	●	■	●	■	■	■	
	気候変動対策	電力使用効率	単位水量当たりの電力使用量の低減	●	●	●		●			●
			電気使用量	●	●	●	●	●			●
		電気使用量 (CO ₂ 排出削減)	水道施設のエネルギー削減	●	●	●	●	●	●	●	●
送配水に係る省エネルギー			●	●	●	●	●	●	●	●	
費用、支出		住民の行動変容によるエネルギー消費の削減		■		●				●	
		単位給水量当たりの電気料金の低減	●	●	●	●	●	●	●	●	
気候変動に強靱な水道		豪雨・洪水に対する施設の強靱性の向上					●				
		気候変動によるリスクや水需要の変化への対応	■	■	■	■	●	■	■	■	
事業の関連組織・人	気候変動対策関連の能力の向上	●	●	●	●	●	●	●	●		
	ガイドライン・マニュアル等の整備	●	●				●	●			
社会課題	ジェンダー・教育・貧困	水汲み労働等の減少				●			●		
		貧困								●	
	保健	衛生環境の改善	■	■	■	●	■	■	■		

●:効果がある、▲:負の影響がある、1)~8)は表 3-1 に示す案件の番号を指す。

2-5 持続可能な水道の開発と気候変動対策の両立の実現可能性の検討

開発協力の実施対象国において、安全な水の安定供給を、将来にわたり持続的に行うための水道事業のあり方を検討する。安全な水へアクセスできていない人々の、水へのアクセスを改善するための水道の開発を持続的に行うためには、既に影響が明らかとなっている、もしくは

将来的な影響の可能性がある気候変動リスクへの対応が必須であり、水道事業は気候変動影響に対する強靭性を有する必要がある。また同時に、事業からの GHGs 排出量を可能な限り低減し、気候変動の緩和に貢献することが必要である。

本章の対象事例のうち、ルワンダ共和国キガリ市では、気候変動影響により、乾季の長期化と同時に、雨季の豪雨、洪水、土壌侵食や短時間での強雨などによって河川水濁度や水量の変化が顕在化している。また、従来、起伏に富む丘陵地形であることから、配水のために必要なエネルギー消費が大きいこと、配水網内の高圧力の管理が難しく、漏水が多発していること等の課題を有しており、ルワンダ共和国では、水供給サービスへのアクセスの将来的な確保のため、これらの両方の課題に対処していく必要がある。(現地調査及びルワンダ共和国の現状については第3章を参照。)

持続可能な水道の開発と気候変動対策の両立の実現可能性の検討のため、水道事業をとりまく課題、改善のための施策、得られる便益について、短期的な視点、長期的な視点から整理し、それぞれの留意点を検討した結果を表19に示す。検討においては、短期的視点はSDGs目標年の2030年、長期的視点はIPCC報告書で多用される2050年を目安としているが、短期的視点は国際協力活動で取り組む課題と施策の実施により得られる便益、長期的視点は環境の整備や人材育成等、自ら考え取り組んでいくべき能力開発と捉えることもできる。

表 19 短期的・長期的な視点での課題と施策、便益等

項目	短期的視点	長期的視点
対象	水道事業	水道事業・サプライチェーン・その他社会全体
課題 (可能性を含む)	【水道の開発】 ・高い漏水率 ・施設能力の不足 ・水圧の不足 ・水資源の不足 ・低い料金回収率 ・水道料金の改定の難しさ 【気候変動対策】 ・気候変動により激化しつつある洪水・干ばつへの対応 ・高い電気料金負担 【社会課題】 ・人口変化	【水道の開発】 ・施設の老朽化 ・水源の利用可能性の変化 【気候変動対策】 ・気候ハザードのさらなる激化 ・使用できる電力の制限(再生可能エネルギーによる電化) ・化石燃料や化石燃料由来電力のカーボンプライシングによる価格上昇の可能性 ・使用できる資機材の変化(カーボンプライシングの影響を加味したライフサイクルコストの低い資機材の選定の必要性) ・資金調達のためのサステナビリティへの配慮の強化、ESG要素の考慮の必要性 【社会課題】 ・人口変化

項目	短期的視点	長期的視点
改善のための施策	<ul style="list-style-type: none"> ・現存の施設的能力向上、施設拡大 ・データ・図面の整備、メータ設置による流量の把握 ・漏水への対応 (漏水探知技術の向上、管の更新、施工技術の向上、ブロック化による水圧制御等) ・機器の更新によるエネルギー効率の向上 ・節電行動 ・課金制度の変更(メータ交換や設置により定額制から従量制へ変更) ・ガイドライン・マニュアルの整備 ・人材育成体制の構築 ・顧客の理解促進・意識変革のための活動 ・水系感染症死亡者の抑制・低減 	<ul style="list-style-type: none"> ・環境負荷がより小さくなる水道システムとなる開発計画の策定 ・自然流下等エネルギー効率の良い施設設計 ・環境負荷の小さい資機材への転換 ・気候変動への脆弱性の観点からリスクの低い水源の選択 ・再生可能エネルギーの利用拡大 ・雨水利用や下水処理水の再利用との比較等、水のマネジメント方法の広い視野での検討 ・気候ハザードの激化を踏まえた土地利用計画や設計基準の改定 ・水源地の保護、上流域の植生保持 ・人材育成体制の構築 ・顧客の理解促進・意識変革のための活動 ・水系感染症死亡者の抑制・低減
直接的便益	<ul style="list-style-type: none"> ・電気使用量の削減、CO₂ 排出削減 ・電気料金の削減 ・水資源の有効活用による給水量の増加、給水人口の増加 ・給配水管の破損の減少 ・維持管理費の減少 	<ul style="list-style-type: none"> ・給水率の維持・向上 ・長期的な維持管理コストの低減 ・水道事業における電気使用量の削減、CO₂ 排出削減 ・水道事業の気候変動への強靱性の向上 ・水資源の持続性の向上
間接的便益	<ul style="list-style-type: none"> ・水道以外の手段としてのボトル水や給水車の使用の減少 ・無駄な水利用の減少 ・不均衡な水利用に由来する低水圧の解消によるポンプ使用の減少 	<ul style="list-style-type: none"> ・サプライチェーン、その他社会全体の CO₂ 排出量の削減 ・CO₂ 排出を理由とする、水を利用した製品の輸出制限等への対応
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・短期的にはコストメリットがあっても、長期的には有利ではなくなる可能性がある。 ・施設の拡大は CO₂ 排出を増大させる側面もあるため、できる限り排出量を抑える方策を選択する。 ・水源の持続性に注意を払う。 ・CO₂ 排出の少ない電源を使用している場合、電気使用量削減の CO₂ 排出削減効果が小さく算出されるため、適切な評価指標を選択する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・施設更新のタイミングに合わせて施策を実施することになる。適切な計画と準備が必要である。 ・長期的に気候変動対策を実施できるよう、施設の適切な維持管理を継続する必要がある。 ・都市における水マネジメントの検討は、水道事業単独ではなく、幅広い協働が必要となる。 ・導入コストが大きい施策は資金調達が重要となる。 ・施策実施のための人材の確保・育成が必要である。

従来、水道の基本計画（マスタープラン）は、水道の開発による便益とコストを見ていたのに対し、気候変動対策の観点を代替案比較においても重要な判断基準として取り入れる必要が出てきている。

表中の短期的視点に挙げられるように、エネルギーの節約によって GHGs の排出削減と同時にエネルギーコストを下げる、といったわかりやすい直接的な便益のある取組は導入しやすいが、長期的視点で挙げられている効果を得るには、開発計画を策定する段階で、水道システム全体の環境負荷がより小さくなるように、従来よりも広い視野をもって考えていくことが必要になる。以下にこのような視点の例を挙げる。

- **【水源の選択の評価点の変化】** 水道水源の選定の際には、確保水量、水源水質、位置関係により決まる運搬のエネルギー等を考慮するが、GHGsの排出削減の視点からこのバランスを検討することが必要になる可能性がある。例えば、都市域での雨水の水源化、下水処理水の再利用等のオプションが選択肢とされている事例がある。また、できるだけ自然流下での配水などエネルギー効率の良いシステムにする必要性が高まる可能性、気候変動に対する脆弱性がより小さい水道システムとする必要性についても考慮しておく必要がある。
- **【施設更新のタイミングを考慮した支援計画の必要性】** インフラ施設の投資は巨額であるため、新たな施設や技術を導入する場合であっても頻繁に実施することは困難で、施設の更新のタイミングを見定めて機会を逃さず取り組む必要がある。
- **【長期的なコスト変化の考慮】** 代替案比較の際には、化石燃料や化石燃料由来の電力もしくは製品の、カーボンプライシングによる価格上昇の可能性といった要素を考慮に入れる必要がある。途上国では短期的なコストの安さを重視する傾向があるが、現時点ではコスト面で有利に見える代替案が、長期的なライフサイクルで見ると必ずしも有利ではなくなる可能性がある。
- **【評価対象の視野の拡大】** 国際的なGHGs排出量の算定・報告の基準である「GHGプロトコル」の中で設けられている排出量の区分として、スコープ1（自事業からの直接排出）、スコープ2（自事業におけるエネルギー起源の間接排出）、スコープ3（その他の間接排出）の3つの区分があり、これら3つの合計をサプライチェーン全体の排出量と考えるようになっている²¹。水道事業においても、短期的にはスコープ1の観点で見ているが、長期的にはスコープ2、スコープ3を意識していく必要がある。
- **【素材の変化の可能性】** 長期スパンで見た場合、主流の管材が変わる可能性がある。ダクタイル鋳鉄管は重量があり、製造にも輸送にも多くのエネルギーを使用する。一方の樹脂管は既に途上国では低価格を理由に主流になっているものの、石油化学製品であるため脱化石燃料の動きに影響を受ける可能性がある。両管材に対する環境負荷低減のための技術開発やサプライチェーン全体の工夫の進展を注視しつつ、視野に入れておくことが望ましい。

持続可能な水道の開発と気候変動対策の両立の実現には、上記の長期的視点からの検討とともに、以下の条件が必要と考えられる。

- 国際協力プロジェクトの実施においては、水道の開発と気候変動対策に対する直接的便益と間接的便益を考慮した上で、課題解決のための施策を決定することが必要である。
- 途上国の水道事業者が自ら長期的な相乗効果を有する施策を実施する能力を得られるよう、水道の開発だけでなく気候変動対策を検討するための、日本の水道事業者が有する経験の共有や、組織としての環境整備、人材育成といった能力開発を実施することが必要である。
- 途上国の望む水道施設整備は、安価で安定的な水道であり、気候変動対策との相乗効果の観点からは、それがGHGs排出量を抑制できる施設である必要がある。代替案の比較検討

においては、ライフサイクルコスト（初期投資と維持管理費）、GHGs 排出量を考慮し、安価で安定的、かつ GHGs 排出量の少ない水道となるよう検討して整備を進めていくことが必要である。

- 資金不足の現状、喫緊の課題の多さから、途上国の水道事業体では、高効率なポンプ等の機器や環境負荷の少ない材料等の使用は、気候変動対策の観点から将来的な便益が大きいことは理解されていても、高い導入コストをかけることには抵抗があり、採用されにくい傾向がある。長期的な便益が大きい施策の導入のためには何らかの動機付け（インセンティブ）が必要である。例として、GHGs 削減への寄与分を報酬とした民間企業への委託や、安価で一般的な製品と GHGs 削減に寄与する高効率な製品との差額を、先進国が排出権取引として支援する仕組みの整備も両者にとって有効と考えられる。

2-6 事業全体に共通する課題・教訓の整理

ここまで検討した内容を踏まえて、今後の水道分野の国際協力活動に活かす上でのポイントを、事業全体に共通する課題や教訓として整理する。

1) 水道整備における GHGs 対応の必要性の高まり

これまで、水道整備は、水道供給の拡大によって得られる便益を中心に取られてきたが、今後、水道整備においても環境負荷にどの程度配慮しているかの評価が行われるようになる道筋が見えてきている。我が国の水道界においても、今後はこのような視点にどう対応していくかを意識しておくことが必要である。

現在、国際的な GHGs 排出量の算定・報告の基準である「GHG プロトコル」の整備等、その評価方法の準備は進められている。また、カーボンプライシングによる価格上昇の可能性といった要素を考慮に入れる必要がある。特に、水道事業で使用する資機材の側面でのこの視点は今後重要となる可能性が高い。

2) 評価方法に関する知見の蓄積

水道整備を推進する結果として、水道供給の拡大による便益の増大と引き換えに環境負荷が増大するような場合、水道事業の便益と水道事業以外に発生する便益をどう評価するか、評価体系の整備が必要と考えられる。

特に、水道整備を行っていない状態と行った状態の比較（Before-After）で比較を行った場合、水道整備により環境負荷が増大したという評価になりかねない点は懸念される。環境負荷の低減効果は With-Without で評価すべきであるが、Without は恣意的になりやすい問題があり、評価方法の標準化、評価のフォーマットの作成・共有が必要になってくると考えられる。

ただし、実際に計測を試みている事例から、比較可能な程度に標準化することは難しく、様々な困難がある点については今後検討を進める必要がある。例として、今回調査の範囲だけでも、水量を確保するため汚染の進んだ水源を使用せざるを得ないケース、人口の増加や難民の流入により供給が追いつかずエネルギー面で不利な水源を採用せざるを得ないケース、治安上の理由により需要の把握がそもそも難しいケース、等がみられた。

3) GHGs 削減策と水道整備の優先度のトレードオフ

水道に必要となる投資は巨大であり、特に途上国では資金調達が難しい場合が多いため、限られた水道整備のための資金を関連事業に振り向ける余力があるわけではない。水道施設のエネルギー効率を高めるような投資はそのまま環境負荷の削減に繋がる Win-Win な事業であるが、このような取組であっても、普及整備に優先度が劣後するケースは見られる。各種ある環境負荷低減策の効果を考える場合、投資の規模、水道事業への効果、環境負荷低減効果の関係性のトレードオフについて意識することが必要になる。

<コラム1> 無収水率の定義

無収水量の定義は、日本と IWA で異なっている。IWA の定義による無収水量は、日本の水道統計の有効無収水量と無効水量の合計に該当すると考えられる（下表を参照）。途上国は IWA の定義を使用していることが多い。事業者によっては、無収水率が漏水率とほぼ同等と捉え、評価のための数値指標として無収水率ではなく漏水率を用いる場合もある。

対象案件実施国のうちブラジルでは、どちらの定義とも異なる特殊な二種類の定義（IPF、IPM）が存在している。どちらの定義においてもファベラ（貧民街）の使用水量は社会目的水量として扱われ、無収水量には算出されない。

【IPF】配水量から各世帯の水道メータが 10m³/月を超えるものは実際の使用水量を、10m³/月以下のものは 10m³ 分の水量を差し引き、さらに社会目的使用水量を差し引いた水量の配水量に対する割合である。課金水量ベースとしている点は IWA と同じだが、10m³/月以下の場合には課金水量と実際の使用水量が異なる。

【IPM】配水量から各世帯の水道メータによる実際の使用水量を差し引き、さらに社会目的使用水量を差し引いた水量の、配水量に対する割合で、使用水量ベースである。

無収水率の数値を評価する際には、その定義や算出方法を確認する必要がある。

表 20 無収水量に関する IWA・ブラジル SABESP (IPF) 及び日本の水道統計の定義

	項目	IWA の定義 (NRW)	SABESP の定義 (IPF)
総配水量	請求水量	有収水量	有収水量
	非請求水量 (社会的目的水量)	無収水量 Unbilled Authorized Consumption + Water Loss	社会的目的水量
	見かけ損失		無収水量
	純損失 (漏水)		

	項目	日本の定義
総配水量	有効水量	有収水量
		無収水量
	無効水量	(漏水量) (減額調定水量)

＜コラム2＞ ー各種管材のカーボンニュートラルに向けた取組の現況ー

ダクタイル鋳鉄管の生産企業は、製品の長寿命化によるライフサイクルコストの低減、腐食などの不具合防止による維持管理コストと環境負荷の低減、耐震化による被災や漏水事故の防止などで脱炭素化に貢献してきており、さらに製造・流通・工事・使用の各段階における CO₂ 削減を進めていく方向である。軽量化、製造工程の電炉への切り替えも進められている（株式会社クボタ）^{22,23}。

ポリエチレン管の生産企業はカーボンニュートラル達成に向けた取組の一つとして CO₂ 排出量の見える化に取り組んでおり、圧力用高密度ポリエチレン管が SuMPO 環境ラベルプログラムによるカーボンフットプリント宣言製品へ登録されている²⁴。金属管と比較して製造時の CO₂ 排出量が少なく、耐腐食性、優れた耐震性によりライフサイクルコストの低減も可能であることから、普及を通じてカーボンニュートラルと強靱な社会の実現に貢献するとしている（株式会社クボタケミックス）²⁵。

塩ビ製品については、業界団体が、材料の組成において石油由来原料は約 40%に留まる、耐久性が高い、マテリアルリサイクル率が高い、製造時の CO₂ 排出量他素材製品に比べ少ないといった特性を有しており、脱炭素や資源循環の実現に貢献するという見解を公表している（塩ビ工業・環境協会）²⁶。原料調達から廃棄まで含むライフサイクル評価も実施されており、配管口径 150mm の場合、ダクタイル鋳鉄管と比較して 1m 当たりのライフサイクル CO₂ 排出量は約 20%と算出されている（一般社団法人日本化学工業協会）²⁷。2022 年 7 月には塩ビ管が金属管に対して製造過程や工事の際の CO₂ 排出量を削減できるというメリットが注目され、塩化ビニル樹脂製のパイプや継手を再評価する気運が高まっているという報道があった（化学工業日報 2022 年 7 月 12 日）。

プラスチック製造の分野では、熱源転換（メタンなどのオフガス燃焼をやめ、熱源をカーボンニュートラル化しオフガスをプラスチックやゴムの原料として活用する）、原料循環（廃プラスチックのサーマルリサイクルの割合を減らし、マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルする）、原料転換（CO₂ と水を原料に、人工光合成技術で化学品を作る）が検討されている（資源エネルギー庁）²⁸。

第3章 現地調査（ルワンダ共和国キガリ市）の結果と提言

現地調査は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の吉富萌子が実施した。

3-1 ルワンダ共和国キガリ市における水供給の現状と特徴

ルワンダ共和国は「アフリカの奇跡」あるいは「アフリカのシンガポール」等と表現され、「アフリカ開発の優等生」と評価されている。1994年のジェノサイド終結以降、先進国による対外援助や国際開発金融機関及び国連機関からの援助を受け、ディアスポラを通じた投資を拡大させ、そして経済外交を重視する Paul Kagame 大統領の強力なリーダーシップによって急速に経済発展し、安定的な社会を実現している。

ルワンダ共和国政府は、貧困解決の一つの手段として、国民の水や衛生に対するアクセスを改善することに熱心に取り組んできた。日本や欧米諸国等に対して水道開発への支援を積極的に呼びかけ、ハンドポンプや地下水を汲み上げるポンプの建設等給水施設が整備されてきたことで、改善された水源へのアクセスが増加した。一方で、表 21 に示すとおり、水道普及率は首都のキガリ市でさえも約 8 割、無収水率は 42%と、まだまだ水供給に関する改善の必要性は顕著に存在する。これは結果として、乳幼児の死因において、肺炎、早産に次いで下痢が位置している状況にも繋がっていると考えられている。

表 21 キガリ市における水供給の状況

指標	指標値(2023)
供給人口 ^{※1}	1,745,555 人
給水エリア ^{※1}	26,338 km ²
水道普及率 ^{※2}	82.3%
平均給水量	200,908 m ³ /日
水道料金収納額	35,555,280,825 RWF ^{※3}
水道料金請求額	36,655,303,151 RWF ^{※3}
無収水率 ^{※4}	42.4%

※1 総人口および国土面積

※2 基本的な水供給(At least Basic)の普及率

※3 RWF: ルワンダフラン(1 RWF=0.12 円)約 44 億円(2023 年 10 月)

※4 WASAC (2022 年 7 月~2023 年 6 月)

出典)2023 年 WASAC 発表資料

地理的最大の特徴は「千の丘の国」と称されるように、国土の大半が海拔 1000-4500m の高地にあり、起伏に富んだ、急斜面がある丘陵地形であることから、特に雨季には土壌侵食により濁度が高くなる。さらに、水源が水供給先である居住地よりも低高度に位置するために、配水のためのエネルギー消費量が最大約 2 kWh/m³ と極めて大きく、無収水に対するエネルギー消費削減は喫緊の課題である。また、配水網内の高水圧の管理が重要となる。

加えて、近年では、気候変動の影響により、(1) 雨季・乾季が従来のパターン (3~5 月、10~12 月の雨季とそれ以外の乾季) から、乾季が長期化しつつある、(2) 雨季の間に、豪雨、洪

水、土壌浸食や、ほぼ毎夕に短時間での強雨が発生していることから、河川水濁度や水量の変化が顕在化しているという。

ルワンダ共和国では、2014年に政府の指示によって設立され政府の100%持ち株会社である水衛生公社（WASAC: Water and Sanitation Corporation）が水道の供給事業を行ってきた。一方で、地方部の農村地域では、点在する集落に対して、協同組合によって給水事業が行われていたり、村ごとに設置された水管理委員会などの水組合が給水施設の維持管理や住民からの水道利用料の回収を行ったりしている。水衛生公社の責任範囲は2023年9月に政府指示によって拡大され、政府予算による水供給衛生事業の建設（WASAC Development 社）と維持管理（WASAC Utility 社）に責任を持つ2社の持ち株会社である「WASAC Group」となった。またこの改革により、水衛生公社は都市・地方部を含め国の水衛生全般に責任を持つ公営企業となった。

ルワンダ共和国では、人口増加や経済成長、都市化に伴って水の使用量が年々増加している。SDG6「全ての人にとって水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する」の達成を目指しているが、国家目標である「100%持続可能な水アクセスを提供する」ことについては、(1) 必要なときに利用できる清潔な飲料水を備えている世帯の割合、(2) 往復30分以内に改善された水源を利用している人口の割合の二つの指標で評価したとき、それぞれが依然として発展途上にある。

水供給の特徴としては、首都キガリ市でも、公式には「都市給水が全都市域で提供されている」ことになっているが、各戸給水の普及率は約50%と低く、多くの住民は公共水栓や水道キオスクを利用している。その背景の一つには、今の各戸給水が、施工技術の低さや管路の老朽化、標高差から生じる高い水圧の適切な管理の難しさ、送配水が分離されていないことと配水区域が区切られていないことに起因する適切な水量の確保と管理の難しさが複雑に組み合わさった結果、漏水が多発し、十分な給水量を確保できず、給水制限が行われていることがある。そこでプリペイド公共水栓が試験的に導入され、24時間365日水へのアクセスを保証し、住民が水を購入するために必要な時間が減ったとされている。

キガリ市では、様々なドナーによる水道開発プロジェクトが実施されてきた。表22に、日本政府により最近実施された水道開発プロジェクトを纏めた。例えば、2021年に完了した「キガリ市上水道改善整備マスタープランプロジェクト」においては、2050年までの水供給改善のために必要な事業運営における改善点や施設整備計画を策定した。「キガリ市マスタープラン2020」で2050年には380万人に達するとされている人口からの水需要を満たしつつ、各戸給水を主の水供給源とする都市給水に移行するためには、浄水場の処理能力と送配水能力の強化、24時間給水が可能な漏水対策を実現することが必須である。そこで、キガリ市最大の浄水場であるンゾベ浄水場からノトラ配水池への送水能力の強化（送水管の更新）と、無収水削減対策への無償資金協力（配水管網再構築による水圧の適正化による漏水削減）及び技術協力を組み合わせ、長期的な視点に立って効率的・効果的な施設整備を行うためのキガリ市上水道マスタープラン策定を支援した。このマスタープランでは、新規水源が限られている中で、高い無収水率を改善することが最優先事項だが、老朽化した施設の更新への投資が不足しているた

めに無収水削減対策が進んでいないことが指摘されている。

表 22 日本の政府開発援助によりキガリ市で近年実施された水道開発プロジェクト

名称	実施期間	相手国関係機関	日本側関係機関・企業
キガリ市ンゾベートラ間送水幹線強化計画(無償資金協力)	2019年2月～2023年8月	水衛生公社(Water and Sanitation Corporation: WASAC)、インフラ省(Ministry of Infrastructure)	コンサルタント:国際航業株式会社、株式会社協和コンサルタント、横浜ウォーター株式会社 施工:飛島建設株式会社
「キガリ市上水道改善整備マスタープランプロジェクト」(開発計画調査型技術協力)	2019年3月～2021年6月	水衛生公社(Water and Sanitation Corporation: WASAC)、インフラ省(Ministry of Infrastructure)	株式会社日水コン、八千代エンジニアリング株式会社
「キガリ市水道事業体運営改善プロジェクト」(技術協力)	2022年3月11日～2027年3月10日	水衛生公社(Water and Sanitation Corporation: WASAC)、インフラ省(Ministry of Infrastructure, MININFRA)	株式会社日水コン、八千代エンジニアリング株式会社、東京水道株式会社
「キガリ市中央北部における給水サービス改善計画」(無償資金協力)	交換公文・贈与契約2022年12月6日～2026年	水衛生公社(Water and Sanitation Corporation: WASAC)、インフラ省(Ministry of Infrastructure)	株式会社日水コン

