

低炭素社会に向けた水供給・衛生分野における開発途上国支援のあり方

す どう かつ よし
 須藤 勝義

一般財団法人 日本環境衛生センター
 国際協力部長

1. はじめに

「コベネフィット」という言葉があります。聞き慣れない言葉かも知れませんが、一つの活動が様々な便益を生むことで、「相乗効果」と訳されることもあります。開発途上国支援においては、気候変動対策と持続可能な開発を同時に目指すコベネフィット・アプローチが幅広く取り入れられています。

本稿では、開発途上国の人々の生活と環境に直結する水供給・衛生の改善を支援しつつ、同時に低炭素化と気候変動対策にも貢献する「コベネフィット」をいかに得ることができるのかについて、日本の取組みをもとに考察していきます。

2. 水供給・衛生分野の問題とは？

2015年9月の国連総会において、2030年までに貧困を撲滅して持続可能な社会の実現をめざす『持続可能な開発目標 (SDGs)』が国連加盟193カ国により採択されました。日本を含む国際社会がその達成に向けて取組みを加速しており、読者の皆様も最近「SDGs」という言葉をよく耳にするのではないのでしょうか。

SDGsは17のゴールより成っていますが、そのなかでゴール6は「安全な水とトイレを世界中に」という目標を掲げています(図1)。いったい何が問題でこのようなゴールが設定されたのでしょうか。

現在の日本では、家庭に水道と水洗トイレがあるのがほぼ当たり前ですので、「安全な水とトイレ」と言われてもピンとこないかも知れません。しかし世界を見

6 安全な水とトイレ
 を世界中に



図1 SDGsゴール6「安全な水とトイレを世界中に」のアイコン



写真1 ルワンダで川の水を汲む人々。このような汚染された水を飲まざるを得ない人々が、世界に8億人もいる

[写真提供：今村健志朗/JICA]

渡すと、それは決して当たり前ではありません。

WHOとユニセフによれば、2017年時点で、世界人口75億人のうち安全な飲料水にアクセスできない人は約8億人（写真1）、基礎的な衛生施設（トイレ）を利用できない人は20億人、そして家庭に水と石鹸を備えた手洗い場がない人は30億人にもものぼっています¹⁾。

トイレがないと、人間の排泄物に含まれる病原菌が環境中に拡散します。その病原菌で汚染された水を飲むことが、下痢症やコレラなどの水系感染症に罹患する原因になります。WHOによると、世界で毎年17億人の子どもが下痢症に罹患し、それが原

因で5歳未満の子供52万人が命を失っています¹⁾。皆が安全な水を飲めるようにし、トイレで用を足してきちんと手洗いできるようにするだけで、下痢症は大きく減少します。

下痢症やコレラだけではありません。新型コロナウイルスの感染予防にこまめな手洗いが有効なことは皆さんよくご存じでしょう。「安全な水とトイレ」は人々の健康に不可欠なものであり、そのためにSDGsゴール6が設けられたのです。

3. 水供給・衛生分野における開発途上国支援——日本は最大の援助国

SDGsゴール6の達成に向け、先進諸国は開発途上国への支援を進めています。支援内容は、農村部における井戸やトイレの建設、都市部における上下水道の整備、そして手洗いなどの衛生習慣を身につける啓発活動などが中心です。

こうしたなかで日本は、水供給・衛生分野に

表1 プノンペン市水道事業の指標

指標	1993年	2009年
水供給能力	65,000 m ³ /日	300,000 m ³ /日
配水管網延長	288 km	1,500 km
給水普及率	25%	90%
給水時間	10時間/日	24時間/日
無収水率	72%	5.9%
料金徴収率	48%	99.9%

出典：北九州市記者発表資料「北九州市上下水道局と共に「プノンペンの奇跡」を成し遂げたカンボジア国プノンペン水道公社前総裁エク・ソンチャン氏の旭日中綬章の受勲について」



写真2 日本の無償資金協力で建設されたプノンペン市プンプレック浄水場

[写真提供：JICA]



