

平成 23 年度成果報告書

研究協力事業

「カンボジア王国における高性能鉄吸着剤を用いたヒ素汚染地下水の浄化
技術の研究開発」

平成 24 年 4 月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

(委託先) 国立大学法人高知大学

助成事業	カンボジア王国における高性能鉄吸着剤を用いた ヒ素汚染地下水の浄化技術の研究開発
助成先	国立大学法人高知大学
作成年月日	2012年4月15日

事業目的

本事業の目的は高知大学で開発した高性能鉄吸着剤を利用して、地下水からヒ素を除去する浄水装置を開発し、上水道建設が難しく地下水の利用を余儀なくされているカンボジア地方農村部に安全な水を供給する技術を確立することである。本事業によって地下水からヒ素を効果的に除去する実用的な技術が確立される。これによって、カンボジアはもちろんのこと、世界中の地下水ヒ素汚染地域で水の浄化に対応する道も拓くことができる。

目 次

はじめに	1
1. 事業名	1
2. 事業の目的	1
3. 事業の概要	1
4. 平成23年度の研究内容	4
5. 研究の実施場所	7
6. 研究の実施期間	7
7. 研究体制	8
研究開発の成果と達成状況	10
1. 研究開発の成果	10
(1) 要約	10
(2) 本文	12
井戸水の水質と飲料水としての問題点	12
ヒ素除去浄水装置の設置場所	20
ヒ素除去浄水装置を用いた井戸水からのヒ素除去実証試験	24
地下水のヒ素汚染およびヒ素除去浄水装置に関する住民説明会・啓発活動	42
2. 目的に照らした達成状況	51
(1) 平成23年度事業の効果	51
(2) 今後の課題	51
(3) 実用化に向けたプラン	51
(4) 相手国研究者に対する能力向上への貢献について	52
研究発表・講演・特許等の状況	53
(1) MDGsフォローアップ会合サイドイベント展示	53
(2) 中小企業点2012展示	53
(3) プノンペン国際シンポジウム	56
(4) 新聞報道	72

. はじめに

1. 事業名

カンボジア王国における高性能鉄吸着剤を用いたヒ素汚染地下水の浄化技術の研究開発

2. 事業の目的

カンボジアの国土には、ヒマラヤ造山運動で噴出したマグマに含まれるヒ素が河川によって運ばれ蓄積した地層がある。特に首都で国内最大の人口密集地であるプノンペン辺りは、メコン川とトンレサップ川が交わる場所に位置し、上流から流されてきたヒ素を含む土砂が沖積層を形成した地質となっている。

図1は、JICA「アジア各国の地下水ヒ素汚染対策の現状」で示された2009年カンボジアのヒ素リスクマップであり、上記二河川の下流域にヒ素濃度の高い井戸水が多く検出されていることがわかる。この調査では、カンボジアの飲料水のヒ素濃度基準値 $50 \mu\text{g L}^{-1}$ を適用しているが、WHOは飲料水のヒ素濃度基準値を $10 \mu\text{g L}^{-1}$ 以下と定めており、WHOの基準値を適用した場合、ヒ素汚染リスク域がさらに増大すると予想される。

2008年にNHKのテレビ番組でカンボジア井戸水のヒ素汚染問題が報道され、また(社)国際厚生事業団やJICAなどはカンボジアのヒ素汚染実態について調査を行った。(社)国際厚生事業団が2008年に行った調査では、ヒ素汚染井戸水を飲み続けたことによる皮膚慢性疾患や癌患者が増加していることが明らかになった。また、JICA(2009)はカンボジアのヒ素汚染リスクに曝されている人口は200万人以上と推定した。

一方、高知大学ではヒ素、セレン、重金属など有害物質に優れた吸着能をもつ吸着剤非晶質水酸化鉄(以下鉄吸着剤と略す)を開発し、2006年に特許を取得している(特許第3830878)。この鉄吸着剤は簡単に合成ができ、しかも環境に優しい。

カンボジアでは地表水の衛生状態が悪いため、大都市の上水道が整備されている一部の地域を除いて、ほとんどの地域で地下水を生活用水として使っている。しかし、豊富にある地下水はところによって高濃度のヒ素を含んでいる。本研究の対象地域はヒ素汚染地下水が確認された地域で、上水道が整備されていない都市部エリアと地方農村部となる。本研究で開発する浄水装置は鉄吸着剤を利用し、原水から飲み水のところまでワンパッケージの製品である(図2)

従って、本事業の目的は地下水からヒ素を除去する浄水装置を開発し、上水道建設が難しく地下水の利用を余儀なくされている地方農村部で安全な水を提供する技術を確立することである。本事業によって地下水からヒ素を効果的に除去する実用的な技術が確立する。これによって、カンボジアはもちろんのこと、世界中の地下水ヒ素汚染地域で水の浄化に対応する道も拓くことができる。このことは地下水のヒ素汚染地域でも安全な水が供給され、数億人の生活・生命の質(Quality of life)が高められることを意味し、本事業の成果と意義は極めて大きい。

3. 事業概要

高知大学で発明した高性能鉄吸着剤(非晶質水酸化鉄)を利用して、簡便で安全なヒ素除去浄水装置を開発し、カンボジアで地下水からヒ素を除去する実証試験を行う。初年度(H22)には地下水に関する現地調査、前処理法の検討を行い、浄水装置を製作する。次年度(H23)には初年度の現地調査で選定した箇所に浄水装置を設置し、約一年間水質のモニタリングを行う。室内と現場実験を通して、吸着剤の適量、吸着剤とRO膜の耐久性などを明らかにし、浄水装置の最適条件を確立する。これらの結果に基づき、最終的にカンボジアの実情に合った浄水システムを提示する。また、上記の研究開発と並行して、地域住民への説明会、シンポジウム開催などを通して、本事業の成果普及を行う。

カンボジア王国における高性能鉄吸着剤を用いたヒ素汚染地下水の浄化技術の研究開発

カンボジアの飲料水事情

(1) 都市部(上水道既整備エリア)

・主に河川水を水源として、都市のごく一部で供用。

(2) 都市部(上水道未整備エリア)

・当面は上水道未整備状態。都市の大部分が該当。
 ・河川水は衛生状態が悪いため、当面は井戸水を利用。
 ・しかしながら、**近年ヒ素汚染地下水の問題が顕在化。**

(3) 多くの地方部(上水道未整備)

・河川水が衛生状態が悪いため、井戸水を利用。
 ・しかしながら、**近年ヒ素汚染地下水の問題が顕在化。**

研究のターゲット

研究のターゲットは左記(2)と(3)の2つのエリア

・上水道未整備
 ・ヒ素に汚染された地下水を利用

研究の目的

・これらの地域の住民に安心・安全な生活用水を提供することを目標としている。

研究のポイント

・**原水から飲み水までの一連の処理をワンパッケージで行える。**
 ・具体的には学校、お寺、町役場、住民の家などの井戸に浄水装置を設置し、ヒ素除去を含めた井戸水のトータル浄水処理を行う。

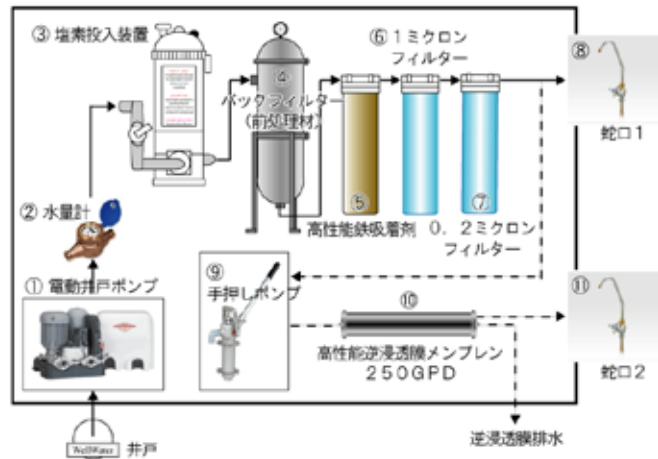


図2 浄水装置の概念図

前処理部分(バックフィルター): 懸濁物などの大きいゴミの除去
 高性能鉄吸着剤カートリッジ: ヒ素除去
 RO膜やフィルター: 大腸菌などの微生物または微細粒子の除去

原水から飲み水までのワンパッケージでの浄水処理を提供

4. 平成 23 年度の研究内容

平成 23 年度に浄水装置の実証試験と水質のモニタリング、及び地下水のヒ素汚染および浄水装置に関する住民説明会、啓発活動を行った。

(1) ヒ素除去浄水装置を用いた井戸水からのヒ素除去実証試験

浄水装置の通水速度(流速)と処理水のヒ素濃度との関係

浄水装置の通水速度が処理水のヒ素濃度にどう影響するのかを調べるために、カンダール州 2 か所(K6、K8)とコンボンチャム州 1 か所(KC8)の 3 井戸で流速を $1 \sim 10 \text{ Lmin}^{-1}$ に変化させ、処理水のヒ素濃度を簡易キットで測定した。

水質のモニタリング

カンダール、プレイベン及びコンボンチャム州に設置した 16 基のヒ素除去浄水装置を稼働させ、ヒ素除去の実証試験を行った(図 3)。2011 年 5 月から 2012 年 2 月まで毎月一度処理水を採取し、水質をモニタリングした。



図 3 現地調査及び浄水装置設置した州
(カンダール、コンボンチャム、プレイベン)

処理水 50 ml に 1 ml の濃 HCl を加えたものを、全ヒ素、陽イオン(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+)、陰イオン(SO_4^{2-} 、 S 、 PO_4^{3-} 、 P)の分析に供した。また、処理水 50 mL を $0.45 \mu\text{m}$ のフィルターでろ過し、プラスチックボトルに入れ 1 mL の濃 HCl を加えたものを DOC の分析に供した。

現場で電気伝導率(EC)、pH、酸化還元電位(ORP)、溶存酸素(DO)及び濁度を測定した。

電気伝導率(EC)、pH

処理水を適量とり、まず電気伝導率(EC)をポータブル EC メーター(W M-22 EP)で測定し、続いて pH をポータブル pH メーターで測定した。

酸化還元電位(ORP)

処理水を適量とり、ポータブル ORP メーター(RM-20P)で測定した。

溶存酸素(DO)

処理水を適量とり、DO メーター(YSI 55)で測定した。

濁度

処理水を適量とり、濁度計で測定した。

溶存有機炭素(DOC)

濃塩酸を入れたプラスチックボトルに、0.45 μm のフィルターでろ過した 50 ml の地下水を入れ、TOC analyzer(TOC-VCPH/TNM、Shimadzu)により測定した。

陽イオン(Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺、NH₄⁺)

試料を適量とり、イオン分析計(TOA DKK、IA-300 モード:PCI-322)により測定した。測定条件は下記の通りである。分離カラム:PCI-322、ガードカラム:PCI-321G、溶離液組成:6.0 mM CH₃SO₃H、校正液:IA-CS2、流速 0.9 mL min⁻¹、温度 39.7

陰イオン(NO₃⁻、PO₄³⁻)

試料を適量とり、イオン分析計(TOA DKK、IA-300、モード:PCI-205)により測定した。測定条件は下記の通りである。

分離カラム:PCI-205、ガードカラム:PCI-205G、溶離液組成:1.8 mM Na₂CO₃と 1.7 mM NaHCO₃の混合液、除去液組成:10 mM H₂SO₄、校正液:IA-AS1、流速:1.1 mL min⁻¹、温度 39.7)

ヒ素濃度

50 ml の水試料をプラスチックボトルに入れ、それに 1 ml の濃塩酸を入れたものを分解溶液中の As 濃度が 5 ~ 80 μg L⁻¹となるように調製した試料溶液 5 ml を 20 ml 容メスフラスコにとり、12 M HCl 5 ml、25 %アスコルビン酸溶液 4 ml、30 % KI 2 ml、2 % AlCl₃ 2 ml を順に加え、蒸留水で 20 mL に定容した。上記の操作で得た試料を、水素化物発生装置(HVG-1)を接続した高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置(SHIMADZU ICPS-1000IV)で分析した。分析波長は 193.7 nm を用いた。また、水素化物を発生させるために 6 M HCl と 0.4 %水素化ホウ素ナトリウム溶液を用いた。また標準溶液(0、5、10、20、40、80 μg L⁻¹)は 1000 mg L⁻¹のヒ素標準溶液を蒸留水で希釈し 10 mg L⁻¹標準溶液を作った。50 mL 容メスフラスコを 5 本用意し、6 M の HCl を 20 mL 入れた。10 mg L⁻¹の標準液を、マイクロピペットを用いて 0、25、50、100、200、400 mL 採取して各メスフラスコに加えて 50 mL に定容したものをを用いた。

浄水装置の使用状況の調査

浄水装置を設置した 16 箇所について使用人数、使用水量、用途などについて調査した。使用水量は浄水装置に取り付けた水量計によって記録し、さらにこれらのデータを用いて住民一人あたりの使用水量を算出した。

(2) 地下水のヒ素汚染およびヒ素浄水装置に関する住民説明会・啓発活動

表に示す日程で、地下水のヒ素汚染及び浄水装置に関する住民説明会と啓発活動を行った。
具体的な内容は、以下のとおりである。

- () ヒ素による健康被害について
- () ヒ素除去浄水装置の原理、使用方法、維持管理について
- () ヒ素の人体への影響を紹介する紙芝居の上演
- () 質疑応答

表 啓発活動の実施日および場所

日時	州	場 所
7月12日	カンダール州	Demuth Primary School Banteay dek pagoda
7月13日	プレイベン州	Peamro Primary School
7月14日	コンボンチャム州	Sambourmeas Primary School Koh kok'B Primary School Koh to teem Primary School
9月5日	カンダール州	Banteay dek pagoda
11月18日	コンボンチャム州	Samboumeas Commune
11月19日		Koh roka krav pagoda Neang kong hinh Village
11月21日		Sery baneay dek pagoda
12月11日	カンダール州	Banteay dek Village
12月12日		Hauchyong kusat Village
12月13日		Day Eth Primary Village
12月15日	プレイベン州	Peamro Village Ponro Village
12月16日	コンボンチャム州	Koh rokha krav Village Deam cham Village
12月18日		Koh peak village Kho peakohk Village
1月10日	カンダール州	Banteay dek pagoda Banteay dek Village
1月11日	プレイベン州	Peamro Primary School
1月12日	コンボンチャム州	Koh rokha krav Village
1月13日		Koh peak village Kho peakohk Village
2月25日	カンダール州	Banteay dek pagoda Banteay dek Village
	プレイベン州	Peamro Primary School
2月26日	コンボンチャム州	Koh kok'B Primary School Koh rokha krav Village koh peak village
2月27日		Kho peakohk Village

平成 23 年度工程表

			平成 23 年度			
助成金対象経費の項目			4 月	9 月	2 月	
1	諮問委員現地調査(高知大)	ヒ素除去浄水装置の実証試験	●————●			
2 研究 業務	日本国内作業(高知大)	水試料分析	●————●			
	共同研究先による業務	相手国		●————●		
	日本側	アクアデザインシステム	浄水装置の保守・点検	●————●		
		グリーン	住民説明会・啓発活動		●————●	
3 設備費	機械装置等製作購入	現地分析用装置	仕様決定	●—●		
			購入	●—●		
			運搬据付	●—●		
4. 相手国研究者受入						
5. 成果普及 国際シンポジウム(カンボジア)					●—●	
6. 委員会開催(カンボジア)				●—●		
7. 報告書作成					●—●	
検査					●—●	

5. 研究の実施場所

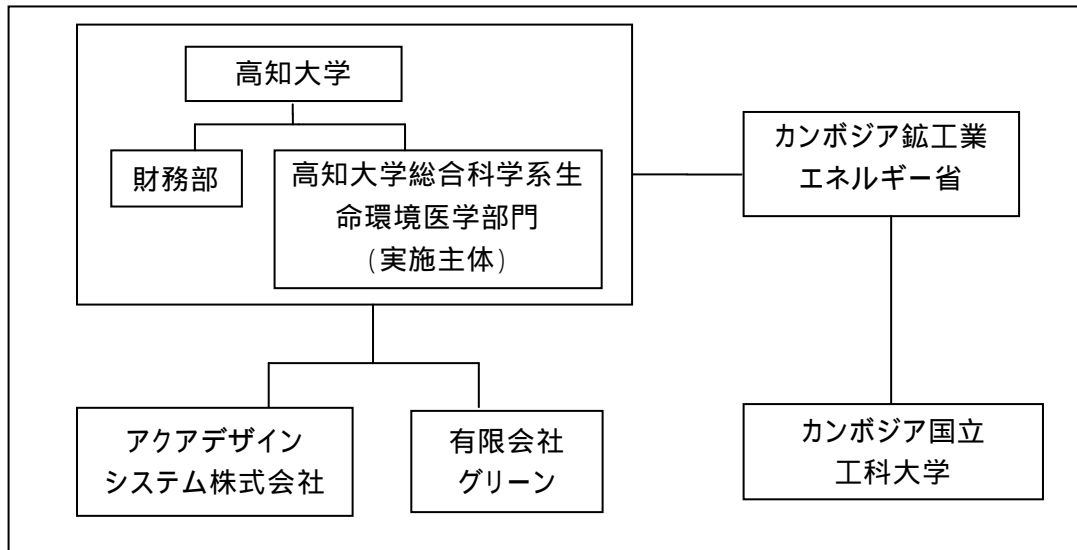
日本国側： 国立大学法人高知大学；アクアデザインシステム株式会社；有限会社グリーン
相手国側： カンボジア鉱工業エネルギー省、カンボジア国立工科大学