他ドナーによる水道開発プロジェクトも進んでおり、例えば、2021年に完了した「キガリバルク給水プロジェクト」は、WB及びAfDBの支援を契機として行われたPPPプロジェクトである。キガリ市の人口増加に伴い増大する水需要に応えるために、既存の水供給を補填した。建設、運営、移転(BOT)ベースで開発され、キガリ南東部のブゲセラ県カンゼンゼに建設され、キガリ市とブゲセラの住民に40,000 m³/日の新鮮で清潔で安全な水を提供しているという。

3-2 ルワンダ共和国地方部における水供給の現状と特徴

地方部では、人々は丘陵地の尾根から中腹の辺りに居住し、生活用水の水源を保護湧水、湖沼、河川、農業用水路に依存し、とりわけ女性や子どもが高低差100m以上の急な坂道を水で満たしたジェリカンを幾つも頭上と両手に抱えて繰り返し歩き、水を確保している。その水質は家畜や肥料の影響により細菌に汚染されている場合もあり、家庭によっては煮沸消毒を行っているとはいうものの、安全で安定した水供給とはいいがたい。また、開発援助で整備された給水施設の維持管理や運営が十分な技術移転なしに住民に任された結果、井戸のハンドポンプが一旦故障してしまっても部品交換や修理ができないまま放置されて給水が稼働していなかったり、徴収した水道料金により給水施設の維持管理を行う運営体制が機能していなかったりする現状がある。また、井戸の管が錆びて、水質に影響していることもあるという。この結果、地方部での安全な水へのアクセス率は6割弱に止まっている。

日本政府は、ルワンダ共和国内で特に給水率が低い東部県を中心に、地方給水サービスに係る計画策定・実施能力を強化するため、地方給水施設の運営・維持管理能力や給水施設の拡

張・更新の計画策定能力、コミュニティ水源である湧水の管理能力を強化するための技術協力を行ってきた。表 23 に、日本政府によりルワンダ共和国国内で最近実施された地方給水に係る水道開発プロジェクトを纏めた。加えて、ルワンダ共和国国内地方部においても、青年海外協力隊による「水の防衛隊」が、給水施設の維持管理等、水と衛生に関する諸課題に取り組んでいる。

表 23 日本の政府開発援助によりルワンダ共和国地方部で近年実施された水道開発プロジェクト

名称	実施期間	相手国実施機関	日本側関係機関・企業
地方給水マネジメント強化プロジェクト(技術協力)	2021年10月～ 2026年10月	水衛生公社(Water and Sanitation Corporation: WASAC)内の地方給水衛生局(Department of Rural Water and Sanitation Service: RWSS)	国際航業(株)、日本テクノ株式会社
東部県キヘレ郡における水・衛生環境改善事業(NGO連携無償)	2023年3月～ 2024年3月	東部県キヘレ郡キガラマセクター、ニャムガリセクター	ウォーターエイドジャパン

3-3 ルワンダ共和国の水供給に係る目標

2017年に高所得国を目指して策定された7か年国家戦略「国家変革戦略(National Strategy for Transformation)」においては、改善された水源を使う人口の割合を、2017年時点では87.4%だが、2024年までに100%に達すると設定している。また、一人あたり再生可能水資源量を670m³/人/年から1000m³/人/年に引き上げることも目標として掲げている。

2020年12月に策定された経済発展のための国家開発戦略「Vision 2050」においては、改善された水源を使う人口の割合を、2020年時点では87.4%だが、2035年目標で100%、2050年目標で100%と設定している。さらに、各世帯で改善された水源にアクセスできる人口の割合を安全に管理された飲料水供給の指標として定め、2016/17年時点では国全体で9.4%(都市部は39.2%、村落部では2.3%)だが、2035年目標で55%、2050年目標で99%と設定している。

3-4 ルワンダ共和国の水供給に関与する行政機関

(1) インフラ省

インフラ省(MININFRA: Ministry of Infrastructure)が、ルワンダ共和国の公共施設整備に関する政策を担っている。水供給分野については、インフラ省は水供給に係る政策策定、国で唯一の公営水道事業者である水供給公社WASACの指導・監視を所掌する。2010年に水供給に関する国家政策と戦略「National Policy & Strategy for Water Supply and Sanitation Services」を策定し、飲料水へのアクセスを改善すること、地方分権による給水、共同体による水道事業の運営、水道利用者による料金の支払い、給水施設の運営とそのアカウントビリティ、環境に配慮した水源管理等の必要性を指摘した。都市給水については、各戸給水を増やし、より安全で手頃な水道料金設定での水道サービスの提供を目指すとした。地方給水については、より効率的で効果的なサービス提供のためには官民協力の促進が重要だと位置づけた。

(2) WASAC

ルワンダ共和国の水供給事業を担っていた公社であるエネルギー水衛生機構（EWSA: Energy, Water and Sanitation Authority）の水衛生部門が 2014 年、政府が 100%出資して、WASAC として独立した。WASAC は、ルワンダ共和国内の水道の水供給開発プロジェクト及び施設の運転・維持管理を所管している。首都キガリ市にある本部と地方 33 支店から構成され、支店は水道料金の徴収や給配水管の拡張・維持管理を行う。

(3) 財務・経済計画省

WASAC は水道料金を収益としているが、現状は政府補助により事業は維持されている。水道料金改定により、政府補助に頼らない独立採算制の実現を目指してはいるものの、料金改定は公共サービス規制庁（RURA: Rwanda Utility Regulation Authority）の承認なしには実施できないため、現状は水道料金の収益のみでの事業運営は実現できていない。政府への支援要請の折衝は、インフラ省を通じて、財務・経済計画省（MINECONFIN: Ministry of Finance and Economic Planning）と行う。

(4) 公共サービス規制庁

RURA は上下水、電力、通信等の公共サービス提供事業者に対して、登録の許認可を行う。水道料金の改定には、WASAC が RURA に申請し、許認可を得ることは必須である。

3-5 ルワンダ共和国の気候変動対策に係る目標

ルワンダ共和国政府は、包括的で持続可能な開発を達成し、気候変動に対して強靱で低炭素経済な国家を実現するため、パリ協定に基づく温室効果ガス（GHGs）の排出削減目標と 2030 年までの戦略と行動計画「国が決定する貢献（NDC: Nationally Determined Contributions）」を策定して 2015 年 11 月に国連気候変動枠組条約事務局に提出した。これは 2011 年に策定された「緑の成長と気候変動レジリエンス戦略（Green Growth and Climate Resilience Strategy 2011-2050）」に示された 14 の行動計画を基礎に、主要なセクターにおける緩和策及び適応策の実施手段や指標の枠組を提示する。

その後、2020 年 5 月に改訂版を提出した。ルワンダ共和国も COVID-19 の深刻な影響を受け、ロックダウンを実施したという。そのような状況下でも温暖化対策の国内目標を見直し、ゼロカーボンへの行動を温暖化対策実行計画としてまとめ、アフリカで一番早く提出した背景には、気候変動で激化したとみられる洪水等の自然災害により、直近に 200 人以上を失っており、NDC をできるだけ野心的なものにしなければならないという大きな危機感があったという。ルワンダ共和国の GHGs 排出量は世界全体の排出量の 0.001%に過ぎないが、「2030 年までに、GHGs 排出量を 8%削減する」という目標を立て、目標達成のために 110 億米ドルの予算を計上する計画を持つ。

2017 年に策定された「国家変革戦略（National Strategy for Transformation）」においては、環境及び気候変動が横断的な優先分野 7 つのうちの一つとして強調されている。気候変動に対処するメカニズムとして、分野を超えた協力の強化が必要だとしている。

経済発展のための国家開発戦略「Vision 2050」は「Green Growth and Climate Resilience Strategy 2011-2050」と同じ方向性で策定された。キガリ市のマスタープランにも、「Vision 2050」が反映され、環境持続性と気候レジリエンスが盛り込まれている。

3-6 ルワンダ共和国の気候変動対策に係る目標における水供給の位置づけ

ルワンダ共和国がNDC（初版）の中に定義する「グリーン成長と気候レジリエンス戦略」の14項目の中に、「3. 統合水資源管理（Integrated Water Resource Management and Planning）」が位置づけられている。具体的な行動計画は、

- ・水組合、農業、産業、コミュニティに対する気象サービスの確立（早期警報システム、情報ネットワークを含む）
- ・水資源の観測・監視、管理、計画、意思決定に貢献する気候センターの設立
- ・地区計画や流域管理の一環として、水と気候の影響に関するリスク評価とハザードマップの作成
- ・気象・気候サービス、農業気象学、水収支モニタリング、地下水、供給、取水需要等を統合した水情報管理の枠組の確立

が挙げられている。

3-7 ルワンダ共和国の気候変動対策に関与する行政機関

(1) 環境省

環境省（MOE: Ministry of Environment）はルワンダ共和国の環境の保全と保護を確保しつつ、緑の成長と気候変動レジリエンスを実現する国家開発のために、水資源、土地、森林の最適かつ合理的な利用を確保する政策を担っている。

(2) ルワンダ水資源委員会

ルワンダ共和国政府は2000年、持続可能な開発のために十分かつ適切に管理された水資源の利用可能性を確保することにより統合水資源管理の国家的枠組を構築するため、「ルワンダ水資源委員会（RWB: Rwanda Water Resources Board）」を設立した。水資源に関連する国の政策、法律、戦略を主導して実施し、水資源の統合計画、集水域の回復と浸食制御、洪水管理、貯水池の開発を監督している。また、水の使用効率と水質管理を監督している。

3-8 ルワンダ共和国において観測されている気候変動影響と将来予測

各国は、国連気候変動枠組条約に基づき、自国の地球温暖化対策・施策や温室効果ガス排出量の将来予測、気候変動による影響及び適応措置、資金援助及び技術移転等の情報を取りまとめた「国別報告書（NC: National Communication）」を条約事務局に提出する必要がある。ルワンダ共和国内は2018年に環境省と環境管理庁が共同で取りまとめた「国連気候変動枠組条約枠組に基づく第3回国別報告書」を提出した。その中で、過去の気候変動影響と将来予測を分析している。

キガリ市について、気温は、1971年から2016年までの間に年平均で2.02℃上昇が観測されており、2017年から2050年までの間にさらに0.21℃上昇すると予測されている。降雨量は1961年から2016年までの間に年平均で54.32mm減少し、2017年から2050年までにさらに0.37mm減少すると予測されている。なお、降雨日数は1961年から2016年までの間に年平均で35.8日減少していた。

気候変動の影響により、強い豪雨による洪水の多発（1974-2018年の間に16回発生）、大乾季の長期化及び小雨季開始時期の遅延による干ばつ（1974-2018年の間に6回発生）、豪雨による地滑り（1974-2018年に5回）等の自然災害が既に観測されている。これらは、将来的に発生頻度の増加が見込まれており、結果として、降雨量減少及び気温上昇に伴う水量不足、水源汚濁による水質汚染、浄水場・給配水施設破壊の発生のリスク増大がそれぞれ懸念される。

3-9 ルワンダ共和国の水供給における気候変動対策

ルワンダ共和国で出会った人々は「気候変動の影響が雨の降り方と雨季入りの時期に顕著に出ている」と口々に言った。現地調査で2023年9月10日から16日まで滞在したが、毎日夕方になると数時間で強い雷雨に遭った。ここ数年、雨季には強い短時間での降雨が毎日続くようになり、時に集中豪雨による洪水や地滑りが発生しているという。また、従来は小乾季（12月中旬から3月中旬）、大雨季（3月中旬から5月中旬）、大乾季（5月中旬から10月中旬）、小雨季（10月中旬から12月中旬）であったが、乾季が長くなり、雨季に入る時期がだんだん遅れているという。

2023年5月2日から3日にかけて、ルワンダ共和国は豪雨に見舞われた。ルワンダ共和国北部、西部を中心に、大規模な洪水及び土砂災害による甚大な被害が発生し、130人が犠牲となり、77人が負傷、約5万の家屋が被害を受けた。キガリ市最大のンヅベ浄水場も高濁度の河川水が流れ込み、取水場近くで土砂が崩落し、水道施設が壊れ、3日間取水が停止される等大きな被害を受けた。市内には土砂崩れにより、移住の強い指示が出た地域も存在する。ルワンダ共和国政府は、「気候変動は水供給の安全保障を脅かす」とより一層強く認識した。

これを最大の契機として、ルワンダ共和国政府は、雨季の集中豪雨による洪水被害の軽減が喫緊の課題と認識し、気候レジリエンスを強化する取組をとりわけこの1年間で加速して進めてきた。今は、「緊急対応」ということで、適応策が中心となっている。その取組の具体例としては、

- (1) 気候災害に対してより強靱なインフラを整備する。実際に、水道管を地滑りのリスクがより小さな場所に配置するようになった。
- (2) 気候災害に対してより強靱なインフラの運転を維持する。水安全計画に、災害下でも水供給システムの運転を維持するための方法を明記した。
- (3) 気候災害発生時にすぐに使える財源としての、**funding partnership**を形成する。
- (4) 気候変動により降雨パターンが変化し、雨水が短期間で河川下流に流れるようになり、限られた水資源を有効に使うため、漏水削減により一層取り組む意識が高まっている。
- (5) 水源を低地表層水の利用に頼っているが、水量や水質、保水能力の変化に備えて、解明さ

れていない地下水分布とその利用法について検討を始めている。

(6) 灌漑農業に適応策を導入する。乾季に水不足が顕著となる地域では、保水が多い特定作物の生産を禁止し、少量の水で生産できる作物生産への転換を指示している。

(7) 河川水の水位のモニタリングステーションを増やし、気象現象の監視能力の強化と気象・洪水情報や予警報の精度向上を図りたいが、財政問題からまだ対応できていない。

緩和策への意識は、インフラ省等の一部省庁は、(1) 揚水への電力使用量が大きいこと、(2) 変電所のキャパシティや配電網の整備不足により電力ロスが大きいこと、を踏まえて、温室効果ガス排出量削減には(1) 電力源の転換、(2) 配電網の整備・維持管理、がそれぞれ必要だと認識しているが、国全体としての認識は必ずしもそれほど高くなく、対応促進には至っていない。これは、目の前で大災害が発生するリスク対策をすることが最優先だからだとみられる。

一方で、ルワンダ共和国政府としては「2030年にエネルギー供給源の60%を再生可能エネルギーとする」等の脱炭素化目標も定め、水力発電と再生可能エネルギーの割合を増加させようとして取り組んでいる。緩和策の取組の強化はこの国家目標にも資するものであり、今後取組の加速化が期待される。

3-10 統合水資源管理を通じたルワンダ共和国の気候変動下における水へのアクセスと供給に関する取組

ルワンダ共和国のグリーン成長と気候レジリエンス戦略の達成に繋がる統合水資源管理に向けては既に具体的な取組が行われ、顕著な進捗を示しており、ルワンダ共和国政府は2022年4月、「ルワンダ共和国が気候変動に直面して水に配慮している6つの方法（Six ways Rwanda is being water wise in the face of climate change）」を発表した。これらは適応策とみなすことができる。

(1) ルワンダ水資源委員会の設立

共和国政府としては、委員会設立が、ルワンダ共和国の社会経済的変革における水資源の重要性と、気候変動に直面する中で水に配慮している政府のコミットメントを示した結果と評価している。

(2) 給水許可制度の創設

ルワンダ共和国政府としては、国内の水資源がますます逼迫する中で、どこで誰がどれだけの水を使用しているかを把握すれば、実際に使用できる水量と比較し、効率的かつ持続可能な方法で水利用を管理することができると考えた。水資源の利用と管理に関する法律は、水資源委員会に水資源の最適な管理に必要な情報を収集するための手段を与えるが、給水許可制度もこれらの手段の一つとして位置づけられている。

許可基準は、

(i) 水資源管理

国の経済発展を目的として水を最適利用するために、水資源を効果的かつ効率的に管理すること。

(ii) 公平な配分

水を割り当てるには、水資源管理者は、利用可能な水量と、既に使用されている水量の両方

を知る必要がある。

(iii) 環境保護

水資源管理者は、水の使用が効率的で、適切に計画され、汚染が最小限に抑えられていることを確認する必要がある。水資源を様々な用途に割り当てる際、水資源管理者は、環境フローの水が利用可能であり続けることを確認する必要がある。

給水許可制度は、給水利用者が許可証を申請できる web アプリケーションであり、www.waterpermit.rwb.rw からアクセスできる。

(3) 貯水能力向上の取組

ルワンダ共和国の平均降水量は年間 1200mm と比較的多く、雨水貯留は人のニーズ、社会経済的成長、環境保護の需要の高まりに対して魅力的な代替水源とみなすことができる。しかしながら、ルワンダ共和国は貯水能力が限られているため、水不足となっている。全国の雨水貯留の規模拡大の可能性に関する調査を行い、3種類の人工貯水池（小規模な灌漑に使用される貯水池、家畜の水やりに使う溪谷貯水池、灌漑及び水力発電に使われるダム）が検討されることとなった。現在、貯水能力が計 131603m³ となる 1414 か所の貯水池、貯水能力が計 800 万 m³ 以上となる 77 か所の溪谷ダム、貯水能力が計 7500 万 m³ 以上となる 50 か所のダムが存在するが、国の貯水能力を拡大させ、住宅地からの雨水貯留を向上させるための取組が進められている。

(4) 成長のための水プログラムと国際自然保護連合のプログラムの影響

(i) 成長のための水プログラム (W4GR: Water for Growth Rwanda)

W4GR はルワンダ共和国とオランダが共同で実施した4年間のイニシアティブで、公平で効率的かつ環境的に持続可能な水資源を実現することを目的として、ルワンダ共和国環境省が水管理への統合的アプローチを展開する支援を行った。2050年までのさまざまな期間にわたる綿密な水配分計画を含む、国土面積の30%の集水計画を策定した。その結果、ルワンダ共和国は、灌漑、工業、家畜、生活用水、そして環境にどれだけの水を割り当てることができるかを正確に把握できたものの、水が不足する可能性を示しており、灌漑マスタープランと食料生産に関する政策を見直す必要性を指摘している。加えて、W4GR は、紛争防止、水質改善、集水域回復、浸食抑制、洪水や干ばつのための水配分を管理する、新たな水資源委員会設立も助けた。

(ii) 国際自然保護連合の統合水資源管理プログラム (IWRM Program - IUCN)

IWRM Program は、貧困削減、公平な開発、気候変動への強靱性、生物多様性の保全のために、持続可能な水と湿地の管理と主流の生態系アプローチを IWRM プロセスに導入することを目標として、6つの戦略的重点分野（①水のガバナンスと管理、②天然水のインフラへの投資、③水開発、④知識の開発と管理、⑤協力的なパートナーシップ、⑥気候変動、ジェンダー、人々、権利）が提供されている。

(5) 都市部の洪水管理の改善

キガリ市やその他の主要都市の洪水に対処するため、多くの取組がなされている。水資源委員会は、水位に関するデータをリアルタイムで提供する15か所のテレメトリーステーションを

設置した。これにより、排水溝やその他の洪水に関するホットスポットを監視し、早期警報システムの作動を実現する。また、キガリ市において、40 か所以上に排水システムを建設し、洪水が発生しやすい地域に住む脆弱な世帯を特定するための作業を行い、最も高いリスク地域に住む 5000 以上の世帯については安全な地域への移住をさせた。

(6) 都市湿地の保護と再生

湿地の劣化と汚染は、水質と水量に大きな影響を与える。重要な生態系サービスを提供する湿地の能力低下は、洪水の増加と人命の損失、インフラの損傷、生産性の低下、水域の沈泥化を招きかねない。

ルワンダ共和国政府は、特に都市部における湿地の回復を優先事項として取り組んだ結果、多くの成果を上げている。

- ・重要な湿地生態系の回復。
- ・ルワンダ都市開発プロジェクト II (RUDP II) を通じて、全ての湿地のマッピングと分類、工業団地を湿地からより適切な場所への移転等を実施し、主要な湿地を再生中。
- ・6000 以上の経済活動（駐車場、工場）や家庭活動の施設を都市の湿地から移転させ、湿地を修復。
- ・湿地マスタープランを策定し、都市の湿地の 15%にあたる 20km²を修復し、29%は持続可能な利用、38%が保全、残りはレクリエーションを目的とした利用を推奨。

加えて、ルワンダ共和国環境管理庁はルワンダグリーン基金、国連環境計画 (UNEP)、イタリア政府からの投資を受け、ニヤンドウング都市湿地エコツーリズムパークを創設した。キガリ市に位置する 120ha の土地に、観賞用の湿地、ギャラリーの森、薬用植物園、舗装された歩道と自転車道、レストラン、情報センター等が設けられている。

3-11 他国政府による対外援助や国際開発金融機関等からの援助による水供給における気候変動対策

(1) UNICEF による太陽光発電による給水システムプロジェクト

UNICEF は World Vision International 及び WASAC と協力して、キレヘ郡ニヤガシャンカラ地区（給水人口：22,000 人以上）で、ディーゼル発電から太陽光発電に切り替えて、太陽光パネルを使った小型電動ポンプシステムを用いて、井戸から自動で水を汲み上げる水道システムの稼働を実現している。360 枚のソーラーパネルがポンプへの電力供給に使われ、24 マイルの水道管、14 の貯水タンク、40 の公共水栓の蛇口、67 戸の家庭用給水管に水を供給している。経済コストは半減し、CO₂ 排出量も削減したという。

(2) UNICEF によるキガリ市マスタープラン 2050 更新支援としての「気候変動に強靱な WASH 戦略」の提供

2013 年 5 月に承認されたキガリ市マスタープラン 2050 については、急速に発展する都市と、急速に増加する市民の変化する要求に応えるために、定期的に見直されることになっており、2020 年に最初の見直しが行われた。マスタープランには、気候変動、とりわけ気温上昇と

海面上昇に適応する現実に対して様々な計画も策定されている。水供給については、洪水リスクを軽減するために、排水インフラを改善し、土地利用を最適化するために他の開発と統合した水道開発を奨励している。

キガリ市は、急速な都市化に伴う需要の高まりに対応するため、このプラン実現に向けて、整備された土地と適切な公共インフラの提供、主要道路、公共施設、重要インフラへの予算確保という点で大きな役割を担っている。キガリ市のインフラが強靱で持続可能な要件を満たすために、インフラの強靱性を促進する必要がある、老朽化した既存設備やネットワークの更新が不可欠である。

キガリ市は国際機関と協議を行い、市内で進行中及び計画された活動とマスタープランの方向性を整合させるように務めている。その結果、UNICEF は、支援として、2027 年までの「気候変動に強靱な WASH 戦略」として給配水設備の維持・運営管理の方法を具体的にインプットした。また、WB の現在進行中の「Agatare Upgrading Project」においては、水資源管理のための接続性及び雨水管理の手段として役割も果たす土地利用・管理・統合や設備整備が意識されている。

(3) AfDB の「持続可能な水供給と衛生プログラム」

ルワンダ共和国地方部において、安全で気候変動に強靱な水道サービスへの普遍的なアクセスを拡大することを目的として、AfDB が 2019 年 1 月から、地方給水拡大及び無収水対策を支援している。

3-12 ルワンダ共和国との議論で得た今後の方向性

水へのアクセスは公衆衛生を支え、持続可能な開発に不可欠である。水の利用可能性は、どの国の繁栄にとっても重要である。気候変動の水質や水量、水供給関連施設への影響により、必要不可欠な水供給サービスへのアクセスの確保ができなくなることも懸念される。水供給サービスへのアクセスの将来的な確保に係る適応策を進めることは、国の安全保障の一環として特に緊要である。