写真3 配水管の点検を行うプノンペン水道公社の職員。北九州市の協力を得たJICAの技術協力により、職員の能力は大きく向上した

[写真提供：今村健志朗/JICA]

においては1990年代からの累計で世界最大の援助国となっています。日本の政府開発援助（ODA）を通じた支援の特徴は、特に都市部の上水道・下水道サービスの改善と拡充に力を入れてきたことです。代表的な事例として、カンボジアの首都プノンペンへの支援実績を紹介します。

カンボジアでは、20年以上に及ぶ内戦の間に水道施設は壊滅的な被害を受けました。首都プノンペンでは、内戦終了後の1993年から、日本を中心とした国際援助機関の支援により浄水場や配水管などの水道インフラが整備され、JICA事業を通じた北九州市によるプノンペン水道公社への技術支援・人材育成などにより、表1に示すように、短期間で給水普及率や無収水率の大幅な改善、24時間給水の実現を図ることができました。これは「プノンペンの奇跡」と呼ばれています（写真2、3）。

表2に、2015年の世界主要都市における無収水率を示していますが、これを見ると、プノンペンが5.9%という無収水率を2009年に達成したことがいかに驚異的なことかがわかります。なお無収水率という聞きなれない言葉については、〈5.2〉で説明します。

プノンペン市への支援は上水道に特化したものですが、例えばインドではガンジス川やその支流で首都デリー市を流れるヤマナ川の水質汚染を改善するため、日本は流域都市における下水処理場や下水道管の整備を行っています（写真4）。

4. 上下水道事業と低炭素化

前置きが長くなりました。ようやくここから本号の主題である「脱炭素化の取組み」に入っていきます。

以上のような、日本が支援してきた開発途上国の都市における上水道・下水道サービスの改善・拡充と低炭素化はどのように

表2 主要都市の無収水率等（2015年）

都市	漏水率	無収水率
東京	3	4
パリ	5	10
ロンドン	27	40
バンコク	—	29
マニラ	—	30
ジャカルタ	40	42
ヤンゴン	50	66

出典：海外展開戦略（水）



写真4 日本の円借款によるデリー市オクラ下水処理場の建設風景

[写真提供：船尾修/JICA]

結びつき、どのようなコベネフィットが得られるのでしょうか？

実は、上下水道事業は多くのエネルギーを消費する産業です。日本においても、上水道事業は全国の電力消費の約1%を²⁾、そして下水道事業は約0.7%をそれぞれ占めています³⁾。電力消費の内訳として、上水道事業ではポンプによる送配水が約6割、浄水処理が約3割を⁴⁾、また下水道事業は水処理工程が約5割、ポンプ及び汚泥処理がそれぞれ約2割ずつとなっています³⁾。

開発途上国における統計は断片的にしかありませんが、日本のように河川水などが豊富に得られないため遠方の水源から取水してポンプで導水したり、限定的な省エネルギー機器の導入やポンプ運転の非効率さなどの要因により、電力消費量に占める上下水道



写真5 日本の円借款により建設された、
インド・バンガロール市までの100kmに及ぶ送水管
[写真提供：JICA]

事業の割合は日本よりはるかに高いとみられます。例えば、砂漠が多く水源に乏しいヨルダンでは、長い距離を送水する必要があり、全国の電力消費の14%を上水道事業が占めています⁵⁾。

また、IT産業の集積で有名なインドのバンガロール市は人口800万人の大都市ですが、同市の水道水はなんと100kmも離れた川から取水し、標高900mの同市までポンプで送られています。送水される水量も膨大ですが、それに伴うポンプの運転に必要なエネルギーも膨大であり、同市の上下水道公社の支出の約4割を電気料金が占めています⁶⁾。ちなみに、バンガロール市の上下水道施設の拡充も、日本が継続的に支援しています(写真5)。

こうした状況を見ると、水供給・衛生分野における開発途上国支援においては、安全な水とトイレへのアクセスを改善するなかで、「省エネルギー」により低炭素化や上下水道事業者の経営改善といったコベネフィットを得られるポテンシャルが大きいと言えます。