6. 研究の実施期間

平成 23 年 4 月 1 日 ~ 平成 24 年 2 月 29 日まで

7. 研究体制

(1) 共同研究コンソーシアムの組織及び管理体制

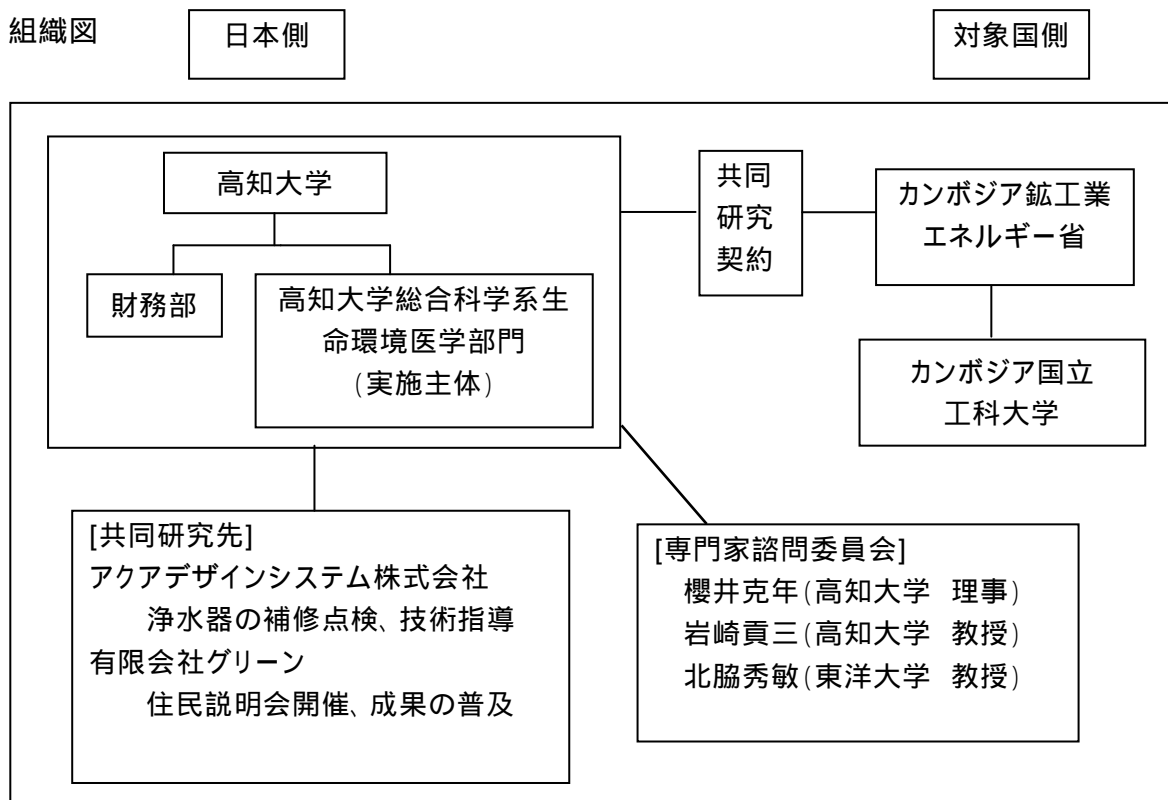


共同研究の研究開発責任者

国立大学法人高知大学総合科学系生命環境医学部門(農学部)教授 康 峪梅(提案者側)

カンボジア国立工科大学教授 ダビン・ウイ (相手国側)

組織図



(2) 研究者氏名及び主な研究経歴

所属・役職	氏名	主な研究経歴	
高知大学総合科学系生命環境医学部門(農学部)教授	康 峪梅	重金属・ヒ素汚染土壌・水に関する研究 非晶質水酸化鉄吸着剤の開発	
高知大学自然科学系農学部門(農学部)教授	大谷慶人	樹木成分利用の研究 紙パルプ技術会賞・印刷局朝陽会賞	
アクアデザインシステム株式会社 代表取締役	武田良輔	飲料水浄水装置の研究及び開発設計 プラント技術・据え付け	
アクアデザインシステム株式会社 研究員	研究員 A 研究員 B 研究員 C	プラント据え付け・運営助手 運営助手 プラント据え付け・運営助手	
有限会社グリーン 代表取締役	名田 淳	金属イオンと生体機能の研究	
有限会社グリーン 研究員	研究員 A	プラント据え付け・運営管理専門者	
委員会メンバー	高知大学 理事	櫻井克年	熱帯土壌、生態系に関する研究 日本土壌肥料学会奨励賞
	高知大学 教授	岩崎貢三	植物による物質の吸収・蓄積機構 日本土壌肥料学会奨励賞
	東洋大学 教授	北脇秀敏	発展途上国の環境衛生門に関する研究 国際厚生事業団カンボジア調査団団長
(カンボジア側) カンボジア国立工科大学教授	ダビン・ウイ	水のヒ素汚染に関する研究 カンチャイフィルター研究	
カンボジア国立工科大学教授	タバリト	食品の成分に関する研究 食料品、水の分析	

(3) 経理責任者(提案者側)

国立大学法人高知大学 財務部財務課長 樋口幸一

・研究開発の成果と達成状況

1) 研究開発の成果

(1) 要約

【背景と目的】カンボジア王国では、大都市の中心部を除き、ほとんどの地域で上下水道が未整備であり、また河川水の衛生状態が悪いため、地下水は重要な生活用水や農業用水源となっている。しかし、メコン川下流域で、地下水がヒ素(As)に汚染されているため、水の浄化が緊急の課題となっている。本研究の目的は調査地の地下水の水質と As 汚染レベルを明らかにし、本研究で開発した浄水装置のヒ素除去効果を検証することである。

【材料と方法】2010年9月に、カンダール州(K州)、プレイベン州(P州)、コンポンチャム州(KC州)37箇所(K州14、P州7、KC州16)の管井戸について、水質調査と試料採取を行った。現場で pH、EC、酸化還元電位(ORP)、溶存酸素(DO)、水温を測定し、ヒ素濃度の簡易検査を行った。採取した水試料は実験室に持ち帰り、全 As 濃度の精密分析に供した。2011年度には上記の水質調査と As 分析結果に基づいて選定した 16 箇所(K州5、P州3、KC州8)の井戸に浄水装置を設置し、水質のモニタリングと住民の使用行動について実証試験を行った。月一度の頻度で、浄水装置により処理された水を採取し、上記と同じ項目を分析した。また、住民の As 問題に対する意識および水質浄化に関する考え方について聞き取り調査を行った。

【結果と考察】聞き取り調査の結果から、井戸水は飲料水、炊事、洗濯等に使用されており、住民の生活に必要不可欠であることがわかった。濁度は 22 井戸で WHO 基準値(1NTU)を超えたが、DO は基準値(2 mg L^{-1})を満たしていた。調査した 37 井戸の内、水の As 濃度がカンボジアの飲料水基準値($50\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$)を超えるものが 24 井戸、WHO の飲料水基準値($10\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$)を超えるものが 27 井戸あった。さらに、As 濃度が $1000\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ 以上の井戸は 8 箇所で確認された。以上のことから、調査地の井戸水は二つの問題点、すなわち濁度と As 濃度が高いことが示された。上記の結果に基づいて 16 井戸を選定し、ヒ素除去浄水装置を設置した。その内訳は学校 6、寺 2、保健センター 2、町役場 1、民家 5 箇所であった。同年 5～翌年 2 月までの 10 ヶ月水質のモニタリングを行った結果、井戸水の濁度はすべての井戸で WHO の基準値以下となり、ヒ素除去率は 83.1～99.7%(平均 95%)と高い値を示した。処理水の As 濃度は全般的に低下し、多くの場合 WHO あるいはカンボジアの飲料水基準値より低い値を示したが、基準値より高い濃度が検出される時があった。平均値でみると、16 井戸中 11 井戸が WHO 基準値以下、1 井戸がカンボジアの基準値以下の濃度を示したが、4 井戸がいずれの基準値よりも高い値を示した。これは井戸水がヒ素フィルター中の鉄吸着剤としっかり接触できなかったためと考えられる。その原因としてヒ素フィルター内部の吸着剤の充填が不均一になり、一部の水が素通りしたためと思われる。ヒ素フィルターの保守・点検及びタイムリーな交換が極めて重要である。住民による浄水装置の使用頻度と水の使用量は場所によって大きくことなつた。使用量が $>2\text{ L/day/person}$ のところはお寺や保健センターなどで、飲み水、炊事、洗濯など生活全に使用されていたが、使用量が $<2\text{ L/day/person}$ とところは村、学校などで、雨水などほかの水源と併用していることが分かった。聞き取り調査の結果、住民は As 暴露を危惧しているものの、As 中毒及び水質浄化の重要性に関する認識に場所や個人間の差が大きいことが分かった。また、住民は浄水装置のコストが高いため、購入が難しいと感じていると同時に、装置の保守管理に不安を感じていることが分かった。以上のことから、地下水 As 汚染地域で浄水技術を普及するに際し、技術が効果的であることと、安全な水を安定的に供給する社会システムの構築と住民意識の向上が必要不可欠であると考えられた。

Abstract

[Background and objectives] In the Kingdom of Cambodia, groundwater is an essential water source for domestic and agricultural uses since water and wastewater facilities have scarcely been constructed except in the central parts of large cities and also because river water is unhygienic. However, groundwater has been found to be contaminated by arsenic (As) in the lower reaches of the Mekong River, and purification of the water is an urgent issue. In this study, the water quality of groundwater was surveyed in three provinces of Cambodia, and a verification test of the As-removing equipment developed was conducted. The study aimed to clarify the quality and As level of groundwater in the study areas and inspect the effects of the As-removing equipment.

[Materials and methods] The water quality of 37 tube wells in the provinces of Kandal (14 wells), Prey Veng (7 wells) and Kompong Cham (16 wells) was examined. Based on the water quality survey and the results of As analysis, As-removing equipments were installed at 16 wells (5 in Kandal, 3 in Prey Veng, and 8 in Kampong Cham) at the end of March, 2011. The water quality was monitored, and verification tests were conducted on the behaviors of residents in using the equipments. Once every month, water was sampled and examined for the items described above. Residents were also interviewed on the awareness of As pollution and water purification.

[Results and discussion] From the interviews, the well water was found to be indispensable for the life of local people, who used the water for drinking, cooking and laundering. Turbidity exceeded WHO guideline value in 22 wells, suggesting that turbidity is one of the problems in well water in these areas. Of the 37 wells surveyed, 24 exceeded the Cambodian guideline value ($50 \mu\text{gL}^{-1}$), and 27 exceeded WHO guideline for drinking water ($10\mu\text{gL}^{-1}$). Levels of As were extremely high in some wells ($>1000\text{-}6900\mu\text{gL}^{-1}$), suggesting that As pollution of groundwater is serious in these three provinces. Based on the above results, 16 wells were selected for setting up the As removing equipments in schools (6), temples (2), health centers (2), private house (5) and commune office (1).

During the verification test from May 2011 to February 2012, all the treated water samples showed lower turbidity than WHO guideline value. Around 95% of As was removed by using the equipments, which ranged in 83.1-99.7%. As level in the treated water was almost under the WHO or Cambodia guidelines for drinking water. For the wells over the guideline value, replacing the cartridge could decrease As concentration at the safety level. The amount of water usage were greatly different depend on the sites. Residents of the sites where the average water usage $> 2\text{L/day/person}$, use the treated water for almost all purposes of their daily life, such as drinking, cooking, watering, shower etc. Residents of the sites where the average water usage $< 2\text{L/day/person}$, use the treated water for partial of their daily life. Most of them are using both the treated water and other water resources such as rain water, dug well water etc. The interview to residents showed that they were concerned about exposure to As, but there was large differences in the awareness of As poisoning and the need of As-removing equipments among people and regions. It was also found that the residents felt difficult to purchase the expensive As-removing equipments and were uncertain about the maintenance of the system. It is indispensable to develop effective technologies, construct a social system for stable supply of safe water, and improving the awareness of residents to spread As removing technologies in areas where groundwater is contaminated by As.

(2)本文

井戸水の水質と飲料水としての問題点

写真は現地で確認された井戸のタイプを示している。河川に近いところでは河川水を利用しているが、河川から離れているところでは掘り井戸、手押しポンプ井戸、電気が通っている場所では電気ポンプ井戸が使われている。



掘り井戸



手押しポンプ井戸



電気ポンプ井戸

2010年9月に調査したカンダール州(14井戸)、コンポンチャム州(16井戸)、プレイベン州(7井戸)における37箇所の井戸水の一般的性質を図4と表1～表3に示した。

聞き取り調査の結果、井戸の深さは浅いものは10mぐらいで、深いものは>60mであったが、30～50mのものが多かった。井戸の使用年数は二つの井戸(KC12とKC14)を除いて、一般的に10年程度と比較的短かった。井戸水は飲み水、炊事、洗濯、シャワー、植物の水やりなど様々な目的に使われており、地域住民の日常生活に欠かせない存在となっていることが分かった。

カンダール州、プレイベン州、コンポンチャム州のpHはそれぞれ、6.9～7.83、7.06～7.38、6.84～7.94といずれも中性付近の値を示した。これらの値は、カンボジアの飲料水基準値(pH6.5～8.5)及びWHOの飲料水基準値(pH5.8～8.6)の範囲内であった。溶存酸素(DO)はカンダール州、プレイベン州、コンポンチャム州でそれぞれ0.9～4.58 mg L⁻¹、2.8～4.21 mg L⁻¹、1.43～7.99 mg L⁻¹を示し、37井戸の内30井戸がWHOの飲料水基準値(2 mg L⁻¹)を満たした。井戸水は組み上げられる過程で、溶存酸素が増加していくので、DO<2 mg L⁻¹の井戸でも特に問題にならない。一方、濁度はプレイベン州で低かったが、カンダールとコンポンチャム州ではWHOの飲料水基準値(1NTU)を上回る試料が多く確認された。全体で見ると、37井戸中22井戸でWHOの基準値より高い値を示して、濁度が高い水は生活用水として使用するのにさまざまな支障をきたすことになるので、懸濁物の除去が課題の一つとなる。

現場での簡易検査の結果、ヒ素濃度はWHO飲料水の基準値(10 μg L⁻¹)を超える試料が68%を占め、500 μg L⁻¹を超える井戸が13箇所あった。しかも近隣の井戸でもその値は大きく変動する特徴を示した(表2～4)。実験室でのヒ素濃度の分析結果は簡易検査と同じ傾向を示した。調査した37井戸のうち、27(73%)の井戸がWHOの飲料水基準値(10 μg L⁻¹)を、また24(65%)の井戸でカンボジアの飲料水基準値(50 μg L⁻¹)を上回った。また、>1000 μg L⁻¹のヒ素を含む井戸9箇所確認され、地下水のヒ素濃度が極めて高いことが示された。三州で比較すると、カンダール州のヒ素濃度が最も高く、数千(1044～6903) μg As L⁻¹の井戸が6つ存在した。コンポンチャム州でも4640と2383 μg L⁻¹のヒ素を含む井戸が確認された(図4)。井戸水の陽イオン、陰イオン濃度を表4～6に示したが、Na⁺、NH₄⁺、SO₄²⁻濃度はWHOの飲料水基準値以下であり、またCa²⁺とMg²⁺の和は日本厚生省の飲料水基準値の200mg L⁻¹よりは大幅に低い値であった。

以上のことから、カンダール州、コンポンチャム州、プレイベン州の井戸水には飲料水として使用するのに二つの問題点、すなわち濁度とヒ素濃度が高いことが明らかになった。安心・安全な水を供給するために、浄水技術はこれらの課題を解決しなければならない。

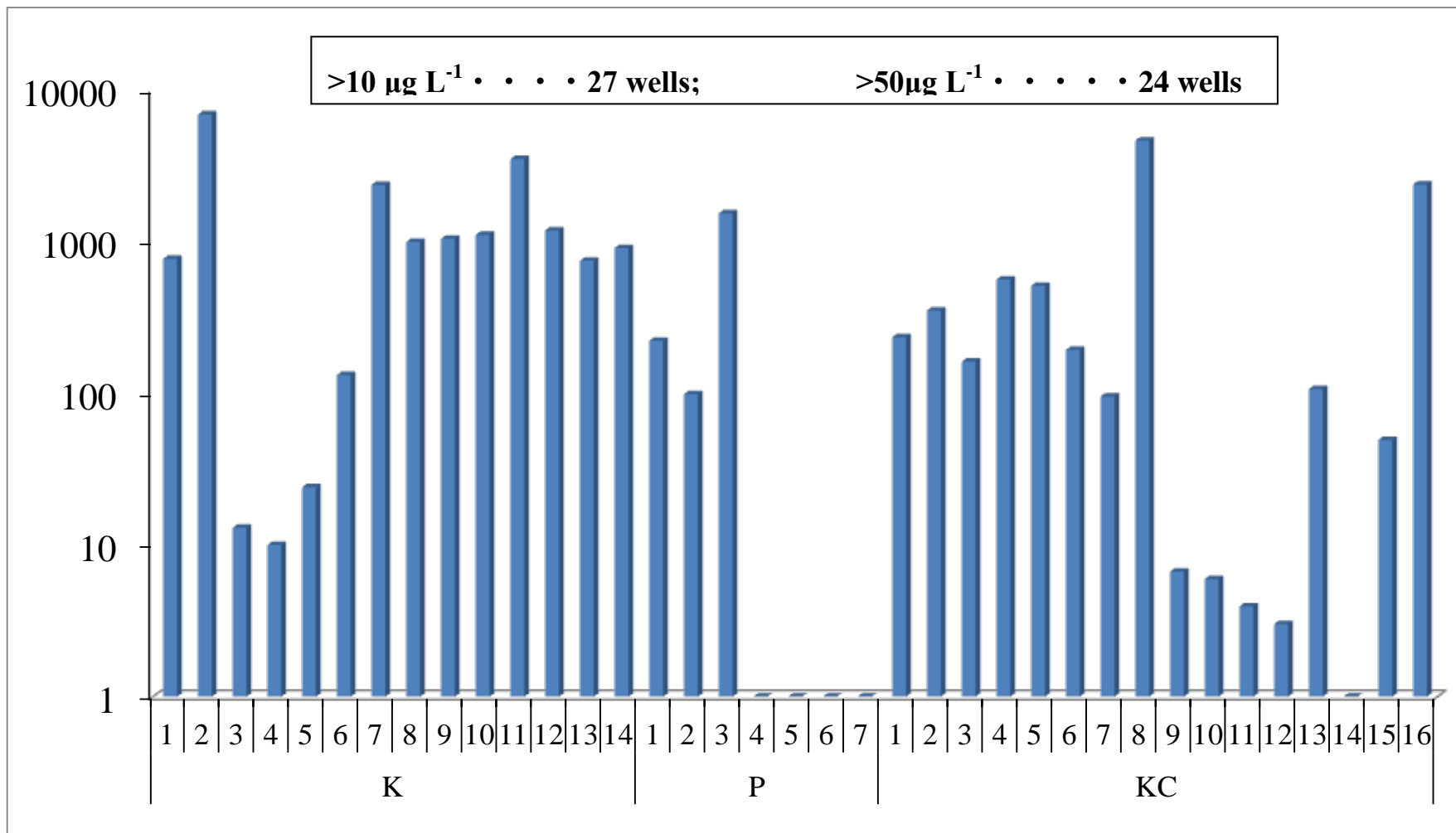


図4 井戸水のヒ素濃度 ($\mu\text{g L}^{-1}$)