一方で、ルワンダ共和国は世界の温室効果ガス排出量の 0.003% にしか貢献しておらず、排出源単位も 0.05kg/USD と低い。ルワンダ共和国の CO₂ 排出は家畜由来が多く、家畜、農業、土地利用が合わせて総排出量の 74% を占め、エネルギーは 18%、工業プロセスと製品の使用は 1% を占めるに過ぎない。しかしながら、低炭素社会への移行にもコミットしており、2030 年までに温室効果ガス排出量を 8% 削減する目標を持つ。さらに、ルワンダ共和国の再生可能エネルギー発電量は総発電量に対して 2015 年現在で 56.89% を占めるが、2030 年 6 割達成を目標としている。排出削減のコミットメントを達成するために、ルワンダ共和国政府は、エネルギー、産業プロセスと製品の使用、廃棄物、農業の対策を優先し、エネルギー分野では水力発電、効率的な調理用ストーブ、自動車の基準、灌漑やミニグリッドでの太陽光発電の使用を増やすことで、1.5MtCO₂e の削減達成を目指している。この目標達成のためには、水供給に係る電力消費に伴う CO₂ 排出についても、太陽光発電により施設を動かす等の削減努力が必要にな

る。しかしながら、急斜面が多い地形に太陽光パネルを設置することはそもそも容易ではなく、さらに気候変動により地滑りが起こりやすい地域が増える中で、水供給施設の近くで太陽光パネルの設置場所の候補となり得る場所の選定がさらに難しくなることも受け入れなければならない。

その上で、ルワンダ共和国に優先して取組を検討することを提案したのは、以下の5点である。

(1) 緩和策でもあり、適応策でもある給水圧力の安定化漏水対策

漏水削減は、取水・導水・送水・配水に係るポンプの電力消費量、浄水処理等にかかる電力使用量削減に繋がるだけでなく、水資源を有効利用することで渇水に備えることにも繋がる。これらを実現するには、我が国の技術協力等を活用しつつ配水システムの「ブロック化」の経験も踏まえ、漏水補修、送配水システムの更新・再構築、流量監視の精度維持、減圧弁設置による給水圧力コントロールが特に重要である。

(2) 配水状況のモニタリング・情報管理

将来的にエネルギー消費の少ないルートに水量配分をシフトする等、効率的な水運用と消費エネルギーの削減が期待される。

(3) 気候災害に対してより強靱なインフラの整備

水供給施設についても太陽光パネルについても、気候災害リスクがより小さな場所に設置していくことが必要となる。

(4) 地方給水の持続的な運用・維持管理

例えば、井戸が使えなくなり、河川から取水することにしたとき、汚染された水を浄化するには薪ストーブで沸騰させる必要がある。これには大量の薪が必要となり、CO₂も排出する。井戸が壊れれば修理し、長期的に井戸を使えるようにすれば、緩和策になるだけでなく、安全な水へのアクセスにより住民の健康状態は改善され、薪ストーブの利用が減ることで室内空気汚染による呼吸器疾患のリスクは減り、水汲みが日課となっていた女性や子どもは時間を大幅に節約できることになる。加えて、薪のための木材消費量の削減にも繋がり、森林が保護され、土壌浸食や地滑りを防ぐことにもなる。

(5) 気候変動の影響を受けにくい地下水の利用可能性の調査

地下水を活用することで、気候変動要因の水不足への対処だけでなく、洪水等の災害時の対策、公共インフラへの水供給が可能になる可能性がある。地下水資源の活用のためにも、地下水源の調査及び管理を行うことが必要である。加えて、地下水を活用するためのインフラ構築を実現するための資金を確保する必要がある。

第4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の途上国支援への活用

4-1 調査方針

カーボンニュートラル達成に向けた取組を積極的に行っている水道事業体を選定し、途上国支援に活用できると考えられる取組や適用の課題について意見を求め、取組の概要、期待される効果、途上国への活用の際に課題と考えられる事柄や、取組内容を途上国の条件や状況に適応させるための工夫、取組に適した条件等を整理する。また、組織としての方針や計画、施策実施の決定に至る検討内容など、途上国の水道事業体がカーボンニュートラル達成に向けた施策を実施する際に参考となる情報を合わせて収集し、得られた情報を途上国支援に資する知見として取りまとめる。

4-2 実施内容

公益社団法人日本水道協会の水道協会雑誌令和5年4月号の特集記事「水道事業における脱炭素化への取組」から、カーボンニュートラル達成に向けた積極的な取組を実施している水道事業体として、東京都水道局、横浜市水道局、大阪広域水道企業団を抽出した²⁹。これら3事業体を対象にアンケートを依頼し、回答に基づくヒアリングを実施した。アンケートに使用した質問項目を表24に示す。

表 24 質問項目

No.	項目	内容
1	方針	・カーボンニュートラルのための施策を行う根拠(例:上位組織の計画等) ・水道事業体としての方針
2	取組の内容	・カーボンニュートラル達成のために実施した・実施している取組 ・今後実施予定の取組
3	途上国支援に活用できると考える取組	・途上国支援に活用できると考える取組と、そう考える理由 ・取組を途上国に適用するための条件・必要事項、そのための工夫 ・特に課題となると想定される事項
4	実施に至る道筋	・取組の実施を決定する際の判断基準や検討事項 ・水道の開発と気候変動対策への便益の整理の有無
5	課題	・取組の実施における課題(例:組織内での優先度、他組織との協働、実施に係る予算、人材、技術、評価方法等)
6	計画と進捗確認	・カーボンニュートラル達成に向けた全体計画と進捗確認の有無
7	資料	・経験・知見の取りまとめ、ガイドライン、研修資料等

4-3 水道事業体へのアンケート・ヒアリング結果

東京都水道局、横浜市水道局、大阪広域水道企業団のアンケート及びヒアリングを踏まえ、表25、表26、表27に結果をまとめる。質問3については4-4に整理する。

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(東京都水道局)

No.	項目	アンケート及びヒアリング結果
1	取組を行う根拠	<ul style="list-style-type: none"> ・都は令和元年5月、国に先駆けて 2050 年までに CO₂ 排出実質ゼロに貢献する「ゼロエミッション東京」の実現を宣言した。 ・都は令和 3 年 1 月、都内温室効果ガス排出量を 2030 年までに 2000 年比 50% 削減すること(カーボンハーフ)、再生可能エネルギーによる電力利用割合を 50% 程度まで高めることを表明した。
	水道局の方針	<ul style="list-style-type: none"> ・水道局独自のカーボンニュートラルに向けた方針はないが、都の一員として都の方針を遂行している。平成 16 年度以降、環境計画を継続的に策定し、事業活動に伴う環境負荷の低減に取り組んできた。 ・現在は、令和2年3月に策定した「東京都水道局環境5か年計画 2020-2024」に基づき CO₂ 排出量の削減を進めている。
2	実施取組	<p>【省エネルギー化の推進】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常用発電設備の高効率化 ・直結配水ポンプ設備の導入 ・省エネ型ポンプ設備の導入 ・高効率機器への更新 ・効率的な水運用の推進 <p>【再生可能エネルギーの導入拡大】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電設備の導入 ・小水力発電設備の導入 <p>【その他】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・環境に配慮した電気の調達 ・ZEV 等の導入
	今後の取組	<ul style="list-style-type: none"> ・引き続き、「東京都水道局環境5か年計画 2020-2024」に基づき、施設整備に合わせ省エネルギー化の推進及び再生可能エネルギーの導入拡大等を実施する。
4	取組実施の決定に至る判断基準や検討事項、相乗効果の整理等	<ul style="list-style-type: none"> ・施設やポンプの運用状況や今後の運用計画を踏まえた費用対効果の検討 ・導入前に、コストと CO₂ の削減量の試算をしている。 ・削減効果は毎年環境報告書で効果と費用を環境会計の形で提示している。
5	取組実施の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・再生可能エネルギーの導入拡大は事業性の確保が難しく、様々な手法の検討が必要。 ・小水力発電は、入れられるところは既に設置済みであり、次は施設の再整備のタイミングと考える。 ・環境施策は基本的に投資回収できるものという観点で行っている。追加コストをどこまでかけるかの整理が課題になると考える。
6	全体計画・進捗の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・カーボンニュートラルに向けた計画はないが、環境負荷の低減に向け、東京都水道局環境5か年計画(2020-2024)を策定し、毎年度進捗の確認を行っている。

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(横浜市水道局)

No.	項目	アンケート及びヒアリング結果
1	取組を行う根拠	<ul style="list-style-type: none"> 横浜市は 2011 年 3 月に、地球温暖化対策推進法に基づく「横浜市地球温暖化対策実行計画」を策定し、2018 年の計画改定において 2050 年までの脱炭素化「Zero Carbon Yokohama」の実現を掲げている。 2021 年に「横浜市脱炭素社会の形成の推進に関する条例」を施行。 2022 年 2 月に、2030 年度までの温室効果ガス削減目標を、国の目標を上回る「2013 年度比 50%」に引き上げることを宣言し、2023 年 1 月に「横浜市地球温暖化対策実行計画」を改定した。
	水道局の方針	<ul style="list-style-type: none"> 「横浜水道長期ビジョン(2016 年 3 月)」や「横浜水道中期経営計画(令和 2 年度～5 年度)(2020 年 3 月)」に基づき、「環境にやさしい水道」を施策目標に置いて環境・エネルギー対策に取り組んでいる。
2	実施取組	<ul style="list-style-type: none"> 自然流下系施設(浄水場等)の優先的整備 川井浄水場の再整備による浄水場の処理能力増強 西谷浄水場の再整備による浄水場の処理能力増強 消費電力の削減に寄与する配水ポンプ設備の導入(「VVVF 制御方式」へ更新) 太陽光発電や小水力発電の活用 LED 等高効率照明や次世代自動車等(EV・PHV・FCV・HV)の導入
	今後の取組	<ul style="list-style-type: none"> 今後は、本市の計画である横浜市地球温暖化対策実行計画、横浜市地球温暖化対策実行計画(市役所編)を踏まえ、「横浜水道中期経営計画(令和 6 年度～令和 9 年度)」を策定し、さらに取組を進めていく。 太陽光発電設備について、さらなる太陽光発電設備が設置可能な施設を精査し、導入計画を策定していく。導入にあたっては、補助金・交付金等の活用や PPA 事業等の新たな事業手法を検討するとともに、設備の小型化など新技術の動向を注視していく。 公共施設における LED 等高効率照明の導入割合を 2030 年度までに 100%にすることを目指す。 一般公用車における次世代自動車等の導入割合を 2030 年度までに 100%にすることを目指す。
4	取組実施の決定に至る判断基準や検討事項、相乗効果の整理等	<ul style="list-style-type: none"> 1で回答した方針に基づき、予算やエネルギー削減量等の費用対効果、技術革新を注視しながら、脱炭素の取組を進めていく。
5	取組実施の課題	<ul style="list-style-type: none"> 水道事業では、水を製造していく過程や水を送る過程において、ポンプ等の電機設備を使用するため、使用電力が大きく多量の温室効果ガスを排出している。そのため、使用電力を抑える取組を進めていく必要がある。 予算や電力削減量等の費用対効果、技術革新を注視しながら、脱炭素の取組を進めていく必要がある。
6	全体計画・進捗の確認	<ul style="list-style-type: none"> 全体計画である「横浜市地球温暖化対策実行計画」、「横浜市地球温暖化対策実行計画(市役所編)」に基づき取組を実施している。毎年度項目ごとに進捗を確認している。
7	資料	<ul style="list-style-type: none"> 横浜市地球温暖化対策実行計画 https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/ondanka/jikkou/keikaku/plan.html 横浜市地球温暖化対策実行計画(市役所編) https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/ondanka/jikkou/keikaku/jimujigyoku.html

表 27 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(大阪広域水道企業団)

No.	項目	アンケート及びヒアリング結果
1	取組を行う根拠	・政府が令和2年10月に宣言した「2050年カーボンニュートラル」
	水道局の方針	・「大阪広域水道企業団将来ビジョン」において、めざすべき将来像のうち社会的課題に対する貢献として、環境負荷の低減を施策の1つに掲げ、温室効果ガス総排出量を2052年度に基準年度(2013年度)比で100%削減することを目標とし、その達成に向けた取組を推進する。
2	実施取組	<ul style="list-style-type: none"> ・設備更新時のダウンサイジング ・高効率型機器等の導入 ・送配水運用の効率化 ・太陽光発電設備の導入 ・場所貸しによる小水力発電設備の導入(令和4年7月) ・環境配慮型の電力調達 ・EVの調達 ・仮想発電所(VPP)事業への参画(令和3年試行、令和4年から契約) ・関西電力株式会社とのカーボンニュートラルの推進等に関する包括連携協定の締結(オンサイトPPA契約)(令和4年3月29日) その中で村野浄水場への太陽光発電設備、蓄電池設備、EV及び放充電設備、省エネ空調制御サービスの導入(令和5年8月本格始動)
	今後の取組	<ul style="list-style-type: none"> ・小水力発電のさらなる導入:市町村水道事業の統合があれば、施設配置の合理化や再整備に合わせて検討の余地がある。 ・太陽光発電のさらなる設置と蓄電池・EV充電設備の設置:設置可能な場所の余地がある。 ・給水スポットの設置:マイボトルの普及、プラスチックごみの削減、社会全体のカーボンニュートラルの取組である。住民サービス、熱中症予防といった効果もあり、PR効果とともにSDGsにも繋がる。
4	取組実施の決定に至る判断基準や検討事項、相乗効果の整理等	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電の導入(オンサイトPPA)に関しては、一事業のみで費用対効果を見るのではなく、契約企業と他の契約内容も含めトータルでのメリットを検討した。電気事業者との協議など、検討期間は約1年。 ・小水力発電に関しては、1~2年かけて過去に実施した導入場所の可能性調査の結果をベースに検討した。以前は補助金を受けて自前で整備したが、最近は場所貸しで設置しているものが多い。メンテナンスを含めると手間がかからないメリットがあるが、最終的にはコスト面で決定する。 ・便益の整理は特にしていない。カーボンニュートラルの取組は本来業務である水道から外れているため、水道料金を上げてまで行うものではなく、本来業務に影響のない範囲で行うものと考えている。
5	取組実施の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・再生可能エネルギーに係る設備の導入は、国の補助金の活用により導入時の費用は削減できるが、維持管理に想定以上の費用を要するため、設置当初に想定していた収益を得ることができない課題が判明した。このため、近年の厳しい経営状況においては、更なる導入は厳しい状況である。 ・再生可能エネルギーの導入は、本来の水道事業(安心・安全な水道水の安定供給)に直結しない取組であるため、今後の厳しい経営状況を考慮すると、経営に影響を与えない範囲で取り組むことが必要となる。そのため、これまでと同様の手法による取組は困難であることから、今回の事例のような民間事業者が提供するビジネスモデルの活用や他事業者との連携、新技術の導入など、様々な方策を検討し取組を推進していく。 ・新たな取組を推進するためには、情報収集と新しい取組へのチャレンジを継続することや連携の輪を広げ、Win-Winの関係を築ける事業者と連携し取組を推進することが重要である。

No.	項目	アンケート及びヒアリング結果
6	全体計画・進捗の確認	「大阪広域水道企業団経営戦略2020-2029」において、温室効果ガス総排出量の削減率を2029年度で46%(2013年度比)と設定している。また、アニュアルレポート(年次報告書)で進捗の確認を行っている。

4-4 途上国支援への活用に向けた知見の整理

アンケート及びヒアリングの結果を受け、2つの視点から知見を整理する。

(1) 途上国支援に活用できると考えられる施策と適用に際しての課題

途上国支援に活用できると考えられる施策として挙げられた施策を表28に示す。事前のアンケートの回答に加え、ヒアリング結果から漏水削減を加えた。

表28 途上国支援に活用できると考えられる取組

取組	分類		内容
	省エネ	再エネ	
ポンプのインバータ化・省エネ型ポンプ設備の導入・ポンプ運用の見直し	●		エネルギー消費抑制
高効率機器への更新・省エネ設備の導入	●		エネルギー消費抑制
小水力発電設備の導入		●	エネルギー活用
太陽光発電設備の導入		●	用地活用
蓄電池設備、EV及び放充電設備の導入		●	低GHGs排出への移行
自然流下系施設の整備	●		エネルギー活用
設備更新時のダウンサイジング	●		エネルギー消費抑制
漏水削減 ^{※1}	●		エネルギー消費抑制

※1 ヒアリング結果から追加した。

挙げられた各施策を活用できる条件と、活用にあたっての課題・検討事項等を表29に示す。

表29 各取組の活用における条件・検討事項等

取組の概要	期待される効果	条件	検討事項・課題
ポンプのインバータ化・省エネ型ポンプ設備の導入	<ul style="list-style-type: none"> 機器更新・省エネ型ポンプ設備の設置により、使用電力の削減に寄与する。 適正回転数での運転により省エネ効果が得られる。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用しているポンプの使用電力量が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 予算、ライフサイクルコスト、省エネ効果(電力削減量)等の費用対効果の事前検証 ポンプの運転点の確認と、エネルギーロスの評価
高効率機器への更新・省エネルギー設備の導入	<ul style="list-style-type: none"> 省エネルギー設備に更新することで、使用電力の削減に寄与する。 水道設備だけでなく一般的な機器の効率化により施設電力が低減できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用している機器・設備の電気使用効率が低く、使用電力量が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> 予算、ライフサイクルコスト、省エネ効果(電力削減量)等の費用対効果の事前検証 一つの取組の効果は大きくなく、複数の取組の積み上げにより効果が得られる。

取組の概要	期待される効果	条件	検討事項・課題
小水力発電設備の導入	<ul style="list-style-type: none"> 位置エネルギーの活用により、エネルギー消費の少ない送水、温室効果ガスを排出しないエネルギーの創出が可能である。 24時間発電が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 活用できる位置エネルギー・余剰圧力がある。 設置場所が確保されている。 導入できる制度が整っている。 	<ul style="list-style-type: none"> 各施設の特徴に合わせた適切なエネルギーの活用方法(位置エネルギーの活用・余剰圧力による発電など適切な活用方法の選択) 予算・導入費用の確保 維持管理を含めた費用対効果 設置場所 余剰電力の取り扱い 配電系統との連系要件の確認 発電機故障等によるウォーターハンマーの検討 技術革新の注視
太陽光発電設備の導入、蓄電池設備の導入	<ul style="list-style-type: none"> 温室効果ガスを排出しないエネルギーの創出が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 設置のための用地がある。 導入できる制度が整っている。 	<ul style="list-style-type: none"> 導入費用の確保(補助金等の有無) 費用対効果 設置場所の確保 維持管理(人件費、故障時の対応) 余剰電力の取り扱い等 配電系統との連系要件の確認(規模が大きいと条件が厳しくなる、追加の設備が必要になる等) 風水害・降雪などへの対策 技術革新の注視 耐用年数(日本では17年)以降は廃棄するしかないので廃棄費用を見込む必要がある。 清掃頻度等の必要なメンテナンスは気象条件により異なる。
EV及び放充電設備の導入	<ul style="list-style-type: none"> 導入すれば省エネ効果が得られる。 	<ul style="list-style-type: none"> EVの導入には充電環境が必要である。 導入できる制度が整っている。 	<ul style="list-style-type: none"> 導入費用の確保 運転距離や用途
自然流下系施設の整備	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー効率の良い水道システムを構築することで、ポンプ設備等の使用電力の削減に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> 自然流下系施設を整備できる地形・地理的条件がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 自然流下系施設を整備できるか、対象国の地形、地理的条件の確認
設備更新時のダウンサイジング	<ul style="list-style-type: none"> 処理能力(浄水量)を下げられれば、ポンプや電気関係等の設備全般のダウンスペックが可能になり、省エネになる。 	<ul style="list-style-type: none"> 有収率が改善することにより、施設能力に対して必要な浄水量が少ない。 	—
漏水削減	<ul style="list-style-type: none"> 無駄な水を作らないことで、エネルギー削減になる。 	<ul style="list-style-type: none"> 漏水率が高く、改善の余地が大きい。 	—

(2) カーボンニュートラル達成のための施策の推進に係る意見及び情報

途上国の水道事業体がカーボンニュートラル達成に向けた取組を推進する際の参考情報とし

て、方針や計画の策定、実施の決定に至る検討事項や過程、課題や進捗の確認方法等について、3事業体からの意見及び情報を合わせて表30に示す。これらは事業体によって異なっており、記載内容が3事業体全てに当てはまるものではない。

表30 カーボンニュートラルに向けた施策の推進に係る意見及び情報

項目	内容※
方針や計画	<ul style="list-style-type: none"> ・カーボンニュートラルに関する国や都道府県の方針や計画(上位計画)がある。 ・カーボンニュートラルに関する上位計画に基づき水道局として定めた計画がある。 ・水道局の方針として、重要施策の一つに掲げている。
方針や計画の必要性についての意見	<ul style="list-style-type: none"> ・カーボンニュートラルへの取組は、水道事業の本来業務である安全な水の供給に直接繋がるものではないため、計画がなければ進めにくく、計画として位置づけるべきである。 ・水道料金を利用して行うことなので、目標に向けて考えを整理して方策を進めていくことが必要であり、計画はあった方が良い。 ・複数の異なる立場の関係者が一つの方向性に沿って施策を実施するために、計画はあった方が良い。 ・水道利用者に対するアピールも必要である。コストを含めた現実的な案として、費用も含めた計画が必要である。
実施の決定に至る検討事項	<ul style="list-style-type: none"> ・それぞれの取組に対して固有の条件の検討 ・維持管理費用(人件費、故障による修繕費用)の検討 ・撤去・廃棄費用を含めたライフサイクルコストと省エネ効果の検証 ・施設やポンプの運用状況や今後の運用計画を踏まえた費用対効果の検討 ・費用の確保(投資回収ができるものであれば予算がつく) ・国の補助金や交付金の活用による導入費用の削減 ・政策目標や上位計画、実行計画に対する位置づけの確認
判断の過程	<ul style="list-style-type: none"> ・各機器については、各部署の運用担当者が導入の判断をしている。 ・太陽光発電など全体的な方針・考え方は総務部、どこの施設に入れるか、費用対効果が出るかどうかは、導入する施設を管理する部署が判断をしている。 ・組織の幹部で構成する会議で方針を決定する。
便益の整理(水道の開発・気候変動対策)	<ul style="list-style-type: none"> ・導入前に、コストとCO₂の削減量を試算している。試算ができない取組もある。
取組実施の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・カーボンニュートラルの取組にはコストがかかるため、経営が厳しい中で積極的に取組を行うことは難しい。本来業務に影響を与えない範囲で何が出来るかを考えアイデアを出していく必要がある。 ・再生可能エネルギーの導入拡大は事業性の確保が難しく、様々な手法の検討が必要である。 ・水道局だけでカーボンハーフ、カーボンニュートラルの達成は難しい。 ・目標に繋がる取組をしつつ、都度必要なことを考え、採算性を考慮しながら進めていく必要がある。
進捗確認方法	<ul style="list-style-type: none"> ・計画に沿って毎年度進捗の確認を行っている。 ・環境報告書で効果と費用を環境会計の形で提示している。 ・年次報告書で進捗を確認している。
参考になっている情報	<ul style="list-style-type: none"> ・水道業界誌、他の事業体の取組 ・民間企業の情報(PPA事業、ESCO事業等の事業手法) ・ポンプや機器メーカーのヒアリング(省エネ、新たな技術、改善提案の有無等) ・国の検討委員会の資料等(再エネ等制度面で適用できるものを探る) ・国土交通省、環境省の関連するマニュアル

※ 3事業体の回答を合わせて表示しており、3事業体全てに当てはまるものではない。

4-5 まとめ

(1) 途上国支援に活用できると考えられる取組

本章では、アンケート及びヒアリングを通じ、我が国の水道事業体において実施されている各種取組を俯瞰し、個別の取組の導入効果と課題について抽出した。大きく 3 種類の取組が見出されたのでこれを整理する。加えて、カーボンニュートラル達成のための他事業との協働の可能性について検討する。

1) 高効率な機器の導入

ポンプのインバータ化・省エネ型ポンプ設備、高効率機器への更新・省エネルギー設備の導入等、エネルギー効率に優れる機器に更新することで環境負荷を低減する取組。これらの機器は我が国でも広く導入されており知見の蓄積がある。国際協力においても、相手国でのアフターサービスの確保等、注意すべき点はあるものの、我が国の経験の蓄積はそのまま途上国へ広く適用できると考えられ、積極的に導入していくべき施策である。

2) 再生可能エネルギー設備の導入

太陽光発電設備、小水力発電設備の導入等、水道施設を利用してエネルギーを回収する取組。これらの機器は、導入の効果がわかりやすいうえ、近年の製品の充実等もあり容易に導入できるようになってきたといえる。一方で、これら再生可能エネルギーの導入は、水道整備に直結する取組ではないため、途上国に顕著な資金調達の制約を考慮すると、水道整備に振り向けるべき資金を投下してまで取り組むべきか、現地側との調整が必要になると思われる。

