

現地調査による ODA 水供給 プロジェクトの水質改善評価

西田太一¹・山田淳²・V. S. Muhandiki³

¹学生会員 立命館大学大学院 理工学研究科創造理工学専攻 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

²正会員 工博 立命館大学教授 理工学部環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

³正会員 工博 立命館大学講師 理工学部環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

ODA による水供給プロジェクトは、国や地域の状況に応じて実施されており、一定の成果を挙げていると思われる。プロジェクトは、妥当性、有効性、インパクト、効率性、持続発展性などの視点から評価される。水供給の場合、水量の確保、水質の改善、安定した供給、水汲み運搬労働の軽減などがその基本的な評価指標となる。しかし、水質の改善は達成されない事例が多い。水因性疾患といった問題は、水道施設や下水道などの環境衛生設備の整っていない、あるいは衛生的な考え方が普及していない途上国に集中している。データ入手の困難さから、水質改善の把握はあまり取り上げられてこなかった。本論文では、水質改善に焦点をあて課題の整理を行う。

Key Words: ODA evaluation, water supply project, water quality, field survey, beneficiaries

1. はじめに

近年、ODA 予算の縮小を受けて、ODA の質の向上及び説明責任の確保のために ODA 評価の重要性が再認識されている。ODA 評価手法は、各援助機関によるガイドラインの整備など、体系化が進められているが、援助分野別の具体的な評価手法が確立するには至っていない。しかし、分野毎に必要なデータやモニタリングを始めとするデータ収集法、活用方法などが異なるため、分野別に評価手法を確立することが、円滑な評価を進めるのに不可欠である。

発展途上国において水供給分野は、人間の健康や生活、経済活動に繋がる主要なインフラであり、これまで先進諸国、国際機関の ODA (Official Development Assistance) 等によって多くの援助実績がある。また、水供給分野の ODA は、BHN (Basic Human Needs) の 1 つとして位置付けられ、2000 年 9 月に採択された「ミレニアム開発目標 (Millennium Development Goals: MDGs)」では目標の 1 つとして「2015 年までに、安全な飲料水を継続的に利用できない人々の割合を半減する」とされている。¹⁾

水供給分野では、利用者に対する直接裨益効果が大きいため、プロジェクトの成否は裨益住民の生活に大きな影響を与える。また、施設の維持管理に一定の技術が要求されることや、運営にあたり水道料金の徴収による持続的経営が求められることも特徴的である。

ODA 評価は、妥当性、有効性、インパクト、効率性、持

続発展性などの視点から評価される。水供給分野の場合、水量の確保、水質の改善、安定した供給、水汲み運搬労働の軽減などがその基本的な評価指標となる。これらの指標は、プロジェクト計画時に十分考慮されているが、水質の改善については当然のこととしてあまり配慮がされていない。本論文では、現地調査で収集したデータを用いて、水質改善に焦点をあてた評価の指標について検討する。

2. 途上国における水供給

(1) 途上国における水供給の現状

世界の 5 人に 1 人の約 12 億人が安全な飲料水を得られていない。1 日に約 6000 人の子供達が水因性疾患により命を落としている。世界の水供給率を、地域的な分布から見ると、低供給率の大部分はアジア、アフリカ地域の発展途上国である。²⁾

また、水に関する感染症は、水道施設や下水道などの環境衛生設備の整っていない、あるいは衛生的な考え方が普及していない途上国に集中している。

(2) 途上国における水供給システム

途上国における水供給システムは、給水形態別にポイント給水 (P)、公共水栓 (PT)、戸別水栓 (HC) に分類することができる。水源地点からこれら給水地点までは、取水、

導水、浄水、送水、配水などの各施設を経由する給水システムがある。また、雨水利用や水源から直接に取水、配水といった簡易的な給水システムまで多種多様である。村落地域ではポイント給水、公共水栓、都市地域では、戸別水栓が主に整備されることが多く、地域の水需要や経済力、適性技術に応じた水供給システムが整備されている。

