

水と衛生にかかわる適正技術概念について

Appropriateness of water supply and sanitation technology and technology transfer into developing countries

酒井 彰¹
Akira Sakai

山村 尊房²
Sombo T. Yamamura

ビルキス・A・ホック³
Bilqis Amin Hoque

萩原 良巳³
Yoshimi Hagihara

ABSTRACT: Water supply and sanitation is still an outstanding issue in many developing countries in spite of the amount of efforts over the decades and its increasing importance in the sustainable development of the world. The low-cost “appropriate technology” applied in the past sometimes overlooked local conditions and wasted a lot of resources. Authors propose to revisit the concept of appropriateness regarding water supply and sanitation technology based on the discussion titled “Appropriate water and sanitation solutions in stressed situations and beyond: A growing challenge” at the Third World Water Forum. Authors will also discuss 1) the measures to transfer and apply appropriate technology, 2) some alternatives to mitigate arsenic in tube-well or improve sanitation through the experiences in Bangladesh.

KEYWORDS: appropriate technology, water supply, sanitation, technology transfer, arsenic mitigation

1 はじめに

先進国においては、安全な飲料水と衛生の確保は市民生活の基盤として確立されたものになっているのに対し、開発途上国においては、10億人が安全な水供給について、20億人が衛生の確保について未解決のままとなっている。1977年の国連水会議（マルデルプラタ）における宣言を踏まえ、1980年代に国連が行った「国際飲料水の供給と衛生に関する10年（IDWSSD）」によって、開発途上国における安全な飲料水と衛生の確保のために本格的な取り組みが開始された。しかし、多大な資源の投入にもかかわらず、安全な飲料水と衛生は多くの開発途上国においては未解決の課題となっている。

地球サミット以降、安全な飲料水と衛生の確保は地球レベルでの持続的な発展にとって最も重要な課題のひとつであるとの認識が国際的に高まり、こうしたサービスを提供されていない人口を2015年までに半減させるという目標が国連ミレニアム宣言(2000)¹⁾、地球サミットにおけるヨハネスブルグ宣言(2002)²⁾において採択され、第3回世界水フォーラム(2003)では、目標達成のための具体策として民間資金の活用などが議論された³⁾。筆者らは、第3回世界水フォーラムにおいて“Appropriate Water and Sanitation Solutions in Stressed Situations and Beyond: A Growing Challenge”と題するセッションを開催し⁴⁾、開発途上国の特性や直面している困難な諸条件に見合った適正技術の適用が今後の重要な課題であることを指摘した。

本論においては、このセッションでの議論ならびにバングラデシュにおける経験を踏まえ、水と衛生に関する適正技術の概念を再構成するとともに、適正技術を普及させるための方法論を検討する。

¹ 流通科学大学 University of Marketing and Distribution Sciences

² アジア太平洋地球変動研究ネットワークセンター Asia Pacific Network for Global Change Research

³ 京都大学防災研究所 Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

2 これまでの技術援助から得られる教訓

IDWSSDの開始にあたって注目されたことは、開発途上国における都市の劣悪な環境衛生とこれに付随する消化器系伝染病の発生率や乳幼児死亡率の高さであり、貧しい人々の多くが直面するものであった。それまでの飲料水供給、衛生事業は、先進国で適用されてきた技術を標準とした上下水道システムを都市の中心部、中流以上の郊外居住地、商業地区などに適用したものであり、少数のみが享受できるものでしかなかった。しかも主要な援助機関はこうした事業を援助の対象としてきた。IDWSSDの実施にあたって強く意識されたのは、それまでとは全く異なった「低コスト」の技術の適用であった。「適正技術」ということばが強調され、コミュニティレベルの水道整備や管井戸（チューブウェル）・ハンドポンプによる飲料水供給プロジェクトが注目を集めた。主要な援助機関、NGOによる支援もこのような技術の導入に向けられ、ガーナ、インド、バングラデシュなどでは政府の施策としても推進された。その結果、幼児死亡率にみられる健康に関する指標の改善に大きな効果を示した⁵⁾。その一方で、地域の諸条件を見過ごし、十分な事前アセスメントが行われないまま適用された低コストのいわゆる「適正技術」が、投資された資源を無駄にしてきた点のあることも見過ごせない。

その例をバングラデシュの井戸水ヒ素汚染について見てみよう。バングラデシュは、1970年代以降、政府が国際機関の支援の下でハンドポンプによる地下水の利用を積極的に推進し、政府及び民間の資金によって1000万本に及ぶ管井戸が掘削された。1970年から2000年にかけての30年間の間に、給水普及率は農村部においては43%から97%に、また都市部においては22%からほぼ100%に大きく改善された。IDWSSDによって最も顕著な改善を見た国の一つである。