太陽光発電は、市場の成熟化もあり導入検討は比較的容易であるが、資金に見合った便益が得られるかどうか、現地事情の検討が必要になる。十分な余剰面積がある、機器の維持に関わる体制整備が可能である、我が国の FIT 制度のような支援制度がある、等の場合は選択肢になる。小水力発電は、水道施設内で発電に振り向けられる余剰な位置エネルギーがあることが前提であるが、本来、水道施設はこのような余剰な位置エネルギーが生じないように効率的に設計すべきであるため、導入に適した施設かどうかの確認が必要となる。

3) 水道事業全体のエネルギー効率向上

水の輸送を中心としてロスを削減するための取組。水道事業は水源と需要者を結びつける施設から構成されているため、この取組は水道事業としての経営効率を高める効果があるだけでなく、直接的に GHGs 排出削減効果に繋がる有効な活動といえる。自然流下系施設の整備、設備更新時のダウンサイジング、漏水削減等の取組がこれに該当する。

取水位置の上流への変更を含めた自然流下系を活かした水道整備は、実施できれば長期的に大きな効果を有する。ただし、この施策は地形に影響されるため、実施できる地形・地理的条件を有することが条件である。さらに、農業、水力発電等様々な主体との調整が必要であるが、調整の仕組みそのものがないことも多い。水系が国家をまたぐことも多く、特に国際河川の場合は国の力関係で政治問題になり得るため、十分な準備と交渉が求められるものであろう。施設更新時のダウンサイジングは我が国では重要であるが、途上国では需要に供給が追いついていないケースが大部分であると思われ、この施策が効果的なケースは少ないと思われ

る。漏水削減は我が国においてはカーボンニュートラルに向けた取組の候補に挙げられていないが、この分野でのノウハウの蓄積は進んでおり、海外において、GHGs 排出削減のためにも漏水を削減すべきとの考え方は、相手国に訴求することを通じて展開していく余地は大きいと考えられる。

4) 他事業との協働による取組の検討

GHGs 排出量の削減率の目標値が電源構成の将来的な変化を見越して設定されているなど、水道事業のみでのカーボンハーフ、カーボンニュートラルの達成は難しいことが指摘されている。下水道事業をはじめ他事業においてもカーボンニュートラル達成に向けた取組が行われており、例えば下水道では、下水処理や汚泥処理の過程で発生する GHGs の抑制、下水汚泥からのエネルギー回収や再利用、曝気等に係るエネルギーの削減等、気候変動緩和策としてのポテンシャルが大きいことから、上下水道一体で計画策定することで、よりカーボンニュートラルに近づくことができると考えられる。

また、令和 4 年度の本事業の調査における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では、カーボンニュートラル達成のため、水道事業体が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を立てている事例や、気候変動影響への対応にサプライチェーンとの協力、他セクターや都市・地域との協働が不可欠と捉えている事例もあり、日本の水道事業体においても、他事業との協働により取組を効率化できる可能性があると考えられる。

(2) 環境負荷削減策の推進のための判断要素

このようにみると、水道分野の国際協力を通じて GHGs 排出削減に貢献できる知見は我が国にも存在する。ただ、国際協力の取組において環境負荷削減が支援策の柱に位置づけられている例は見られないと考えられる。この点について、ヒアリングにおいて意見交換の際に得たコメントから、取組の実施の現状を整理する。

- 環境負荷低減を主目的に立てた取組は、エネルギー効率の向上策でもあるため、投資が必要なケースにおいては重要な視点として積極的に取り組まれている。「1) 高効率な機器の導入」はこの例となる。
- 水道事業との相乗効果があまり大きくない「2) 再生可能エネルギー設備の導入」は、投資が負担にならない範囲で状況をみて導入されている。
- 水道事業体、特に大規模な水道事業体では、水道としてのエネルギー効率、引いては事業効率を向上するための施策は継続的に実施している。「3) 水道事業全体のエネルギー効率向上」はこのカテゴリーとなる。ただし、必ずしも環境負荷低減策を目的としての取組とは説明されていない。
- 水道事業は水道料金により経営されているため、水道経営と直接連動しない環境負荷低減にどこまで投資すべきかの判断が難しい。脱炭素のための投資は整理しきれていない。
- 環境負荷低減策は基本的には自治体全体の取組であり、水道が主導する雰囲気はない。水道局としての目標や計画を定める等、できる範囲の取組は実施しているが、水道局以外と

の関係を構築しながら共同でやっていくようなスキームはまだ着手しきれていない。

以上の水道事業者による環境負荷削減のための政策を総括すると、施策の推進の判断には、環境負荷低減効果以外に、投資の規模、水道としての効率向上効果についても注目していくことが重要と思われる。各施策の水道の開発効果、投資の規模の相対的な大きさとその特徴のイメージ例を図 1 に示す。図の読み取りの際は、各施策の水道の開発効果や必要な投資の規模、その環境負荷低減効果の大きさは、対象となる途上国の条件（立地、地形、設備更新のタイミング、施設の老朽度等）によって異なり、図内の施策の位置は現地事情によって変わること留意が必要である。

- 限定的な投資で、水道としての効率向上効果と環境負荷低減が同時に可能となる取組は導入が当然のこととなる。（ポンプの効率化等）
- 投資は限定的だが水道としての効率向上効果があまり大きくない取組（太陽光発電等）は、追加的に費用をかけてまで行うかどうかの判断が難しいと評価されることが多い。この場合は、自治体全体の方針や資金面での補助制度等、外部の支援があれば推進される。
- 投資が非常に大きい水道としての効率向上効果に帰結するような取組は、経営上可能な範囲で継続的に推進される（漏水削減等）。ただし、国内ではこれらの取組による環境負荷低減の効果は注目されていない。また、投資と効果の関係性について、まだ十分には説明できていない。（我が国の NRW の水準は他国と比べて低い、それがどのような投資のもとで実現されているかはあまり説明されておらず、ターゲットをどう設定すべきかの議論もあまりない。）

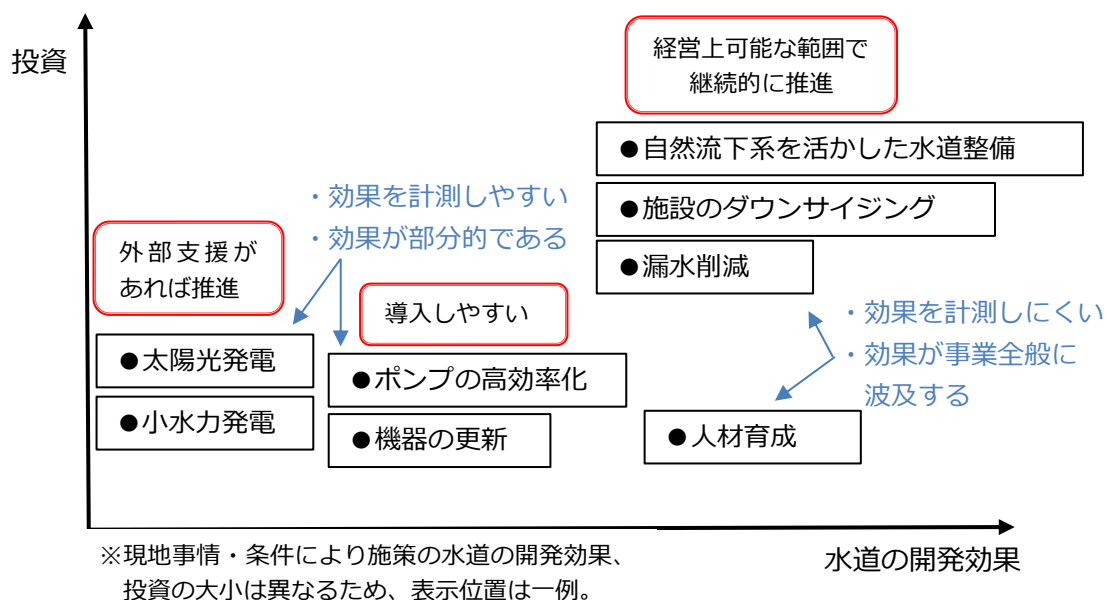


図 1 環境負荷低減策の水道の開発効果・投資・環境負荷低減効果のイメージ例

第5章 日本企業の製品や技術を活用したイノベーションと現場見学に関する知見

5-1 調査方針

海外の水道関係者が来日した際に、現場見学が可能なイノベーション、とりわけ日本企業の製品や技術を活用した取組に関する知見を取りまとめることは、海外の水道関係者が日本の製品・技術にアクセスする機会を増やし、海外の水道事業者のニーズに即した製品・技術を有する民間企業の海外における案件形成に繋がるものと期待される。海外の水道関係者の日本の商品、商材の見学の要望に応えるほか、JICA が実施する研修において海外からの研修員等を案内する等の取組にも繋げられる。本調査では、以下の方法で情報を取りまとめる。

- 令和3年度、令和4年度の水道インフラ輸出拡大に係る調査検討等一式報告書を主たる資料とし、イノベティブな技術・製品を提供する企業を選定する。
- 水道事業者のイノベーション技術、製品・技術を有する企業について、オープンソースの情報を補完的に参照する。英語の資料の提供など海外展開に積極的な企業は優先的に選択する。
- 水道事業者は製品・技術の活用現場としての見学対象と扱い、公開資料からの調査とする。
- ピックアップした企業に海外の水道関係者の現場見学の可能性について問合せる。
- 現場見学可能な場合、実施にあたり注意すべき項目（開催方法、開催時期、見学対象、受入可能人数、所要時間、見学対象者、要望・注意事項等の現場見学を受入れる条件）、気候変動の観点からの分かりやすい効果（PRのための文言）等について情報収集する。
- 気候変動対策の分類ごとの見学先の有無と、日本が強みを持つ技術分野が把握できるよう整理を試みる。
- 問合せ結果をもとに、現場見学にあたって注意すべき項目を整理する。

表 31 に企業の選定に使用した資料、表 32 に問合せ項目を示す。

表 31 企業の選定に使用した資料

資料名	内容	備考
①令和3年度、令和4年度水道インフラ輸出拡大に係る調査検討等一式報告書(厚生労働省) ³⁰	令和3年度報告書第5章水道分野の国際展開に資する情報収集・分析・加工において、水道分野の製品・サービスを分類し、本邦主要企業の海外展開状況や各企業の強みを整理した。また、各製品・サービスの現状や今後の有望性、海外の民間企業との競争状況について考察した。 また、令和4年度報告書水ビジネスの海外展開と動向把握の方策に関する調査検討において、本邦企業の受注・展開情報を調査し、日本が特に強みを持つ製品・サービスについて考察した。	主たる資料として使用
②水道技術プロモーションハブ事業(大阪市) ³¹	大阪市水道局が同局内の体験型研修センター内に設けた、海外の水道改善に資する設備、機材や技術を紹介する常設型の展示コーナーに、展示物を設置する事業者を募集したもの。展示期間は令和5年4月からの原則3年間で、製品・模型部門9社、パネル用ポスター部門12社、閲覧用動画部門5社が決定した。	参考資料
③水道展(水団連) ³²	日本水道協会の総会等にあわせて水団連が開催する展示会。	参考資料

表 32 問合せ項目

項目	内容
現場見学の可能性	現時点での海外水道関係者の現場見学の受入可否
現時点で受入可能な場合	
PR 文言	見学対象のイノベーション技術を PR するための、気候変動の観点からの分かりやすい効果や文言
見学対象	見学対象イノベーション技術、場所
現場見学の条件	実施方法、実施時期、所要時間、受入可能人数、見学対象者
案内言語	説明担当者、技術資料・看板表示等
注意事項等	要望・注意事項等
現時点で現場見学の受入ができない場合	
見学(可能性)対象	対象イノベーション技術
受入の可能性	今後、海外水道関係者の見学を受け入れる可能性
理由	受入不可の理由、受入可能となるための条件
代替資料	現場見学の代替となる提供可能な英語の技術資料
その他	問合せ先、報告書への記載可否等

5-2 海外水道関係者の現場見学に関する知見の整理

(1) 現場見学可能な企業の製品・技術と分類

表 33 に、本調査で抽出した水道分野のイノベティブな技術・製品を有する企業を示す。技術・製品には、アンケート回答に記載された見学対象イノベーション技術を記載した（一部公表資料から補完）。

海外水道関係者の見学の可否については、可能として○を付記した企業についても、事前連絡により可否を確認する必要がある。△を付記した企業は、現時点では受入不可だが、条件によっては可能との回答であり、条件には、納入先、施主及び元受け企業等の承諾、見学対象の限定、見学者の限定（保安の観点から民間の受入は困難）等が挙げられている。見学不可と回答した企業からは、その理由として、自企業が所有する施設ではないこと、国内に見学可能な適切な施設がないこと、人材が不足していること、展示会やワークショップでのプレゼンテーションや技術資料の提供で対応していること等が挙げられた。

表 33 本調査で抽出した水道分野のイノベティブな技術・製品を有する企業

企業・事業体名 ^{※1}	技術・製品 ^{※2}	海外水道関係者の見学 ^{※4}	資料① 英語技術 PR 資料提出 ^{※5}
愛知時計電機株式会社	水道メータ、スマートメータ技術・製品	○	有
アイム電機工業株式会社	高効率水中ポンプ	△	
株式会社安部日鋼工業	プレストレスト・コンクリートタンク、関連技術	—	有
株式会社 NJS	プラントアセットマネジメントシステム	—	有
環境電子株式会社	魚類を使った水質自動監視装置(バイオアッセイ)	○	有
協和機電工業株式会社	上下水道向け機械、制御盤、水処理装置(浄水、産業廃水処理)	○	
株式会社クボタ	水道用災害対策鉄管	○	
株式会社クボタ建設	水道管のシールド工法による敷設工事	△	有
コスモ工機株式会社	不排水工法技術・製品	○	

企業・事業体名※1	技術・製品※2	海外水道関係者の見学※4	資料① 英語技術 PR 資料提出※5
大成機工株式会社	伸縮可とう管「タイ・フレックス」、管路断水器「ヤノ・ストッパー」、他漏水補修金具、不断水工法等	○	有
中部電力株式会社	電カスマートメータ通信網を活用した遠隔自動検針システムによる水道データ取得と利活用	○	
東京計器株式会社	流量計、レベル計等計器、実流構成設備	○	
東芝インフラシステムズ株式会社	蛍光強度を用いたオゾン注入制御システム、凝集剤注入制御システム、水需要予測・水運用支援システム	○	有
東洋計器株式会社	プリペイドメータ、スマートメータ(見学対象は水道メータの維持管理方法・基礎知識、生産工程見学)	△	
株式会社ナガオカ	無薬注 鉄・マンガン・アンモニア・ヒ素処理装置「ケミレス」	△	
新潟スワンエナジー株式会社	デマンドレスポンス(DR)事業(新潟市)	—	
日本原料株式会社	ろ材交換不要のろ過装置(シフォンタンク、モバイルシフォンタンク)、ろ過砂製造	○	有
株式会社日立製作所	保全管理システム(設備台帳や点検管理)	△	
富士通株式会社	電子マネーを用いた料金徴収 AI 水管理予測システム	—	
フジコム株式会社	漏水探知器製品等や漏水防止対策	○	有
Fracta Japan 株式会社	AI による水道管の劣化診断技術	○	
株式会社堀場製作所	環境規制に対応する計測水質分析装置(見学対象はガス分析計等の開発製造拠点)	○	
三菱ケミカルアクア・ソリューションズ株式会社	分散型給水システム(地下水膜ろ過システム)、小型水処理装置(膜ろ過)、水質分析検査所及び研究所	○	
メタウォーター株式会社	モバイルセラミック膜ろ過設備、オゾン設備	—	有
横河ソリューションサービス株式会社	生産制御システム(DCS、SCADA)	○	有
水道事業体※3	漏水対策、漏水対策、省エネルギー、浄水場におけるクロージドシステムの採用等		

※1 企業名は五十音順に記載した。

※2 技術・製品は、アンケート回答に記載のある見学対象イノベーション技術をもとに記載し、一部公表資料から補完した。

※3 水道事業体の技術は公表資料から記載した。

※4 海外水道関係者の見学について ○:見学可、△:条件により可能、—:見学不可

※5 令和3年度もしくは令和4年度水道インフラ輸出拡大に係る調査検討等一式報告書における英語技術 PR 資料について 有:提出あり、空欄:提出なし

現時点で現場見学が可能と回答のあった企業を、その企業が有する製品や技術をもとに、気候変動対策の分類別に整理したものを表34に示す。複数の分類にわたる技術を有している企業の場合、実際の見学対象技術・製品がどの分類に該当するかは、各企業に確認する必要がある。表中の水道事業体、自治体についてはホームページ及び公表資料を参照した。復興対応については、洪水・浸水等の災害の経験を報告書等に公表している事業体を挙げている。

これより、気候変動対策の複数の分類において見学可能な企業があり、特に長期的に水道の開発と気候変動対策の相乗効果が得られる漏水削減及び設備全体のエネルギー効率の改善に関

する技術についての情報を、日本の強みとして示せることが確認できた。適応策の一つである防災に関しても、経験に基づく対策の知見や技術が海外水道関係者に対しアピーリングであると考えられる。

表 34 気候変動対策の分類別の海外水道関係者の現場見学可能な企業及び施策を実施している水道事業者・自治体

大分類	中分類	小分類	現場見学可能な企業※1・施策を実施している水道事業者・自治体等※2
緩和策	省エネ	ポンプ効率の向上	—
		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	(横浜市水道局)
		漏水の削減	愛知時計電機株式会社、コスモ工機株式会社、大成機工株式会社、中部電力株式会社、フジテコム株式会社、Fracta Japan株式会社
		設備全体のエネルギー効率の改善	東京計器株式会社、東芝インフラシステムズ株式会社、日本原料株式会社、横河ソリューションサービス株式会社
		生産時のGHGs排出削減	株式会社クボタ、三菱ケミカルアクア・ソリューションズ株式会社
	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、風力等)	—
		水道施設そのものを使った再生可能エネルギーの発電(水力等)	—
		水道施設を利用したVPP・DR	—
		グリーンエネルギーの売買	—
	環境保全	水源林保全・機能向上	(東京都水道局)、(横浜市水道局)
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	(四国や九州の水道事業者(渇水対策))、日本原料株式会社(災害時応急給水)、三菱ケミカルアクア・ソリューションズ株式会社
		漏水の削減	緩和策の漏水削減欄を参照
		節水の促進	(香川県)、(徳島県)、(愛媛県)
		水の再利用	(岡崎市上下水道部)、(阪神水道企業団)
	豪雨	洪水・浸水等の気象災害への備え(防災の主流化)	株式会社クボタ、大成機工株式会社、東京計器株式会社、日本原料株式会社、三菱ケミカルアクア・ソリューションズ株式会社
		洪水・浸水等の気象災害からの復興対応	(福島県いわき市水道局)、(千葉県かずさ水道広域連合企業団)
	気候変動に関する人材育成策	水道事業の維持	事業者の維持管理能力の強化・人材育成
長期的なサポート体制(機材)			環境電子株式会社、株式会社堀場製作所
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	—

※1 事前に連絡し、見学の可否を確認する必要がある。

※2 水道事業者・自治体は()内に記載した。施策実施の根拠は公表資料による。

—: 本調査では現場見学可能な企業を確認できなかった。

(2) 現場見学実施の際の留意事項

アンケート結果を踏まえ、現場見学の実施にあたり留意すべき事項として、各社の回答内容を表 35 に網羅的に示す。個別の見学先についての詳細情報は資料（非公開）とする。

見学場所については、本社及び所有する工場が多いが、製品の納入先である浄水場、共同実証先の自治体の場合もある。受入対象は基本的に水道事業関係者であれば特段の制限はないが、関連する業務分野が書かれている場合や、案件形成の可能性があることを希望する場合もみられた。受入可能人数は、会場、説明要員数、所要時間によって制約を受け、概ね 10 人程度、多くても 20 人程度までで、作業体験はより少人数の設定になっている。

使用言語に関しては、全ての企業が英語資料を有していると回答したが、約半数が、説明は日本語で行うため見学者による通訳の手配が必要と回答しているため注意が必要である。

見学の際の注意事項としては、工場内での規則・服装に関するもの、天候の影響に関するもの、申込時期に関するもの、見学場所へのアクセスに関するもの等が挙げられている。見学対象によって異なるため、申込段階で確認する必要がある。

表 35 海外水道関係者の現場見学の実施にあたっての留意情報

項目	内容	各企業の回答(網羅的に記載)
見学対象	見学場所	<ul style="list-style-type: none"> ・本社または事業所 ・工場 ・技術開発・トレーニングセンター ・共同実証先の自治体等、浄水場 ・納入先施設
現場見学の条件	実施方法	<ul style="list-style-type: none"> ・建物内もしくはオンラインで説明(映像資料、講義形式) ・工場内で生産工程・製品の実演・実機を見学・説明 ・施工体験の実施 ・展示ルームで製品見学 ・製品設置現場での見学(屋外) ・浄水場の場合は納入先からの仕様説明を依頼し実機を見学 ・見学後質疑応答
	実施時期	<ul style="list-style-type: none"> ・都度検討 ・随時可能 ・繁忙期以外(例えば 12~2 月頃など)
	所要時間	<ul style="list-style-type: none"> ・1 時間程度~3 時間程度(最多は 2 時間程度) ・半日~1 日程度 ・別途調整
	受入可能人数	<ul style="list-style-type: none"> ・見学は 5~10 名程度、20 名程度まで、等(最多は 10 名程度まで) ・作業体験は 3 名程度まで、等
	受入可能人数制限の理由	<ul style="list-style-type: none"> ・会場の収容制限がある。 ・英語での説明要員に限りがある。 ・所要時間を考慮している。

項目	内容	各企業の回答(網羅的に記載)
	見学対象者	<ul style="list-style-type: none"> ・上下水道分野に携わる水道関係者、水道分野の基礎知識がある方。 ・上下水道、各種用水、ガスなどの管布設に関連する事業従事者。 ・できれば浄水担当の方。 ・漏水防止関連や水道関連の知識がある方。 ・当社と案件形成の可能性のある方。 ・水道事業者、運営者、各マネージャー、給水メータ技術者・責任者。 ・民間の受入は困難。 ・誰でも可。
案内言語	説明担当者	<ul style="list-style-type: none"> ・担当者が英語で案内する。(回答数 6/15) ・担当者が英語で案内可能だが、タイミングによっては通訳が必要である。(回答数 1/15) ・日本語のみだが必要に応じて社員が英訳する。(回答数 1/15) ・日本語のみのため見学者が通訳を準備する必要がある。(回答数 7/15) ・説明は日本語のみであるが、プレゼン・映像資料等は英語対応可能である。
	技術資料、看板表示等	<ul style="list-style-type: none"> ・英語の技術資料は用意可能である。 ・カタログは、英語、ベトナム語、タイ語、インドネシア語、マレーシア語、フィリピン語、カンボジア語、中国語がある。 ・英語の映像、技術資料、製品カタログ等を準備可能である。 ・展示ルーム内の製品表示は英語である。 ・技術資料は英語だが、現場表示は日本語のため口頭で英語で案内する。
その他の注意事項	要望・注意事項等	<ul style="list-style-type: none"> ・工場内はヘルメットを着用、適した服装・靴を着用、等。 ・工場内の写真・動画撮影禁止。 ・事業所見学では見学の注意事項に従っていただく必要がある。 ・屋外の見学は天候に左右される場合がある。 ・早目に候補日の連絡が必要(1 か月前、2 週間前後、1 週間前まで、等)。 ・公共交通機関で来場の場合、路線バスの運行本数が少ない時間帯がある。 ・車、マイクロバスで来場できる。 ・最寄りの駅から工場の送迎は可能である。 ・現場が地方のため移動手段が必要である。 ・説明する場所と見学場所が離れているため、公共機関等による移動が必要である。 ・車両移動の都内からの所要時間を見込む必要がある(数時間程度、1 日空ける必要がある、等)。 ・輸出管理(取引審査)の社内手続きを行うため参加情報が事前に必要である。研究所はリスト規制のため事前に経済産業省の許可が必要になる可能性がある。 ・競合他社(日系)の参加は不可。

第6章 他国あるいは開発関係機関の水道分野の国際協力の取組事例と気候変動対策等との相乗効果

6-1 調査方針

他国あるいは開発関係機関による水道分野の気候変動影響及び社会的問題に対応する国際協力の特徴的な取組事例について、ウェブ調査等により情報を得る。実施機関、実施対象、取組内容と、その取組実施により期待される水道、気候変動対策、社会的問題等に対する効果、日本の国際協力事業に参考となる特筆すべき特徴について、取組による相乗効果の観点から整理を行う。表 36 に、情報を整理する項目案を示す。