3. 水質評価指標

(1) 途上国の水質基準

途上国では、多くの国が水質基準を定めているが、基準が十分でない国・地域も存在する。また、水質基準に対する認識が、先進国とは違う。先進国の水質基準は、その遵守が義務づけられており、監視項目にある指針値も、これに準ずるものとして位置づけが明確である。これに対して、多くの途上国で、基準を外れていてもほとんどの国では罰則が無いため目安程度でしかない。将来的に先進国並みの水道とするには、法整備と施設整備を進めていく必要がある。一方、それが経営に影響を与える多大な支出を伴う可能性が示唆される。

(2) 水質評価指標の提案

水質基準が必ずしも達成されていない途上国において、水質の改善は重要な問題である。衛生に対する認識や設備の設置・運転管理や水質管理など指導的技術者の派遣、水質関連機材の供与などの技術協力が必要である。本論文では、水質評価を容易にするための評価指標を提案すると共に、過年度までに実施してきた現地調査による水質評価事例を第5章において行う。

水質基準は、「健康に対する悪影響（急性及び慢性）を生じさせない」という観点や「異常な臭味や洗濯物の着色など生活利用上の障害をきたさない」という観点などから基準値が定められている。途上国において、先進国の水質基準を適応することは困難である。そのため、本論文ではレベル別の水質基準を設定することにより、どの程度の水質基準を達成しているかを水質達成度で把握する。水質基準の各レベルの定義を表-1に示す。

A段階は、水道水（飲料水）の水質基準をうわまわり、「おいしい水」とされるレベルである。B段階は、現行の水道水のレベルである。次のCレベルは暫定基準で、水質基準や施設の整備や管理が十分でない途上国の水質を判断する。Dレベルは、C基準すら満たしていない水である。Cレベルの基準としては、難民キャンプや災害時の緊急給水の暫定的な基準が考えられるが、ここでは、仮の定義で表示した。また、A段階の基準は、高度浄水などの

基準値などが考えられるが、今後の検討課題とした。B、Cレベルの基準値を表-2に示す。

これら水質達成度とアンケート調査項目である水質に対する満足率より水質の評価事例を示す。アンケート調査は、プロジェクト実施前後において「水質の改善」「水量の増加」「水因性疾患の減少」の変化を5段階の回答で求めた。

表-1 水質基準のレベル

	内容
A	推奨ガイドライン(おいしい水)
B	WHO "Guidelines for Drinking-water Quality"(2004) ³
C	暫定基準 環境基準またはBの2倍の基準 ^{*1}
D	C基準を満たしていない

^{*1}一部の項目のみ

表-2 水質項目とその基準値

項目	単位	レベル	
		B	C
		WHO	暫定値
大腸菌	(MPN)	100ml中で不検出	100ml中で50以下 ^{*1}
一般細菌	(MPN)	1ml中で100以下 ^{*2}	1ml中で200以下
Cl	(mg/L)	250	250
COD	(mg/L)	1.0 ^{*1}	3.0 ^{*1}
NO ₂ ⁻ -N	(mg/L)	3.0	6.0
NO ₃ ⁻ -N	(mg/L)	50	100
Al	(mg/L)	0.2	0.4
Cr	(mg/L)	0.05	0.1
Mn	(mg/L)	0.5	1.0
Fe	(mg/L)	0.3	0.6
Cu	(mg/L)	2.0	4.0
Zn	(mg/L)	3.0	6.0
Cd	(mg/L)	0.003	0.006
Na	(mg/L)	200	400
Pb	(mg/L)	0.01	0.02
硬度	(mg/L)	250	500

^{*1}環境基準(湖沼)⁴⁾

^{*2}水道法⁵⁾

4. 現地調査概要

(1) 現地調査の対象地域

2001年から2005年にかけて、フィリピン、ベトナム、インドネシア、スリランカ、ケニアで現地調査を実施してきた。調査内容としては、プロジェクト関係者に対するインタビュー、水源から水栓までの施設調査と水質分析、受益者である住民を対象としたプロジェクト前後の水利利用に関するインタビュー形式のアンケートである。表-3に調査対象のプロジェクト概要を示す。