表1 地下水の一般的性質及びヒ素濃度(カンダール州)

K	地点	位置		井戸の深さ(m)	使用年数(年)	用途	pH	DO(mg L ⁻¹)	濁度(NTU)	水温(°C)	As*(µg L ⁻¹)	As**(µg L ⁻¹)
		経度	緯度									
1	Dey ETH S1	105°45'59.3"	11°29'51.7"	58.4	12	水やり	7.24	1.40	1.2	31.1	100-250	772
2	Dey ETH S2	105°04'59.57"	11°29'52.1"	-	10	洗濯	7.37	0.90	3.2	30.3	500	6903
3	Popeal KHE S1	105°04'55.9"	11°29'52.8"	45-50	-	使用していない	7.00	2.26	1.4	30.4	25-30	13
4	Popeal KHE S2	105°05'45.4"	11°29'39.2"	65	7	飲み水; 炊事	6.93	3.44	1.5	30.2	0	10
5	Popeal KHE S3	105°05'46.1"	11°29'39.6"	50-60	6	飲み水; 炊事	6.9	2.39	1.4	31.1	0	24
6	Ban teay Dek Temle	105°05'45.9"	11°29'39.4"	48	0.6	洗濯; 炊事; 煮沸後飲用	7.38	1.16	0.5	30.5	25-50	132
7	Ban teay Dek School	105°08'44.2"	11°28'07"	69	3	洗濯; 炊事	7.38	3.33	1.3	31.1	500	2372
8	Dey ETH Health center S1	105°04'52.9"	11°29'54.3"	40	5	洗濯; シャワー	7.38	1.27	2.1	31.1	>500	998
9	Dey ETH Health center S2	105°04'53.7"	11°29'56.5"	60	4	洗濯; シャワー	7.58	4.58	3.1	30.7	>500	1044
10	Dey ETH Health center S3	105°04'55.0"	11°29'54.4"	57	12	洗濯; シャワー	7.46	2.08	2.5	30.6	>500	1110
11	Dey ETH Health center S4	105°04'54.2"	11°29'57.0"	62	11	洗濯; シャワー	7.4	2.26	2.1	30.5	>500	3502
12	Dey ETH Health center S5	105°04'54.9"	11°29'57.3"	70	0.5	洗濯; シャワー	7.43	1.74	5.0	30.0	>500	1187
13	Dey ETH Health center S6	105°04'53.9"	11°29'58.6"	55	8	洗濯; シャワー 豚の飼育用	7.43	2.55	1.9	29.1	>500	748
14	Dey ETH Health center S7	105°04'54.2"	11°25'58.9"	50	4	洗濯; シャワー 豚の飼育用	7.4	2.00	6.2	29.8	>500	909
WHO 飲料水基準		-	-	-	-	-	5.8-8.6	-	1.0	-	10	10

*現場で簡易ヒ素測定キットによって測定したヒ素の濃度範囲 (検出限界: 5 µg L⁻¹).

**実験室で ICP-HGV によって測定したヒ素濃度 (検出限界: 0.25 µg L⁻¹; 定量限界: 2.5 µg L⁻¹).

表 2 地下水の一般的性質及びヒ素濃度(プレイベン州)

No	地点	位置		井戸の深さ(m)	使用年数(年)	用途	pH	DO (mg L ⁻¹)	濁度 (NTU)	水温 (°C)	As* (µg L ⁻¹)	As** (µg L ⁻¹)
		経度	緯度									
P1	Peam Koh S1	105°16'55.3"	11°19'16.3"	48	8	トイレ洗浄用水やり	7.24	2.8	0.3	30.3	250-500	222
P2	Peam Koh S2	105°16'53.6"	11°18'44.2"	45	4	水やり；シャワー	7.38	3.82	0	30.3	500	99
P3	Peam Koh S3	105°16'57.3"	11°19'16.2"	45	6	煮沸後飲用 日常生活全般	7.33	3.60	0	30.0	100	1537
P4	Peam Koh S4	105°17'04.2"	11°19'25.9"	75	11	洗濯 シャワー 煮沸後飲用	7.06	3.84	0	29.4	0	0
P5	Peam Koh S5	105°16'55.7"	11°19'03.5"	40	10	煮沸後飲用 日常生活全般	7.32	3.49	0.1	30.0	0	0
P6	Peam Koh S6	105°16'52.4"	11°19'05.0"	56	3	煮沸後飲用	7.24	4.21	0	29.3	0	0
P7	Peam Koh S7	105°16'59.6"	11°19'12.7"	45	10	日常生活全般	7.04	3.44	1.1	29.8	0	0

表 3 地下水の一般的性質及びヒ素濃度(コンボナム州)

No.	地点	位置		井戸の 深さ (m)	使用 年数 (年)	用途	pH	DO (mg L ⁻¹)	濁度 (NTU)	水温 (°C)	As* (µg L ⁻¹)	As** (µg L ⁻¹)
		経度	緯度									
KC1	Koh Kok B	105°08'44.1"	11°28'08.1"	48	9	水やり；シャワー 煮沸後飲用	7.44	2.05	2.0	31.1	50-100	235
KC2	Koh Kok D	105°22'40.7"	11°56'02.4"	42	8	洗濯；シャワー	7.42	3.33	7.1	30.0	100-200	352
KC3	Koh Kok E	105°22'40.6"	11°56'04.4"	42	8	洗濯；シャワー	7.21	3.10	13.1	29.7	50-310	162
KC4	Koh To S1	105°24'07.7"	11°56'10.2"	44	9	洗濯；水やり	7.18	3.37	4.7	29.1	500	563
KC5	Koh To S2	105°24'05.4"	11°56'09.6"	46	9	トイレ洗浄用	7.22	4.08	14.8	29.8	250-500	512
KC6	Koh Prak Krong S1	105°24'08.5"	11°55'58.5"	33	7	洗濯；シャワー	7.66	7.99	2.3	29.7	50	193
KC7	Koh Prak Krong S2	105°24'08.6"	11°55'59.4"	30	10	洗濯；シャワー	7.94	7.51	0.8	30.0	250-500	95
KC8	Neang kong hing	105°26'59.1"	11°58'44.3"	40	4	洗濯；シャワー	7.24	3.34	18	29.0	>500	4640
KC9	Dam bang Dek S1	105°24'23.4"	11°57'02.1"	50	8	洗濯；シャワー	7.29	2.35	0	30.6	0-10	7
KC10	Dam bang Dek S2	105°24'23.6"	11°57'05.5"	40	5	水やり	7.43	7.91	4.9	29.7	0	6
KC11	Dam bang Dek S3	105°24'25.4"	11°57'03.6"	18	6	飲み水；炊事； シャワー	6.84	4.58	0.2	29.2	0	4
KC12	Koh roka krav S1	105°24'29.1"	11°56'40.4"	16	70	炊事；水やり	6.93	2.11	0	30.5	0	3
KC13	Koh roka krav S2	105°24'24.1"	11°56'38.6"	31	7	洗濯；シャワー	7.09	3.52	0	30.4	25-50	107
KC14	Koh roka kravS3	105°24'45.5"	11°56'40.3"	14.5	59	炊事；水やり；	6.96	1.43	0	30.0	0	0
KC15	PrekDeum Chan S1	105°26'38.2"	11°58'23.0"	8	6	炊事；シャワー	6.97	3.43	0.7	30.2	0	49

表 4 地下水試料の陽イオンと陰イオン濃度(カンダール州)

No.	地点	陽イオン(mg L ⁻¹)					陰イオン(mg L ⁻¹)	
		K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺ -N	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻ -S	PO ₄ ³⁻ -P
K1	Dey ETH S1	1.63	2.43	n.d	2.25	5.9	2.61	n.d
K2	Dey ETH S2	0.99	2.48	2.48	2.76	6.97	5.41	n.d
K3	Popeal KHE S1	9.48	6.25	n.d	3.77	5.15	3.84	3.63
K4	Popeal KHE S2	4.14	4.27	n.d	2.46	3.89	3.77	3.53
K5	Popeal KHE S3	7.13	4.45	n.d	3.27	4.62	3.86	3.29
K6	Ban teay Dek Temple	4.22	2.84	1.94	2.9	8.04	6.28	n.d
K7	Ban teay Dek School	9.86	6.86	n.d	4.39	9.47	7.68	n.d
K8	Dey ETH Health center S1	4.76	3.31	2.28	4.52	6.05	3.49	2.38
K9	Dey ETH Health center S2	0.86	1.84	2.27	2.45	5.66	3.66	2.75
K10	Dey ETH Health center S3	3.11	4.35	n.d	2.7	6.65	3.68	2.74
K11	Dey ETH Health center S4	7.76	7.27	n.d	6.57	6.92	0.16	n.d
K12	Dey ETH Health center S5	1.80	2.7	n.d	2.61	6.4	1.86	n.d
K13	Dey ETH Health center S6	4.75	4.22	n.d	5.06	5.97	1.03	0.21
K14	Dey ETH Health center S7	2.30	3.09	n.d	2.93	6.81	6.16	n.d
WHO 基準値		-	200	1.5	-	-	250	-

表 5 地下水試料の陽イオンと陰イオン濃度(プレイベン州)

No.	地 点	陽イオン(mg L ⁻¹)					陰イオン(mg L ⁻¹)		
		K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺ -N	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻ -S	PO ₄ ³⁻ -P	
P1	Peam Koh S1	3.01	6.06	n.d	10.2	0.72	n.d	n.d	
P2	Peam Koh S2 (Peamro Health center)	5.96	5.65	n.d	11.8	19.6	21.0	n.d	
P3	Peam Koh S3	6.48	6.75	n.d	16.4	17.7	18.5	25.1	
P4	Peam Koh S4	3.14	5.42	n.d	13.0	0.96	n.d	n.d	
P5	Peam Koh S5	3.35	5.66	n.d	13.4	17.3	17.0	23.7	
P6	Peam Koh S6	4.75	2.43	n.d	10.6	29.4	n.d	n.d	
P7	Peam Koh S7	3.01	6.25	n.d	8.28	31.9	n.d	n.d	
WHO 基準値		-	200	1.5	-		250	-	

表6 地下水試料の陽イオンと陰イオン濃度(コンポンチャム州)

No.	地 点	陽イオン(mg L ⁻¹)					陰イオン(mg L ⁻¹)	
		K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺ -N	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻ -S	PO ₄ ³⁻ -P
KC1	Koh Kok” B”	4.64	5.43	n.d	1.77	5.96	6.43	n.d
KC2	Koh Kok”D”	4.36	5.76	n.d	2.34	7.03	5.38	n.d
KC3	Koh Kok” E”	9.00	4.58	n.d	6.54	10.5	0.44	n.d
KC4	Koh To S1	6.08	3.79	n.d	1.82	6.67	0.0	12.4
KC5	Koh To S2	1.34	4.11	n.d	4.72	6.54	5.45	n.d
KC6	Koh rokaKrav pagoda	4.02	5.2	n.d	2.67	5.30	5.6	n.d
KC7	Sambourmeas Primary school	10.6	5.88	n.d	5.64	7.67	n.d	9.3
KC8	Neang kong hing	3.91	7.29	n.d	1.45	3.72	2.2	2.01
KC9	Dam bang Dek S1	8.45	4.51	n.d	4.01	3.96	7.21	n.d
KC10	Dam bang Dek S2	15.7	4.39	n.d	5.45	4.58	0.01	n.d
KC11	Dam bang Dek S3	n.d	7.00	n.d	4.00	9.64	n.d	53.7
KC12	Koh roka krav S1	2.74	5.47	n.d	4.41	10.9	n.d	n.d
KC13	Koh roka krav S2	1.61	5.62	n.d	2.90	8.70	2.23	n.d
KC14	Koh roka kravS3	3.94	4.00	n.d	4.19	11.1	n.d	3.72
KC15	PrekDeum Chan S1	n.d	11.7	n.d	5.31	14.2	2.24	n.d
KC16	PrekDeum Chan S2	3.75	5.79	n.d	2.30	3.71	0.04	n.d
WHO 基準値		-	200	1.5	-		250	-

ヒ素除去浄水装置の設置場所

上記の分析結果に基づいて 16 個(カンダール 8、コンポンチャム州 5、プレイベン 3 個)の井戸を選定し、浄水装置を設置した(表 4、写真 ~)。設置場所の内訳は学校 6、寺 2、保健センター2、町役場 1、民家 5 箇所となっている。

表 7 ヒ素除去浄水装置の設置場所

No.	場 所	井戸原水		浄水装置	
		濁度 (NTU)	ヒ素濃度 ($\mu\text{g L}^{-1}$)	タイプ	逆浸透膜 (RO)
K1	学校	1.2	772	手動	あり
K2	寺	0.5	132	電動	なし
K6	寺	3.2	6903	電動	あり
K7	学校	1.3	2372	手動	あり
K8	保健センター	2.1	998	電動	あり
P1	学校	0.3	222	電動	あり
P2	保健センター	0	99	電動	あり
P3	民家	0	1537	電動	あり
KC1	民家	2.0	235	手動	なし
KC2	民家	7.1	352	手動	なし
KC4	学校	4.7	563	手動	なし
KC5	学校	14.8	512	手動	なし
KC6	寺	2.3	193	電動	あり
KC7	学校	0.8	95	手動	なし
KC8	民家	14.9	4640	電動	あり
KC16	町役場	0.1	2383	手動	なし
WHO 基準値		1	10		

表 4 が示すように、井戸原水の濁度は 10 井戸で WHO の基準値を、ヒ素濃度は 16 井戸全部で WHO の基準値を超えている。浄水装置 16 基の内、8 基は電動かつ逆浸透膜 (RO) 付きで、8 基は手動で RO なしとなっている(図 5 と図 6)。ヒ素フィルターには鉄吸着剤 2kg、ヤシ殻活性炭 4kg、大砂 500g および小砂 500g が層状に充填されている(図 7)。なお、鉄吸着剤は非晶質で粒径が約 3mm、ヤシ殻活性炭は多孔質で粒径が 500 μm 、また大砂は多孔質で粒径が 5-8mm、小砂は多孔質で粒径が 1mm のものを使用した。

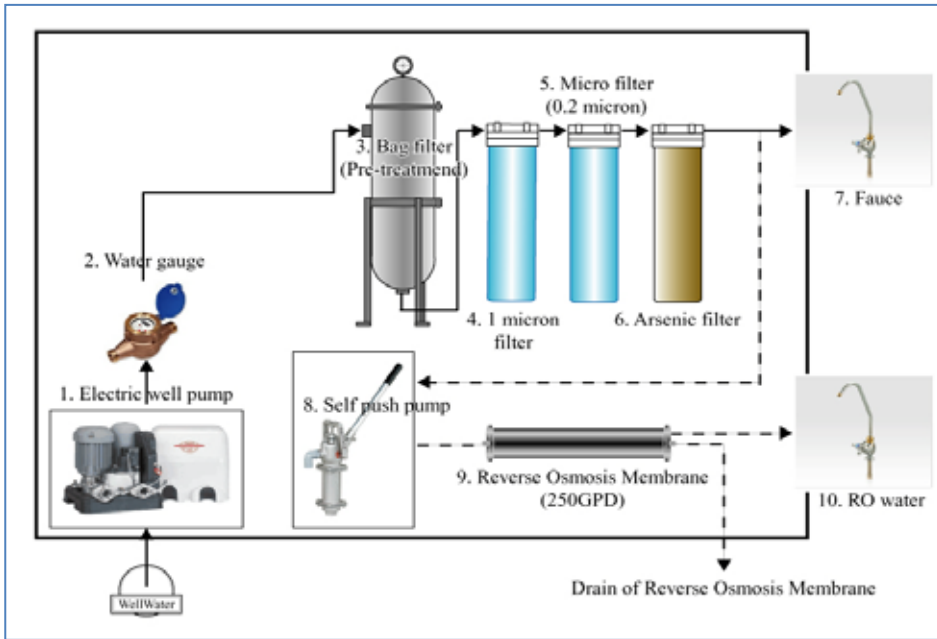


図5 ヒ素除去浄水装置 (電動+RO)