他方で、開発途上国支援においては「急拡大する都市」という要因を考慮せねばなりません。多くの先進国が人口減少局面に入っているなかで、開発途上国の人口増加

は継続し、特に都市への人口集中が進んでいることから、2050年には都市人口が65億人、世界人口の3分の2に達すると言われていています。増え続ける都市住民の健康で衛生的な生活を確保するため、水供給・衛生サービスを拡充してSDGsゴール6の達成を目指すことが、各都市の上下水道公社に課せられた重大な任務となっていますが、それはとりもなおさずエネルギー消費・温暖化ガス排出のさらなる増大につながります。つまり、上下水道事業における「省エネルギー」を考慮する重要性がますます高まってくると言えます。

5. 日本の水供給・衛生分野における開発途上国支援と低炭素化への貢献

それでは、日本は水供給・衛生分野における開発途上国支援のなかで、どのようなアプローチで省エネルギーに取り組んでいるのでしょうか。

以下では2つのアプローチを紹介します。1つ目は、日本企業が有する優れた省エネ機器の導入促進です。2つ目は、無収水削減という漏水マネジメントなどの知見の提供です。

5.1 日本企業が有する優れた省エネ機器の導入促進

日本政府は2013年に経協インフラ戦略会議を設置し、日本の経済協力を活用した日本企業のインフラシステムの海外展開への支援を開始しました。上下水道を含む「水分野」は重点分野の1つと位置付けられ、2018年には内閣官房により海外展開戦略(水)がとりまとめられています。

同戦略では、日本企業が強みを有する技術として、上水道では「漏水マネジメント

表3 環境省及び国土交通省の支援事業による上下水道関連省エネ技術の実証事例

事業名	対象国	技術名	技術の概要	実施主体
平成25年度アジア水環境改善モデル事業	ベトナム (ハノイ市及びその周辺)	省エネ型有機性産業排水処理による水環境改善	回転式の生物膜処理技術。回転による水面との衝突による気や渦流現象から大きな酸素供給力を発生させる。活性汚泥法に比べ消費電力は少なく省エネ型。	積水アークシステム(株)、サン・エンジニアリング(株) 大阪産業大学、大阪府
平成30年度下水道技術海外実証事業	タイ(コンケン市)	DHS法を用いたエネルギー最小型下水処理ユニット	散水ろ床法の担体をポンジにしたものであり、標準活性汚泥法と比べ省エネ且つ運転維持管理が容易という特徴を有している。	(株)NJSコンサルタンツ・三機工業(株)・東北大学・長岡技術科学大学

出典：環境省 アジアにおける水環境改善ビジネスに関するセミナー資料
https://www.env.go.jp/water/asia_business/pdf/h26s_sekisuiqua.pdf
 国土省 平成30年度下水道技術海外実証事業(WOW TO JAPANプロジェクト)の採択技術を決定
https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/mizukokudo_sewage_tk_000584.html

等O&M」などが、また下水道では「省エネ型を含む汚水・汚泥処理技術」などがあげられています。

こうしたなかで日本政府は、環境省の「アジア水環境改善モデル事業」や国土交通省の「下水道技術海外実証事業」などを通じて、日本企業が強みを有する技術の海外での実証と普及を支援しており、それらのなかには上下水道の省エネ関連技術も含まれます。一例を表3に示します。

また、日本政府は、開発途上国への温室効果ガス削減技術の普及を通じて実現した温室効果ガス削減を定量的に評価し、日本の削減目標の達成にも活用する二国間クレジット制度(JCM)を推進しており、その一環として環境省は、プロジェクト事業者が優れた低炭素技術を導入する費用の一部を支援しています。上下水道関連省エネ事業として、令和2年度までに4件が採択されています(表4)。