昨年度の調査では、他国の水道事業体の気候変動に関する個別のプロジェクトや行動戦略の内容には大きな相違点はない印象であったため、プロジェクト実施に至るアプローチの方法の違いにも着目することにより、日本の国際協力では実施していない特徴的な事例について情報を収集する。

表 36 他国(開発関係機関)による相乗効果を有する水道分野の国際協力の取組事例の整理案

項目	内容
機関名	取組実施機関名称
対象	対象となる地域、対象となる事業
取組	取組とその概要
効果	水道の開発、気候変動対策、その他社会課題に対し期待される効果
特徴	特筆すべき特徴
資料	資料名および URL

6-2 他国・関係開発機関の取組事例

表 3-2 に示したプロジェクトのほか、方針の設定やツールの開発などの事例も含め、特徴ごとに (1) から (8) に分類する。

(1) 官民連携における無収水管理へのインセンティブの設定

プロジェクト実施に至るアプローチの方法として、官民連携における無収水管理へのインセンティブの設定の事例には、WB と IWA が協力して実施している事例と、ADB の事例がある。

表 37 官民連携における無収水管理へのインセンティブの設定(WB、IWA)

項目	内容
実施機関	WB、IWA
対象となる地域	全ての地域
対象となる事業	無収水管理
取組	無収水管理における官民連携に、Performance-Based Contracts(PBC、成果主義契約)を適用する。
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● PBC とは <p>PBC は成果主義契約であり、契約企業への支払いは業績に連動する。契約当事者はリスクを負うが、結果の達成のための手段を決定する柔軟性と裁量権を持つ。この相互に有益な関係により、水道事業者はリスクを最小限に抑えながら技術的な専門知識や設備を導入することが可能になる。PBC は地域の状況に応じて慎重に実装する必要があるが、適切に設計された PBC は公益企業単独で実施する取組よりも高い無収水削減効果</p>

項目	内容
	<p>を期待できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 無収水管理への PBC 適用の経緯 <ul style="list-style-type: none"> WB グループと IWA は、PPIAF と共同で、PBC を通じて各国が無収水管理を改善できるよう、2016 年にグローバルパートナーシップを設立した。無収水管理への PBC 適用のためのプログラムは、無収水の問題に対する認識を高め、優良事例を把握し、契約の準備を簡素化・合理化し、途上国における実施をサポートすることを目的としている。 ● PBC の課題と必要な事柄 <ul style="list-style-type: none"> 多くの PBC は、無収水を大幅に削減しても、契約終了後に再び上昇する。PBC における契約者は、人員、技術、業務、インセンティブ、情報、予算などの点で、水道事業者とは異なる運営をしていることが多いため、PBC が終了すると、それらの重要なインプットが消えてしまう可能性がある。必要なのは、以下の点である。 <ul style="list-style-type: none"> - 事業者自身が大きな変革を遂げ、より自律性を高め、内部での説明責任とインセンティブを確立する - 技術的なスキル、情報、業務が、水道事業者に移転される - 水道事業者の経営陣が、これらの実践を長期にわたって継続・改善するために十分な予算を割り当てる。(最も重要) <p>持続性に対処する方法として、研修とパフォーマンス・インセンティブの採用がある。多くの PBC は、研修と知識の伝達を業務範囲に含めているが、研修のみでは後退を防ぐことは難しく、説明責任を促し、行動に報いる改革が重要である。</p> <p>無収水管理戦略を微調整して損失を抑える(または最適な無収水レベルに近づける)ためのインセンティブを付けて、その後のパフォーマンス契約を締結したり維持段階の期間を延長したりすることも、一般的な戦略である。また、セクターレベルでも PBC による無収水の成果を維持する必要性を強調することが重要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 導入事例 <ul style="list-style-type: none"> ベリーズでは、コンセッション契約後、サービス提供者が政府水道局から認可民間企業へ移行し、サービス範囲、サービスの質、無収水、財務状況の改善を続けている。 一部の公益事業者(ヨルダン等)は、契約期間終了後、無収水の水準を維持またはさらに向上させるために、職員に賞与を支払うなど、PBC のインセンティブを再現している。また、コンサルタントから、あるいは提携協定や事業者とのパートナーシップを通じて、継続的な技術支援を求めている。
期待される効果(水道の開発)	無収水の削減による経営コストの削減
期待される効果(気候変動対策)	無収水に係るエネルギー消費の削減
特筆すべき特徴	<p>契約当事者はリスクを負うが、結果の達成のための手段を決定する柔軟性と裁量権を持つ。水道事業者はリスクを最小限に抑えながら技術的な専門知識や設備を導入することが可能になる。ただし、契約終了後の継続性に対し戦略的な対策が必要である。長期的な無収水削減のための水道事業者への技術移転やインセンティブの継続などを検討する必要がある。</p>
資料	<ul style="list-style-type: none"> ● 説明と事例集等(IWA): PBC 事例(ベトナム・ホーチミン、バハマ、マレーシア・クアラルンプール、タイ・バンコク)、成果ベースの維持管理契約と従来のデザインビルド方式の契約とを組み合わせたハイブリッド管理保守契約の事例(インド・カルナータカ州)³³ ● マニュアル(WB): The Use of Performance-Based Contracts for Nonrevenue Water Reduction (2018)³⁴ ● 説明と事例集等(PPIAF): PBC 事例(パキスタン(F-WASA)、ヨルダン、リベリア、ケニア(利用促進のための国家プログラムへの支援)、タンザニア、南アフリカ)³⁵ ● 無収水対策への PBC 適用についてのレポート(PPIAF): Using Performance-Based Contracts to Reduce Non-Revenue Water (2016)³⁶ ● PBC のための入札、調達等の書式(WB)³⁷

表 38 官民連携における無収水管理へのインセンティブの設定 (ADB)

項目	内容
実施機関	ADB
対象となる地域	全ての地域
対象となる事業	無収水管理
取組	無収水管理における官民連携に、Performance-Based Contracts (PBC、成果主義契約) を適用する。(インド・カルナータカ州の事例)
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 契約範囲 <p>作業、設備、資材、およびサービスは、次の 3 つの主要な段階で提供される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建設 (18 か月): ネットワーク拡張、バルクメータ、および顧客メータの設置 ・準備段階 (3 か月): イルカル市市議会と新しい民間事業者との間の引き継ぎ期間 ・運用・保守 (48 か月): 保守、接続管理、顧客サービスセンター立ち上げ、監視、料金徴収、従業員管理、政府への 2 回目の引き渡しに備えたイルカル市市議会職員の研修 <p>カルナータカ州都市インフラ開発金融公社への資金提供 (ADB 融資を通じて) が全ての設備投資コストを負担する。準備段階、運営・保守段階では、公共部門が負担する電力料金とイルカル市市議会職員の給与を除き、運営・管理にかかる費用はすべて民間事業者が負担する。これは、民間事業者が契約に基づいて報酬を受け取る前に、そのような費用を賄わなければならないことを意味する。</p> ● 民間事業者の報酬 <ul style="list-style-type: none"> ・建設段階: 数量ベースの固定報酬と早期完了ボーナス ・運用段階: 固定報酬 (60%) と業績ベースの報酬 (40%) ● パフォーマンス指標 <p>独立した監査人により測定される指標には、認可接続数の 98% への継続的な供給、水損失の削減、最低水圧、顧客サービス目標が含まれる。プロジェクト以前は、水の供給は接続世帯の 66% に、雨季には 2~3 日に 1 回、乾季には 4~5 日に 1 回、1~2 時間だけであり、かつ非常に低い水圧できちんとした顧客サービスも提供されていなかった。無収水を正確に測定することは事実上不可能であり、ほとんどの顧客はわざわざ水の代金を支払うことを全く考えなかった。サービス接続の総数は、プロジェクト開始前の 3,000 未満から、2017 年 2 月時点で 10,000 を超え、現在の料金徴収率は通常 70% を超えている。</p> ● 契約の状況 <p>2012 年 12 月に Veolia Eau-Compagnie Générale des Eaux (バンガロール プロジェクトオフィス) と締結された。契約総額は 2 億 7,338 万 7,473 ポンド (約 427 万ドル) で、48 か月間の維持管理費用 (最大) 3,164 万 9,256 ポンド (約 49 万ドル) が含まれる。</p> ● 教訓 <ul style="list-style-type: none"> ・導入の成功には、公的機関は水道サービスの近代化のための制度面での改革に取り組む必要がある。水道サービスに対する支払い意欲を高めるために、契約上の義務には、進行中の改革と水道サービスの支払いの必要性を説明する地元住民への普及活動を含めるべきである。最新の水管理慣行の導入は、水道サービス提供者と地元住民との良好な関係の構築に貢献できる。 ・運用効率の目標が達成されない場合にはペナルティ、早期完了または利用可能な資本支出予算の節約に対してはボーナスの形をとることで、民間事業者のパフォーマンスを向上させることができる。無収水の削減や供給の継続性など、測定すべき明確な指標に基づく業績ベースの報酬であることが重要である。ただし、状況によっては、公共側の不当なリスクを制限しつつ、民間部門を引き付けるように、リスクの配分を慎重に設計する必要がある。 ・契約を獲得した国際企業のほとんどは、一般的に国際的な専門家ではなく現地スタッフを動員している。これは、水道サービス管理における現地の専門知識の発展に貢献する一方で、他国から最先端の専門知識を導入することによる潜在的な利益を減少させている。 ・このような契約が、特にガバナンスの改善、能力の構築、料金の合理化に焦点を当て、都市水道サービスの政策と制度的枠組みを改善するための技術支援に結び付いてい

項目	内容
	る場合に、民間部門の参加の利点が最大化される可能性が高くなる。
期待される効果 (水道の開発)	無収水の削減、給水接続数の増加、料金回収率の向上
期待される効果 (気候変動対策)	無収水に係るエネルギー消費の削減、水道以外の水の入手手段に係るエネルギー消費の削減
特筆すべき特徴	建設段階及び運用段階に、パフォーマンスに応じた報酬が設定されている。サービスを向上させることにより、接続数の増加、料金回収率の向上がみられている。
資料	● 24/7 normalized water supply through innovative public-private partnership ³⁸

(2) 官民連携におけるエネルギー節減へのインセンティブの設定

プロジェクト実施に至るアプローチの方法として、官民連携におけるエネルギー節減へのインセンティブの設定の事例には、GIZ の事例がある。

表 39 官民連携におけるエネルギー節減へのインセンティブの設定 (GIZ)

項目	内容
実施機関	GIZ
対象となる地域	ヨルダン WAJ
対象となる事業	水道事業におけるエネルギー節減
取組	エネルギー効率向上を目的としたプロジェクトに関し、エネルギーパフォーマンス契約 (Energy Performance Contracting, EPC) アプローチを用いることにより、実施する民間企業のインセンティブを高める。
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● EPC とは エネルギー効率プロジェクトを実施し、施設の所有者とエネルギーサービス会社 (ESCO) のリスクを抑えて運用コストを削減する手段であり、ESCO (民間部門) と施設所有者 (この場合はヨルダン水道事業 WAJ) の間の契約関係を指す。省エネ手順とエネルギー効率の高い技術に取り組む様々な形態のエネルギーサービスで構成される。 ● ESCO の役割・報酬の構造 ESCO は、決められた期間のプロジェクトの識別、計画、資金調達、建設と設置、試運転および/または運用と保守を含む幅広いサービスを提供する。ESCO への支払いは、エネルギー効率の改善に関して達成されたエネルギーコスト削減に基づく。 EPC には、投資コスト (エネルギー改善対策、測定機器などの設備投資) や、運用、保守、監視のためのその他のコスト、および資金調達費用などの多額のプロジェクトコストが含まれ、ESCO は契約で定義されたすべてのプロジェクトコストを負担する。その見返りに、施設所有者は、ESCO が生み出すエネルギー節約レベルと同等の対価を毎月または四半期ごとに ESCO に支払う。支払いは、最初のエネルギー監査の過程で定義される契約上固定されたベースラインに基づく。契約期間中、ESCO への支払いと実際の電気代は、EPC 介入が実施されなかった場合に発生したと想定されるエネルギー料金を超えてはならない。予測された節約額が不足した場合、ESCO はその差を吸収する。支払いは、施設の所有者の財務上に悪影響がないよう構成されている。技術的、財務的、およびメンテナンス上のリスクのほとんどは ESCO にある。 ● EPC 契約の利点 EPC 契約の目的は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> ・具体的な対策を伴う包括的な省エネ戦略の一環として、エネルギー消費とコストを削減する ・ポンプ施設のポンプ、機械、電気技術機器の改善 ・運用管理とパフォーマンス監視の改善 ・修理とメンテナンスにおける優れた成果の提供 ・スタッフの生産性と省エネ能力の向上

項目	内容
	<p>・ESCOの資金調達へのアクセス</p> <p>ESCOは、達成するコスト削減を最大化、つまり利益を最大化するために、入手可能な最適で最新の技術を適用し、それぞれの目的に最適な技術的ソリューションを構築している。通常、EPCアプローチでは、コストの削減分は共有されるため、電気代の低下による運用コストの削減と達成されたコスト削減の共有の両方の観点から、ESCOは水道事業者の利益を最大化している(例えばESCO 70%、施設所有者 30%等)。また、これらのサービスはESCOの責任の下で実行されるか、もしくはパフォーマンス指向のサービス契約の中でESCO for WAJによって実行されるため、施設所有者の運用および保守コストも削減できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● EPCプロジェクトの様々な枠組み <p>全ての揚水インフラが本格的な民間部門の関与に適しているわけではない。GIZは、制度的概念と運用契約に関して、本格的なEPCから、主に運用サービスに焦点を当てた契約、主にODA投資の持続可能性を改善する民間部門のサービス要素を備えた実質的に完全なODA資金提供措置まで、EPCプロジェクトの実施のための柔軟なインセンティブをベースとした枠組みを開発し提供している。</p>
期待される効果(水道の開発)	エネルギーコストの削減
期待される効果(気候変動対策)	使用エネルギー量の削減
特筆すべき特徴	<p>契約当事者は設備投資、運用、保守、監視、資金調達等を含む全てのプロジェクトコストを負担するリスクを負う代わりに、エネルギー節約レベルと同等の対価を得る。ベースラインが設定されており、節約レベルが高くなるほど対価も大きくなる。水道事業者はリスクを抑えながら技術の導入、運用及び保守のコスト削減が可能となる。</p> <p>エネルギー削減に関し、成果主義を取り入れることにより民間部門の積極的な関与が期待できる。水道事業者の負担を減らし、民間部門の有する技術を活用することにより、効率的に効果が得られる。インセンティブの設定、継続性など、制度と運用契約に関して、対象となる事業に合わせて事前に十分な検討が必要である。</p>
資料	<ul style="list-style-type: none"> ● 水セクターにおけるエネルギー性能契約³⁹

(3) 営利企業の環境保護活動へのインセンティブの設定

資金調達に際し営利企業の環境保護活動へインセンティブを設定する取組には、KfWの事例がある。

表 40 営利企業の環境保護活動へのインセンティブの設定(KfW)

項目	内容
実施機関	KfW
対象となる地域	ドイツ国内
対象となる事業	営利企業の敷地の緑化、生態系の復元、中水の利用
取組	<p>環境保護と気候変動の緩和を全ての事業活動において最重要課題と位置づけ、環境と資源の保護に利益をもたらすための資金調達を行っている。その中で、民間企業の活動に対しインセンティブを設定したプロジェクトを実施している。また、水道事業の水資源として下水処理水を使用するプロジェクトを実施している。</p>
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 環境と気候保護の位置づけ <p>環境保護と気候変動の緩和は、KfWの海外でのプロモーション活動においてますます重要になっている。KfWは、環境の健全性がODAの公式基準になるよりはるか前の1972年に、資金協力におけるプロジェクト評価のための独自の環境チェックリストを開発した。現在、KfWは開発途上国における再生可能エネルギーの最大の出資者の一つである。</p> <p>環境保護と気候変動の緩和は、今後もKfWの全ての国内および国際的な事業活動に</p>

項目	内容
	<p>における最重要課題であり続ける。2019年、KfWは世界中の関連プロジェクトに35億ユーロを利用できるようにした。これはプロモーション総額の42%を占めており、KfWが気候変動に取り組み、環境と資源の保護に利益をもたらすための資金調達措置に重点を置いていることを示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 企業における自然に根差した気候変動対策への資金提供 <p>ドイツ連邦環境省(BMU)とKfWは、今後、企業敷地内の自然に近い生態系の創出と回復、樹木の植栽と立地条件の改善、屋外の緑化、建物の緑化、降水管理の実施(雨水の浸透や中水の利用促進)などを支援する。この対策は、緩和と適応の両面で貢献する。BMUは、KfW環境保護プログラムに含まれる気候変動対策のためのNbSに関する行動計画から、年間最大5,000万ユーロを助成する。営利企業は2023年7月15日から申請書を提出できる。</p> <p>資金調達はKfWの振興融資によって行われ、各施策の成功が証明されると40~60%の返済ボーナスが付与され、返済額が減額される。民間企業が過半数を占める営利企業が申請資格を有する。</p>
期待される効果 (水道の開発)	水ストレスの緩和
期待される効果 (気候変動対策)	CO ₂ の吸収、エネルギー消費の削減、生物多様性の保護・創出、干ばつ・洪水被害などの気候関連リスクの軽減
特筆すべき特徴	環境保護と気候変動緩和のための行動をとる企業に対しインセンティブが設定されている。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ● KfWにおける環境と気候保護の位置づけ⁴⁰ ● サステナビリティレポート⁴¹ ● 企業における自然に根差した気候変動対策⁴²

(4) 気候変動戦略の設定・全ての活動をパリ協定に適合させる取組

機関全体での気候変動戦略の設定や目標の設定により、活動をパリ協定に適合させる取組には、AFDの事例、FCDOの事例及びADBと他のMDBsの事例がある。

表 41 全ての活動をパリ協定に適合させる取組 (AFD)

項目	内容
実施機関	AFD
対象となる地域	全て
対象となる事業	全て
取組	<ul style="list-style-type: none"> ・気候変動に関する戦略として、2017年に全ての活動をパリ協定に適合させることを表明した。 ・長期的な低炭素で強靱な開発戦略の策定に特化した「2050ファシリティ」を設立し、年間融資額の50%を気候に直接的かつ有益な影響を与えるプロジェクトに充てることをコミットしている。
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動への戦略 <p>「気候変動と開発 2017-2022」戦略では4つの主要なコミットメントを掲げ、2017年以降、333億ユーロの融資が気候のために承認され、2022年には開発途上国およびフランス国外において69億ユーロの融資が承認されるなど、AFDグループは気候融資を提供する主要な国際的ドナーの一つとなっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動への取組の明確化 <p>活動をパリ協定に100%適合させる: 脱炭素化とレジリエンスの軌道との整合性を確保するため、業務の評価を行ってきた。取組には全セクター及びプロジェクトにおける気候変動問題の主流化の強化、独立した持続可能性評価機関によるプロジェクトとパリ協定の整合性の評価を含む。</p>

項目	内容
	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動への資金面での戦略 <ul style="list-style-type: none"> ・気候資金の量を増やす: 事業を展開するすべての分野と地域において気候変動問題の主流化に大きく取り組み、エネルギー転換や農業から、交通やインフラの回復力に至るまで、さまざまな分野で大きな進展をもたらした。 ・資金の流れと投資の流れの方向転換に貢献する: 金融機関や中央銀行との戦略的対話と業務を強化し、パートナー（緑の気候基金、中央アフリカ森林イニシアティブ（CAFI）、欧州委員会（EC））からの委任資金が増加し、民間セクターの動員も増加した。資金の流れが気候変動へ向かうことに貢献した。 ● 気候変動への政策面での戦略 <ul style="list-style-type: none"> 共に解決策を構築し、基準の策定を支援する: 提携、グリーン・ファイナンス、気候変動による金融リスクの統合という観点から、その取組を共有している。また、AFD が 2017 年から議長を務め、2017 年から 2021 年の間にグリーン・ファイナンスに約 1 兆米ドルを拠出する IDFC（国際開発金融クラブ）ネットワークや、Finance in Common イニシアティブを通じて、公的開発銀行が気候変動に対してより強いコミットメントを行うよう働きかけている。
期待される効果（水道の開発）	プロジェクトが実施されることにより水道の開発が進む。
期待される効果（気候変動対策）	全てのプロジェクトがパリ協定と整合しており、気候変動対策効果がある。
特筆すべき特徴	全ての活動をパリ協定に適合させることを宣言し、全セクター及びプロジェクトにおける気候変動問題の主流化の強化、独立した持続可能性評価機関によるプロジェクトとパリ協定の整合性の評価を実施している。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動開発戦略 2017-2022⁴³ ● 水と衛生のコミットメント 2022 年実績⁴⁴

表 42 全ての活動をパリ協定に適合させる取組（FCDO）

項目	内容
実施機関	FCDO: 2022 年に英国外務省と英国国際開発庁が統合して発足した。
対象となる地域	全て
対象となる事業	全て
取組	気候変動に関する戦略として、2022 年に全ての ODA をパリ協定に整合させること、全ての新規の英国二国間援助支出がネイチャー・ポジティブになるよう措置を講じることを公約した。
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 英国政府の公約 <ul style="list-style-type: none"> 英国政府は、2022 年 5 月の国際開発戦略において、「2023 年にすべての新規の英国二国間 ODA がパリ協定に整合するようにする」とこと、そして「2030 年までに生物多様性の損失を阻止し、逆転させるという国際目標、および 2020 年以降の生物多様性世界フレームワーク（合意後）に整合するよう、英国の二国間 ODA が “ネイチャー・ポジティブ” になるよう措置を講じることで、全ての新規の英国二国間援助支出が自然に害を与えないようにするという 2021 年のコミットメントをベースとする」ことを公約した。 ● FCDO プログラム運用フレームワーク（Programme Operating Framework, PrOF） <ul style="list-style-type: none"> 高品質のプログラムを設計および提供するための原則であり、FCDO が提供する国際的な活動への取組を示すもので 2021 年 4 月 1 日から使用されている。10 の原則と 29 の必須ルールが示されており、ルールの一つが気候変動に関するものである。 「ルール 5. 全ての新規プログラム（およびその中のプロジェクト、支援、イベント）は、気候変動に関する国際条約であるパリ協定に準拠し、気候と環境への影響とリスクを評価し、環境に害を及ぼさないための措置を講じなければならない。ICF プログラムは、ICF の支出と結果を特定し、記録しなければならない。」
期待される効果	プロジェクトが実施されることにより水道の開発が進む。

項目	内容
(水道の開発)	
期待される効果 (気候変動対策)	全てのプロジェクトがパリ協定と整合しており、気候変動対策効果がある。
特筆すべき特徴	プログラム運営フレームワークを作成し、政策プログラムのチームが活動する構造を明確にし、外交と開発プログラムの融合を通じて優れたプログラムを提供し、優先事項に取組めるようにしている。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ● FCDO プログラム運用フレームワーク(概要)⁴⁵ ● 国際気候ファイナンス(ICF)⁴⁶ ● 国際援助と開発⁴⁷

表 43 資金の流れをパリ協定に適合させる取組(ADB 及び他の MDBs)

項目	
実施機関	ADB と他の MDBs (AfDB、ADB、AIIB、CEB、EBRD、EIB、IDB、IsDB、NDB、WB グループ)
対象となる地域	全て
対象となる事業	全て
取組	資金の流れをパリ協定の目標に適合させるための原則を公表した。この原則は、目標達成のために新たな融資業務を組み立てる明確な指針となる。
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 原則策定までの道筋 <ul style="list-style-type: none"> ・MDBs は 2017 年に資金の流れをパリ協定の目標に適合させることを約束した。 ・MDBs は 2019 年に 6 つの要素(気候変動緩和目標への適合、適応と気候変動に強靱なオペレーション、気候変動ファイナンスを通じた移行への貢献の加速、エンゲージメントと政策立案支援、報告手法、内部活動の適応)を含む枠組みを策定した。 ・公表した原則は 5 年間の作業の成果であり、一貫性のある調和したアプローチを確保するためのものである。 ● 指針の内容 <ul style="list-style-type: none"> 直接投資貸出業務、仲介融資業務、一般企業目的融資業務、政策に基づく融資業務についての原則が示されている。それぞれ、融資がパリ協定に整合しているかどうかを判断するための項目が設定されており、質問に答えることで整合性をチェックできるようになっている。 ● 目標期日の設定 <ul style="list-style-type: none"> ソブリン(公共セクター)業務については 2023 年 7 月 1 日までにパリ協定目標と完全に合致させ、新規のノンソブリン(民間セクター)業務については 2023 年 7 月 1 日までに 85% を、2025 年 7 月 1 日までに完全に一致させることを目指す。 ● パリ協定の緩和目標に普遍的に合致していると考えられる活動(水道関連) <ul style="list-style-type: none"> ・水供給システム(例: 拡張、改修)、水質改善、水の効率化(例: 無収水削減、産業における効率的なプロセス)、干ばつのマネジメント、流域レベルでの水マネジメント ・海水淡水化プラントは特定のアセスメントが必要である。 ・石炭・泥炭による発電は普遍的に合致しないものと考えている。
期待される効果 (水道の開発)	融資されたプロジェクトが実施されることにより水道の開発が進む。
期待される効果 (気候変動対策)	全ての融資がパリ協定と整合しており、融資されるプロジェクトの実施に気候変動対策効果がある。
特筆すべき特徴	全ての融資業務をパリ協定に適合させるための指針となる原則であり、確認すべき視点・項目が整理されている。
資料	<ul style="list-style-type: none"> ● ADB ニュースリリース(2023 年 6 月 20 日)⁴⁸ ・Joint MDB Methodological Principles for Assessment of Paris Agreement Alignment-Direct Investment Lending Operations ・List of Activities Considered Universally Aligned with the Paris Agreement's Mitigation