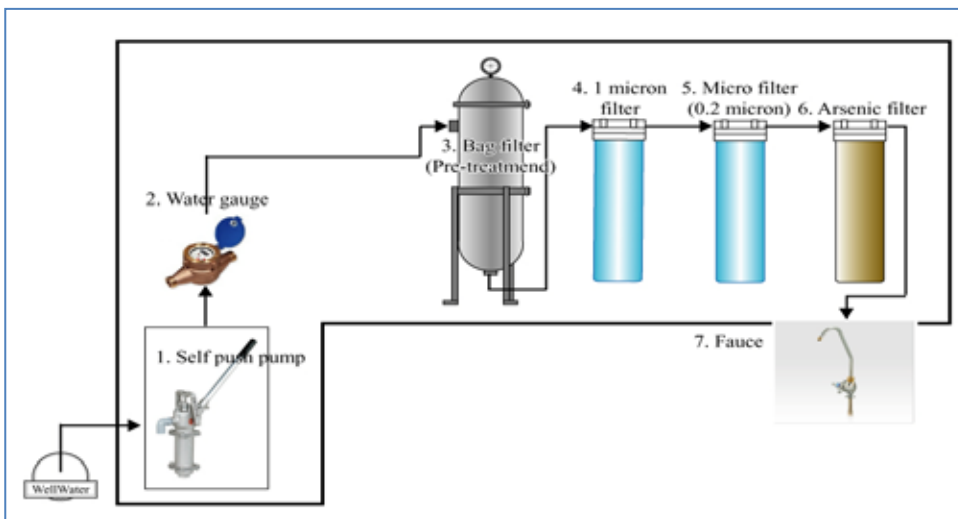


図6 ヒ素除去浄水装置 (電動-RO)

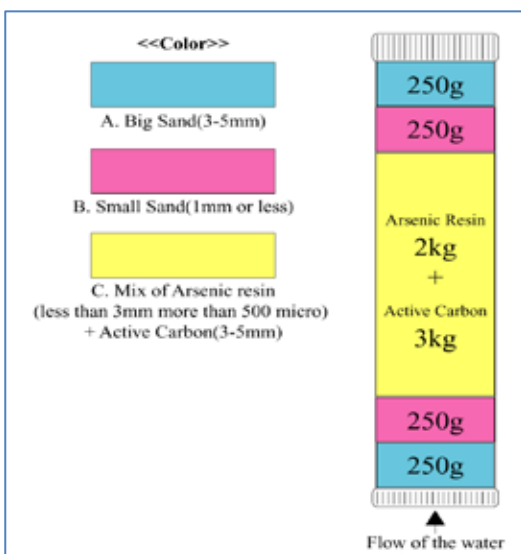


図7 ヒ素フィルターの内部構造



写真 K1 (小学校)



写真 K2 (寺)



写真 K6 (寺)



写真 K7 (学校)



写真 K8 (保健センター)



写真 P1 (学校)



写真 P2 (保健センター)



写真 P3 (保健センター)



写真 KC1 (民家)



写真 KC2 (民家)



写真 KC4 (学校)



写真 KC5 (学校)



写真 KC6 (寺)



写真 KC7 (学校)



写真 KC8 (民家)



写真 KC16 (町役場)

ヒ素除去浄水装置を用いた井戸水からのヒ素除去実証試験

() 浄水装置の通水速度(流速)と処理水のヒ素濃度との関係

浄水装置の流速を 1~10 L min⁻¹ に変化させ、処理水のヒ素濃度を簡易キットで測定した結果、K6 と K では大きい変動がなかったが、KC8 では流速が速くなるにつれて、処理水のヒ素濃度が高くなる傾向が認められた。KC8 において 5Lmin⁻¹ までの流速でもヒ素濃度がカンボジアの飲料水基準値以下であることから、住民が快適に使用する流速は確保できることが確認された。

表 8 浄水装置の流速と処理水のヒ素濃度の関係

No.	浄水装置の流速 (L min ⁻¹)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	処理水のヒ素濃度 (μg L ⁻¹)									
K6	25	25	25	25	25	25-50	25	25	25	25
K8	0-10	0-10	0	0-10	10	0-10	0-10	0-10	25	0-10
KC8	10	10-25	10	10-25	25-50	50	50	50	50	50

() 水質モニタリングの結果

・処理水の濁度

図 8 は井戸原水と処理水の濁度を示している。原水の場合、16 点中 9 点が WHO の基準値を超えていたが、浄水装置を通すことで、ほとんどの井戸で濁度を基準値以下に下げることができた。K2 と K6 は 1.1NTU を示し、基準値の 1NTU をわずかに上回った。

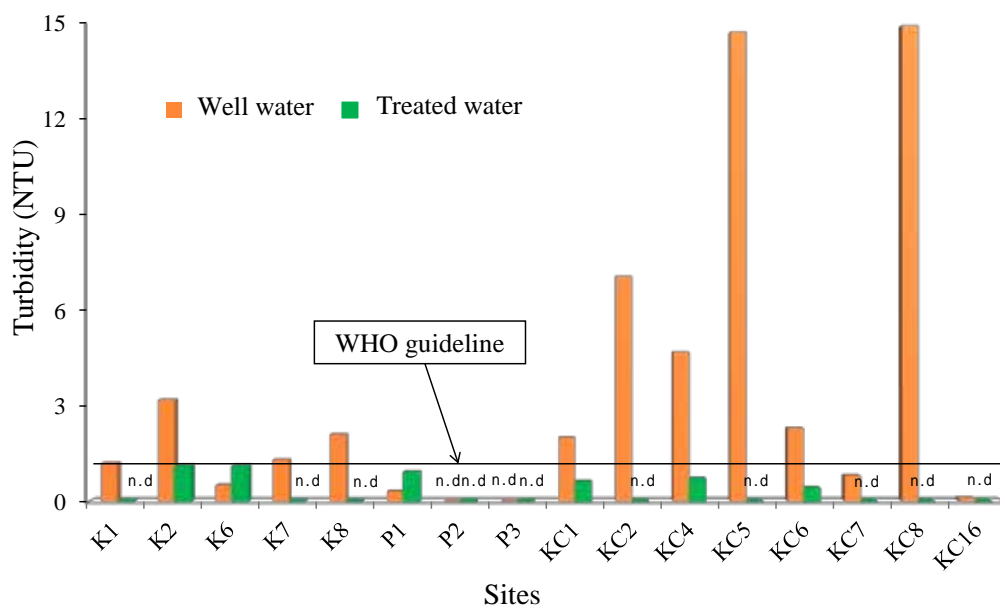


図8 井戸原水と処理水の濁度

・処理水のヒ素濃度

表 9 はモニタリング期間中の処理水のヒ素濃度を示している。2011 年 5 月から 2012 年 2 月までの 10 ヶ月に月一度分析した結果である。ヒ素除去率と処理水の平均ヒ素濃度を図 9 に示した。

処理水のヒ素濃度を月別にみると、5 月は 16 基の内 4 基が故障により採水できなかったが、WHO の飲料水基準値を下回る ($0 \sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$) 地点は 2、カンボジアの飲料水基準値を下回る ($10 \sim 50 \mu\text{g L}^{-1}$) 地点は 6、カンボジアの飲料水基準値より高い ($>50 \mu\text{g L}^{-1}$) 地点は 2 であった。6 月は全基採水でき、10 点が $0 \sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$ 、3 点が $10 \sim 50 \mu\text{g L}^{-1}$ 、3 点が $>50 \mu\text{g L}^{-1}$ を示した。8 月はコンポンチャム州で洪水のため、KC4 と KC5 が水に浸かり、採水が出来なかった。処理水のヒ素濃度は 4 点が $0 \sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$ 、6 点が $10 \sim 50 \mu\text{g L}^{-1}$ 、4 点が $>50 \mu\text{g L}^{-1}$ を示した。9 月は全基採水でき、9 点が $0 \sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$ 、3 点が $10 \sim 50 \mu\text{g L}^{-1}$ 、4 点が $>50 \mu\text{g L}^{-1}$ を示した。10 月には洪水の影響がさらに大きくなり、コンポンチャム州の 6 基 KC1、KC2、KC4、KC6、KC8 と KC16 が浸水し、採水が出来なかった。処理水のヒ素濃度は 1 点が $0 \sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$ 、3 点が $10 \sim 50 \mu\text{g L}^{-1}$ 、5 点が $>50 \mu\text{g L}^{-1}$ を示した。11～2 月は浄水装置が順調に稼働し、全基で採水が出来た。11 月の処理水のヒ素濃度は 5 点が $0 \sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$ 、7 点が $10 \sim 50 \mu\text{g L}^{-1}$ 、4 点が $>50 \mu\text{g L}^{-1}$ を示した。12 月の処理水のヒ素濃度は 10 点が $0 \sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$ 、6 点が $10 \sim 50 \mu\text{g L}^{-1}$ 、0 点が $>50 \mu\text{g L}^{-1}$ と、全基がカンボジアの飲料水基準値以下の値を示した。1 月の処理水のヒ素濃度は 10 点が $0 \sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$ 、4 点が $10 \sim 50 \mu\text{g L}^{-1}$ 、2 点が $>50 \mu\text{g L}^{-1}$ を示し、また 2 月の処理水のヒ素濃度は 11 点が $0 \sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$ 、2 点が $10 \sim 50 \mu\text{g L}^{-1}$ 、0 点が $>50 \mu\text{g L}^{-1}$ であった。

10 ヶ月のヒ素濃度の平均値をみると、4 点が $0 \sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$ 、8 点が $10 \sim 50 \mu\text{g L}^{-1}$ 、4 点が $>50 \mu\text{g L}^{-1}$ を示した(表 9 と図 9)。

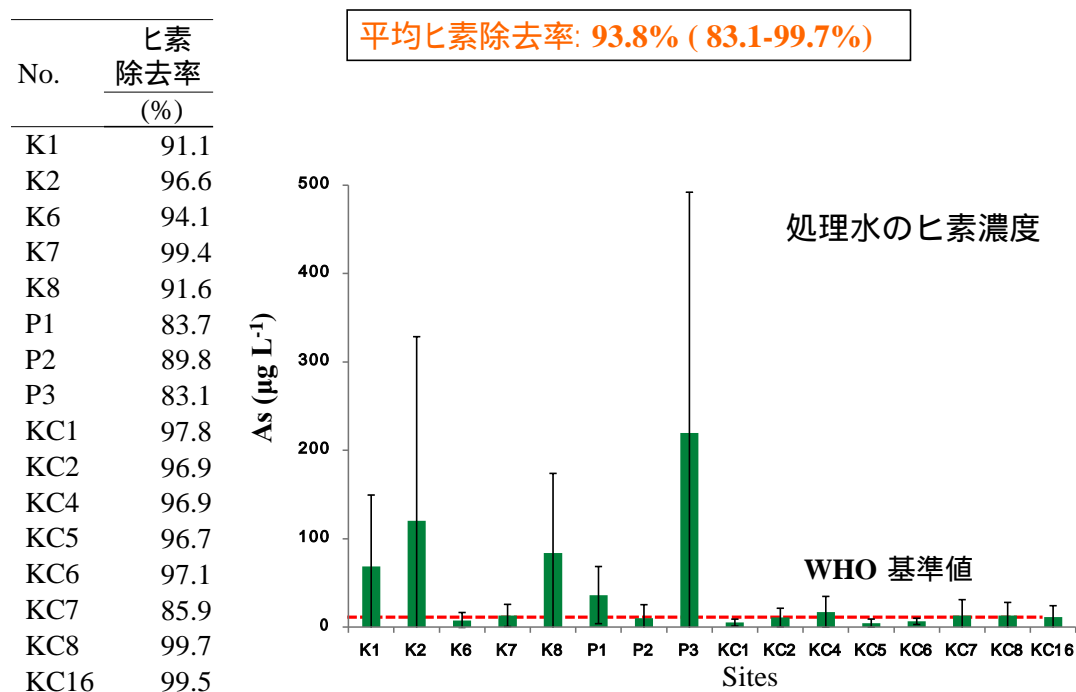


図9 ヒ素除去率と処理水のヒ素濃度

表9 処理水のヒ素濃度

No.	Site	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	平均
		(μg L ⁻¹)										
K1	Dey ETH S1	32	43	15	140	98	105	250	2	0	0	69
K2	Dey ETH S2	122	213	157	188	532	655	90	10	286	64	232
K6	Ban teay Dek temple	30	3	2	4	7	-	9	2	9	3	8
K7	Ban teay Dek school	13	11	0	0	12	41	13	21	21	0	13
K8	DeyETH Health center S1	194	246	54	138	140	60	0	6	1	0	84
P1	Peam Koh S1	73	36	72	43	4	7	32	4	4	88	36
P2	Peam Koh S2	-	0	2	6	0	49	9	15	6	4	10
P3	Peam Koh S3	583	61	152	669	363	55	57	8	30	626	260
KC1	Koh Kok” B”	0	0	7	11	6	-	6	10	3	3	5
KC2	Koh Kok”D”	0	0	11	19	7	-	33	7	4	16	11
KC4	Koh To S1	15	2	17	-	16	-	12	12	59	4	17
KC5	Koh To S2	-	0	1	-	6	105	11	1	2	11	17
KC6	Koh rokaKrav pagoda	4	0	6	11	3	-	6	9	7	6	6
KC7	SambourmeasPrimary school	-	0	2	0	14	14	52	20	19	0	13
KC8	Neang kong hing	-	0	9	34	4	-	38	13	8	0	13
KC16	PrekDeum Chan S2	0	1	3	18	4	-	41	16	13	2	11

「 - 」 ...浄水装置の故障や洪水の影響によりデータが得られなかった。

図9が示すように、ヒ素除去率は83.1～99.7%、平均93.8%の高い値を示した。K2(6903 μgAsL^{-1})、K7(2372 μgAsL^{-1})、P3(1537 μgAsL^{-1})、KC8(4640 μgAsL^{-1})及びKC16(2383 μgAsL^{-1})のような井戸原水のヒ素濃度が $>1000 \mu\text{gL}^{-1}$ の場合でも、それぞれ96.6、99.4、83.1、99.7と99.5%の高い除去率を示した。ヒ素除去浄水装置を使用することによって、最も低い場合でも井戸水中のヒ素の8割以上を除去し、住民のヒ素暴露へのリスクを大幅に下げることができた。しかし、モニタリング期間中、処理水のヒ素濃度がWHOの飲料水基準値、さらにはカンボジアの飲料水基準より高くなることがあった。特にK1、K2、K8とP3は基準値より高い濃度を示す月が多く、安全な水を安定的に供給することが必ずしもできなかった。その直接の原因としては井戸水がヒ素フィルター中の鉄吸着剤と十分接触できなかったことが挙げられる。ヒ素フィルターの中の鉄吸着剤、活性炭、大砂及び小砂は手作業で充填するため、フィルターによっては中が均等になっていない可能性が考えられる。従って、ヒ素フィルターの保守・点検、交換が極めて重要である。

・処理水の一般的性質

2011年5月から10月までの処理水の一般的性質のモニタリング結果を表10～19に示した。pHはKC2の5月の6.32、KC16の6月の6.62、K1の7月の6.65と若干低い値を示す試料や、P1の9月の8.09、KC1の9月の8.28、KC7の9月の8.16、P1の10月の8.02と若干高い値を示す試料があったものの、ほとんどは井戸原水(pH 6.84～7.94)と同じ範囲の値を示した(表10)。いずれの値もWHO飲料水基準値(5.8～8.6)の範囲にあり、期間を通して処理水は飲料水として問題がなかった。ECは原水(EC 0.019～0.193 mS m^{-1})と同様に低い値を示した(0～1.16 mS m^{-1})(表11)。ナトリウムイオン濃度(nd～10.2 mg L^{-1})は原水(2.43～11.7 mg L^{-1})とほぼ同程度の濃度を示し、WHO飲料水基準値の200 mg L^{-1} より遥かに低かった(表12)。カリウムイオン濃度(nd～9.86 mg L^{-1})は原水(nd～15.9 mg L^{-1})と同程度であった(表13)。マグネシウムイオンとカルシウムイオン濃度は最も高い場合でもそれぞれ33.5と13.7 mg L^{-1} で、その和は日本厚生労働省の飲料水基準値300 mg L^{-1} より大幅に低かった(表14、表15)。塩化物イオンはnd～56.4 mg L^{-1} にあったが、WHO飲料水基準値の250 mg L^{-1} よりは低い値であった(表16)。硫酸イオンはnd～17.1 mg L^{-1} を示し、これもWHO飲料水基準値より著しく低かった。

一方、溶存有機炭素(DOC)は、K1、2、6、7、8がそれぞれ平均 1.73 ± 1.02 、 5.48 ± 2.99 、 1.47 ± 0.6 、 2.71 ± 1.43 、 $3.00 \pm 1.77 \text{ mg L}^{-1}$ 、P1、2、3がそれぞれ平均 2.78 ± 2.97 、 1.84 ± 1.66 、 $1.25 \pm 1.51 \text{ mg L}^{-1}$ 、KC1、2、4、5、6、7、8、16がそれぞれ 1.20 ± 0.36 、 2.34 ± 1.66 、 1.27 ± 0.8 、 2.03 ± 1.81 、 0.84 ± 0.31 、 1.77 ± 0.93 、 2.82 ± 2.31 、 $3.58 \pm 2.82 \text{ mg L}^{-1}$ を示し、すべての処理水試料が一般的な淡水の濃度範囲内(0.1～10-20 mg L^{-1})にあった。Buschmanら(2008)はプノンペンより北に位置する地域の井戸のDOCは $<0.1 \sim 21 \text{ mg L}^{-1}$ の範囲で平均値2.3 mg L^{-1} 、南の地域では $<0.1 \sim 15 \text{ mg L}^{-1}$ の範囲で平均3.1 mg L^{-1} を示すと報告しており、本調査地16地点の内プノンペンより北に位置するKC1、2、4、5、6、7、8、16のDOCもまた同様の濃度範囲を示し、また南の地域であるK1、2、6、7、8、P1、2、3も同様の結果であった。