以上を見ると、上水道関連ではポンプの、そして下水道関連では汚水処理の省エネ技術(ばっ気の効率化等)が支援対象となっ

ています。これは、〈3.〉に記したとおり、上水道事業ではポンプによる送配水が、そして下水道事業では水処理工程がそれぞれ最大の電力消費割合を占めており、省エネルギーのポテンシャルが大きいことと符合します。

日本企業の省エネ機器の導入促進は、これまでのところ限定的なものにとどまっています。海外展開戦略(水)は「水インフラは汎用品が主で施設建設も一般土木が中心となるため価格競争となりがち。我が国企業等は、高い技術は有しても、コスト意識の厳しい世界市場で競争力を発揮できず海外市場における日本企業のシェアは1%に満たないのが現状」との厳しい分析を行っており、こうした状況を打開するため、経済産業省が2017年に策定した『水ビジネスの今後の海外展開の方向性』では以下を提言しています。

①優れた技術を握るのみならず、相手国ニーズに応じた技術開発、ビジネス展開の取組を積極的に進めるべき。良い技術でも売れなくては意味なし。

表4 環境省のJCM支援事業による上下水道関連省エネ技術の導入事業

採択年度	パートナー国	事業名	実施団体名	事業名
H28	ベトナム	JCM 設備補助事業	横浜ウォーター株式会社	ダナン市水道公社への高効率ポンプの導入
H28	カンボジア	JCM 設備補助事業	メタウォーター株式会社	浄水場におけるインバータ導入による配水ポンプの省エネルギー化
H29	ベトナム	JCM 資金支援事業(ADB 拠出)	カンボジア公共事業運輸省	バットバン省の省エネ型下水処理場プロジェクト
H30	ベトナム	JCM 設備補助事業	横浜ウォーター株式会社	インバータ導入による取水ポンプの省エネルギー化

出典：JCMパートナー国におけるJCM資金支援事業の採択案件一覧（平成25～令和2年度）2020年12月14日時点
http://gec.jp/jcm/jp/wp-content/uploads/2020/12/20201214_list_jp.pdf

②機器売りのみならず、ニーズに合わせた計画策定やO&Mも含めたパッケージでの展開により、付加価値獲得を追求すべき。

いわば、「日本の技術・ノウハウのパッケージ提案」が必要ということですが、日本の上下水道事業は地方自治体が運営主体となっているところ、地方自治体を巻き込んだ計画から運転・維持管理までを含む提案に勝機が期待されます。

ちなみに、〈3.〉に記したプノンペン水道公社の事例では、長年にわたり協力してきた北九州市が地元企業の技術導入を後押ししています。また、表4に記したJCM設備補助事業「ダナン市水道公社への高効率ポンプの導入」は、横浜市とダナン市との都市間連携事業から発展した案件であり、いずれも地方自治体主導によるパッケージ的な取組みの好事例と言えるでしょう。

5.2 無収水削減——日本のお家芸である包括的な支援

(1) 世界に誇れる日本の無収水率の低さ
 前掲の表2に示した主要都市の無収水率を見ると、東京は4%と世界でダントツの

低さとなっています。日本全体の無収水率は平均9.9%であり（2012年⁷⁾、その低さは世界に誇れるものであると言えます。

ところで無収水とは何なのでしょう。

漏水率は何のことかイメージしやすいですが、国際的には「無収水」という概念が広く用いられています。無収水は、国際水道協会（IWA）により、表5のように定義されています。

これを見てわかるとおり、無収水は「収入につながらない水量」ということであり、水道管からの漏水や盗水のみならず、水道メーターの読み取り誤差、そして利用者に水を届けたにもかかわらず請求されない（無料の共同水栓や、水道事業者の施設洗浄水など）水量も含んでいます。

(2) 無収水削減に向けた必要な対策

それでは、低い無収水率を達成するには、どのような対策が必要なのでしょう。

まずは、表5における漏水等の「実損失水量」を減らすことが先決であり、地上漏水対策、老朽管路の計画的更新、工事・修理箇所からの漏水を防ぐための施工技術・修理技術の向上、地上では判別できない地