しかし、1993年になって砒素による飲料水の汚染問題が判明し、その原因が地下水の利用によるものであること、さらにバングラデシュ全体の井戸の29%がバングラデシュの基準値である50ppbを超えていること、その結果、バングラデシュの人口1億3000万人に対して、2800万から3500万人がヒ素による健康障害のリスクに暴露されていることがわかった。ヒ素汚染は全国のほとんどの地域に広がっているが、すべての井戸が、飲料水基準値を超えている地域もある。供給される飲料水の安全性を考慮すれば、給水普及率は大きく減少するとみなされることになる。

ヒ素汚染の広がり原因として、地下水の安全性について確認することなく推進されてきた政策の失敗があげられる。20年にもわたってヒ素が測定されなかったことは、水質分析体制がなかったことが直接の原因であるとしても、援助国も含めて測定を行わなかったことは、適正な技術とは何かについて問題を提起するものである。この事例から得られた教訓としては、技術のある地域に適用しようとしたとき、その地域の特性を十分把握し、事前のアセスメントにより、技術の適用性を判断しなければならないことである。バングラデシュの場合は健康にかかわる水源水質という最も基本的条件の確認が見過ごされたということである。また、技術の受入れ主体である地域住民が、受け入れを判断する手順や、事後のモニタリングなどの関連事項を含めた技術の導入方法の適正さを議論しなければならないと考える。

3 水供給と衛生の技術に求められる適正概念

ここでは、水供給と衛生に関わる技術に対する適正概念を整理し、途上国における水供給と衛生サービスを普及するために導入する技術が有すべき特性について明らかにする。適正ということばは、①ある基準にかなっていること、②要求などによくあてはまって正しいことなどを意味する。前者でいう基準が、飲料水基準、環境基準など遵守すべき最低限の基準である場合、それを満足することは必要条件として求められることであるので、ここでの検討では、後者の意味での適正さについて検討したい。

3.1 適正概念の抽出と構造化

一概に適正概念といったとき包括的な意味での適正さの概念があり、この概念は包括的な意味を構成するさまざまな要素や側面における適正さに分解できよう。ここでは、包括的な意味での適正さとして、

「水供給と衛生サービスの目的である『健康で安全な生活』が導入された地域において持続的に維持」することを可能にする技術と考えることとする。また、導入される地域の住民が適正技術を主体的に判断することを前提に検討する。

この包括的な意味での適正さは1) 地域に適した技術、地域が受容可能な技術、2) より望ましい要因、3) 地域に受け入れられるために求められる手順の適正さに分解されよう。

技術の受容可能性は、資源・環境的側面、人材的側面、社会文化的側面などから評価され、地域が技術を受容するかどうかで判断される。ただし、途上国への水供給と衛生サービスを提供する場合、受入れ側の地域条件に何らかの改善措置を講じ、受入れ可能性を拡大することを併せて行うことが必要になるケースがほとんどであろう。改善が必要となる地域条件としては、人材育成、健康・衛生教育、情報の開示などによる人的資源の能力開発とともに、途上国の多くの地域がかかえる諸問題、すなわち、水供給と衛生の提供を困難にしている貧困、人口の都市集中などストレス要因があげられる。こうした関係を図-1に示す。

この図において、安価であること、装置の運転操作が容易であることなど、技術が持っている固有の特性は、より望ましい条件になると考えられ、2で述べたように、途上国における水供給と衛生サービスの提供においては、必ずしも高い優先度をもつものではない。また、資源の制約の大きな途上国でのし尿や排水の処理においては、かつてわが国で食糧増産のためにし尿を農地で利用したように、地域の有機物資源として活用を図る必要があろう。

このように水供給と衛生サービスの提供のプロセスとして、地域住民の主体的意思決定や管理への参加を考えれば、人材開発などを含める必要性が高いことから、技術の導入プロセスの適