表 10 処理水の pH

No.	浄水装置設置箇所	5月	6月	7月	8月	9月	10月
K1	Dey ETH S1	6.88	7.05	6.65	7.05	7.85	7.85
K2	Dey ETH S2	7.18	7.20	7.20	6.78	7.32	7.28
K6	Ban teay Dek temple	7.25	7.15	7.05	7.00	7.74	-
K7	Ban teay Dek school	7.32	7.22	7.23	7.24	7.95	7.84
K8	Dey ETH Health center S1	7.40	7.17	7.39	6.85	7.83	7.71
P1	Peam Koh S1	7.29	6.88	7.20	7.13	8.09	8.02
P2	Peam Koh S2		7.00	6.97	6.95	7.27	7.66
P3	Peam Koh S3	7.13	7.20	7.04	6.93	7.58	7.60
KC1	Koh Kok" B"	7.58	7.12	7.52	7.53	8.28	-
KC2	Koh Kok"D"	6.39	7.28	7.40	7.40	8.13	-
KC4	Koh To S1	7.58	6.97	7.40	-	7.74	7.99
KC5	Koh To S2		7.09	7.20	-	7.78	-
KC6	Koh rokaKrav pagoda		6.74	7.03	6.91	7.78	7.74
KC7	SambourmeasPrimary school	6.99	6.96	7.32	7.33	8.16	-
KC8	Neang kong hing	7.73	6.90	6.19	6.93	7.62	-
KC16	PrekDeum Chan S2	7.18	6.62	7.10	7.11	-	7.75

「 - 」...浄水装置の故障や洪水の影響によりデータが得られなかった。

表 11 処理水の EC

No.	浄水装置設置箇所	5月	6月	7月	8月	9月	10月
		(mS m ⁻¹)					
K1	Dey ETH S1	0.08	0.06	1.10	0.01	1.16	1.11
K2	Dey ETH S2	0.08	0.11	0.54	0.01	0.44	1.22
K6	Ban teay Dek temple	0.06	0.07	0.73	-	0.55	-
K7	Ban teay Dek school	0.07	0.04	0.44	0.80	0.75	0.81
K8	Dey ETH Health center S1	0.08	0.10	0.80	0.01	1.01	1.11
P1	Peam Koh S1	0.07	0.07	0.66	0.66	0.71	0.50
P2	Peam Koh S2		0.09	0.95	0.88	-	2.76
P3	Peam Koh S3	0.03	0.07	0.72	0.72	0.68	0.45
KC1	Koh Kok” B”	0.05	0.08	0.77	0.78	0.81	-
KC2	Koh Kok”D”	0.13	0.05	0.51	0.57	0.51	-
KC4	Koh To S1	0.03	0.75	0.85	-	0.08	0.85
KC5	Koh To S2		0.73	0.73	-	0.07	-
KC6	Koh rokaKrav pagoda		0.07	0.69	0.72	0.07	0
KC7	SambourmeasPrimary school	0.11	0.05	0.66	0.56	0.07	-
KC8	Neang kong hing	0.03	0.04	0.51	0.54	0.05	-
KC16	PrekDeum Chan S2	1.02	0.11	1.11	0.53	0.11	0.53

「 - 」...浄水装置の故障や洪水の影響によりデータが得られなかった。

表 12 処理水のナトリウムイオン

No.	浄水装置設置箇所	5月	6月	7月	8月	9月	10月
		mg L ⁻¹					
K1	Dey ETH S1	5.81	6.50	1.18	2.84	n.d	n.d
K2	Dey ETH S2	4.02	2.02	9.59	4.81	7.74	4.88
K6	Ban teay Dek temple	3.16	4.77	3.27	3.02	n.d	n.d
K7	Ban teay Dek school	2.29	n.d	5.14	4.15	2.83	-
K8	Dey ETH Health center S1	3.84	2.72	3.15	1.61	n.d	n.d
P1	Peam Koh S1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
P2	Peam Koh S2	-	nd	3.34	n.d	n.d	n.d
P3	Peam Koh S3	nd	nd	n.d	n.d	n.d	n.d
KC1	Koh Kok” B”	5.59	4.13	7.04	n.d	n.d	-
KC2	Koh Kok”D”	4.12	8.23	nd	n.d	3.88	-
KC4	Koh To S1	5.10	10.2	n.d	-	n.d	n.d
KC5	Koh To S2	-	n.d	n.d	-	n.d	-
KC6	Koh rokaKrav pagoda	7.78	9.23	3.47	2.80	4.53	4.00
KC7	SambourmeasPrimary school	-	10.2	n.d	n.d	n.d	-
KC8	Neang kong hing	-	8.60	n.d	n.d	n.d	-
KC16	PrekDeum Chan S2	3.41	6.81	2.44	1.25	2.47	2.45

「 - 」...浄水装置の故障や洪水の影響によりデータが得られなかった。n.d は検出限界以下を示す。

表 13 処理水のカルウムイオン

No.	浄水装置設置箇所	5月	6月	7月	8月	9月	10月
		mg L ⁻¹					
K1	Dey ETH S1	1.66	2.62	13.1	7.87	0.49	14.4
K2	Dey ETH S2	2.60	1.24	2.07	1.66	1.91	2.69
K6	Ban teay Dek temple	2.07	2.05	3.14	2.60	1.22	4.17
K7	Ban teay Dek school	8.10	0.91	3.22	2.07	n.d	3.68
K8	Dey ETH Health center S1	7.87	0.32	15.9	8.10	2.74	-
P1	Peam Koh S1	3.25	4.1	2.4	3.25	1.77	4.45
P2	Peam Koh S2	-	1.76	1.82	1.79	0.64	2.70
P3	Peam Koh S3	7.97	1.44	14.5	7.97	2.31	15.21
KC1	Koh Kok" B"	0.88	0.66	1.1	0.88	1.07	-
KC2	Koh Kok"D"	1.21	0.62	1.79	1.21	2.62	-
KC4	Koh To S1	0.31	0.6	0.03	-	0.02	0.33
KC5	Koh To S2	-	2.61	n.d	-	n.d	-
KC6	Koh rokaKrav pagoda	1.82	1.59	2.04	1.02	2.55	2.84
KC7	SambourmeasPrimary school	-	1.54	1.63	0.82	0.28	-
KC8	Neang kong hing	-	1.31	1.22	0.61	0.05	-
KC16	PrekDeum Chan S2	0.42	0.84	6.44	3.22	4.75	6.86

「 - 」 ...浄水装置の故障や洪水の影響によりデータが得られなかった。n.d は検出限界以下を示す。

表 14 処理水のマグネシウムイオン

No.	浄水装置設置箇所	5月	6月	7月	8月	9月	10月
		mg L ⁻¹					
K1	Dey ETH S1	6.38	6.39	5.47	5.93	7.70	8.66
K2	Dey ETH S2	7.24	n.d	6.84	n.d	8.43	11.9
K6	Ban teay Dek temple	8.31	6.27	8.21	7.24	8.89	-
K7	Ban teay Dek school	8.24	10.8	n.d	n.d	6.38	8.97
K8	Dey ETH Health center S1	5.93	6.45	10.0	8.24	10.5	13.3
P1	Peam Koh S1	9.38	10.1	8.66	9.38	10.4	13.7
P2	Peam Koh S2	-	5.16	n.d	n.d	9.07	11.7
P3	Peam Koh S3	13.9	n.d	n.d	n.d	7.98	8.97
KC1	Koh Kok" B"	8.83	7.63	10.03	8.83	9.03	-
KC2	Koh Kok"D"	6.26	5.68	6.84	6.26	10.5	-
KC4	Koh To S1	6.35	5.59	n.d	-	0.01	n.d
KC5	Koh To S2	-	8.20	n.d	-	n.d	-
KC6	Koh rokaKrav pagoda	10.9	8.57	n.d	n.d	10.2	-
KC7	SambourmeasPrimary school	-	n.d	9.12	4.56	0.90	-
KC8	Neang kong hing	-	5.93	9.29	4.65	10.0	-
KC16	PrekDeum Chan S2	4.57	9.14	n.d	n.d	n.d	11.4

「 - 」...浄水装置の故障や洪水の影響によりデータが得られなかった。n.d は検出限界以下を示す。

表 15 処理水のカルシウムイオン

No.	地点	5月	6月	7月	8月	9月	10月
		mg L-1					
K1	Dey ETH S1	5.80	13.9	22.2	18.0	22.2	29.1
K2	Dey ETH S2	11.8	11.6	21.2	16.4	22.3	27.0
K6	Ban teay Dek temple	5.78	23.6	20.3	21.9	21.3	-
K7	Ban teay Dek school	16.1	23.5	21.7	22.6	14.5	33.5
K8	Dey ETH Health center S1	14.2	15.8	16.4	16.1	20.4	24.3
P1	Peam Koh S1	6.65	13.3	21.3	17.3	21.2	28.0
P2	Peam Koh S2	-	9.08	21.3	15.2	18.3	25.8
P3	Peam Koh S3	9.75	13.3	15.4	14.4	18.8	22.1
KC1	Koh Kok” B”	15.6	21.3	22.7	22.0	21.6	-
KC2	Koh Kok”D”	13.4	18.3	19.8	19.0	20.8	-
KC4	Koh To S1	17.6	20.6	10.6	-	10.6	20.9
KC5	Koh To S2	-	16.1	19.3	-	16.6	-
KC6	Koh rokaKrav pagoda	18.5	17.0	21.7	10.9	26.5	30.2
KC7	SambourmeasPrimary school	-	19.0	22.2	11.1	21.1	-
KC8	Neang kong hing	-	20.9	22.1	11.0	23.3	-
KC16	PrekDeum Chan S2	7.85	15.7	22.3	11.1	22.2	30.1

「 - 」...浄水装置の故障や洪水の影響によりデータが得られなかった。

表 16 処理水の塩化物イオン

No.	地点	5月	6月	7月	8月	9月	10月
		mg L ⁻¹					
K1	Dey ETH S1	21.4	23.3	19.4	25.4	4.28	27.6
K2	Dey ETH S2	3.01	2.31	3.71	4.33	4.03	6.34
K6	Ban teay Dek temple	5.08	7.11	3.04	9.20	4.18	11.3
K7	Ban teay Dek school	6.18	6.50	5.86	20.1	27.2	33.7
K8	Dey ETH Health center S1	7.60	10.5	4.70	30.2	39.3	49.8
P1	Peam Koh S1	10.7	19.5	1.88	24.6	10.2	29.7
P2	Peam Koh S2	-	13.6	11.4	35.0	42.8	56.4
P3	Peam Koh S3	11.6	n.d	35.9	n.d	12.3	6.15
KC1	Koh Kok" B"	3.32	2.90	3.74	27.2	48.6	33.2
KC2	Koh Kok"D"	19.0	16.6	9.41	27.4	21.6	38.2
KC4	Koh To S1	26.3	4.65	n.d	-	n.d	n.d
KC5	Koh To S2	-	29.9	23.1	-	2.51	3.95
KC6	Koh rokaKrav pagoda	8.68	8.53	8.82	2.67	1.21	3.28
KC7	SambourmeasPrimary school	-	8.73	3.69	1.27	1.71	2.12
KC8	Neang kong hing	-	13.0	2.50	1.60	2.09	2.65
KC16	PrekDeum Chan S2	9.21	5.81	12.6	16.5	6.84	19.9

「 - 」 ...浄水装置の故障や洪水の影響によりデータが得られなかった。n.d は検出限界以下を示す。

表 17 処理水の硫酸イオン

No.	地点	5月	6月	7月	8月	9月	10月
		mg L ⁻¹					
K1	Dey ETH S1	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05	0.08
K2	Dey ETH S2	0.14	0.03	0.25	0.03	0.01	0.03
K6	Ban teay Dek temple	0.05	0.10	0.01	0.12	0.04	0.14
K7	Ban teay Dek school	0.13	0.22	0.04	0.22	0.01	0.23
K8	Dey ETH Health center S1	0.06	0.02	0.10	4.41	8.78	8.80
P1	Peam Koh S1	6.36	12.7	0.03	12.8	0.23	12.9
P2	Peam Koh S2	-	0.03	0.01	0.52	0.98	1.01
P3	Peam Koh S3	n.d	12.7	0.03	21.3	17.1	29.8
KC1	Koh Kok" B"	n.d	n.d	0.01	0.18	0.37	0.37
KC2	Koh Kok"D"	0.34	0.06	0.63	0.30	0.48	0.54
KC4	Koh To S1	0.10	1.52	0.34	-	0.04	0.05
KC5	Koh To S2	-	1.67	0.05	-	n.d	n.d
KC6	Koh rokaKrav pagoda	0.46	0.49	0.44	0.53	0.19	0.62
KC7	SambourmeasPrimary school	-	0.02	0.02	0.01	n.d	0.01
KC8	Neang kong hing	-	0.90	0.16	0.74	1.47	1.48
KC16	PrekDeum Chan S2	0.31	0.05	0.57	26.0	0.46	26.2

「 - 」...浄水装置の故障や洪水の影響によりデータが得られなかった。n.d は検出限界以下を示す。

表 18 処理水の溶存有機炭素

No.	地点	5月	6月	7月	8月	9月	10月
		mg L ⁻¹					
K1	Dey ETH S1	2.50	2.04	1.53	2.20	3.31	2.87
K2	Dey ETH S2	6.18	2.40	1.80	4.04	8.48	6.28
K6	Ban teay Dek temple	2.17	1.02	2.03	1.45	1.02	-
K7	Ban teay Dek school	3.25	1.52	5.84	3.95	2.06	0.88
K8	Dey ETH Health center S1	4.96	4.05	1.33	2.54	4.66	3.75
P1	Peam Koh S1	2.30	4.67	3.48	2.62	1.77	9.80
P2	Peam Koh S2	-	0.49	3.14	1.09	1.70	4.61
P3	Peam Koh S3	1.93	0.34	3.43	0.49	0.65	3.69
KC1	Koh Kok” B”	1.06	1.78	0.97	1.38	0.81	-
KC2	Koh Kok”D”	1.77	2.71	5.20	2.99	0.78	-
KC4	Koh To S1	1.13	1.09	2.88	-	0.75	0.49
KC5	Koh To S2	-	2.94	5.72	-	0.83	-
KC6	Koh rokaKrav pagoda	1.53	0.61	1.19	0.90	0.64	0.42
KC7	SambourmeasPrimary school	-	2.58	1.82	2.20	1.21	-
KC8	Neang kong hing	-	0.85	0.94	0.90	3.33	-
KC16	PrekDeum Chan S2	9.56	0.97	1.16	1.06	3.14	0.63

「 - 」...浄水装置の故障や洪水の影響によりデータが得られなかった。

() 浄水装置の使用状況

浄水装置の使用状況を表に示した。

水の使用量は場所によって大きく異なっていた。実証試験期間中、K2の寺のように119tの水を使った場所もあれば、KC5の学校のように使用量がわずか0.4tのところもあった。1人当たりの用水量は0.01～31L/day/personと大きく変動した。人が生きていくために一日2Lの水が必要とされている。これを基準に試験実施場所を二つのグループに分けられる。使用量が>2L/day/personのグループ1にはK2(寺)、K8(保健センター)、P2(保健センター)、P3(民家)及びKC6(寺)が入り、また使用量が<2L/day/personのグループ2には全部の学校(6)、民家3、寺1と町役場1が入った。グループ1の特徴としては住民がそれぞれの場所に住み込みで生活している、飲み水、炊事、洗濯、庭の水やりなど生活全般に浄水装置の水を使用していることと、井戸と浄水装置の管理者がいて、管理が徹底していることが挙げられる。一方、グループ2の特徴としては学校や町役場のように、住民は日中だけ一定の時間をその場所で過ごし、飲み水やトイレ後の手洗い程度にしか水を使わない；浄水装置の水を雨水やほかの井戸など別の水源と併用していることが挙げられる。カンボジアで管井戸が広がったのはここ十数年のことで、井戸水と雨水、河川水を併用している実状がある。学校には雨水をためるタンクがあり、生徒たちは衛生状態の悪い雨水を飲用している。KC1、KC2、KC8の民家は周辺住民を含めて使用人口をそれぞれ120、330、500人と計上しているが、実際の使用人口と異なる可能性が考えられる。住民の行動には、近場に井戸があれば、わざわざ離れている場所の浄水装置まで行かないという特徴がある。カンボジアで管井戸が普及したのはここ十数年のことで、井戸水と雨水、河川水を併用している実状がある。学校には雨水を溜めるタンクがあり、生徒たちは衛生状態の悪い雨水を飲用している。本プロジェクトでは子供たちに安全な水を提供することを目標に学校に浄水装置を設置し、学校を中心に住民説明会・啓発活動を行ったが、水問題に対する意識改革にはなお時間と努力が必要だと感じた。さらに、井戸水に加え、河川水や雨水の水質浄化を含めた飲料水のトータルケアが必要である。

表19 ヒ素除去浄水装置の使用状況

No.	場所	使用人口 (人)	使用水量 (t)	平均 (L/day/person)
K1	学校	600	10	0.1
K2	寺	60	119	13
K6	寺	45	10	1.4
K7	学校	420	9	0.1
K8	保健センター	10	47	31
P1	学校	550	9	0.1
P2	保健センター	12	23	13
P3	民家	6	7	7.3
KC1	民家	120	9	0.5
KC2	民家	330	11	0.2
KC4	学校	220	1	0.03
KC5	学校	250	0.4	0.01
KC6	寺	70	23	2.2
KC7	学校	500	3	0.05
KC8	民家	200	8	0.3
KC16	町役場	6	2	1.8

それぞれの場所での浄水装置の詳細な使用状況は以下のとおりである。

カンダール州(5基)

・K1 Dey ETH S1(学校)

処理水の使用量は10t、一人一日あたりの使用量は0.1Lとであった。この学校では、浄水装置の水を主に手洗い、うがい、草木への水やり利用していた。浄水装置を設置している小屋は施錠されていて、使用の際は校長が鍵を開けるシステムになっている。そのため、浄水装置は使いにくい状況にあった。



・K2 Dey ETH S2(寺)

処理水の使用量は119tと、16箇所中最も使用量が多かった。一人一日あたりの使用量は13Lと十分量の水が供給されていた。この寺では60名の僧侶が住み込みで生活していて、処理水を飲み水、炊事、洗濯、シャワー、水やりなど生活全般に利用していた。

・K6 Ban teay Dek Temple(寺)

処理水の使用量は1t、一人一日あたりの一日の処理水使用量は、1.3Lであった。この寺では45名の僧侶が住み込みで生活しているが、大きな天水収集システムがあるため、生活用水に浄水装置の処理水と雨水を併用している。