項目	Goals or Not Aligned with the Mitigation Goals
----	--

(5) 政策と規制への介入・行動変容への取組

単一のセクターより大きな影響を及ぼすシステム全体の変化を促進するための、政策と規制への介入、行動変容への取組には、USAID の事例がある。

表 44 政策と規制への介入・行動変容への取組(USAID)

項目	内容
実施機関	USAID
対象となる地域	全て
対象となる事業	全て
取組	<ul style="list-style-type: none"> ・USAID 気候戦略 2022-2030 を策定。全庁的なアプローチを採用している。 ・気候変動に強靱で低排出の水の安全と衛生プログラムに関するガイダンスを提供している。ガイドラインの更新といった政策と規制、行動変容に焦点を当てた取組を実施している。
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 全省庁的なアプローチ <p>2030 年までの活動の指針となる新しい気候戦略は、2012 年から 2018 年までの「気候変動と開発戦略」が特定の気候変動緩和策と適応策に焦点を当てていたのに対し、USAID の隔々にまで対応策の一翼を担うよう呼びかける全省庁的なアプローチをとっている。単一のセクターよりはるかに大きな影響を及ぼす複雑なシステム全体の変化の促進に焦点を当てており、地域主導の開発、公平性と包括性、民間部門の関与、NbS、根拠・技術・革新など、全ての計画と活動に組み込まれる基本原則に基づいている。</p> ● 目標と戦略 <p>6 つの野心的な 2030 年数値目標(緩和、自然生態系と管理生態系、適応、金融、国別支援、危機的な人々)が設定されている。</p> <p>気候危機に立ち向かうための公平で野心的な行動を推進するという包括的な目標を達成するため、取組は 2 つの主要な戦略に沿って構成される。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 的を絞った直接行動。気候変動の緩和と適応に向けた活動の対象を、最も緊急のニーズがある、あるいは緊急の機会がある、最も優先順位の高いコミュニティや場所に慎重に絞り込み、その効果を最大化する。 2. システムの変革。気候危機への対処のための長期的で革新的な変化、例えば食料システムをより弾力的で無駄が少なく環境破壊の少ないものに変革したり、経済システムをより炭素集約的でないものに変革したりするために、包括的で公平で地域主導の方法でシステムにアプローチする。 ● 気候変動に強靱で低排出の水の安全と衛生プログラムに関するガイダンス <p>以下の 4 点の重要なポイントと、関連する事例を紹介している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水ソリューションは気候ソリューションである。水の安全と持続可能な衛生サービスは、気候への強靱性と GHGs 排出ネットゼロの未来両方にとって核心となる。 ・人間、経済、生態系のニーズを満たす気候変動に強靱な水の安全と衛生を達成するためには、体系的かつ的を絞った行動が必要である。 ・気候解決策に関する行動を推進するために、水の安全と衛生プログラムには、政策と規制、計画・予算編成およびマネジメント、データ収集と分析、資金調達、行動変容に焦点を当てた取組を含め、主要な原則に基づいた措置を講じる必要がある。 ・実務者は、プログラムに対する気候リスクに直接取り組むべきであり、また、国の気候目標との整合、開発成果に対する潜在的なコベネフィットの評価、適応的マネジメントなど、さらなる推奨される手法も用いるべきである。 ● 活動のポイント <p>すべての活動は、ステークホルダーの行動を変えるための市場シグナルに重点を置き</p>

項目	内容
	<p>で行われた。具体的には、地域社会、自治体、市民社会、地元の民間セクターと協力して、産業部門における水のリサイクルと節水に対する市場インセンティブを強化すること、消費者の習慣を変える計測の改善を通じて節水を促進すること、収量の増加に役立つ水効率のよい灌漑方法を導入することなどが挙げられた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 事例①:エチオピアの太陽光発電給水システムに関する国家ガイドライン エチオピアの乾燥した低地ではディーゼル発電システムの維持は困難であるため、太陽光発電を利用した農村給水システムには、気候変動への強靭性を高め、システムの稼働時間を向上させる可能性があると考えられてきた。予備分析では、エチオピア農村部におけるソーラーポンプは、運転開始 4 年後にディーゼル燃料システムよりも経済的に有利になる可能性が示唆されたが、高い初期費用を正当化するには、より多くの試験運用が必要であった。USAID の低地 WASH 活動は、エチオピア政府とその One WASH National Program、およびアディスアベバ大学の学者と協力し、国の技術指針文書を更新し、スプレッドシートベースのソーラーポンプ設計ツールを開発し、職業訓練センターで太陽光発電給水システムの設置とメンテナンスのプログラムを支援した。 ● 事例②:ペルーの PES による投資促進 干ばつ、火災、洪水、地滑り、さらに過去 50 年間で半分以上の氷河が喪失したことなど、ペルーの長期的な水の安全は不安定である。 NIWS プロジェクトは、USAID とカナダ政府による共同イニシアティブで、水の安全を強化するための NbS への投資を促進している。これらの投資は、上流の水源を保護・回復するために、水道事業者が水利用料金の一部を積み立てて使用できるようにする革新的な PES スキームなど、さまざまな資金源を通じて行われる。2021 年、NIWS は、アンデス山脈の高地にある重要な湿地帯を復元するために、PES スキームの下でリマの水道事業者が行う最初の投資を支援した。NIWS はまた、同公社が植物の苗床を建設する最初の PES 契約を設計・実施するのを支援し、これにより水道事業者は PES 資金をより効率的に活用しながら、土地の良き管理者となるよう地域社会にインセンティブを与えることができるようになった。 ● 事例③:レバノンにおける利用者間の水需要管理 レバノンは、天然水資源が豊富であるにもかかわらず、水不足に陥っている。その主な原因は、持続不可能な水利用であり、気候変動の結果、さらに悪化する可能性が高い。都市部では、1 日平均わずか 8 時間の断続的な水利用しかできない。そこで、USAID レバノン水プロジェクトは、同国の 5 つの公共水道事業者とのパートナーシップのもと、排水システムの管理を改善し、信頼性を高めるために水道事業の運営を強化し、効率的な灌漑を促進した。
期待される効果 (水道の開発)	<ul style="list-style-type: none"> ①持続可能なエネルギーを利用することによる持続可能な給水 ②水源の保護・回復、それによる持続可能な給水 ③節水による持続可能な給水
期待される効果 (気候変動対策)	<ul style="list-style-type: none"> ①再生可能エネルギーへの転換による CO₂ 排出の削減 ②水源林の保護、水資源の保護 ③水資源の保護
特筆すべき特徴	<p>気候変動をプロジェクトに組み込むための指針が示されている。例えば、長期的なスパンでしか利益が出ないシステムの導入に関しては、国と協力して技術指針を改定するなど、政策と規制への介入も含めて取り組む必要があること等が示されている。そのためには、対象国の水道事業者や関係機関との丁寧な関係構築と協働が必要である。</p>
資料	<ul style="list-style-type: none"> ● USAID 気候戦略⁴⁹ ● USAID 気候戦略リソースハブ⁵⁰

(6) Nature-based Solutions

自然を活用して課題解決を図る NbS は、様々な分野での多様な対策や概念を含む包括性と、自然による複数の便益を利用して、同時に複数の課題解決に繋がる多便益を有しているとし

て、近年国際的に関心が高まっている⁵¹。水道に関する NbS には、AFD の事例がある。

表 45 Nature-based Solutions の事例 (AFD)

項目	内容
実施機関	AFD
対象となる地域	気候変動による水ストレスのある地域
対象となる事業	水資源の保護
取組	気候変動による水ストレスに対し、水資源の保護と飲料水へのアクセス改善のための NbS を採用している。
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 事例①: 中国・七賢 Qixian 湿地 (自然による自然の回復) 気候変動の影響により長遠江 Changyuan river の湿地が徐々に干上がり、生態系全体が劣化していたところ、2015 年に NbS による修復プロジェクトが始められた。都市排水を処理し、湿地に水を供給するための水生植物を利用したろ過庭園があり、川沿いにはシダレヤナギを水平に植え、自然に堤防を強化している。これにより、5 年間で湿地の生態系と水文学的機能が完全に再構築され、世界中の湿地保全のモデルになっている。 ● 事例②: ヨルダン川西岸 (水処理とグリーンエネルギーを組み合わせたイノベーション) 給水率が 25% で水源がトラック輸送のみの地域も有するトゥバス地区において、AFD と EU が資金を提供するネクサス・ノース・プロジェクトは、水、衛生、再生可能エネルギー分野の投資を組み合わせた革新的なアプローチに基づいている。飲料水接続の衛生ネットワークへの拡張に加え、井戸とポンプ場が非常にエネルギー集約的である飲料水ネットワークと同期して動作するよう、再生可能エネルギーシステム (小型太陽光発電所) が設計されている。大型ソーラーパネルと風力タービンは排水処理プラントと水道施設の近くに設置され、稼働に必要なエネルギーを生み出す。エネルギーコストはゼロに近い。このプロジェクトはすでに住民の生活条件を大幅に改善しており、20,000 人が飲料水供給サービスの恩恵を受け、3,000 人が衛生サービスの恩恵を受けている。トゥバスでは、水の消費コストが 30 分の 1 に削減された。また、衛生設備工事は、自然環境と地下水資源の質にもプラスの効果をもたらした。 ● 事例③: セネガル (プート地方の水資源の保護) ダカールから 50km 離れたプート地方には地域供給の 25% を賄う地下水源があり、鉱業と農業灌漑はこの帯水層に多くを依存しているが、気候変動の影響によりほとんど涵養されていない。2021 年後半に開始した AFD とセネガル政府が連携して行ったプロジェクトでは、雨水の浸透と回復を促進し、水関連の自然災害を軽減することを目的として、森林再生による土壌浸食の防止、水の流出を遅らせ浸透を促進するために石を並べた「ストーン・ライン」と呼ばれる小さな石のダム、貯水池の修復による地下水の涵養、水の消費量を削減する農法等が含まれる。
期待される効果 (水道の開発)	① 水源 (湿地) の保護・回復 ② 飲料水接続エリアの拡大、地下水源の質向上 ③ 地下水の涵養
期待される効果 (気候変動対策)	① 生物多様性の保護 ② 再生可能エネルギー利用による CO ₂ 排出抑制、衛生設備工事による自然環境への効果 ③ 水関連の自然災害の軽減
特筆すべき特徴	自然の利用、再生可能エネルギーの利用により、追加的なエネルギー消費・CO ₂ 排出を抑制した方法で課題解決を図っている。対象地域の条件により適用できる方法は異なる。
資料	● NbS の 3 事例の紹介 ⁵²

(7) サポートツールの開発

開発活動に気候変動対策を組込むためのサポートツールの開発には、USAID の事例がある。

表 46 サポートツールの開発(USAID)

項目	内容
実施機関	USAID
対象となる地域	全て
対象となる事業	全て
取組	戦略、プロジェクト、活動の設計における気候リスクのスクリーニング及び管理をサポートするツールを開発した。(英語版、スペイン語版、フランス語版)
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● サポートツールの目的 気候リスク管理は、USAID プログラムが目的を達成する能力に影響を与える可能性のある気候リスクを評価、対処、適応的に管理するプロセスである。このツールは、気候リスクの評価と管理を支援することにより、開発活動の有効性と持続可能性を向上させることを目的としている。各ツールはUSAID のプロジェクトと活動に必須の気候変動戦略及び気候リスク管理に必要な書類の作成に役立つのに加え、Excel テンプレートを使用して結果を記録できる。ミッションや運用ユニットが戦略、プロジェクト及び活動における気候リスクを管理するために利用するため、フィードバックと学習を組込むために継続的に編集・更新される文書となることを意図している。 ● 提供されているツール 戦略、プロジェクト、及び活動の設計各々のための気候リスクの評価と管理のためのツールがあり、さらに分野毎の付属文書とマトリックステンプレートがある。水と衛生の分野では、気候リスク、適応能力、機械、気候リスク管理オプションに関する事例と質問が提供されている。
期待される効果 (水道の開発)	水と衛生へのアクセス増加
期待される効果 (気候変動対策)	気候リスクを把握することにより、プロジェクトに緩和策・適応策の観点から対策が組み込まれる。
期待される効果 (その他社会課題)	他の社会課題に関連する分野の付属文書を参照することで、課題解決のための観点からプロジェクトに対策が組み込まれる。
特筆すべき特徴	気候リスクを評価するための項目が表形式に整理されている。記入すべき内容の具体的な例が各セルにコメント形式で示されており、表を作成することで、気候リスクに関して持つべき視点や思考が刺激されるように設計されている。担当者の知識の程度に関わらず、気候リスクの評価と管理が可能となる。
資料	● 気候リスクのスクリーニング・管理ツール ^{53, 54}

(8) 飲料水水源としての下水処理水の利用

飲料水水源として下水処理水を利用する取組には、KfW の事例、ADB の事例がある。

表 47 飲料水水源としての下水処理水の利用(KfW)

項目	内容
実施機関	KfW
対象となる地域	水源の確保が困難な地域
対象となる事業	飲料水製造
取組	水道事業の水資源として下水処理水を使用するプロジェクトを実施している。
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● グローバルサウスのための水プロジェクト(下水処理水からの飲料水製造) ナミビアはサハラ以南のアフリカでもっとも乾燥した国であり、自然の水資源は増加する人口への水供給には不十分である。新しいゴリアンガブ水再生プラントとして知られる

項目	内容
	<p>ウイントフックのプラントでは、2002 年以來、最新かつ実績のある技術を駆使して都市排水を処理して飲料水を生成し、ナミビアの首都の飲料水供給に戻している。このプラントは処理された都市排水が飲料水供給に直接使用される世界初で数少ないプラントの一つである。</p> <p>既存のプラントでは、処理された排水から 1 日あたり約 20,000m³ の飲料水を生産しており、市の総飲料水消費量に占める再利用排水の割合は、4 分の 1 に達している。2022 年に開始されるフォローアッププロジェクトでは、新プラントの能力を 1 日当たり 1 万 m³ 拡大する。新施設は KfW によって融資され、ナミビア政府はプロジェクトの実施機関である Namibia Water Corporation Ltd (NamWater) に出資している。さらに、KfW グループの 100% 子会社である DEG は、2010 年代にウイントフック北部の工業地帯からの排水を処理するための民間企業の投資に資金を提供した。これにより長期的には、飲料水製造に使用されるスワコポート・ダムからの水の質が改善される。</p>
期待される効果 (水道の開発)	水ストレスの緩和、持続可能な水利用
期待される効果 (気候変動対策)	気候変動(干ばつ)への適応
特筆すべき特徴	自然の水資源が極端に不足する地域において、水資源の選択肢の一つとして下水処理水を用いている実例があり、民間企業が資金提供を受けて実施している。
資料	● グローバルサウスのための水プロジェクト ⁵⁵

表 48 飲料水水源としての下水処理水の利用(ADB)

項目	内容
実施機関	ADB
対象となる地域	水源の確保が困難な地域
対象となる事業	業界における水利用のための水製造
取組	淡水の代替として下水処理水を使用する。
取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 政策としての下水処理水の利用 <p>マハラシュトラ州などインドのいくつかの州では、希少な淡水の需要を減らし、汚染負荷とそれに伴う健康リスクを軽減することを目的として、下水処理水の再利用に関し先進的な政策を採用している。一部の州では、淡水の使用の代替として下水処理水の使用を業界に義務付けている。インドは 2017 年に全国的に糞便および汚泥の管理に関する政策を承認した。</p>
期待される効果 (水道の開発)	水ストレスの緩和、持続可能な水利用
期待される効果 (気候変動対策)	気候変動(干ばつ)への適応
特筆すべき特徴	水資源が不足する地域において、水資源の選択肢の一つとして下水処理水を用いることを、国あるいは地方政府が政策として承認している事例がある。
資料	● Strategy 2030 Water Sector Directional Guide (ADB), Case Highlights 4 ⁵⁶

第7章 今後の国際協力をより効果的・効率的に実施するための考察

水道分野の国際協力活動による水道の開発効果と気候変動対策の相乗効果に焦点を当てた本事業は、AR6 が強調している「気候に強靱な開発」に資する施策、取組である。調査・検討結果を踏まえ、水道施設に係る気候変動緩和策と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、被援助国のニーズを踏まえた課題解決のための実施策、より効果的で効率的な活動を継続的に実施するための課題について考察する。

7-1 本調査のまとめ

第1章では、本調査の背景と経緯を整理し、本事業の目的と本年度の調査方針を示した。

第2章では、日本の ODA を活用した国際協力の事例を対象に、水道分野の国際協力活動による水道の開発効果と気候変動対策の相乗効果に焦点を当て、定量評価・定性評価を整理することにより相乗効果の評価を試みた。また、短期的視点・長期的視点から持続可能な水道の開発と気候変動対策の両立の実現可能性の検討を行った。水道分野の国際協力の第一の目的は、全ての人に安全な水を安定的に供給することである。水道分野における気候変動対策はそれを理解した上で進めていくものであり、対策の実施が水供給の持続性、強靱性に寄与するよう考慮すべきである。そのためには、実施する対策の水道の開発効果と気候変動対策効果を定性的、定量的に検討し、相乗効果を評価することが重要である。

第3章では、ルワンダ共和国キガリ市における現地調査結果を示した。ルワンダ共和国では高地で起伏に富んだ丘陵地形に起因する配水のための大きなエネルギー消費と、配水網内の高水圧への対応が重要である。近年では気候変動の影響による乾季の長期化、雨季の豪雨・洪水の多発、土壌侵食の発生が観測されており、ルワンダ共和国政府は、緊急対応として適応策を中心に気候変動対策に取り組むとともに、統合水資源管理を通じて気候変動下における水へのアクセスと供給に関する取組を行っている。水供給サービスへのアクセスの将来的な確保と、特有の地形における緩和策の実施を考慮した上で、優先して取組を検討することとして、給水圧力の安定化漏水対策、配水状況のモニタリング・情報管理、気候災害に対してより強靱なインフラの整備、地方給水の持続的な運用・維持管理、気候変動の影響を受けにくい地下水の利用可能性の調査の5点の提案を行った。

第4章では、カーボンニュートラルに向けた取組を積極的に実施している3事業体に対し、取組の途上国支援への活用についてアンケート及びヒアリングを行い、得られた知見をまとめた。調査において挙げられた途上国支援に活用できると考えられる取組は、高効率な機器の導入、再生可能エネルギー設備の導入、水道事業全体のエネルギー効率向上の3種類に分類でき、環境負荷削減策の推進のための判断要素には、環境負荷低減効果のほか、投資の規模、水道としての効率向上効果についても注目することが重要であることが示唆された。日本の水道事業体は、環境負荷低減を計画あるいは方針に位置づけ、カーボンニュートラル達成に向け、民間事業者が提供するビジネスモデルの活用や他事業体との連携、新技術の導入など、厳しい経営状況の中で取組を推進するための方策を模索しており、これらの経験は途上国においても

参考となる。

第 5 章では、過年度の報告書等を参考にイノベティブな技術を持つ日本企業をピックアップし、海外水道関係者の見学の可否について問い合わせた。日本企業の製品や技術を用いたイノベーションは、水道分野の気候変動対策の様々な分野に寄与するものであり、特に長期的な相乗効果が得られる漏水削減と設備全体のエネルギー効率の改善に関する技術については、日本の強みとして海外水道関係者に現場見学を通じて情報提供が可能である。

第 6 章では、他国・関係開発機関の取組から、水道の開発と気候変動対策の相乗効果を有する事例を調査した。他国・関係開発機関の取組事例を継続的に情報収集することにより、国際協力を取り巻く状況の変化、視点やアプローチ方法等、日本の国際協力に取り入れるべきヒントを得ることができる。

7-2 今後の国際協力をより効果的・効率的に実施するための考察

以下、6つの観点から、施策や方向性を考察する。

1) カーボンニュートラルに関する世界動向の理解の促進

本調査では、最近のカーボンニュートラルに関する動向について整理し、他国の取組等を収集したが、我が国では 2050 年のカーボンニュートラルそのものがまだ認知度が低いのが現状である。水道の開発効果と気候変動対策の相乗効果についてもまだ重視されていない。

2023 年 7 月に発表された「SDGs 報告 2023：特別版」では世界の水と気候変動の現状が評価報告されており、1.5°C 目標の達成のためにはあらゆる分野で GHGs 排出量を大幅かつ迅速に、持続的に削減することが不可欠であることが指摘されている。また、国連水会議では「水行動アジェンダ」にて水をめぐる課題に対し多くのコミットメントが行われたところである。水の開発と気候変動対策の相乗効果の定性・定量評価についての調査検討を進めるとともに、個別事業について、持続可能な水道の開発と気候変動対策の両立が強く求められるようになっていく点への理解を我が国の水道界に広げていく必要がある。

2) 風水害等の災害対策を気候変動対策（適応策）と位置づけること

世界的には、災害に強靱な水道整備は気候変動対策における適応策の柱として位置づけられている。気候変動による影響が顕在化しつつある中、途上国においては、水道の整備、災害への強靱性強化、気候変動対策に同時に対応しなければならなくなっている。一方で、我が国においては、気候変動対策が課題として浮上する前に水道の整備を急速に進め、災害対策にも力を入れてきた経緯があり、豊富に蓄積された風水害等の災害への対応の経験は、今日的には気候変動適応策としての意義を持つものである。我が国の水道界は、今後国際協力の側面でも、我が国の風水害等の災害対策の経験を、気候変動対策に密接に関連するものとして発信していくべきと考えられる。

また、我が国の水道事業者は、気候変動、浸水、豪雨、水質変化に対し様々な取組を実施しており、途上国支援において、それらの取組を数値化することは、長期的な視点で有効である。洪水時の浸水対応、エネルギー効率や水質の改善を図る水源の上流化など、水道事業単独ではなく下水道事業、河川事業と連携していく必要のある取組についても、気候変動対策の一

つとして、知見を蓄積していくべきと考えられる。

3) 効果の計測方法

各案件の評価を通じて水道の開発と気候変動対策の相乗効果が観察されるかを検討した結果、多くの事業で相乗効果が確認できた。水道整備によって衛生環境の改善等、直接の効果が得られるだけでなく、水を得るための運搬等のような水道以外の入手手段によるエネルギー消費を削減できる等の指摘が得られた。

環境負荷低減効果の計測は事業ごとに様々であり、特に気候変動対策の導入効果の評価は手法により変動する可能性があるが、緩和策については、GHGs プロトコルの内容の理解を踏まえ、標準的な評価方法として JCM（二国間クレジット制度）や CDM（クリーン開発メカニズム）の方法論が蓄積されてきており、水道分野の適用事例もあることから、これらの情報を水道界にアナウンスしていく必要がある。

緩和策の評価方法について、使用電力削減量の GHGs 排出削減量への換算は、火力発電主体の国であれば多く算出されるが、GHGs を排出しない電源電力の使用割合が高い電力構成の国では少なく算出される。GHGs 排出量の多い国ほど電力使用量削減の効果は大きいため、電源構成を確認することは重要である。水道事業においては、単位水量当たりの使用電力量ではなく単位水量当たりの GHGs 排出量を評価指標とする方が効果を示しやすく、比較もしやすいと考えられる。

特に、投資規模が大きい NRW 対策について、評価の必要性は高いと考えられる。我が国の NRW 対策は費用対効果の視点は不明確であり、目標とすべき水準を明確にしていない傾向がある。米国等の海外資本は NRW の評価を投資効果で計測していることを考慮すれば、このような視点の研究は必要であろう。