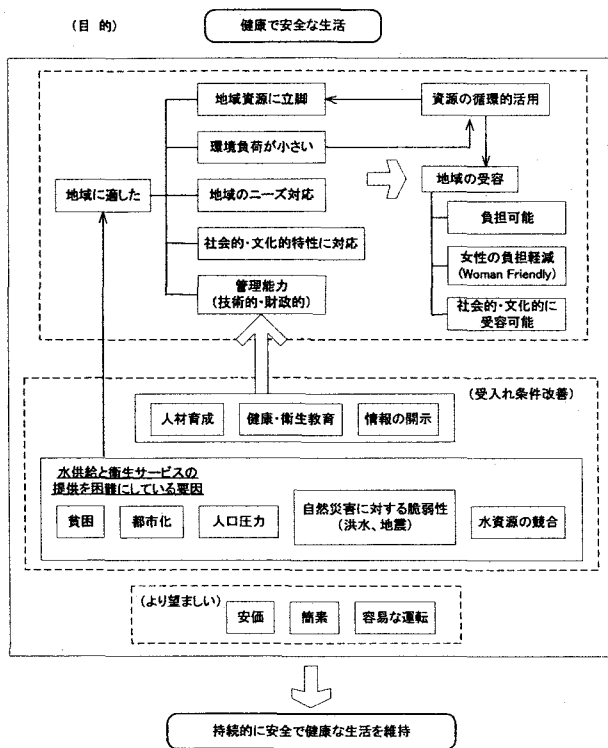


図-1 水供給と衛生に求められる適正概念

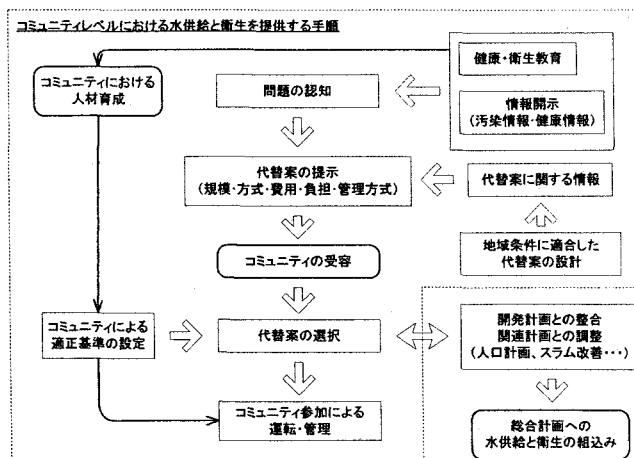


図-2 コミュニティレベルにおける水供給と衛生の普及の手順

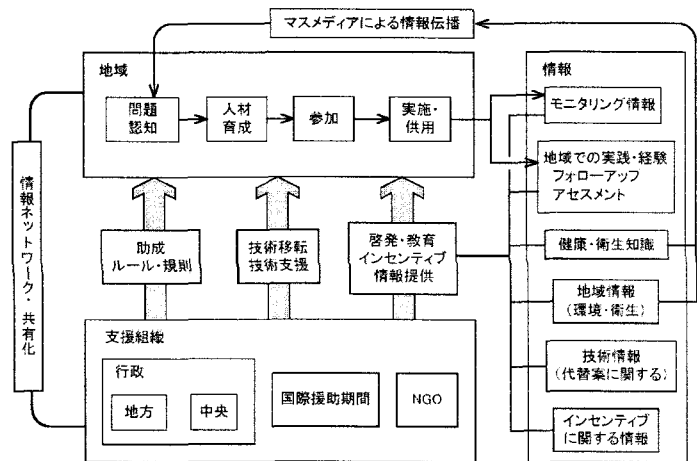
正さも問題にしなければならないだろう。これは、これまでの技術移転が、住民に十分な情報を提供し住民が判断するプロセスを重視せず、施設の建設で終わってしまっていたことが失敗の要因となっているケースが少なくないからである。図－２は、コミュニティレベルで水供給と衛生サービスを提供する手順を示したものである。この図において、重要な点は、代替案に関する情報を十分に伝えることであり、そのためには、情報が伝わるべく住民が問題に気がつき認知すること、認知能力を向上させるための健康・衛生教育、地域で生じている問題の大きさに関わる情報を開示することが必要と考えられる。代替案に関わって提示する必要のある情報として処理方式などの技術要素だけではなく、適正な計画規模、供用に移されたのちの管理方式、さらには、住民の役割、住民を含めた費用分担などもあげられる。

3. 2 適正技術の普及プロセス

適正技術は、地域毎の特性を配慮しながら広く普及することによってこそ適正といえる。そのためには普及手段を適正に講じる必要がある。必要な手段として下記のものがあげられる。これらは、相互に関連し、連携がとられている必要がある。図－３にそれらの関係を示す。

- ① 地域での問題認知と人材育成のための啓発、教育
- ② 情報開示・情報の共有化
- ③ 技術支援
- ④ 参加のインセンティブ
- ⑤ 財政支援
- ⑥ フォローアップ・アセスメント