・K7 Ban teay Dek School(学校)

処理水の使用量は9t、一人一日あたりの使用量は0.1Lであった。この学校では、校庭内にもう一つ管井戸があり、そちらの井戸と浄水装置の処理水を併用していた。

・K8 Dey ETH Health center S1(保健センター)

処理水の使用量は 47t、一人一日あたりの使用量は 31 L であった。この保健センターには 10 名のスタッフが勤務しているが、入院患者がいるときもある。浄水装置設置前は、業者から水を購入していたが、装置設置後は処理水を主に利用するようになった。ここでは処理水を飲み水、炊事、洗濯、シャワー、水やりなど生活全般に利用し、また患者用に RO 水を使用していた。

ブレイベン州(3基)

・P1 Pean Koh S1(学校)

処理水の使用量は 9t、一人一日あたりの使用量は 0.1 L であった。浄水装置は小学校の校庭内に設置してあり、使用者は主に学生であった。聞き取りによると、処理水は手洗いやうがいに使用されていた。この学校には、雨水を溜めるタンクがあった。学生は雨水を使ったり、持参した水や学校が購入した水を飲んだりしているということである。



・P2 Peam Koh S2(保健センター)

処理水使用総量は 23t、一日の一人あたりの使用水量は 13 L であった。この保健センターには 12 人のスタッフが勤務していて、処理水はスタッフだけでなく入院患者のシャワー、洗濯、手洗いに使用されていた。浄水装置はスタッフにより定期的にメンテナンスがされていて、保守管理が行き届いていた。

・P3 Peam Koh S3(民家)

処理水の使用量は 7t、一人一日あたりの使用量は 7.3 L であった。浄水装置は住民個人の敷地内に設置してあり、常にメンテナンスが行われていて、きれいな状態で稼働していた。一世帯 6 人家族で、処理水を飲み水、炊事、洗濯、シャワー、水やりなど生活全般に使用していた。

コンボンチャム州(8 基)

・KC1 Koh kok “B”(民家)

処理水の使用量は 9t、一人一日あたりの使用量は 0.5 L であった。浄水装置は民家に設置し、周辺住民 120 人で使用する計画であった。しかし、聞き取り調査で住民は浄水装置まで距離があるため、私有の井戸や河川水を利用していたことが分かった。

・KC2 Koh kok “D”(民家)

処理水の使用量は 11t、一人一日あたりの使用量は 0.2 L であった。浄水装置は民家に設置し、周辺住民 330 人で使用する計画であったが、住民は浄水装置まで距離があるため、私有の井戸や河川水を利用していた。一方、聞き取りによると、浄水装置に取り付けられたポンプが故障した際は、修理費用として 1 世帯当たり 1000-2000 リエル(\$ 1=4000 リエル)を住民が出資していたことがわかり、利用者全体で浄水装置を維持管理する姿勢が伺えた。

・KC4 Koh To S1(学校)

処理水の使用量は 1t、一人一日あたりの使用量は 0.03 L であった。処理水は草木への水やりや手洗い程度にしか使用されていなかった。この学校では、雨水を使用している一方、水瓶一杯 2000 リエル(\$ 1=4000 リエル) の河川水を購入し利用していた。また、聞き取りによると、住民や学生は浄水装置に取り付けられている手動ポンプが固く、使いにくいと感じていることが分かった。

・KC5 Koh To S2(学校)

処理水の使用量は 0.4t、一人一日あたりの使用量は 0.01 L であった。浄水装置は KC4 と同じ敷地内に設置されていた。同じ敷地内に浄水装置を 2 基置いたのも水使用量が少なかった原因の一つと考えられるが、KC4 で述べたように、学校では雨水や購入した河川水を利用していることが最も大きい原因だと思われる。

・KC6 Koh roka Krar Pagoda(寺)

処理水の使用量は 23t、一人一日あたりの使用量は 2.2 L であった。処理水は、シャワー、炊事、飲用等住民の生活全般に使用されていた。また、装置のメンテナンスが定期的にされており、処理水は安定して供給されていた。

・KC7 Sambourmeas Primary School(学校)

処理水の使用量は 3t、一人一日あたりの使用量は 0.05L であった。この学校では処理水は学生の手洗いに使用される程度であった。聞き取りにより、学生は持参した水や校内で購入する水を飲んでいることがわかった。

・KC8 Neang kon hing(民家)

処理水の使用量は 8t、一人一日あたりの使用量は 0.3L であった。住民は処理水を洗濯やシャワーに利用していた。この地区には 130 世帯が住んでいて、その内 39 世帯には上水道が引かれている。上水道が通っていない世帯はバケツ 200 リエル(\$ 1=4000 リエル)の水道水を購入して使用していることがわかった。これらの世帯の人々にとって、浄水装置の処理水は生活水源の一つとなっていることがわかった。また、装置は地区長により管理されており、メンテナンスが定期的に行われていた。

・KC16 Prek Deun Chan S2(町役場)

処理水の使用量は2t、一人一日あたりの使用量は1.8Lであった。この町役場には6人の役人が勤務していて、昼間の勤務時間中に処理水を使用していた。また、町役場の関係者と周辺住民にも利用されていることが分かった。周辺では浄水戸が引かれている世帯もあった。

このように、コンポンチャム州では浄水装置の処理水の使用量は全般的に低い傾向にあった。その原因の一つとしてはカンダール州やプレイベン州と比べて、コンポンチャム州の一部の地域で上水道が整備されていることや河川が住宅から近いことが挙げられる。また、コンポンチャム州は2011年に8月と10月に二度洪水の影響を受け、浄水装置が稼働できない期間が長かったことも用水量が少なかった原因だと思われる。

地下水のヒ素汚染及びヒ素除去浄水装置に関する住民説明会・啓発活動
全ての住民説明会と啓発活動は以下のプログラムで行った。

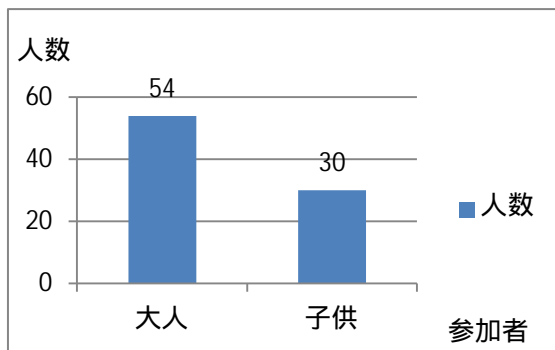
- 開会のあいさつ
- 活動の概要説明
- 学校・寺院などの関係者スピーチ
- 地域代表者スピーチ
- NGO による紙芝居上演
- カンボジア国立工科大学および高知大学からの説明
- 質疑応答
- 開会のあいさつ

第 1 回 住民説明会と啓発活動

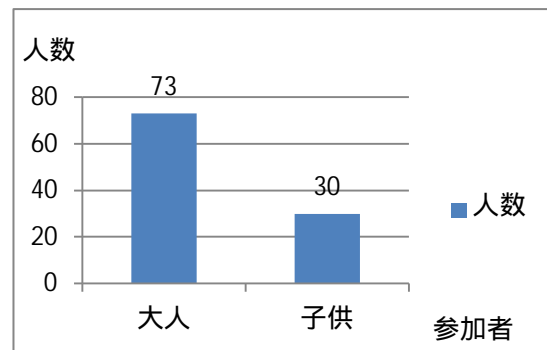
日時:7月12日

場所:カンダール州 Day,Eth Primary School および Banteay dek pagoda

参加者の人数を以下の表に示す。



Day,Eth Primary School



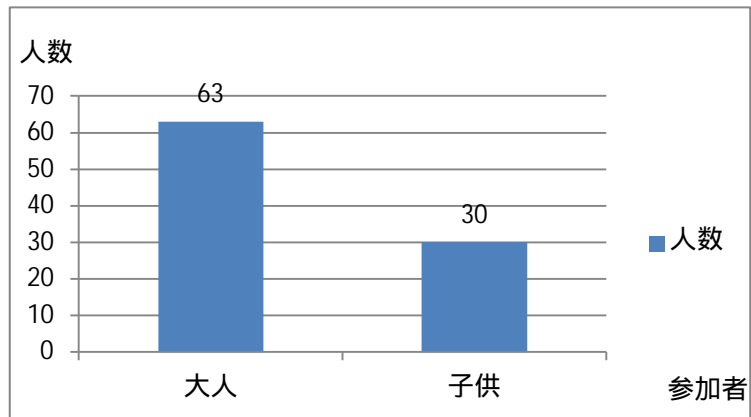
Banteay dek pagoda



紙芝居と啓発活動の様子

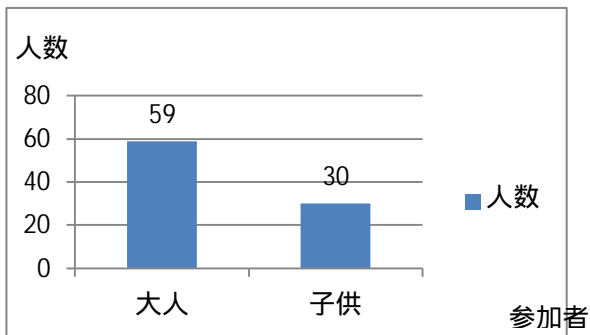
日時:7月13日

場所:プレイベン州 Peamro Primary School

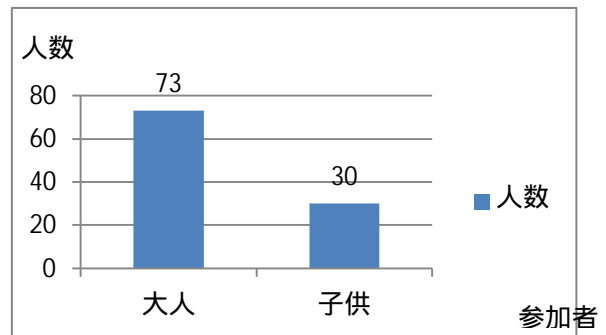


日時:7月14日

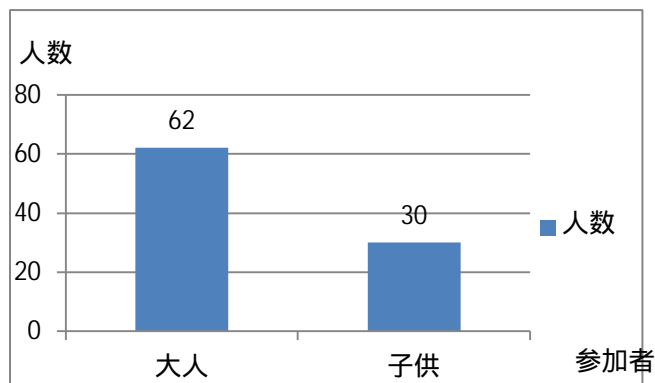
場所:コンポンチャム州 Sambourmeas Primary School・Koh kok'B Primary School・Kok to teem Primary School