気候変動対策への投資は、GHGs 排出による外部不経済を小さくするために、より効率的で効果の大きい施策を優先して行う優先順位の問題と捉えられるが、今後排出権取引が拡大すれば、GHGs 排出量の削減が経済的な便益となる変化が生じ、気候変動対策のための費用は単なる追加費用ではなくなってくる。効果の計測・評価方法は、今後の状況により更新されるべきものと考えられる。

一方で、適応策の効果や水道事業としての効果は多様であり、標準化や定量評価による比較は難しい。施策の評価は各対象国の特徴や気候変動影響の状況に応じて異なり、途上国支援においては、現地の特徴や状況を考慮した、水道の開発と気候変動対策の相乗効果を有する施策を検討していくことが重要である。

4) 水道整備効果、投資規模、環境負荷の側面の検討

投資規模抑制、水道整備効果の獲得、環境負荷削減は、三者を同時に成立することが困難な、いわゆるトリレンマの問題といえる。

施設の新設・拡張といった水供給のエリアや給水人口を増やす対策を実施すると、それに伴い GHGs 排出量が増加するため、気候変動対策との相乗効果にはなりにくい。しかし、トレードオフの評価において、比較対象を現在の施設と同等の GHGs 排出効率の施設を拡大した場合とすることで、GHGs 排出量の増加が抑制されたことを示せるため、新設・拡張する施設をエ

エネルギー効率の高い施設とするインセンティブが働くと考えられる。

途上国の望む水道施設整備は、安価で安定的な水道であり、気候変動対策との相乗効果の観点からは、それが GHGs 排出量を抑制できる施設である必要がある。代替案の比較検討においては、ライフサイクルコスト（初期投資と維持管理費）、GHGs 排出量を考慮し、安価で安定的、かつ GHGs 排出量の少ない水道となるよう検討して整備を進めていくことが必要である。

資金不足の現状、喫緊の課題の多さから、途上国の水道事業者では、高効率なポンプ等の機器や環境負荷の少ない材料等の使用は、気候変動対策の観点から将来的な便益が大きいことは理解されていても、高い導入コストをかけることには抵抗があり、採用されにくい傾向がある。長期的な便益が大きい施策の導入のためには何らかの動機付け（インセンティブ）が必要である。例として、GHGs 削減への寄与分を報酬とした民間企業への委託や、安価で一般的な製品と GHGs 削減に寄与する高効率な製品との差額を、先進国が排出権取引として支援する仕組みの整備も両者にとって有効と考えられる。

インフラ施設に対する気候変動対策のための設備や技術の導入は、施設の更新時期に合わせて実施することが多く、施設更新、設備交換の時期を踏まえた長期的な視点での計画が必要である。日本の水道事業者は、環境負荷の削減、GHGs 排出削減を目指し、老朽化した施設の更新をしていく中で電力を効率的に使用する設備に換えていく計画を実施しており、その経験が国際協力においても活用できると考えられる。

5) 上下水道一体での取組による健康と環境の両立

水道整備が不足している途上国においては、水道整備に対し下水道整備は後回しになる傾向があるが、今後水道整備を進めるにあたり、どうすれば環境負荷（GHGs 排出）を減らしつつ、健康と環境を両立できるかを検討する必要がある。水道は健康面、下水道は環境面での効果が注目される傾向があるが、水道は、給水率を上げ、漏水を減らすことで環境への負荷の削減、エネルギーの削減にも繋がり、下水道は防災、特に気候変動により頻度が増大する豪雨時に、下水道の整備が被害を減らすことに繋がり、環境への負荷を減らすだけでなく、人間の生命・財産の被害を減らすことにも繋がる。一体としてできるだけ速やかに行うことが重要である。

また、下水道は、下水処理や汚泥処理の過程で発生する GHGs（特にメタン、亜酸化窒素）の抑制、下水汚泥からのエネルギーの回収や再利用、曝気等に使用するエネルギーの削減等、気候変動緩和策としてのポテンシャルが大きいことから、カーボンニュートラルの計画策定は上下水道一体の方が進めやすく、今後、連携して具体策を検討していく必要がある。

6) 水道と気候変動対策の両方の知見を持つ人材の育成

途上国の水道事業者が自ら長期的な相乗効果を有する施策を実施する能力を得られるよう、水道の開発と同時に気候変動対策を検討するための能力開発が必要である。そのためには、日本の水道事業者が有する水道の開発に関する知見の共有に加え、カーボンニュートラル達成のための取組や風水害等の災害対策の経験の共有、組織としての環境整備、気候変動に関する知識を持つ人材の育成といった能力開発のための支援策が必要である。

我が国の国際協力は、継続して人材育成に重点を置いており、今後も重要な施策と位置づけ

て実施していくことにより、本事業の目的である気候変動下での被援助国の水道の自立的発展に繋がるものと考えられる。

-
- ¹ UN 2023 Water Conference <https://sdgs.un.org/conferences/water2023>
 - ² 国連広報センター(2023年3月24日付プレスリリース・日本語訳) https://www.unic.or.jp/news_press/info/47943/
 - ³ 国土交通省報道発表資料 https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_001166.html
 - ⁴ 令和2年度水道統計
 - ⁵ エネルギー白書 2022
 - ⁶ UNFCCC に基づく日本国の第8回国別報告書及び第5回隔年報告書 <https://www.env.go.jp/content/000102285.pdf>
 - ⁷ 水道分野における脱炭素(補助事業等)に関する説明会(配信期間:令和5年4月17日~4月28日)
<https://www.mhlw.go.jp/content/10908000/001091069.pdf>
 - ⁸ JICA Climate-FIT(適応策)5.2.2 水資源分野:上水道の気候リスクの構成要素リスト表
https://www.jica.go.jp/Resource/activities/issues/climate/ku57pq00001o9h2v-att/climate_fit_J.pdf
 - ⁹ IPCC Climate Change 2007: Synthesis Report Summary for Policymakers
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_spm.pdf
IPCC 第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約(2007)(文部科学省・気象庁・環境省・経済産業省翻訳)
https://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf
 - ¹⁰ IPCC Climate Change 2014: Synthesis Report Summary for Policymakers
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf
IPCC 第5次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約(2014)(文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省翻訳)
https://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_syr_spmj.pdf
 - ¹¹ IPCC Climate Change 2023: Synthesis Report Summary for Policymakers
https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
IPCC 第6次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約(2023)(令和5年3月20日時点暫定訳)
<https://www.meti.go.jp/press/2022/03/20230322002/20230322002-2.pdf>
 - ¹² 環境省 開発途上国の環境対策を実現するコベネフィット型温暖化対策・CDMの実現に向けて(概要)(2008)
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/12271.pdf>
 - ¹³ 環境省 アジア地域におけるコベネフィット型環境汚染対策推進事業
<https://www.env.go.jp/content/900441443.pdf>
 - ¹⁴ JICA 緒方研究所「コベネフィット型気候変動対策と JICA の協力」
https://www.jica.go.jp/jica-ri/IFIC_and_JBICI-Studies/jica-ri/publication/archives/jica/field/200806_env.html
 - ¹⁵ JICA「気候変動」<https://www.jica.go.jp/activities/issues/climate/index.html>
 - ¹⁶ JICA 第5期中期計画(令和4年4月~令和9年3月)
https://www.jica.go.jp/disc/chuki_nendo/ku57pq00000t0aea-att/chuki_keikaku05_01_01.pdf
 - ¹⁷ 独立行政法人国際協力機構 2023年度計画(別紙1) https://www.jica.go.jp/disc/chuki_nendo/ku57pq00000t0aea-att/2023_00.pdf
 - ¹⁸ World Bank “What You Need to Know About Climate Co-Benefits”
<https://www.worldbank.org/en/news/feature/2021/03/10/what-you-need-to-know-about-climate-co-benefits>
 - ¹⁹ 気候変動対策支援ツール(JICA Climate-FIT:緩和策 Mitigation)
https://www.jica.go.jp/activities/issues/climate/mitigation_j.html
 - ²⁰ 平成14年度 CDM/JI に関する検討調査報告書【参考3 電力の代替プロジェクトにおける CO₂ 排出係数の考え方について】(環境省地球環境局) https://www.env.go.jp/earth/report/h15-05/mat_03.pdf
 - ²¹ 環境省 排出量算定について https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/estimate.html
 - ²² JWVA http://www.jwva.or.jp/upfile/upload_file_20230407004.pdf
 - ²³ 株式会社クボタ <https://www.kubota.co.jp/product/ironpipe/>
 - ²⁴ SuMPO 環境ラベルプログラム カーボンフットプリント宣言(株式会社クボタケミックス)
https://ecoleaf-label.jp/pdf_view.php?uuid=198884ca-3dd6-4f6e-b1dd-865c30f28fd8.pdf&filename=JR-BL-22001C_JPN.pdf
 - ²⁵ 株式会社クボタケミックス
https://www.kubota-chemix.co.jp/dcms_media/other/blog_20221216_03%E3%80%80%E8%A8%98%E4%BA%8B.pdf
 - ²⁶ 塩ビ工業・環境協会 <https://www.vec.gr.jp/topics/pdf/new409.pdf>
 - ²⁷ 一般社会法人日本化学工業協会
https://www.nikkakyo.org/sites/default/files/2023-02/CaseStudy05_PipingMaterial.pdf
 - ²⁸ 資源エネルギー庁 https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/plastics_02.html
 - ²⁹ 公益社団法人日本水道協会 特集記事「水道事業における脱炭素化への取組」(水道協会雑誌4月号掲載)
http://www.jwva.or.jp/topics/topics_20230407002.html

-
- 30 令和3年度水道インフラ輸出拡大に係る調査検討等一式報告書(厚生労働省)
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000936282.pdf>
- 31 水道技術プロモーションハブ事業(大阪市) <https://www.city.osaka.lg.jp/suido/page/0000584173.html>
- 32 水道展(水団連) <https://www.suidanren.or.jp/project/exhibition/>
- 33 <https://iwa-network.org/projects/performance-based-contracts-for-non-revenue-water-market-development/>
- 34 <https://documents1.worldbank.org/curated/en/314541537521949076/pdf/130050-20-9-2018-12-7-9-WPBCforNRWOperationalManualWEBPDF.pdf>
- 35 <https://ppiaf.org/program/developing-good-performance-based-contract-practices-non-revenue-water-management>
- 36 https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/sites/ppp.worldbank.org/files/2022-02/PPIAF_NRW_PBC.pdf
- 37 <https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/library/water-performance-based-leakage-reduction-contract-example-1>
- 38 <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/372081/normalized-water-supply-ppp.pdf>
- 39 <http://iee-jordan.net/models/contracting-and-financial-model>
- 40 <https://www.kfw.de/About-KfW/F%C3%B6rderungsauftrag-und-Geschichte/Geschichte-der-KfW/KfW-Themen/Umwelt/>
- 41 <https://www.kfw.de/microsites/Microsite/nachhaltigkeitsbericht.kfw.de/en/dialogue/>
- 42 https://www.kfw.de/About-KfW/Newsroom/Latest-News/Pressemitteilungen-Details_771840.html
- 43 <https://www.afd.fr/en/ressources/climate-development-2017-2022-strategy>
- 44 https://www.afd.fr/en/actualites/water-and-sanitation-our-commitments-2022-continuing-impact-2023?origin=/en/actualites?actuCtnId=89663&field_date_value=&field_date_value_1=&field_type_target_id=All&field_theme_target_id=All&items_per_page=10&page=4
- 45 <https://www.gov.uk/government/publications/fcdo-programme-operating-framework/fcdo-programme-operating-framework-overview>
- 46 <https://www.gov.uk/guidance/international-climate-finance>
- 47 https://www.gov.uk/international/international-aid-and-development#research_and_statistics
- 48 <https://www.adb.org/ja/news/mdbs-agree-principles-aligning-financial-flows-paris-agreement-goals>
- 49 <https://www.usaid.gov/policy/climate-strategy>
- 50 <https://www.climatelinks.org/climate-strategy>
- 51 公益財団法人地球環境戦略研究機関 COP26 と自然を活用した解決策(Nature-based Solutions: NbS)
https://www.iges.or.jp/jp/publication_documents/pub/briefing/jp/11740/COP26_NbS_BN_211026_rev1_fin.pdf
- 52 <https://www.afd.fr/en/actualites/3-innovative-projects-preserve-water-resources>
- 53 [https://www.climatelinks.org/resources/climate-risk-screening-and-management-tools\(ツール一覧\)](https://www.climatelinks.org/resources/climate-risk-screening-and-management-tools(ツール一覧))
- 54 [https://www.climatelinks.org/resources/climate-risk-screening-and-management-tools-water-supply-and-sanitation-annex\(水と衛生の付属文書\)](https://www.climatelinks.org/resources/climate-risk-screening-and-management-tools-water-supply-and-sanitation-annex(水と衛生の付属文書))
- 55 <https://www.kfw.de/microsites/Microsite/nachhaltigkeitsbericht.kfw.de/en/dialogue/water-for-the-global-south-precious-water-in-arid-regions/>
- 56 <https://www.adb.org/sites/default/files/institutional-document/855231/strategy-2030-water-sector-directional-guide.pdf>

資料編

対象案件概要

資料編-表 1 案件概要 ・1)エルサルバドル国上下水道公社事業運営能力強化プロジェクト

項目	内容
気候変動対策の分類	緩和策 :省エネルギー
国名	エルサルバドル共和国
案件名	上下水道公社事業運営能力強化プロジェクト
援助形態	技術協力プロジェクト
協力金額	事前評価時 4.5 億円、実績額 3.7 億円
協力期間	2009 年 1 月～2011 年 12 月
実施機関	ANDA
日本側協力機関	株式会社日水コン 本邦研修協力機関:株式会社クボタ(ポンプ、弁類)、東京都水道局(浄水場)、神奈川県内広域水道企業団(取水施設、小水力発電)
目的	アクションプランに明記された優先課題である 40%を超える無収水への対策と、支出の 35%を占める電気料金の節減を図り、エルサルバドル最大の給水事業体である ANDA の上水道施設維持管理能力と下水道施設整備計画策定能力を向上させる。
背景	<ul style="list-style-type: none"> ・都市部の給水率は 93%(うち 90%を ANDA によりカバー)だが、農村部は 29%と低い。 ・無収水が 50%程度と推定され、主に高い電気料金に起因する割高な維持管理費と低い水料金設定により経営を圧迫している。ANDA は法律上料金改定の権能を持たず、政府の補助金により赤字分を補う体制が定着している。 ・給水施設の能力・水資源量の不足により一部地域において間欠給水となっている。 ・下水管網が全国の 70%に存在するものの、下水処理場が限定的にしかなく、97%の下水が未処理で河川などに放流されている。 ・国土が小さく移動に要する時間が少ない。パイロットエリアが全体面積に占める割合が大きく効率的である。
実施事項	<p>①無収水削減のための技術能力の向上 ANDA 本部に無収水削減計画策定チームを、都市圏支局、中部支局、西部支局にはそれぞれ無収水削減アクションチームを結成し、「モデル区画」と「実践的パイロット区画」での無収水削減活動の OJT を行う。</p> <p>②無収水削減のための計画策定能力の向上 活動で明らかになった費用対効果を分析・活用し、無収水対策長期計画案を策定する。</p> <p>②経営改善のための節電計画策定能力の向上 大規模な施設が集中する首都圏支局に節電対策チームを結成し、OJT を通じ、節電計画策定能力の向上を行う。特に、電力の消費が非効率的な施設をパイロット施設に選定し、節電及び電力消費に密着する水運用管理の改善を行う。</p> <p>③下水道施設整備計画策定能力の向上 本部に結成した下水道整備計画策定チームに対し、下水道施設設備計画策定能力向上に関する研修を行う。</p>

資料編-表 2 案件概要・2)パキスタン国ラホール給水設備エネルギー効率化計画

項目	内容
気候変動対策の分類	緩和策 ：省エネルギー
国名	パキスタン
案件名	ラホール給水設備エネルギー効率化計画
援助形態	無償資金協力
協力金額	供与限度額 26.11 億円、実績額 24.52 億円
協力期間	2015 年 4 月～2018 年 1 月 基本設計調査/協力準備調査 2013 年 6 月～2014 年 7 月
実施機関	ラホール WASA
日本側協力機関	本体：飛鳥建設株式会社 コンサルタント：エヌジェーエス・コンサルタンツ株式会社(現株式会社 NJS)
目的	ラホールにおいて老朽化した深井戸を更新することにより、低下した井戸能力の回復と給水設備にかかるエネルギーの効率化を図り、もって持続的で安定した給水サービスの実現に寄与する。
背景	<ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクトで改修する深井戸は 1977 年以降、1990 年代に多く整備され、ポンプの老朽化等により揚水量が著しく低下しているのに加え、揚水に係るエネルギー効率が悪化し、ポンプ稼働に必要なエネルギー消費が増大している。 ・電力不足が深刻であり、計画停電等によりラホール市都市部でも 1 日 14 時間程度の時間給水となっている。電力料金の上昇や停電時に使用する発電機燃料の高騰により、2012 年に動力費は運営コストの約 45%に達し、財政状況を悪化させている。 ・深井戸において機能している塩素注入器の割合が低いこと等により給水栓でしばしば大腸菌が検出され、ラホール WASA の給水管区においても水因性疾病が発生している。 ・地下水のヒ素汚染による健康被害は住民に広く浸透しており、多くの住民が深井戸に併設されたヒ素除去施設を利用している。 ・2018 年に地下水位の急速な低下がみられたため、ラホール WASA は地下水位低下を防ぐ様々な施策への取組、表流水の利用への転換の推進、市中心部から市北部・北西部への深井戸群建設場所の変更検討などを行っている。
実施事項	<p>①土木工事、機器調達 施設：105 か所の深井戸の更新(ポンプ・モーターの更新、塩素注入器設置を含む) ※ヒ素除去施設はパキスタン負担、工事のみ日本側が実施。 機材：エネルギー監査用機材(2 セット)</p> <p>②コンサルティング・ソフトコンポーネント 詳細設計、調達・施工管理、エネルギー監査用機材の使用方法指導</p>

資料編-表 3 案件概要-3)ヨルダン国上水道エネルギー効率改善計画

項目	内容
気候変動対策 の分類	緩和策 :省エネルギー
国名	ヨルダン・ハシェミット王国
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、実績額 11.09 億円
協力期間	事業全体 2010 年 2 月～2015 年 11 月
実施機関	WAJ
日本側 協力機関	本体:株式会社クボタ、Emar Jordan Building Materials(ヨルダン)、大日本土木株式会社 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・布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 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。
背景	<ul style="list-style-type: none"> ・砂漠地帯に属しており、慢性的に水資源が不足し、国民の生活用水は著しく少ない。気候変動によりさらに降水量の減少が予測されており、水資源の有効・公平な利用が重要課題となっている。一方、人口の増加や難民の受け入れ増加等により水需要は増大している。 ・対象地域では、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がみられる(一人当たり給水量は約 140L/日)。 ・起伏に富む地形のため多くのポンプを使用する必要がある。 ・電力費の割合が 6 割～7 割と高く、かつ増加傾向である。電力料金水準も上昇している。
実施事項	<p>給水圧の均等化及び漏水量の削減を実現するため、以下を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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の整備 ・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)

資料編-表 4 案件概要・4)ヨルダン国第二次ザルカ地区上水道施設改善計画

項目	内容
気候変動対策の分類	緩和策・適応策 :配水の改善(ポンプ圧送から自然流下への転換、水圧の適正化による漏水削減)
国名	ヨルダン・ハシェミット王国
案件名	第二次ザルカ地区上水道施設改善計画
援助形態	無償資金協力
協力金額	供与限度額 23.71 億円(第 1 期:5.11 億円、第 2 期:6.68 億円、第 3 期:11.92 億円) 実績額 22.61 億円(第 1 期:4.89 億円、第 2 期:6.66 億円、第 3 期:11.05 億円)
協力期間	(第 1 期)2006 年 7 月～2008 年 3 月、 (第 2 期)2007 年 8 月～2009 年 3 月、 (第 3 期)2008 年 11 月～2010 年 3 月 基本設計調査 2005 年 10 月～2006 年 5 月
実施機関	WAJ
日本側協力機関	本体:大日本土木株式会社 コンサルタント:株式会社東京設計事務所
目的	ザルカ市ザルカ地区、ハシミエ市及びスフナ市において、送・配水施設を整備することにより、無収水量を減少させ、対象地区の住民への安定した給水を実施することを目標とし、給水サービスの向上と対象地域の住民の生活環境の改善を図る。
背景	<ul style="list-style-type: none"> ・降水量の不足等慢性的に水資源が不足している。ザルカ地域は、特に水不足が深刻な地域であり、水源の不足及び 50%を越える高い無収水率により地区別に計画制限給水を実施している。 ・人口の増加や難民の受け入れの増加等により水需要が急増している。 ・ザルカ県は水資源の全てを地下水に依存している。起伏に富む地形のため多くのポンプを使用する必要がある。 ・計画的な漏水制御対策も進んでおらず、間欠給水による管内負圧発生及び不十分な塩素消毒も確認されていた。
実施事項	<ul style="list-style-type: none"> ・配水池の建設(4 箇所) ・送水管の布設(3 箇所) ・配水管(連絡管)の布設(4 箇所) ・ポンプ設備の更新(ポンプ 2 台、電気・計装設備) ・塩素消毒施設の整備(注入器 2 台、建屋) ・配水区の分離及び既存配水管の送水管へ変更(仕切弁 6 箇所) ・地形と管網の配置から考慮した 4 配水区の構築(ザルカ高区、ザルカ低区、ハシミエ、スフナ)、配水区への配水池の設置、配水方法として配水池からの自然流下配水方式の採用。 ・ソフトコンポーネント:配水コントロール技術の移転

資料編-表 5 案件概要・5)ルワンダ国キガリ市上水道改善整備マスタープランプロジェクト

項目	内容
気候変動対策の分類	緩和策・適応策 :配水の改善(ポンプ圧送から自然流下への転換、水圧の適正化による漏水削減)
国名	ルワンダ
案件名	キガリ市上水道改善整備マスタープランプロジェクト
援助形態	開発計画調査型技術協力プロジェクト
協力金額	事前評価時 2.7 億円
協力期間	2019 年 3 月～2021 年 11 月(出典:ブリーフノート)
実施機関	WASAC、UWSS
日本側協力機関	株式会社日水コン、八千代エンジニアリング株式会社
目的	キガリ市とその周辺 7 セクターを対象に、既存上水施設の現状分析や将来水需要予測等に基づいて、2050 年までのキガリ市広域上水マスタープランの策定と、選定された優先プロジェクトについて実現可能性の検証を行うことにより、キガリ市と周辺 7 セクターにおける安全で入手可能な価格の飲料水の供給改善を図る。
背景	首都キガリ市を含め都市部における急速な発展が顕著であり、キガリ市周辺 7 セクターでは、居住を目的とした開発が進められている。キガリ市の人口は地方からの流入により大幅に増加することが予想されており、近い将来、急激な水需要増加による給水量不足に直面することが懸念されている。 キガリ市では包括的な給水計画及び施設設計の指針がなく無秩序に開発が進められているため、複雑な水供給システムとなっており、維持管理を困難にしている。 標高差に富んだ地形が十分考慮されておらず、適切な水圧管理がされていないため、局所的な異常高水圧・低水圧が発生している。自然流下を活用できておらず、非効率なエネルギー消費となっている。
実施事項	<ul style="list-style-type: none"> ・キガリ市とその周辺地域を対象に、既存上水道施設の現状分析・水需要予測等を行い、2050 年を計画目標年次としたキガリ市広域上水道マスタープランを策定する。マスタープランには 2050 年までのマスターシナリオ及び 15 年投資計画を含む。 ・マスタープランに選定された優先プロジェクトの FS を行う。 FS1:水圧管理のための給水区域を水理的に分離し配水ブロックに分ける。新たな配水管網を構築、あるいは既存の複雑な管網を標高ごとに階層構造に見直す。各ブロック内標高差 100m 以内とする。高水圧に起因する漏水を抑制する。 FS2:エネルギーコストを最小とする送水管ルートを設定する。 ・マスタープラン策定業務を通じ、先方実施機関 CP への技術移転を図る。