(2) 現地調査における水質調査

現地調査では、水道水の水源、浄水施設、給水地点である水栓、洗濯や水浴・風呂に利用している河川や井戸などの副水源において採水・分析を実施した。

現地での分析は設備、時間等に制約があるため、特定の条件に対応した分析方法を採用した。時間経過により性状が変化しやすい非保存性の細菌類、化学的指標、物理的指標を現場で分析し、性状が変化しにくい保存性の重金属類等については日本で分析した。

細菌類の測定には小型の恒温器に収納できる Petrifilim (3M) を使用した。化学的指標の測定には、簡易測定 (パケットテスト) を使用した。分析器具は使い捨

ての滅菌済み器具を使用した。重金属類等の測定には、ICP 発光分析を使用した。現地調査において実施した水質調査項目を表-4 に示す。また、水質調査のサンプル数を表-5 に示す。

表-5 地域別水質調査サンプル数

国	都市地域 (HC/PT)		村落地域 (PT/P など)		合計
	水源	末端	水源	末端	
Vietnam	1	5(4) ^{*1}	12	7(2)	25
Philippines	2	5(3)	1	8(2)	16
Indonesia			9	8(2)	17
Sri Lanka (2004)	4	2(2)	7	3	16
Sri Lanka (2005)			15	9	24
Kenya	5	4(2)	7	5	21
合計	12	16	51	40	119

*1 () は浄水施設を有する場合

表-4 水質調査項目

基本的性状	温度、濁度、色、臭気
化学的性状	大腸菌、一般細菌、pH、アルカリ度、炭酸カルシウム、F、Fe(D)、Cl、CIO、TCIO、COD、NO ₂ -N、NO ₃ -N、NH ₄ -N
重金属	Al、Mn、Fe、Ca、Mg、Zn、Pb、Cr、As、Cd、Hg、Na、Si、Cu

表-3 調査対象プロジェクトの概要

国	都市 / 村落	Province	Community (City/Town)	水源	浄水処理種類	給水形態
Philippines (P)	都市地域	Dagupan	Dagupan	深井戸	塩素消毒	HC ^{*1}
		Angeles	Angeles	深井戸	ろ過	HC
	村落地域	Sabang	Sabang	深井戸	-	P
		Cubao	Cubao	深井戸	-	P
		Maravilla, Malinao	Maravilla, Malinao	深井戸	塩素消毒	HC / PT
		Boso-Boso	Boso-Boso	湧水	-	PT ^{*2}
Viet Nam (V)	都市地域	Hai Phong	An Dong	河川	塩素消毒 沈殿、ろ過	HC
			Binh Hai			HC
			Van my			HC
			Ha Ly			HC
	村落地域	Hanoi	Hanoi	深井戸	塩素消毒、ろ過 除鉄、除マンガン	HC
			Yen Bang	深井戸	-	HC
		Nam Dinh	Nam Giang	河川	凝集、沈殿、ろ過	HC
			Chieng Pac	湧水 / 河川	-	HC
Indonesia (I)	村落地域	South Sulawesi	Chieng Pan	井戸	-	P
			Pekkac	湧水	塩素消毒	HC / PT
			Marang	湧水	塩素消毒	HC
			Tanrutedong	深井戸	塩素消毒	HC / PT
			Limbung	灌漑用水	塩素消毒 凝集・沈殿、ろ過	HC / PT
			Allejang	湧水	-	HC
			Menrong	湧水	-	HC
			Lempang	湧水	-	HC
Sri Lanka (S)	都市地域	Western	Battaramulla	河川	塩素消毒、沈殿、ろ過	HC
		Central	Nuwara Eliya	河川 / 井戸	塩素消毒	HC
	村落地域	Sabaragamuwa	Gonaramba	深井戸	-	HC
			Mampita	雨水 / 井戸 / 湧水	-	HC / PT RW ^{*3}
		Central	Carolina Estate	雨水	-	RW
		North Central	Thirappane	雨水	-	RW
		North Western	Ambanpola	雨水	-	RW
		North Western	Ambanpola	雨水	-	RW
Kenya (K)	村落地域	Eastern	Meru	湧水 / 河川	塩素消毒、沈殿、ろ過	HC / PT
		Nyeri	Nyeri	河川	塩素消毒 凝集、沈殿、ろ過	HC / PT
		Chogoria	Murugi-Mugumango	河川	-	HC
		Kieni East	NGK	河川	-	HC
		Central	Kabuku	湧水	-	HC