Sambourmeas Primary School



Koh kok'B Primary School

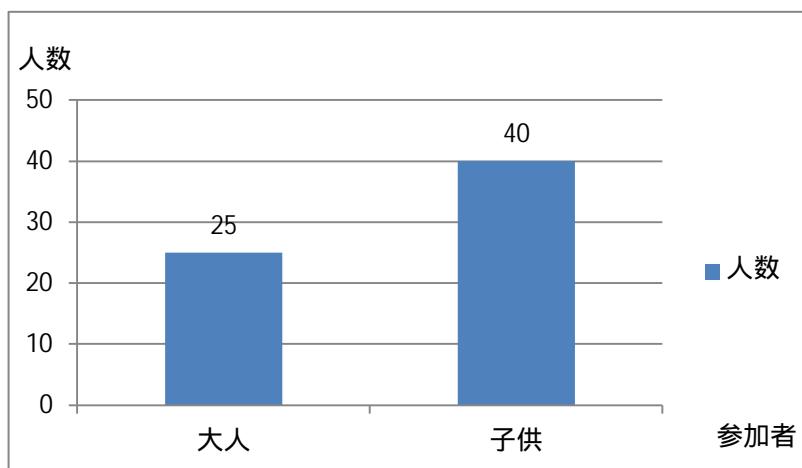


Kok to teem Primary School

第二回 住民説明会と啓発活動

日時:9月5日

場所:カンダール州 Banteay dek pagoda



Banteay dek pagoda

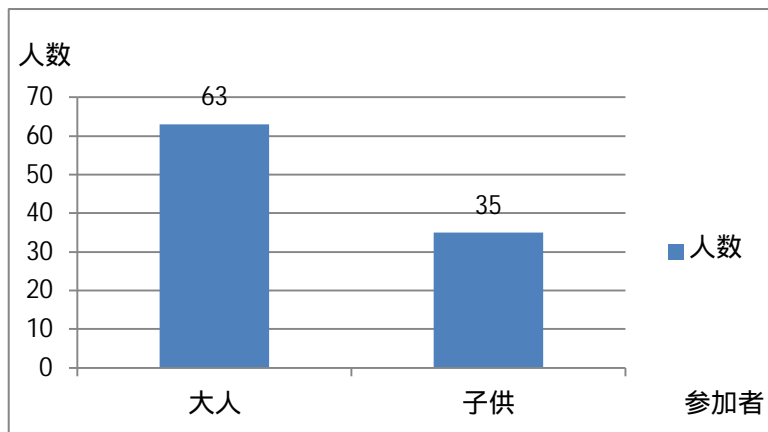


第二回活動の様子

第三回 住民説明会と啓発活動

日時:11月18日

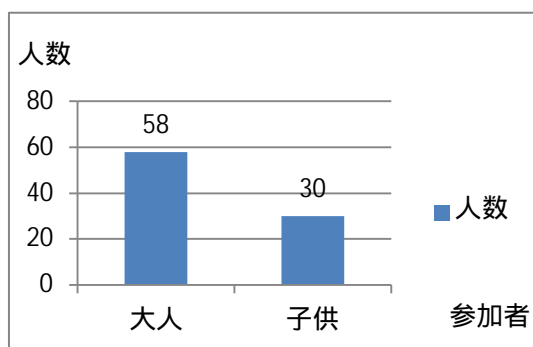
場所:コンポンチャム州:Samboumeas commune



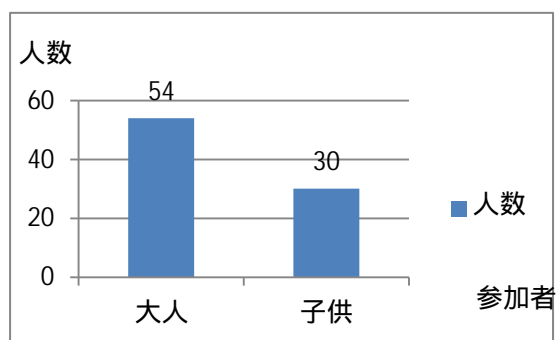
第三回活動の様子1

日時:11月19日

場所:コンポンチャム州 Koh roka krav pagoda・Neang kong hinh Village



Koh roka krav pagoda



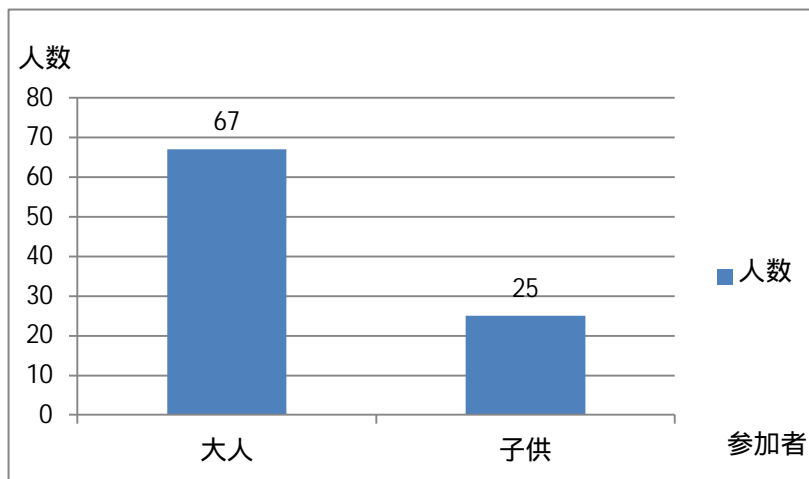
Neang kong hinh Village



第三回啓発活動の様子 2

日時:11月21日

場所:コンポンチャム州 Sery baneay dek pagoda

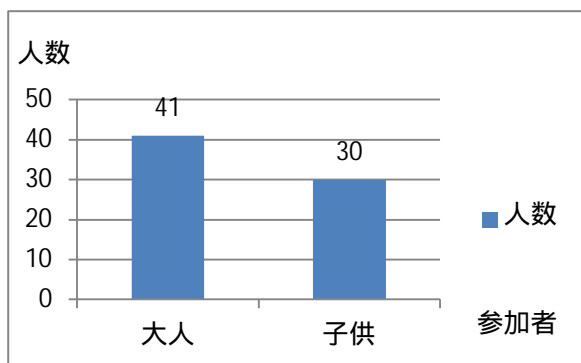


第三回活動の様子 3

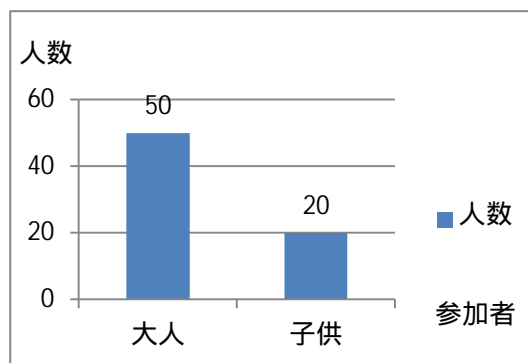
第四回 住民説明会と啓発活動

日時:1月10日

場所:カンダール州 Banteay dek pagoda・Banteay dek Village



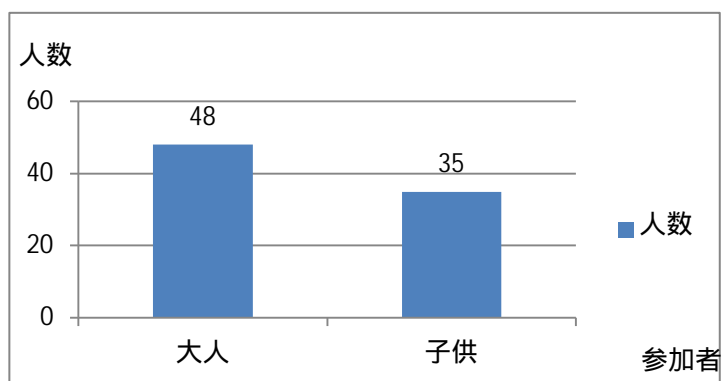
Banteay dek pagoda



Banteay dek Village

日時:1月11日

場所:プレイベン州 Peamro Primary School



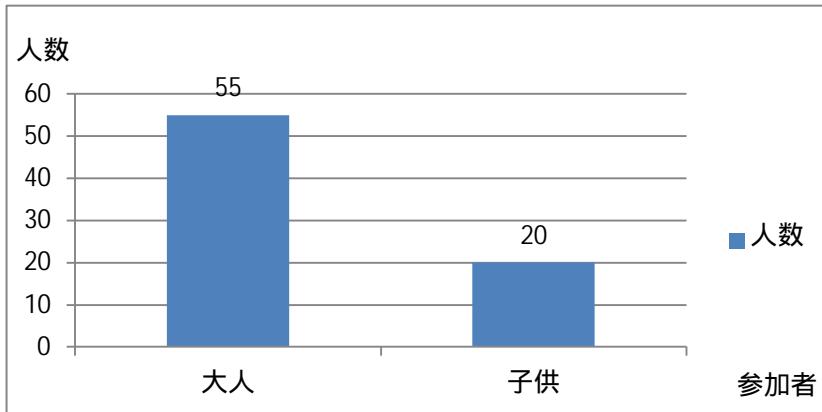
Peamro Primary School



Peamro Primary School での活動の様子

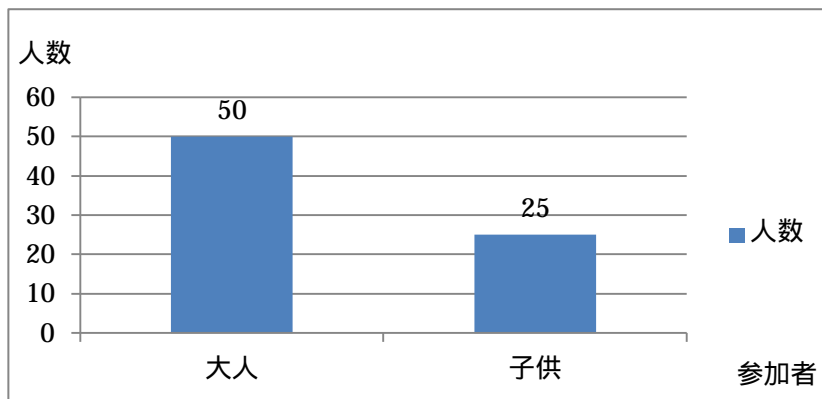
日時:1月12日

場所:コンポンチャム州 Koh rokha krav Village

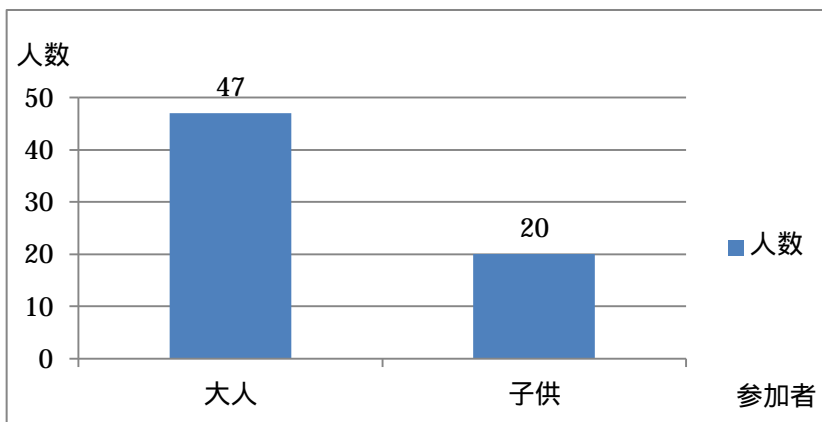


日時:1月13日

場所:コンポンチャム州 Koh peak village・Kho peakohk Village



Koh peak village



Kho peakohk Village

表 20 住民からの質問とそれに対する回答

質問内容	応答
ヒ素に色はありますか？	無色です。
ヒ素は何処から来ますか？	ヒマラヤ山脈を水源とする大河によって運ばれてきます。ヒ素を含む土砂が地中に溜まっていて、それが地下水に溶け出ています。
ヒ素に味はありますか？	ありません。
川水や雨水もヒ素がありますか？	どちらにもヒ素はほとんど含まれていません。
皮膚や傷口からヒ素は体内に入りますか？	考えにくい。
茶色い井戸水も透明な井戸水もヒ素が入っていますか？	水の色でヒ素が入っているかどうかはわかりませんので、どちらの水にも入っている可能性もあれば、入っていない可能性もあります。
ポンプ式と汲み置き式の井戸はどちらがいいでしょうか？	浅井戸はヒ素濃度が低い傾向があります。
井戸水を 24 時間ぐらい汲み置きして上澄みを使うと大丈夫でしょうか？	沈殿物と一緒にヒ素の一部が沈殿するので、ヒ素濃度をある程度下げることが出来る良い方法だと思います。
隣接する井戸でもヒ素の濃度は違いますか？	隣の井戸でもヒ素濃度は違います。必ず検査をしてから利用して下さい。
現在ヒ素が入ってなくても将来ヒ素が入る可能性はありますか？	井戸の水源が変わるとヒ素が含まれる可能性があります。不検出から 1 年後の再検査でヒ素が検出された事例があります。
ヒ素が入った水を飲むとどのぐらいで病気になりますか？	早い場合は 10 年、遅ければ 30 年程度で発病します。
井戸水で水浴びをしてもヒ素が体内に入りますか？	長く使うと皮膚に炎症などの症状が出る可能性があります。
浄水器はいくらですか？	現在使用しているのは 85 万円程度です。
どんな浄水器ならヒ素を除去できますか？	浄水器もいろいろあるのでヒ素除去に適した浄水器を利用してください。
浄水器で絶対にヒ素を取り除くことができますか？	鉄吸着剤と井戸水をしっかり接触できれば 100%除去できます。
浄水器の値段が高いので今後は安くなりますか？また日本の援助などは得られますか？	その活動も行なっています。また浄水器をカンボジアで作ることで値段を安くしたいと考えています。
以前の調査で 400ppb のヒ素を含む井戸水を飲んでいるが、まだ死んでいない。どうしてでしょうか？	ヒ素中毒症状には個人差があります。その人の栄養状態によって症状が出たり出なかったり、また症状が重かったり軽かったりします。ヒ素は体内で蓄積されるので、年数が長くなるとリスクが高くなります。
アメリカの会社の報告で緑の野菜を食べればヒ素が体内から除去できると聞いたが本当でしょうか？	ビタミンやたんぱく質などの栄養状態が改善されればヒ素障害の症状が緩和されるとの報告があります。
沸騰させた井戸水は安全ですか？	病原菌などは死滅しますが、ヒ素濃度が大幅に下がることはありません。
妊婦がヒ素の入っている井戸水を飲んだら、胎児にも影響がありますか？	あります。よって妊婦や乳幼児は特に気をつけなければなりません。
もしカンボジア国全土でヒ素が出たらどうしたらいいですか？	浄水器を使って安全な水を作るしかありません。そうなったら、たくさんのお金が必要になるので、出来るだけ安い浄水器を作らなければなりません。

2. 目的に照らした達成状況

(1) 平成 23 年度事業の効果

平成 22 年度の地下水に関する調査結果から、カンダール州、プレイベン州、コンボンチャム州の井戸水に飲料水として使うのに、大きく二つの問題点があることが分かった。すなわち、濁度とヒ素濃度が高いことである。本研究で開発したヒ素除去浄水装置を現地の 16 井戸に設置し、実証試験を行ったところ、処理水の濁度とヒ素濃度のいずれも WHO あるいはカンボジアの飲料水基準値以下に下げることが出来た。モニタリング期間中に基準値より高いヒ素濃度が検出されることがあったが、ヒ素フィルターの保守点検や交換によって対応可能であった。このように、本プロジェクトで開発したヒ素除去浄水装置は井戸水からヒ素を除去し、地域住民に安全な水を供給するのに十分有効である。

地下水のヒ素汚染問題に対する意識向上及びヒ素除去浄水装置の宣伝普及を目的に、17 回住民説明会と啓発活動を行った。大人 942 名、子供 490 名計 1,432 名の住民が参加した。紙芝居は子供たちだけではなく大人の参加者にもわかりやすいと非常に好評だった。住民はヒ素暴露を危惧しているものの、ヒ素中毒や水質浄化の重要性に関する認識には場所や個人間の差が大きかった。本プロジェクトで展開した住民説明会と啓発活動は地域住民のヒ素問題に対する意識向上、浄水技術に対する理解を深めることに繋がった。

(2) 今後の課題

本技術の普及において、浄水器のコストダウンが最大の課題である。大幅なコストダウンを実現するためには、資材の現地調達・生産を行うべきである。現地で調達できるバイオマスで活性炭を作り、水の前処理に利用する。また、鉄吸着剤のコストダウンを図るために、カンボジアで非晶質鉄水酸化物吸着剤を合成・生産する体制を構築する必要がある。

安全な水を安定的に供給するためには浄水装置の維持管理が重要である。今回の実証試験でポンプが故障することや、基準値を超えるヒ素を含む水が流れることがあった。装置全体の維持管理、あるいはヒ素フィルターの保守・点検、交換が行き届かなかったことが原因だったと思われる。従って、装置の管理者を明確にすること、引き続き現地技術者を養成することが不可欠である。

本事業の成果を普及するために、住民のヒ素問題に対する意識向上と浄水装置の重要性に対する理解が不可欠である。本プロジェクトで行った住民説明会・啓発活動をさらに展開していく必要がある。また、学校教育や市民教育のプログラムにこのような内容を組み込むことが望ましい。さらに、カンボジア政府、地方政府などが主導的に啓発活動を行うことが一層効果的だと思われる。

ヒ素汚染された地下水は飲料用だけではなく、農業用水としても利用されている。将来的には農業用水に利用出来る程度の水質まで浄水能力を落とすことで、より廉価なヒ素除去フィルターを開発する必要がある。

(3) 実用化に向けたプラン

現装置の継続使用

本プロジェクトで製造した 16 基のヒ素除去浄水装置はプロジェクト終了後、カンボジア鉱工業エネルギー省(MIME)に寄贈される。プロジェクト終了前に浄水装置設置場所の住民の意向調査を行ったところ、16 箇所のうち 15 箇所の住民が引き続き装置を使いたいとの意向を示した。今後は MIME 主導のもとで浄水装置を住民に引き続き使ってもらおう。なお、撤去する 1 基はアクアデザインシステム(株)(ADS)、カンボジア国立工科大学、現地 NGO が啓発活動用のデモ機として使用する。

アクアデザインシステム(株)(ADS)による現装置の改良・コストダウン

ADS は本研究の成果を普及するために、下記 3 種類の装置を開発し、試作品を製造した。

() 現装置の改良品

カンボジアの現地資材を使用し、装置を簡易化することによって、現装置の製造費を 85 円から約 30 万円にコストダウンする。

() 新装置

前処理剤と鉄吸着剤を一つの貯水高架タンクに入れたシンプルなタイプで、コストは 15 万円程度にある。

() 新装置

約 500g の鉄吸着剤を入れた小型装置で、紫外線殺菌装置をつけて水の消毒を行う。病院、保健管理センター、患者の自宅などで使用可能です。コストは 10 万円程度である。



安全な水供給システムのモデルケースの構築

本プロジェクトでは 150~200 人単位での使用を想定して装置を開発製造した。実証試験では井戸水のヒ素濃度が高い場合や用水量が多い場合に、ヒ素フィルターを頻繁に交換する必要がある。安全な水を安定的供給することや装置のメンテナンスの頻度を考えると、中央管理型のより規模の大きい装置(1500人~2500人用)が良いのではないかと考えている。将来的には住民で出資して管理人を置き、水を配達(販売)することで収入につなげていくことも可能である。このような住民主体の水管理システムが構築され、定着して行くことが期待される。

(4) 相手国研究者に対する能力向上への貢献について

H23 年度に本プロジェクトメンバーは延べ 18 人回現地を訪れ、カンボジア国立工科大学(ITC)とカンボジア鉱工業エネルギー省(MIME)の研究者たちと幅広い学術・技術交流と情報交換を行ってきた。その中で、ITC と MIME 研究者の浄水装置の稼働、保守・点検方法に関する研究能力の向上に貢献したと考えられる。また、8 月に ITC にヒ素分析用の水素化物つき原子吸光光度計を設置し、プロジェクトメンバーによる指導を行った。さらに、2 月にはプノンペンで「International Symposium 2012“Arsenic Pollution and Removing Technology of Groundwater” (地下水のヒ素汚染と除去技術)」と題した国際シンポジウムを開催し、バングラディッシュ、スリランカ、日本及び中国の研究者が地下水のヒ素汚染問題に関して活発な意見交換を行った。

・研究発表・講演・特許等の状況

1. 2011年6月3日(国連大学本部)

MDGsフォローアップ会合サイドイベント「ミレニアム開発目標(MDGs)の達成とビジネスの可能性」
(共催者(UNDP、世界銀行、IFC)、後援者(経済産業省、JETRO)、協力団体(JICA))でポスターを展示した(ポスター1)



2. 2011年11月9~11日中小企業総合展 JISMEE2011(幕張メッセ)

BOP ビジネスに取り組む日本企業・団体(JETRO、協力経済産業省)にポスターを展示した(ポスター2)。





カンボジア王国における高性能鉄吸着剤を用いたヒ素汚染地下水の浄化技術の研究開発

国立大学法人高知大学
アクアデザインシステム株式会社
有限会社グリーン

カンボジア王国鉱工業エネルギー省
カンボジア国立工科大学

■ 背景

- (1) 地下水のヒ素汚染はインド、バングラディッシュ、中国およびカンボジアなど17の国で報告されている。
- (2) 病原菌が少ない井戸水はカンボジアで、特に地方農村部で飲料水の主な水源の一つとなっている。
- (3) 高濃度のヒ素(>50-6000 $\mu\text{g L}^{-1}$)は Kratie, Kandalと Phnom Penhなど多くの地域で確認された。
- (4) カンボジアでヒ素汚染のリスクに曝されている人口は400万人に上ると言われている(2010)。

■ 目的

- (1) 構造が簡単で使いやすいヒ素除去浄水装置を開発する。
- (2) 村やお寺、学校などに本浄水装置を設置してモニタリング試験を行うことによって、本技術の普及を図る。

■ 高性能鉄吸着剤：非晶質鉄水酸化物 (Amorphous Iron hydroxides)



鉄鉱物	比表面積 (m^2/g)
Goethite	23.0
Hematite	15.3
Lepidocrocite	45.5
Amorphous iron-(hydr)oxides	273.6

特徴

合成が簡単で、安価である。
表面積が大きい。
ヒ素および有害金属の吸着能が高い。
環境にやさしい。

■ ヒ素除去浄水装置および現地モニタリング試験



図1 装置外観と現地での設置の様子



図3 井戸水のヒ素除去モニタリング試験場所

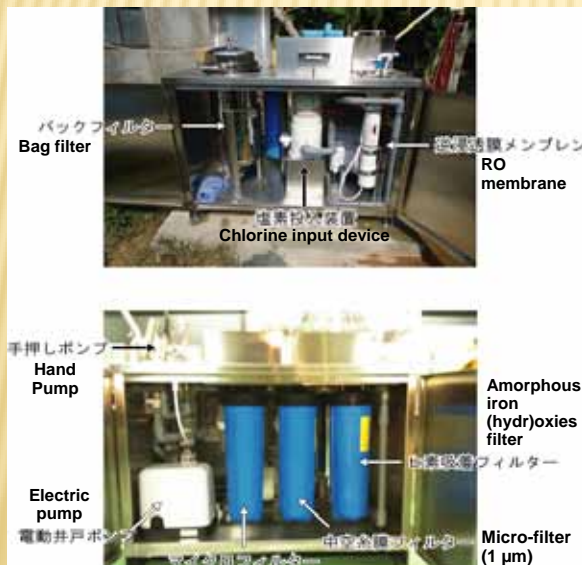


図2 浄水装置内部の構成

表 浄水装置通過前後の水のヒ素濃度

No.	井戸深 (m)	原水ヒ素濃度 ($\mu\text{g L}^{-1}$)	浄化水ヒ素濃度 ($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	40	998	<10
2	-	6903	10-50
3	48	132	<10
4	48	222	<10
5	45	59	<10
6	40	4640	10-50
7	40.5	2383	<10

WHO飲料水基準(10 $\mu\text{g L}^{-1}$); カンボジア飲料水基準(50 $\mu\text{g L}^{-1}$)

まとめ

本研究で開発した浄水装置を通すことで、井戸水のヒ素濃度をWHOあるいはカンボジアの飲料水基準値以下にすることができた。本浄水装置を用いることで、ヒ素以外の水質項目(金属濃度、濁度、大腸菌など)も大幅に改善すると期待される。今後はカンボジアをはじめ、地下水のヒ素汚染が問題となっている国々での普及を図る。