適正技術を普及するための情報は支援組織から発せられるものばかりではなく、地域での実践を通して発信されるモニタリング情報、事前・事後のアセスメント情報、失敗経験を含めたフォローアップ情報を含めた情報がネットワークによって共有化されることが必要である。し



図－３ 適正技術を普及させるための手段と相互関係

たがって、これらの情報を取得、集約する役割を図中に示した支援組織が担う必要があろう。情報をより広く効率的に伝播するためには、マスメディアを活用することも考えられる。また、実践そのものに住民ならびに関係者の学習機会としていくことも必要である。すなわち、改善された衛生状況によりもたらされる効果に関する情報を住民にフィードバックすることは、水供給と衛生サービスが健康な生活に関連することへの理解を深め、人材育成のための基礎を形成することにも寄与する可能性がある。

4 水と衛生に関するシステム代替案と適正概念

ここでは、水供給システムおよびトイレ改善・し尿処理システムのいくつかの代替案を示し、水供給及び衛生サービス提供のための技術システムと適正概念の関係を考察する。水供給システムにおいては、バングラデシュにおける井戸水のヒ素対策プロジェクトで適用されている技術オプションからいくつかのシステム代替案を構成した⁷⁾。また、トイレ改善・し尿処理システムの代替案は、段階的な衛生レベルの向上に対応している。すなわち、当初より大規模システムを導入するのではなく、コミュニティレベルの衛生の改善が進んだあと、段階的に資源利用などの多様な機能をより広域的なシステムにおいて備えていくことを想定している。

(1) 水供給システム

バングラデシュにおいては、2で述べたように1000万に及ぶ井戸により、水供給システムの普及率は高いが、安全な飲料水の供給という点では満足できる状況にない。飲料水に含まれるヒ素対策のオプションは、①井戸水からのヒ素の除去、②井戸水に代わる代替水減の利用に大別される。さらに適用する規模として、①各戸で行うもの、②コミュニティレベルで行うもの、③広域（地域レベル、都市レベル）での給水が考えられる。対策オプションと適用規模の組合せ関係を表-1に示す。

ヒ素に汚染された井戸に代わる水源としては、雨水、ため池など表流水と深井戸があるが、雨水利用では8~9ヶ月続く乾季に備えた何らかの貯留が必要であり、長い貯留期間に微生物による汚染の懸念がある。ため池、あるいはダグウェルといわれる浅井戸は、し尿等の適正な処理が行われていない現状では病原微生物に汚染されている可能性があり、これらの水源を利用するためには、処理・消毒を含めた対応が必要である。各戸レベルで複数のフィルターによって井戸水からヒ素を除去するプロジェクトがいくつかのコミュニティで行われてきたが、詰まりや異臭味、手間など、いずれも満足できる結果が得られていない⁷⁾。また、コミュニティの中で複数の井戸を使用していたときと比べ、水源の変更は水の運搬に要する労力は増える可能性があるため、水の運搬を担ってきた女性の視点から、労働時間などの評価が必要になる。

表-1 ヒ素対策オプションと適用規模の組合せ

ヒ素対策オプション		各戸	コミュニティ	地域レベル・都市レベル
ヒ素の除去	ヒ素除去フィルター			
代替水源	雨水利用			
	ため池・浅井戸（ダグウェル）			
	深井戸			
	ダム・河川水			

※着色部分が代替システムとして構成可能

各戸レベルのヒ素除去では、安全確保のために基準を満足するための処理にコストの大部分が費やされるため、安価ということが、遵守すべき基準を満足するという要件と相反する可能性がある。つまり、こうした規模においてはコストに代わる要因としての維持管理にかかわる労力や性能発揮の確実性のウェイトが大きい。一方、地域レベル、都市レベルへ広域化すると輸送及び配水のために施設への大きな投資が必要となるため、この点のコストを重視せざるを得ない。すなわち、水供給システムの規模によって技術の適正概念、重視すべき要因は異なってくる。

また、新たな水源の汚染レベルや処理レベルのモニタリングにより、フォローアップしていくため、モニタリングシステムを取り込む必要があるが、これは各システムに付随するというよりも、地域レベルあるいは国レベルでの監視体制として考える必要がある。