資料編-表 6 案件概要・6)スリランカ国コロンボ市無収水削減能力強化プロジェクト

項目	内容
気候変動対策の分類	緩和策・適応策 :漏水削減
国名	スリランカ
案件名	コロンボ市無収水削減能力強化プロジェクト
援助形態	技術協力プロジェクト
協力金額	事前評価時 2.5 億円、実績 3.05 億円(出典:事後評価)
協力期間	2009 年 10 月～2012 年 11 月(出典:ブリーフノート)
実施機関	NWSDB
日本側協力機関	株式会社日水コン
目的	NWSDB 職員の無収水対策技術の向上のみならず、NWSDB が組織横断的に無収水削減に取り組むための計画立案、実施・運営、情報管理能力の向上を目的とし、コロンボ市の無収水率削減に寄与する。
背景	<ul style="list-style-type: none"> ・最大都市のコロンボ市は、英国植民地時代に布設された 75～100 年経過した送配水管が多く、無収水率が 54.1%(2008 年)と全国で最も高くなっている(全国平均約 33%)。 ・配水管交換及び貧困居住区世帯への戸別接続といったハード面での支援を円借款事業で実施している(「水セクター開発事業(II)」)。 ・不明な管路やバルブが多い。管路に不適切な接合部等が多い。長い束状の給水管が使用されており、その上に家屋等が建設されている。古い公営住宅や公共宿舍等の各戸の給水メータ以前(配水システム内)にタンクが存在し、その損失が大きい。
実施事項	<ul style="list-style-type: none"> ・西部州中部地区支援センターに無収水削減マネジメントチームを組織。 ・職員を対象としたパイロット地区における無収水削減活動のための方法及び技術に関する研修の実施。 ・パイロット地区の無収水削減計画の策定 ・パイロット地区における水道管補修や他の無収水削減活動の実施 ・既存配管網図面の整備に関する活動の実施(図面のアップデート、GIS の導入) ・PR 活動に関する活動 ・プロジェクトの成果をコロンボ市のパイロット地区以外の地域に普及させるための展開計画の作成

資料編-表 7 案件概要-7)ブラジル国無収水管理プロジェクト

項目	内容
気候変動対策の分類	緩和策・適応策 ：漏水削減
国名	ブラジル
案件名	無収水管理プロジェクト
援助形態	技術協力プロジェクト
協力金額	事前評価時 2.9 億円、実績 3.62 億円
協力期間	2007 年 7 月～2010 年 7 月(出典:事後評価)
実施機関	SABESP
日本側協力機関	厚生労働省・さいたま市水道局・川崎市水道局(出典:事後評価)
目的	SABESP において、無収水を削減していくために必要な人材育成と仕組み作りにより、SABESP 給水区域における無収水を減少させ、サンパウロ州の給水の安定化を図る。
背景	<ul style="list-style-type: none"> ・南米最大の都市圏を擁するサンパウロ州の人口は 4,000 万人で、ブラジル全体の 21.5% (2005 年)を占めるが、水資源は全国の 1.6%(1999)に過ぎないため、水資源の効率的な活用と保全が最重要課題である。SABESP は 1981 年にサンパウロ州の漏水管理プログラムを作成して以来、給水システム運営の効率化、特に配水網における漏水の最少化に取り組んできた。JICA は 2000 年以降、SABESP に対し短期専門家を派遣し、無収水削減計画策定と実施に対する助言を行ってきた(2000、2001、2003)。SABESP 内で漏水対策も含めた無収水管理の強化と無収水率の削減を実現するには組織をあげた対策が必要であることが確認された。 ・SABESP では、無収水管理のための指標として IWA の定義とは異なる二つの無収水率を用いている。課金水量をベースとしているが、10m³/月以下の場合には課金水量と実際の使用水量が異なり、社会的目的使用水量を含まない IPF という無収水率と、使用水量ベースで、社会目的使用水量を含まない IPM という無収水率である。 ・ファベラ(貧民街)での使用水量は一般的に社会目的使用水量として位置づけられ、無収水率にはカウントされていない。
実施事項	<p>以下の成果のための活動を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SABESP の職員が無収水管理の必要性を理解し、無収水管理に関する人材育成体制が強化される。 ワークショップ、出張講義、パイロット地区での OJT 等、無収水管理に関する研修コースの作成と実施 ・パイロット地区での実践を通じ、無収水管理にかかる基礎的対策が充実される。 パイロット地区における漏水防止作業、配水・漏水量分析、水量測定等 ・パイロット地区での実践を通じ、無収水管理にかかる対症療法的対策が強化される。 パイロット地区における漏水対策の一連の作業サイクルを実施する。 ・パイロット地区での実践を通じ、無収水管理にかかる予防的対策が強化される。 管調査の実施と管網評価の実施、それに基づく配水管・給水管の長期整備計画の策定。 ・無収水削減計画(統合的無収水削減プログラム)はプロジェクト完了後に完成、開始された。

資料編-表 8 案件概要-8)カンボジア国地方州都における配水管改修及び拡張計画

項目	内容
気候変動対策の分類	緩和策・適応策 ：漏水削減
国名	カンボジア
案件名	地方州都における配水管改修及び拡張計画
援助形態	無償資金協力
協力金額	供与限度額 27.6 億円、実績 16.45 億円(業者入札時の落札価格が予定額を大きく下回ったため。)
協力期間	2011 年 3 月～2013 年 6 月(計 28 か月。詳細設計、入札期間を含む。) 基本設計調査 2010 年 7 月～2011 年 3 月
実施機関	MIME※現 MISTI
日本側協力機関	本体：株式会社クボタ工建(現株式会社クボタ建設) コンサルタント：エヌジェーエス・コンサルタンツ株式会社(現株式会社 NJS)
目的	対象州都であるプルサット、プレアシハヌーク、バタンバンにおいて既存給水施設の改修及び拡張を実施することにより、給水サービスの向上をはかり、もって無収水率の改善による各州の水道事業の運営面での改善に寄与する。 (配水管の更新・拡張を行うことにより、効率的に給水人口を拡大できるほか、漏水の減少に伴う無収水率の減少により各州都の水道事業の経営面での改善に繋がることが期待できる。)
背景	・プノンペン市以外の都市の給水能力は依然低く、特に、プルサット、プレアシハヌーク、バタンバンの各州都では、住民(合計 269 千人)に対し、都市水道による給水人口は合計 80 千人(約 30%)に留まっている。国民全体に安全な水の供給が十分に行われていない。 ・ADB、WB 等のドナーの支援により浄水場が拡充・整備されたものの、配水管網の老朽化等により上水供給能力を活かしきれていない。 ・プレアシハヌークは起伏に富んだ地形のため管内給水圧力が自然に高くなる。プルサット、バタンバンでは、道路拡張工事の際に水道管が破損させられたとの理由による漏水は頻発している。
実施事項	①土木工事、調達機器等 ・既存配水管の更新 ・新規配水管の新設(貧困世帯への減免を加味した接続促進が目的。貧困世帯による新規接続が条件) ・特殊管路・附属設備の調達 ・配水流量監視 3 式、配水流量制御 1 式の調達 ・給水管接続用資材の調達(再接続(更新管)用サドル付分水栓、給水管、弁・継手/新接続(新規管)用サドル付き分水栓、水道メータ/新接続(既存管)用水道メータ) ・HDPE 融着機(SF 融着機・小型発電機)の調達 ②コンサルティング・ソフトコンポーネント ・給水管接続に関する技術指導 ・配水流量監視システムに関する技術指導

対象案件資料一覧

資料編-表 9 対象案件出典資料一覧

案件番号	資料及び URL
1)	<ul style="list-style-type: none"> ・ODA 見える化サイト: https://www.jica.go.jp/oda/project/0800494/index.html ・事業事前評価表(2008年8月): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2008_0800494_1_s.pdf ・終了時評価調査結果要約表(2011年): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2011_0800494_3_s.pdf ・案件別事後評価(内部評価)評価結果票(2015年5月): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2014_0800494_4_f.pdf ・事前評価報告書(2008年8月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/P0000254610.html ・終了時評価調査報告書(2012年5月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/P1000006664.html ・プロジェクト事業完了報告書(2011年12月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/P1000000961.html
2)	<ul style="list-style-type: none"> ・ODA 見える化サイト: https://www.jica.go.jp/oda/project/1560050/index.html ・事業事前評価表(2015年): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2015_1560050_1_s.pdf ・2020年度外部事後評価報告書: https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2020_1560050_4_f.pdf ・準備調査報告書: https://libopac.jica.go.jp/images/report/P1000016821.html
3)	<ul style="list-style-type: none"> ・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/P0000250376.html ・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
4)	<ul style="list-style-type: none"> ・ODA 見える化サイト:(第1期) https://www.jica.go.jp/oda/project/0604700/index.html (第2期): https://www.jica.go.jp/oda/project/0705000/index.html (第3期): https://www.jica.go.jp/oda/project/0805900/index.html ・外部事後評価報告書(2012年度): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2012_0805900_4_f.pdf ・基本設計調査報告書(2006年4月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/P0000169107.html
5)	<ul style="list-style-type: none"> ・ODA 見える化サイト: https://www.jica.go.jp/oda/project/1702243/index.html ・事前評価(2017年11月): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2017_1702243_1_s.pdf ・プロジェクトブリーフノート(2021年11月): https://www.jica.go.jp/oda/project/r7mcj000000tbedg-att/project_breif_note_202111_jp.pdf ・ファイナルレポート(先行公開版)(2021年10月): 第1巻 https://openjicareport.jica.go.jp/618/618/618_412_1000047741.html～
6)	<ul style="list-style-type: none"> ・国別取組スリランカ: https://www.jica.go.jp/project/srilanka/002/index.html ・プロジェクト概要 https://www.jica.go.jp/project/srilanka/002/outline/index.html ・プロジェクトブリーフノート(2013年3月) (https://www.jica.go.jp/project/srilanka/002/project_brief/ku57pq000018jblb-att/project_brief_j.pdf) ・中間レビュー結果要約票: https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2010_0904082_2_s.pdf ・評価調査結果要約表: https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2011_0904082_3_s.pdf ・案件別事後評価(内部評価)評価結果票(2017年2月): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2015_0904082_4_f.pdf ・プロジェクト事業完了報告書(2012年11月): https://openjicareport.jica.go.jp/618/618/618_120_12086914.html
7)	<ul style="list-style-type: none"> ・ODA 見える化サイト: https://www.jica.go.jp/oda/project/0603487/index.html ・プロジェクトサイト: https://www.jica.go.jp/project/brazil/0603487/index.html ・事業事前評価表(2007年3月): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2006_0603487_1_s.pdf ・中間レビュー調査結果要約表(2008年度): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2008_0603487_2_s.pdf ・事後評価(外部評価)(2013年度): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2013_0603487_4_f.pdf ・事前調査報告書(2008年3月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/P0000175887.html ・中間レビュー調査報告書(2009年2月): https://libopac.jica.go.jp/images/report/P0000256432.html ・事業完了報告書: https://libopac.jica.go.jp/images/report/P0000254060.html
8)	<ul style="list-style-type: none"> ・ODA 見える化サイト: https://www.jica.go.jp/oda/project/1061220/index.html ・事業事前評価表(2010年度): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2010_1061220_1_s.pdf ・外部事後評価報告書(2016年度): https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2016_1061220_4_f.pdf ・準備調査報告書(2011年3月): https://openjicareport.jica.go.jp/618/618/618_109_12020590.html

略語表

AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
DMA	District Metered Area	水道メータで給水量を管理する区切られた区域
GHGs	Greenhouse Gases	温室効果ガス
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
NDC	Nationally Determined Contribution	国が決定する貢献
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	比濁法濁度単位
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PPP	Public Private Partnership	官民連携
WASA	Water and Sanitation Agency	上下水道公社
WASA-F	WASA Faisalabad	ファイサラバード上下水道公社
WB	World Bank	世界銀行

第8章 現地調査に基づく水道事業と気候変動の関係と課題

8-1 現地調査の概要

相手国の水道事業と気候変動の現況と、その関係及び課題について情報を収集し整理することを目的として、現地調査を実施した。

調査対象国は、本年度の調査対象である日本の ODA を活用した国際協力活動 8 案件の実施国の中から選定することとし、調査時点で水道分野の国際協力活動が実施されており本邦の水道関連企業もしくは水道事業体の担当者が現地に駐在していること、近年大規模な洪水が発生するなどの気候変動影響が指摘されていること等を考慮して、パキスタン・イスラム共和国（以下パキスタン）を選定した。

表 1 に調査の実施概要を、表 2 に調査内容を示す。調査に先立ち、パキスタンの基本情報、ファイサラバード市の上下水道を管轄する WASA-F の概要、パキスタン政府の気候変動目標と対策等についてウェブによる調査を行い、得られた情報に基づきヒアリング及び問合せを行った。調査結果には、ヒアリング及び問合せ結果とウェブ調査で得られた情報を合わせて示す。

表 49 現地調査実施概要

実施日時	2024年3月18日 17時（パキスタン現地時間13時）
実施方法	Zoomによるオンライン協議他
現地関係者	Implementation & Coordination Directorate WASA Faisalabad Dr. Usman Latif
国際協力活動従事者	日本テクノ株式会社 仲川 隆史氏
従事する国際協力活動/ 担当業務	無償資金協力「パキスタン国ファイサラバードにおける浄水場及び送配水管網改善計画」※ / 常駐施工監理者

※パキスタン国ファイサラバードにおける浄水場及び送配水管網改善計画(2021年3月 G/A 締結) 事業事前評価表(2020年実施) https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2020_2060430_1_s.pdf

表 50 現地調査における調査内容

No.	調査項目
1	当該国の水供給の状況及び気候変動影響の現状
2	水道事業における気候変動との関係及び課題
3	実施中の国際協力活動の概要と気候変動対策の位置づけ
4	他国及び国際協力関係機関の協力活動による水供給における気候変動対策
5	その他(現地の生活における気候変動影響やその対策等)

8-2 パキスタンにおける日本の政府開発援助

パキスタンでは、近年日本の政府開発援助により様々な水道開発プロジェクトが実施されている。日本の水道事業体では、横浜市が 2019 年 10 月に WASA-F と技術交流覚書を締結し、交流を進めている。横浜市の 100% 出資団体である横浜ウォーター株式会社は、2015 年に JICA 技術協力プロジェクト「パンジャブ州上下水道管理強化プロジェクト」の参加企業としてパンジャブ州における組織及び技術力強化支援を開始してから、継続して技術協力支援を行っている。現地では、断続的な給水、低水圧、盗水等による低い収率率などの悪循環が生じて

いたが、2016年に開始したJICA技術協力プロジェクト「ファイサラバード上下水道・排水マスタープランプロジェクト」では、マスタープラン策定と平行して、パイロットプロジェクト活動を実施し、DMA構築、連続給水、適正水圧、従量制への移行などの活動が成果を出し、好循環モデルとして高い評価を得た。このパイロットプロジェクト活動を踏まえ、JICA無償資金協力事業「ファイサラバード浄水場・送配水管網改善計画」にて、水道事業の改善のための浄水場建設が実施中である。表3に、現在ファイサラバードで実施中の無償資金協力事業「ファイサラバード浄水場・送配水管網改善計画」の概要と地域の特徴、及び実施している適応策と緩和策を示す。

表 51 現在実施中の水道開発プロジェクトの概要と気候変動に関する情報

項目	内容
国名	パキスタン・イスラム共和国
案件名	ファイサラバードにおける浄水場及び送配水管網改善計画
援助形態	無償資金協力(G/A 締結 2021年3月19日)
活動の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・Jhal Khanuana 浄水場を、緩速ろ過から急速ろ過へ移行する。緩速ろ過池は残し、急速ろ過池を含む浄水施設を隣に増設する。 ・国際河川であるチェナブ川を水源として市内に張り巡らされている運河の一部(ラックブランチチャンネル)から、灌漑局から取水許可の得られた水量を取水する。 ・表流水の水質は、濁度の高さ以外に問題はない。濁度は季節を問わず定常的に高く、見た目も茶色い(濁度:35~130NTU(平均71NTU)、色:わずかに濁りあり※)。これに対応するため、薬品による凝集沈殿、急速ろ過で濁度を低減する設計としている。
地域の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・電力の不足は顕著であり、頻繁に停電が起こっている。 ・地下水は水質に課題を抱えていることから、表流水へ移行している。 ・取水量は灌漑局が管轄している。 ・表流水は濁度が高いため、発生汚泥量と薬品使用量は多くなると想定される。
実施している適応策と緩和策	<p>【適応策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水不足に備え、日最大給水量の約2日分の容量の予備池を設けている(マスタープランの最終施設能力45,500m³/日に対し、容量48,000m³と47,000m³の2池を設置)。 ・雨対策として、水の侵入防止のため、施設全体を約150mm嵩上げしている。 <p>【緩和策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SCADAを導入し、給水量と使用量のバランスをとることで給水の効率化を図る。 ・送水ポンプ全3台(予備1台)の容量を変え、大小のポンプの組合せでコントロールすることにより省エネルギー化を図る。

※2022年6月~12月に実施された取水点近くの原水水質検査結果より

8-3 パキスタン及びWASA-Fの水供給事情

パキスタンの水供給の特徴として、地下水へ依存していること、地下水水質の問題から表流水へ移行しようとしていること、平坦な土地のため配水に複数のポンプが必要であること、主に低い水道料金と電力料金の高騰により赤字経営となっていること、送配水管の老朽化と水圧・水量管理の不足等により無収水率が高いこと等が挙げられる。パンジャブ州においてWASAはそれぞれの都市開発局の傘下であり、水道料金を決定する権限を持っておらず、自立性の獲得をパンジャブ州政府に要請している。また、外部支援により、経営改善、無収水削減等、気候変動対策効果のある取組を含む様々な水道の開発や人材育成の取組を行っている。人

材育成に関しては、JICA の支援でラホールに水アカデミーを設立し、技術者、中間管理職、幹部に対して研修を行っている。

WASA-F の無収水率に関しては、2017 年時点でオフィシャルに 33%と報告されているが、2014 年にフランスプロジェクトで実施した調査では 55%と計算されている。国際協力活動従事者へのヒアリングでは、無収水率は 50%くらいのイメージであり、管路の老朽化が進んでいるため無収率は高いこと、また公表資料では、毎年少しずつ改善していることをアピールしている印象であるとのコメントを得た。

8-4 パキスタン政府の気候変動目標と取組

パキスタンでは近年、気候変動により氷河の融解や氷河湖決壊による鉄砲水、モンスーンによる豪雨や洪水、サイクロン、干ばつ、熱波などの影響を受けている。2022 年には国土の約 3 分の 1 が水没する大規模な洪水が発生し、多くの住民やインフラが被災した。パキスタン政府は、国連と共催で開催した 2023 年 1 月のジュネーブでの国際会議において洪水被害からの復旧復興支援を訴え、国際機関や先進国等から 5 年間で 109 億ドルの支援の約束を得た。

パキスタン政府は 2016 年にパリ協定に署名し、2030 年までに GHGs 排出量を 2014~2015 年度（2014 年 7 月~2015 年 6 月）比で 20%削減することを約束した。2021 年の NDC では、2030 年までに同 50%削減へと目標を引き上げ GHGs 排出削減・吸収に取り組むとしており、50%削減目標のうち 15%は自助努力で、残り 35%は国際的な支援を受けられればとの条件付きで達成を目指している。NDC 計画では、2030 年までに電源構成に占める再生可能エネルギーの割合を 60%にすることが挙げられている。再生可能エネルギーの内訳は、水力が約 50%を、風力や太陽光が約 10%を占める。

ファイサラバードでの日常生活における、パキスタンの気候変動影響およびその対策に対する国際協力活動従事者の所見を表 4 に示す。

表 52 パキスタンの気候変動目標と取組に対する所見

項目	内容
ファイサラバードの日常生活における気候変動影響	<ul style="list-style-type: none"> ・気温上昇、洪水、干ばつ等、国土全体が気候変動影響を受けている。 ・気温は年々上昇しており、夏場は 50℃近くに達する。現地スタッフも気温の上昇はひどいと言っている。農業地帯は気温上昇による干ばつの影響が出ていると思われる。 ・洪水に関しては、2022 年の大洪水では、パンジャブ州内では、ファイサラバードはそれほど影響なかったが、ムルタンでは被害があった。WASA の職員は、被災地へ支援に行っていた。
ファイサラバードの日常生活における水供給への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・パイプの破裂による断水は時折あるが、計画断水はない。 ・給水圧、水質の問題は特に感じない。
電気料金の高騰の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・電気料金の高騰は実感している。為替の影響もあり、倍くらいになっているという話も聞く。 ・ロシアによるウクライナ侵略による影響も大きいと考えられる。

項目	内容
太陽光発電、脱炭素の動き	<ul style="list-style-type: none"> ・目立って太陽光発電の設備が出来たという話は聞かない。 ・建設中の浄水場の敷地内に太陽光発電設備を設置可能な場所はあるが、設置の話は出ていない。WASA や電力会社は資金面で余裕がないため、自ら資金を出して実施するのは難しいと思われる。 ・水力発電については、山あいにダムが複数作られている。中国資本が多い模様。風力、太陽光発電についてはほとんど情報がない。 ・脱炭素に積極的に取り組んでいる印象は受けていない。
その他コメント	<ul style="list-style-type: none"> ・政府が発表している数値と実際の数値には乖離がある。 ・太陽光も脱炭素も、政治的なものに使われる印象である。発表しても実際には実施されない場合もある。

8-5 他国政府による対外援助や国際開発金融機関等からの援助による水供給における気候変動対策

近年では、フランス政府、WB、AFD が WASA-F に対し支援を実施しており、現時点では AFD によるプロジェクトが行われている。このプロジェクトはフランス政府が実施したプロジェクトのフェーズ 2 で、新規浄水場の建設と浄水場の拡張により供給水量を増加させ、給水エリアを拡張することによりファイサラバードの飲料水アクセスを改善し、水供給サービスの質の向上（継続性、圧力）、水資源の保全、水のロス（無収水）を減らすことによる事業体の経営強化を図ることを目的としている。支援対象及び内容は日本の国際協力活動と類似しているが、活動が重複しないよう調整されている。このプロジェクトは次のフェーズの開始に向け先日入札が行われ、中国のコントラクターが落札したとのことであった。

ヒアリングで得た情報によると、AFD の支援で建設した浄水場の稼働率は 60%程度であり、その理由の一つは電力の不足と考えられる。また、需要水量に対して供給水量が不足していないことも理由の一つと考えられるとの所見であった。

8-6 まとめ

以下、調査で得られた知見を整理する。

(1) 当該国の水道事業における気候変動との関係と課題

パキスタンでは、気温上昇、強雨や洪水、干ばつといった気候変動の影響による被害が発生しており、気候変動への危機感、対策の必要性については強く認識されている。災害に対する緊急対応システムや、雨を水資源として利用するための貯水施設の整備等、適応策が求められているものと思われる。

一方、緩和策としての電気使用量の削減については、電気料金の高騰が水道事業経営に大きく影響していることから、経営面への貢献が求められている。電気料金の高騰には、ロシアによるウクライナ侵略の影響も大きいと考えられ、これについては環境対策とは別とする必要があるが、電気使用量の削減は経営にも GHGs 排出削減にも貢献することから重要であることには変わりなく、積極的に進めていく必要がある。また、無収水対策や機器の更新等は、GHGs 排出削減に資する緩和策の取組であり、外部支援により取り組まれていると言える。

パキスタンにおける再生可能エネルギーの利用については、2020年にWBによる研究報告書が発表されている¹。これによると、パキスタンでの再生可能エネルギー、特に風力と太陽光による発電には大きな可能性があり、政策的枠組みは10年以上前から存在しているが、再生可能エネルギーのシェアは設備容量のわずか4%、発電量の2%に過ぎない。近年、新規の風力・太陽光発電プロジェクトはコストが下がっており、太陽光発電と風力発電の普及率を高めることが経済的に有益であることが示されている。既存の電力システムへの影響といった技術的な課題はあるにせよ、NDC2021に示されている通りパキスタン政府も再生可能エネルギーの割合を高めることを目標に掲げていることから、太陽光発電に対しては前向きな姿勢はあると考えられる。ただ、水道事業体においては、WASA-Fで建設中の浄水場に敷地があるにも関わらず太陽光発電設備の設置の案が出てきていないことから、資金面でWASAに余力はなく、PPPによる実施、もしくは外部からの資金援助による実施が現実的であると考えられる。

(2) その他

実際に現地で水道事業体関係者と接しながら支援活動を行っている担当者からの、政府が発表している数値と実際の数値には乖離がある場合があるというコメントは、今回の調査において重要な知見である。太陽光発電や脱炭素といった気候変動対策が政治的なものとして扱われ、パキスタン政府が発表した内容が実際には実施されない場合があることに注意が必要である。

また、無収水率に関して、WASAの公表値とフランスのプロジェクトで実施した調査で出した数値に大きな違いがあったことから、WASAの公表値については算出方法等の根拠を確認することが重要であること、関連する支援活動を実施しているJICAを始めとする他国政府あるいは国際開発金融機関等の資料の方が実情を反映している可能性が高いことに留意する必要がある。

¹ <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/884991601929294705/variable-renewable-energy-integration-and-planning-study>