表5 IWAによる無収水の定義

配水量 (System input volume)	認定給水量 (Authorised Consumption)	請求認定給水量 (Billed Authorised Consumption)	請求計量給水量 請求非計量給水量（メータ未設置、故障による推定水量）	有収水量
		非請求認定給水量 (Unbilled Authorised Consumption)	非請求計量給水量（特定使用者への給水等の調定水量） 非請求非計量給水量（無料の共同水栓、管洗浄等の事業用水量）	
	損失水量 (Water Loss) 不明水 (UFW)	見掛け損失水量 (商業的損失 Commercial Loss) 実損失水量 (物理的損失 Physical Loss)	非認定給水量（盗水、その他不明水） 計量誤差（メータ不感水量） 送水管・配水管漏水量 配水池漏水・越流水量 需要家メータまでの給水管漏水量	無収水量 (NRW)

出典：JICA プロジェクト研究「無収水対策プロジェクトの案件発掘・形成／実施監理上の留意事項」最終報告書

下漏水の発見と修理などを着実に実施する必要があります。

次に、「見かけ損失水量」の削減として、日本ではほとんどありませんが途上国の都市では大きな問題となっている、盗水の防止や水道メーターの設置と適切な計量の徹底が必要です。

日本の無収水率の低さは、各地方自治体がこうした対策を高いレベルで実施していることにより実現しており、世界に誇れるノウハウであると言えます。

(3) 無収水削減の効果

それでは、無収水を減らすことによりどのような効果が得られるのでしょうか。

無収水は、コストをかけて浄水場で処理し配水した貴重な水が無駄に流出してしまうということです。それを削減することにより、以下のようなメリットが得られます。

①料金収入の増

本来水道料金を請求できるはずなのに請求できていなかった水量を減らす、またはそれまで漏水していた水量を顧客の利用に回すことができるので、料金収入の増加につながります。

②電力消費の削減

漏水が減ればその分浄水場で生産・配水する水量を削減できるため、ポンプ運転等

の電力消費を削減できます。それに伴い温暖化ガスの排出量も減ります。

③水道事業体の経営改善

料金収入が増えてランニングコストが減りますので、経営改善につながります。

④給水サービスの拡充・改善（＝顧客満足度の向上）

経営改善により、管路の定期的な更新やカスタマーサービスの充実、給水エリアの拡大などに投資する余裕ができ、顧客満足度が向上します。

以上より、安全な水の供給を目指す一環として無収水削減を支援することにより、水道事業体の経営改善とサービス向上、そして低炭素化への貢献といった大きなコベネフィットが得られることがわかります。

開発途上国の無収水率は平均40～50%程度と言われています。無駄に失われる水量を減らし、すべての住民に安全な水が供給されるよう、無収水削減は開発途上国にとって喫緊の課題であり、日本のノウハウ・経験を活かした継続的な支援が期待されます。

(4) 無収水削減に向けた日本の協力一地方自治体の積極的な参画

(2) に記したとおり、日本の地方自治

表6 無収水削減に係るJICA技術協力プロジェクト（代表的なもの）

国名	案件名	実施年
インド	ジャイプール無収水対策プロジェクト	2013-2017
	ゴア州無収水対策プロジェクト	2011-2014
スリランカ	コロンボ市無収水削減能力強化プロジェクト	2009-2012
バングラデシュ	チッタゴン上下水道公社無収水削減推進プロジェクト	2009-2014
ソロモン諸島	水道公社無収水対策プロジェクト	2012-2016
ヨルダン	無収水対策能力向上プロジェクト(フェーズ1、フェーズ2)	2005-2008/2009-2011
ケニア	無収水管理プロジェクト	2010-2014
	無収水削減能力向上プロジェクト	2016-2021
ナイジェリア	連邦区首都無収水削減プロジェクト	2014-2018
ルワンダ	キガリ無収水対策強化プロジェクト	2016-2020
ブラジル	無収水管理プロジェクト	2006-2010
ペルー	リマ上下水道公社無収水管理能力強化プロジェクト	2012-2015
ニカラグア	マナグア市無収水管理能力強化プロジェクト	2017-2020