*1 HC : 戸別水栓

*2 PT : 公共水栓

*3 RW : 雨水利用

5. 評価事例

(1) 水質基準達成度

現地調査で得られた測定結果を水源地点と給水地点に分類し、第3章で示した水質達成度を図-1に示す。

水源での達成率は、COD、大腸菌群数、一般細菌数が低く、Al、Fe、Mn、Pb、硬度で達成していないところがある。とくに有機物の指標であるCODは、日本の環境基準の水道1級にあたる水質よりかなり悪い。また、細菌類についても50~60%しか達成できていないので、水道整備以前は細菌汚染されている水をそのまま使っていたことになる。

一方、給水地点では、細菌類において若干改善されたものの、むしろ改善されていない項目が多い。これは、ほとんどの浄水設備が十分な施設でなく、塩素消毒の効果がうかがえる程度である。塩素消毒を省略している施設もあるため、細菌類の達成率が100%になっていない。

これらの結果から、細菌類以外の項目では、水源選択が給水水質を決めることになっていると分かるので、プ

ロジェクトの計画段階での水源水質予測が重要であると指摘できる。

(2) 地域、浄水施設別の水質結果

図-2に同一プロジェクトにおける水源地点と給水地点の水質を比較したものを示す。都市水道と村落水道、浄水設備の有無、ポイント給水などの特性が表されている。

水源水質、給水水質ともに大きく分散している項目がある。COD、Al、Fe、硬度はかなりばらついている。また、水源水質より給水水質が悪化している例がある。とくに、Feについて顕著でありこれらの原因の究明が必要である。

次に、都市と村落を比較してみる。都市は表流水が主体となるため、水源水質はあまり良好でないが、凝集沈殿やろ過のような浄水設備を設置するため、給水水質は良好であるというのが一般的な状況と思われたが、必ずしも明確な傾向は出ていない。