(2) トイレ・し尿処理システム

地域の衛生にとって、最も必要なサービスは衛生的なトイレの普及とし尿の排除である。しかし、し尿は排除先での汚染源となり水利用に支障をもたらす要因となり得るため、トイレ構造での配慮あるいはし尿の処理が必要である。途上国の農村、都市スラムにおいては、戸外の非衛生的なトイレがため池や浅井戸の微生物汚染の要因となっているほか、洪水・はんらの頻度が非常に高いバングラデシュにおいては、洪水時の環境汚染の主たる原因ともなっている⁸⁾。

衛生システムとしては以下の技術システムが考えられる。

① トイレの改良

② トイレ排水の処理とし尿中の有機物資源の活用

③ 分散処理（コミュニティレベル）と広域的な環境・資源管理

②を意図した技術として例えば、バイオガスプラントがあり、この設備から発生するメタン等の生成物を

燃料に利用し、安定化した汚泥を肥料や魚の養殖に利用することが考えられている。資源活用により、燃料確保に必要な家事時間や費用の節減に寄与し、家計にとってもたんなる負担増だけでなく便益をもたらす。

コミュニティレベルの衛生サービスが普及した後は、より広域的観点からの環境管理が求められてこよう。この際、各コミュニティから発生するし尿や地域の有機物資源を広域的に資源活用することも併せて検討することが求められる。広域化したシステムでは、収集・輸送に必要な費用が増大するため、この点で低コストであることが適正さとして重要度を増す。一方、コミュニティレベルでのシステムでは、適正かどうかは、衛生の確保、居住環境の改善、コミュニティでの継続的管理、資源活用などの要因に依存する。

5 まとめと今後の研究課題

過去における失敗を教訓として、開発途上国における水供給と衛生に関わる適正技術を普及することは地球規模での課題である。汚染物質の除去技術等の要素技術は独立して存在するものではなく、地域への導入を図るに際しては、社会経済的条件、生活様式、習慣などの文化的側面を含む地域特性と密接なかわりをもって存在することになる。このことに留意すれば計画諸元の決定や導入プロセスを含めて、地域の条件に即した適正さが求められる。一方、こうした技術を受入れる地域においても、地域住民の主体的なかわりを前提として、人材開発、さまざまなストレス要因の軽減といった地域条件の改善が必要である。

今後の研究課題としては、以下のものがあげられる。

- ① 地域特性と適正技術の関係の明確化：例えば、バングラデシュにおいて、水源のヒ素濃度等の水質特性や水質分布、地域の経済社会的条件を分析するとともに、技術オプションの地域受容性の評価方法を研究し、地域特性と適正技術の関係を明確化する。
- ② 計画の事後評価システムの構築：モニタリング情報による事後評価方法を含め、地域社会におけるシステムの定着状況を評価するための方法論を開発する。
- ③ 住民とのコミュニケーションに関する研究：住民の支払い能力、維持管理への参画意思の把握方法、システムの定着可能性の推定方法について研究する。
- ④ 地域特性を考慮した参加型計画プロセスの開発：①～③をもとに途上国における住民参加型の水供給と衛生の改善計画の方法論を構築し、ケーススタディを行う。
- ⑤ 適正技術の普及推進方策：研究成果を支援組織、とくに開発援助国からの協力事業に適用するための条件を整理する。

謝辞：本文で述べた第3回世界水フォーラムにおけるセッションの開催にあたっては、ホック、山村、酒井のほか、UNEP 国際環境技術センター企画官ハリ・スリニバス氏及び国連大学高等研究所客員研究員鈴木克徳氏の多大な貢献があったことを付記し、両氏に感謝の意を表する。

【参考文献】

- 1) 国連ミレニアム宣言(2000)
- 2) 地球サミットにおけるヨハネスブルグ宣言(2002)
- 3) 第3回世界水フォーラム閣僚宣言(2003)
- 4) Obstacles to the Adoption of Appropriate Technology Session Report Code: STMP – 08, Science, Technology and Management Panel, Third World Water Forum, March 2003
- 5) Learning What Works, A 20 Year Retrospective View on International Water and Sanitation Cooperation, 1998, UNDP-World Bank
- 6) ハン・ハイネン：バングラデシュにおける飲料水のヒ素問題の経過と対策の現状、水道公論、2002年10月号
- 7) Bilqis A. Hoque, M.M. Hoque, Tofayel Ahmed *et al.*: People's Demand based water options for arsenic mitigation: an experience from rural Bangladesh, The Journal of Public Health, UK. 投稿中
- 8) Bilqis A. Hoque, R.B. Sack, J.T.A. Chowdhury and Nahid Ali: Domestic water and sanitation in Cyclones and floods in Bangladesh and a proposed research agenda, *Water International*(1997), 22, pp.266-271