出典：JICA プロジェクト研究「無収水対策プロジェクトの案件発掘・形成／実施監理上の留意事項」最終報告書



写真6 ペルー『リマ上下水道公社無収水管理能力強化プロジェクト』における漏水調査の様子

[写真提供：JICA]

体は無収水の削減に向けた優れたノウハウを有しています。こうしたノウハウを開発途上国に伝え、途上国の水道事業者による給水サービスの改善・拡充につなげるため、日本はJICAを中心に多くの支援を行ってきました。〈3.〉に記した北九州市とカンボジア・プノンペン事例のみならず、東京都とマレーシア、横浜市とアフリカのマ



写真7 ヨルダン『無収水対策能力向上プロジェクト』。日本人専門家(左)の指導のもとで漏水調査を行うヨルダン水道公社職員

[写真提供：JICA]

ラウイ、福岡市とフィジーなど、自治体のノウハウを活かした無収水削減の協力は枚挙にいとまがありません。

表6に、JICAが実施した無収水削減に

係る協力案件の一部を示します。協力が世界中に展開していることが見て取れます（写真6、7）。ただしこのリストは、「技術協力プロジェクト」という協力形態で、かつ案件名に「無収水」を含むものを抽出したもので、これら以外にも多くの国で無収水削減に貢献する技術協力や資金協力が多数実施されています。また、これらの多くは専門家派遣や日本での研修の実施で地方自治体の協力を得ています。

（5）無収水削減と温暖化ガス排出削減

無収水の削減が電力消費の削減を通じて低炭素化に結び付くことは（3）で見てきましたが、それでは無収水対策を行うことにより、どの程度温暖化ガスの排出を抑制することができるのでしょうか。

JICAがヨルダンで実施した無償資金協力による送配水網の整備や技術協力「無収水対策能力向上プロジェクト」により強化された体制や無収水削減活動が継続し、2007年の無収水率42.6%が2022年に25%まで下がった場合、年間約34万tの二酸化炭素排出量の削減に結び付くと試算されています⁸⁾。

ヨルダンの2018年の二酸化炭素排出量は約2,300万tですので、その1.5%が削減されることになります。

6. おわりに

ここまで、「安全な水とトイレを世界中に」というSDGsの目標達成を目指した日本の開発途上国支援が、低炭素化にも貢献し得ることを見てきました。特に、地方自

治体の協力を得て長年にわたり地道に展開してきた無収水削減に向けた支援は、低炭素化のみならず、様々なコベネフィットを得られる優れた協力であることがわかりました。

世界が脱炭素社会に向かうなかで、日本としてはこうした優れた面を国際社会にアピールし、開発途上国が直面する「都市への人口集中に対応した水供給・衛生サービスの拡充・改善」という課題解決に向けて、取組みを継続していくことが期待されます。

参考文献

- 1) Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017, pp.7-9, UNICEF / WHO, 2019年
- 2) 新水道ビジョン、p.30、厚生労働省健康局、2013年
- 3) 下水道における資源・エネルギー施策の現状分析、下水道政策研究委員会第3回会議資料4-2、p.20、国土交通省、2013年
- 4) 上水道・工業用水道、下水道部門における温室効果ガス排出等の状況、温室効果ガス排出抑制等指針検討委員会（第7回）資料3、p.3、環境省、2015年
- 5) ヨルダン・ハシエミット王国 バルカ県送配水網改善・拡張計画 案件概要書、p.1、JICA、2012年
- 6) 2015年度外部事後評価報告書 円借款「パンガロール市上下水道整備事業」、p.18、JICA、2015年
- 7) ICA プロジェクト研究「無収水対策プロジェクトの案件発掘・形成／実施監理上の留意事項」最終報告書、p.1-1、JICA、2020年
- 8) 温室効果ガス（GHGs）削減効果定量化によるプロジェクト研究、p.3.5-21、JICA、2005年