また、浄水設備の有無によって水質改善が異なることもあまり明確でない。

ポイント給水の場合は、当然ながら水質は改善されない。

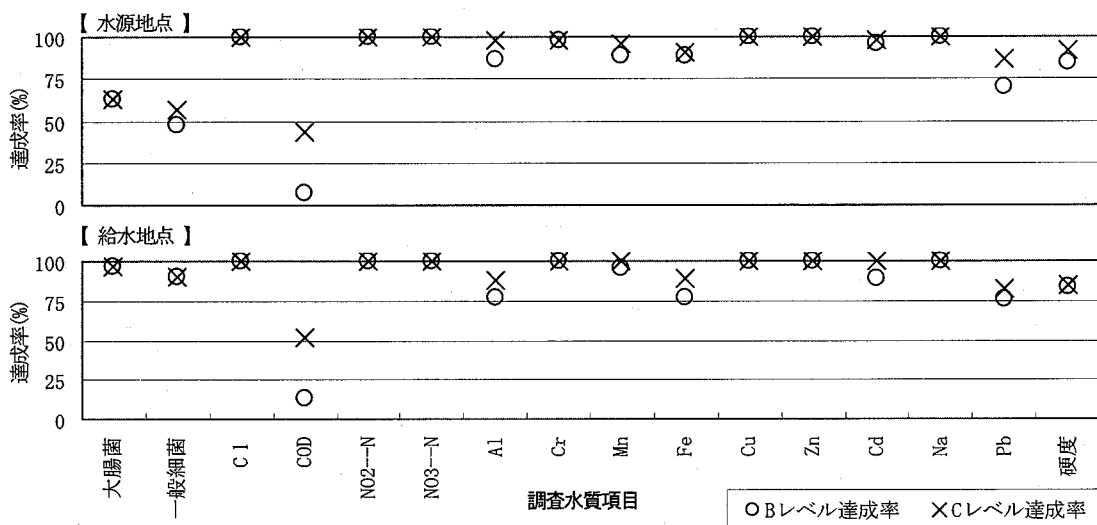


図-1 水源地点、給水地点の水質達成度

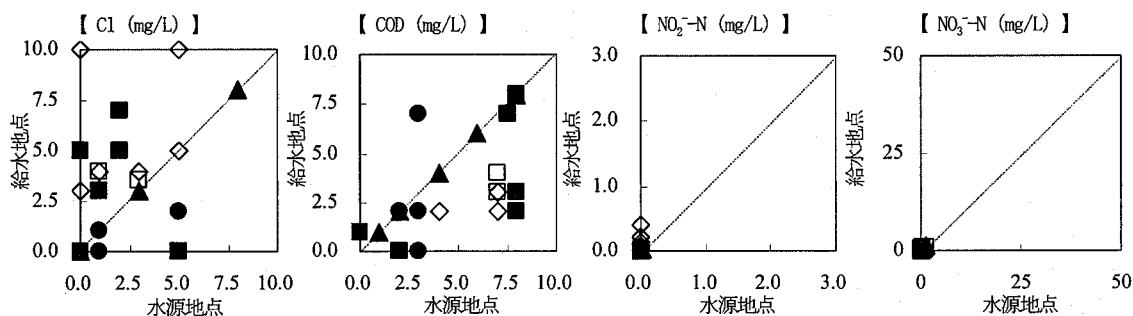


図-2.1 地域、浄水施設別の水質結果

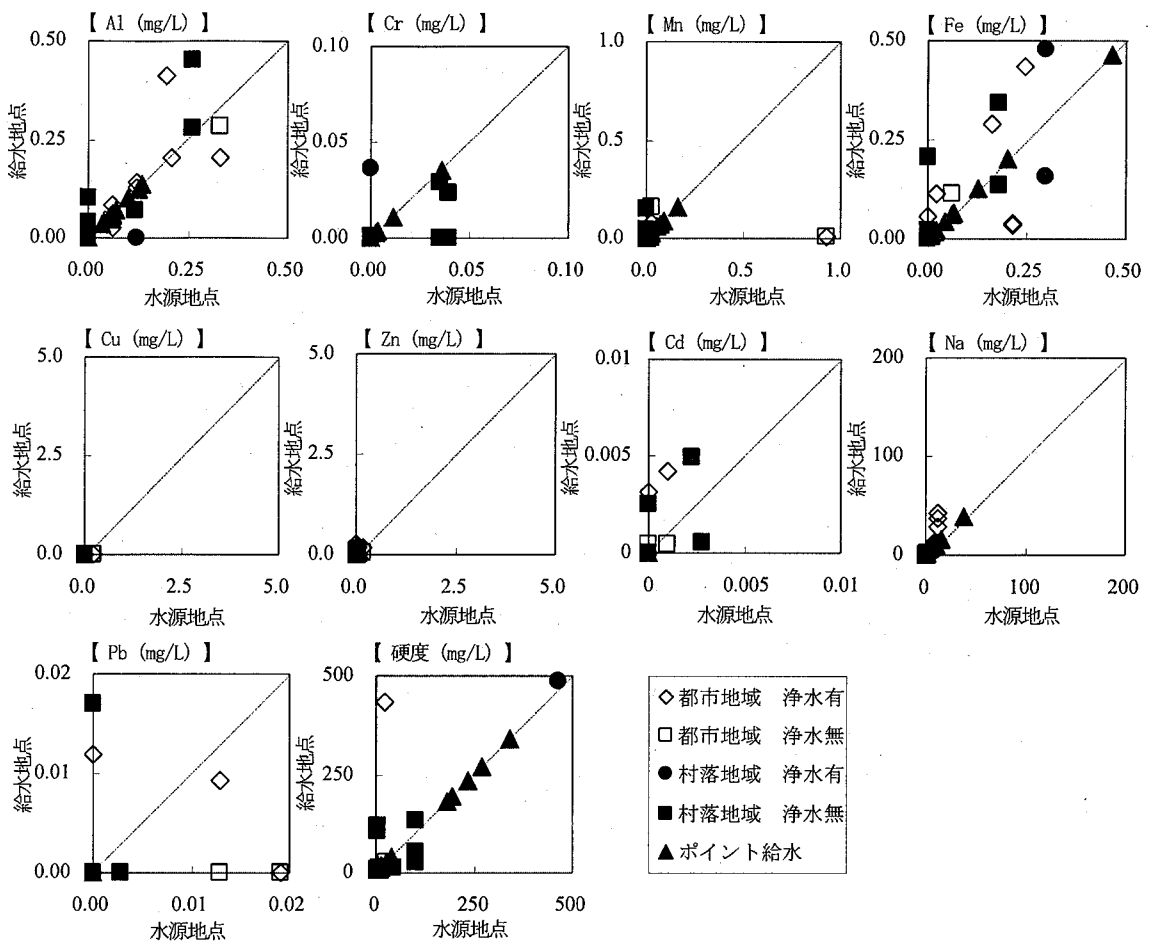


図-2.2 地域、浄水施設別の水質結果

(3) 水質に対する満足率

現地調査で実施したアンケート結果より、水質に対する満足率を国別に求めたものを図-3に示す。

各国とも、プロジェクト以前に使用していた水源の水質を十分把握できていないので比較は難しいが、受益者である住民は水質が改善されたと実感している。また、水因性の疾病が減少したことも実感している。

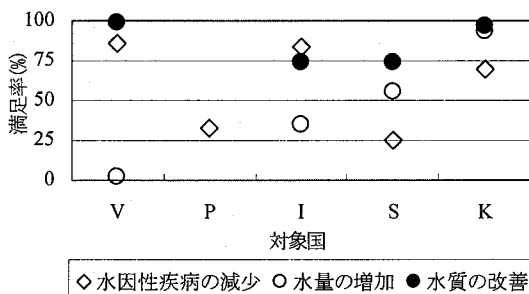


図-3 受益者の満足度

6. 結論

先進国では、水質基準が厳守されているが、浄水施設が十分に整備されていない途上国において、「安全な飲料水」とは何か、という課題がある。本論文では、暫定的ではあるが、先進国の水質基準を参考に、途上国に合わせたレベル別の水質基準を設定し、現地調査より水質結果を生整理した。

途上国では、浄水施設が整備されていても、運営、維持管理には、適正な技術が必要であり、施設能力を十分に発揮できていない場合が多くある。

一方で、施設整備が遅れている地域においては、一般細菌や大腸菌といった塩素消毒のみで除去できる項目が検出されている。水質モニタリングや施設を効率的に運営、維持管理するための技術指導といったソフトの面の援助が必要であると考えられる。

今後、途上国のために暫定基準としてのCランクの目標を設定すべきであろう。そして、目標の達成度を検証

していくための途上国向け水質モニタリングシステムの整備が必要であろうと考えられる。

参考文献

1) Building Global Partnerships for Development: Japan's Contribution to MDG8

2) WHO; Bridging the Gaps, The World Health Report 1995 P18. 1995.

3) WHO; Guidelines for Drinking-water Quality Third Edition, 2004.

4) 環境省; 環境庁告示第五十九号, 水質汚濁に係る環境基準について

5) 厚生労働省; 厚生労働省令第百一号, 水質基準に関する省令

Evaluation of Improvement of Water Quality for ODA Water Supply Project Based on Field Survey

Taichi NISHIDA, Kiyoshi YAMADA&V. S. Muhandiki

ODA water supply project is executed according to the situation in the country and the region, and achieved amount of outcome. The project is evaluated from the points of Efficiency, Effectiveness, Impact, Relevance and Sustainability. The indicators of evaluation of water supply sector, such as changes in water consumption, water quality, provision of stable supply of water, and labor for transporting water are used. However, in many cases, improvement of water quality is not achieved. High incidences of waterborne diseases in developing countries may be attributed to inadequate environmental sanitary infrastructure or lack of awareness about sanitation. In many water supply projects, evaluation of water quality improvement has not been undertaken because of difficulty of collecting relevant data. This paper focuses on evaluation of improvement of water quality for ODA water supply projects.