いま、なぜBOPビジネスに取り組むのか

地下水のヒ素汚染はカンボジア、バングラデシュ、インド、中国など世界の20ヶ国で問題となっています。これらの国ではヒ素汚染地下水を長年飲料水と利用しているため、近年皮膚慢性疾患や癌患者が増加していることが明らかになってきました。カンボジアだけでもヒ素汚染リスクに曝されている人口は400万人以上と推定されています。

本事業の目的は高知大学で発明した高性能鉄吸着剤非晶質水酸化物を活用して、地下水からヒ素を除去する浄水装置を開発し、上水道建設が難しいと考えられる都市周辺部や地方農村部地域の住民に安全・安心な飲料水、生活水を提供する技術を確立することです。カンボジアはもちろんのこと、世界中の地下水ヒ素汚染地域で水の浄化に対応する道を拓くことができ、多くの人々の生活・生命の質(Quality of life)が高められると考え、本事業に取り組んでいます。

BOPビジネスの概要

2010年度にはカンボジアの地下水に関する水質調査を行うのと同時に、ヒ素除去浄水装置の開発・製作を行い、現地に設置しました。2011年度には設置したヒ素除去浄水器を稼働して、水質のモニタリング試験を行い、本浄水装置が地下水からヒ素を効果的に除去できることを実証する計画となっています。また、上記の研究開発と並行して、地域住民への説明会、シンポジウム開催などを通して、本事業の成果普及を図ります。

2010年9月に、カンダール州(14井戸)、コンボンチャム州(16井戸)、プレイベン州(7井戸)で地下水の利用状況に関する聞き取り調査と水質調査を行いました。聞き取り調査の結果、地下水は飲み水、炊事、洗濯、シャワー、植物の水やりなどさまざまな目的に使われており、地域住民の日常生活に欠かせない存在となっていることが分かりました。調査した37井戸のうち、27井戸のヒ素濃度がWHOの飲料水基準値($10 \mu\text{g/L}$)を上回りました。また、数ヶ所(1044~6903) $\mu\text{g/L}$ のヒ素を含み井戸も確認され、地下水のヒ素汚染が深刻であることが明示されました。これらの結果に基づいて、16井戸を選定し、浄水器を設置しました。その内訳は学校6、寺院2、保健センター2、町役場1、民家5箇所となっています。

2011年4月からのモニタリング試験では、浄水装置を通すことによって、井戸水のヒ素濃度をWHO あるいはカンボジアの飲料水基準以下にすることができました。現在も試験を継続中です。一方、7月から数回にわたり、NGOと共同で住民説明会を開き、紙芝居などを使ってヒ素の危険性や浄水装置の使用方法に関する啓発活動を行っています。



バックフイムロー 逆浸透膜メンブレン



手押しポンプ 電動井戸ポンプ フィルター

3. 2012年2月21日プノンペンで International Symposium 2012“Arsenic Pollution and Removing Technology of Groundwater”を開催



会場



主賓



Dr.Rahman



MS. Kaushalya



Mr. Takeda



Mr. NADA



Dr. Pich



Dr. Kang



NGO による紙芝居上演



参加者全員の集合写真

International Symposium 2012

“Arsenic Pollution and Removing Technology Of Groundwater”

21 Feb 2012, Sunway Hotel Phnom Penh, Cambodia



高知大学
Kochi University



Aqua Design System Co., Ltd.

GREEN

Global Research & Development for Environment Co.



Supported by:



International Symposium 2012

“Arsenic Pollution and Removing Technology of Groundwater”

Kochi University; Aqua Design System Company; Green Company; Japan
 Institute of Technology of Cambodia;
 Ministry of Industry, Mines and Energy; Cambodia
 (Supported by New Energy and Industrial Technology Development Organization, Japan)

Venue: Sunway Hotel
 Date: February 21, 2012

Time	Activities	Responsible
8:00-8:30	Registration	ITC
8:30-8:35	Respect National Anthem	
8:35-8:45	Speech of representative of NEDO, Japan	Mr. Koichi Eguchi Chief Representative Asian Representative office
8:45-8:55	Welcome remark of ITC Director General	Dr. OM Romny Director General, ITC
8:55-9:05	Opening Ceremony	Dr. Phoeurng Sackona Secretary of State of MoYes
9:05-9:20	Photo Session	
9:20-9:35	<i>Coffee break</i>	
Technical Session : Chairperson- Dr.Prof.Yoshito Otani (Kochi University)		
9:35-10:25	Presentation of researcher from Bangladesh	Dr. Mahmuder Rahman
10:25-11:05	Presentation of researcher from Cambodia	Dr. PICH Bunchoeun
11:05-11:55	Presentation of researcher from Japan	Dr. Yumei Kang
11:55-13:30	<i>Lunch break</i>	
Technical Session: Chairperson- Dr. Chunhieng Thavarith (ITC)		
13:30-14:20	Presentation of researcher from Sri Lanka	Dr. Herath Neranjala Kaushalya
14:20-15:00	Education activities	Mr.Atsushi Nada
15:00-15:40	Report of Activity (Problem and Solution) and Future System Development	Mr.Ryosuke Takeda
15:40-15:50	Closing remark	Dr. Chunhieng Thavarith Deputy Director General in charge of Cambodia and Research

Contents of Technical Session

- 9:35 Dr. Mahmuder Rahman (Dhaka Community Hospital Trust, Bangladesh)
Mass arsenic poisoning of Bangladesh – health impact and community safe drinking water options – Dhaka community hospital experience
- 10:25 Dr.PICH Bunchoeun (Institute of Technology of Cambodia)
Arsenic in shallow aquifers of the lower Mekong delta, Cambodia: Sources, mobilizations and remediation with natural laterites
- 11:05 Dr. Yumei KANG (Kochi University, Japan)
Removing Arsenic from Groundwater Using High Performance Iron Adsorbent in Cambodia
- 13:30 Dr. Herath Neranjala Kaushalya (Open University of Sri Lanka)
Use of carbonaceous materials for primary water/wastewater treatment
- 14:20 Mr. Atsushi NADA (GREEN Co., Ltd. Japan)
Education activities
- 15:00 Mr. Ryosuke Takeda (Aqua Design System Co., Ltd, Japan)
Report of Activity (Problem and Solution) and Future System Development

Arsenic in shallow aquifers of the lower Mekong delta, Cambodia:

Sources, mobilizations and remediation with natural laterites

Bunchoeun Pich^{1*}, Tetsuro Yoneda² and Tsutomu Sato²

¹Department of Georesources and Geotechnical Engineering, Institute of Technology of Cambodia, Phnom Penh, Cambodia

²Laboratory of Environmental Geology, Hokkaido University, Sapporo, Japan

*Corresponding author:

E-mail: pichoeun@itc.edu.kh

Tel: +855-95-941-027

Fax: +855-23-880-369

Abstract

The presence of elevated arsenic in groundwater of the shallow aquifers of the lower Mekong delta, Cambodia has become a concern of Kandal's 1.1 million people. Recently, the arsenic-contaminated groundwater has been treated with Kanchan arsenic filters introduced by the governmental agency. However, the removal of arsenic was reported to be incomplete due to insufficient oxidation of Fe nails and differences in groundwater composition. Therefore, the needs to utilize an appropriate low-cost material with minerals similar to those bearing arsenic in the aquifer sediments and to model arsenic sorption onto the material for various groundwater chemistries are necessary.

There is no consensus yet on the sources and mobilization of arsenic in shallow aquifers of the lower Mekong delta, Cambodia. U.K. group researchers stated that Fe oxyhydroxides in the sediment which contained a large amount of arsenic could release arsenic into Kandal groundwater via microbially mediated reductive dissolution and microbial reduction of As(V). On the contrary, U.S. group researchers reported that Fe sulfides were the source of arsenic and could mobilize arsenic into groundwater via oxidative breakdown. Therefore, the main arsenic-bearing Fe minerals and arsenic release mechanisms must be defined or confirmed. In accordance with the U.K. research group, several previous investigations showed that laterites contain a considerable amount of Fe oxyhydroxides which can play an important role in adsorption of arsenic. For this reason, natural low-cost laterites which are abundant in Kampong Cham province, Cambodia must be considered as well for the removal of arsenic from Kandal groundwater.

The evidences of sequential extractions and biomarkers for mineralogical sources of arsenic and origins of organic matter in aquifer sediments of the Mekong delta, Cambodia, respectively were considered. The total extracted arsenic in the sediment sequences varied between 2–16 mg/kg and was strongly associated with Fe oxyhydroxides (HFOs). The amorphous and poorly crystalline HFOs contained more arsenic but had less relationship with arsenic than the well crystallized one.

Hence, this suggests that the well crystallized ones were responsible for elevated As in groundwater. Due to the presence of biomarkers including hopane, hopene, triterpene, and *n*-alkane, organic matter which limited the condition of arsenic release were sourced from predominantly immature plant and bacterial at near-surface sediments, except one sample from deep rock mature (petroleum) origin.

The release mechanisms of arsenic in aquifer groundwater of the Cambodian lower Mekong delta were postulated between Prek Tameng (PM) and Prek Thom (PT) villages of Kandal province, Cambodia. The Kandal groundwater geochemistry showed no significant seasonal variation. Arsenic in groundwater varied between 33–1450 $\mu\text{g/L}$ exceeding the regulatory limits of WHO (10 $\mu\text{g/L}$) and Cambodia (50 $\mu\text{g/L}$). PM groundwaters consist of significantly lower As but higher Fe compared with PT groundwaters. Arsenic release in PT village was suggested to be mainly caused by microbially reductive desorption of arsenic from surfaces of Fe oxyhydroxides in deeper reducing aquifer, whereas As release in PM village was suggested to be possibly due to oxidative breakdown of Fe sulfides at the near surface.

The applicability of natural laterites in remediation of Kandal arsenic-contaminated groundwater was investigated, with a validation using generalized composite approach complexation modeling. The selected laterite at the amount of 12.5 g/L with iron minerals (ferrihydrite, goethite and hematite) could most effectively remove As(V) from solution with concentration of 1.5 mg/L at neutral pH within 40 minutes reaction. The results of surface complexation modeling coupled with the experimental data indicate that most of adsorption behavior of arsenic on the laterite regarding the effects of adsorbent dose, pH and phosphate would be attributed to iron minerals in the laterite. In the same setup with the presence of 2.0 mg/L phosphate there was no significant effect on arsenic removal efficiency. A small family with 6.2 members who consume 19.8 L per day would use only 1 kg laterite to obtain sufficient arsenic-free groundwater during one year.

In conclusion, crystallized HFOs and amorphous HFOs found in the aquifer arsenic-enriched sediments of the Mekong delta, Cambodia were also present in the laterites, demonstrating that application of laterite in adsorption of arsenic from Kandal groundwaters was appropriate. Microbially reductive desorption of arsenic from the surfaces of HFOs were the major release mechanisms responsible for elevated arsenic in groundwaters. Therefore, complexation and adsorption of arsenic in and on HFOs of laterites were the reasonable processes for arsenic removal. Since Kandal groundwater is dominated by As(III), oxidation of As(III) should be considered prior to removal of arsenic. In order to improve the understanding on how arsenic releases from sediments and adsorbs onto laterites, further studies were proposed regarding the microscopic and spectroscopic evidence of arsenic-bearing minerals and microcosm experiments for evidence of microbes in the sediments.

Removing Arsenic from Groundwater Using High Performance Iron Adsorbent in Cambodia

Yumei KANG & Kumiko NUKI
Faculty of Agriculture, Kochi University, Japan

Background and objectives

In the Kingdom of Cambodia, groundwater is an essential water source for domestic and agricultural uses since water and wastewater facilities have scarcely been constructed except in the central parts of large cities and also because river water is unhygienic. However, groundwater has been found to be contaminated by arsenic (As) in the lower reaches of the Mekong River, and purification of the water is an urgent issue. Studies on As contamination of groundwater in Cambodia have mainly focused on risk assessment and impacts of human health, and there have little study that involved both scientific and socioeconomic approaches. In this study, the water quality of groundwater was surveyed in three provinces of Cambodia, and a verification test of the As-removing equipment developed was conducted. The study aimed to clarify the quality and As level of groundwater in the study areas and inspect the technological and socioeconomic effects of the As-removing equipment.

Materials and methods

In September 2010, the water quality of 37 tube wells in the provinces of Kandal (14 wells), Prey Veng (7 wells) and Kompong Cham (16 wells) was examined, and water samples were collected. The examination involved measuring the pH, EC, oxidation-reduction potential (ORP), dissolved oxygen (DO) and temperature. The arsenic concentration was also measured using a quick checking kit in the field at the sites. Moreover, the water samples were subjected to analysis of total As concentration in the laboratory. The depth, the service years and usage of well water were interviewed to residents. Based on the water quality survey and the results of As analysis, As-removing equipments were installed at 16 wells (3 in Kandal, 3 in Prey Veng, and 8 in Kampong Cham) at the end of March, 2011. The water quality was monitored, and verification tests were conducted on the behaviors of residents in using the equipments. Once every month, water was sampled and examined for the items described above. Residents were also interviewed on the awareness of As pollution and water purification.

Results and discussion

From the interviews, the well water was found to be indispensable for the life of local people, who used the water for drinking, cooking and laundering. The pH of the well water in the three provinces surveyed was almost neutral and was within WHO guidelines for drinking water. As concentration showed similar trend in the quick checking kit test and laboratory analyses. Of the 37 wells surveyed, 24 exceeded the Cambodian guideline value ($50\mu\text{g L}^{-1}$), and 27 exceeded WHO's guideline for drinking water ($10\mu\text{g L}^{-1}$). Levels of As were extremely high in some wells ($>1000\text{-}6000\mu\text{g L}^{-1}$), suggesting that As pollution of groundwater is serious in Cambodia. Based on the above results, 16 wells were selected for setting up the As removing equipments in schools (6),

temples (2), health centers (2) and private house (1).

From April to October in 2011, the As level in the water treated by As-removing equipments was almost under the WHO or Cambodia guidelines for drinking water. For the wells over the guideline value, replacing the cartridge could decrease As concentration at the safety level. Moreover, reducing the flow rate of water to ensure sufficient contact with the adsorbent was also a effective measure. The interview to residents showed that they were concerned about exposure to As, but there was large differences in the awareness of As poisoning and the need of As-removing equipments among people and regions. It was also found that the residents felt difficult to purchase the expensive As-removing equipments and were uncertain about the maintenance of the system. Therefore, it is indispensable to develop effective technologies, construct a social system for stable supply of safe water, and improving the awareness of residents to spread As removing technologies in areas where groundwater is contaminated by As.

Use of carbonaceous materials for primary water/wastewater treatment

N. Kaushalya Herath¹, Keigo Nakao², Wang Chao Nan², Yoshito Ohtani² and Hideaki Ichiura²

¹ Open University of Sri Lanka, ²Department of Forest Science, Kochi University, Japan

Study on the application of carbonaceous materials for the primary treatment of kaolin solution, river water and kraft pulp mill effluent has been conducted. The experimental materials include different types of commercially prepared activated carbons, laboratory prepared rice husk/ wood carbons and different sizes of sea sand.

Removal of turbidity from ground water is a primary need in ground water treatment since that can interrupt any type of secondary treatment. Experimental results show that filter beds having a combination of sea sand and activated carbon have a higher capability of removing the turbidity in kaolin solution. 97% turbidity could be removed using a bed with 13.3g sea sand (425- 850mm), 13.3g sea sand (300- 600mm) and 13.4g activated carbon (300-600mm) given in the top to bottom order in a down flow column.

Experiments were conducted on the removal of COD, NO³⁻, NO²⁻ and NH⁴⁺ using carbon prepared from different wood types including Japanese cedar, Japanese cypress, birch, rice husk and bamboo. Carbon preparation was done in inert atmospheres at 300, 400, 550 and 700°C. Carbon prepared at 700 °C showed highest capability of removing COD and negatively charged ions. Microbial deposition tests revealed that *Euglypha acanthophora* is in abundant in the 700 °C prepared carbon and hence having the potential of being a bio-filter.

Kraft pulp mill effluent is a major industrial polluter generating a considerable amount of wastewater which is difficult to be treated with conventional methods. Adsorption of pollutants on carbonaceous materials is identified as an effective method in treating wastewater of many types. The feasibility of using commercially available powdered activated carbon, granular activated carbon, laboratory prepared rice husk carbon and activated rice husk carbon for the primary treatment of kraft pulp mill effluent was investigated. According to the batch experiments, increase of adsorbent dose has a positive impact on the removal of phenolic compounds in the effluent. However, increasing dose contributes to the effluent color. Initial effluent pH also affects the removal efficiencies, with acidic pH being more favorable. Performance of the carbonaceous materials experimented decrease as powdered activated carbon > granular activated carbon > activated rice husk carbon > rice husk carbon.

—

Education Activities

Atsushi NADA & Takayuki IMAHASHI
GREEN Co., Ltd. Japan
Local cooperation NGO: Next Door Cambodia

Background

About 55,000 wells are used in Cambodia. Arsenic is contained in about 17,000 wells and high-concentration arsenic is contained in about 9,000 wells. Well water is used for drinking water, wash, a shower, etc. in Cambodia. Also, well water is used for cultivation of vegetables or fruit, and breeding of livestock.

In recent years, consciousness of people is increasing about arsenic. People are acquired various information about arsenic from the NGO, television, radio, etc. However, the wrong information is also included in information. Moreover, sometime people cannot understand about information of arsenic, because it difficult for people.

Objectives and Methods

The objective of our education activities are gets right information for arsenic to people. It explained using the picture-story show so that especially children could understand arsenic.

Results and discussion

Education activities were started from July, 2011. The education activities in July were performed in the kandal province, the Preyveng province, and the Kampong Cham province and 562 people participated in four days. There were a lot of questions from people. For Example, where arsenic comes from? Is Color of arsenic? How can we prevent arsenic pollution? How much is a water purifier? Etc. Residents participated in education activities very eagerly, and studied eagerly.

We are continuing education activities with September, December, and January. We are going to continue education activities from now on, in order to people understand about arsenic.

Report of Activity (Problem and Solution) and Future System Development

Ryosuke Takeda
Aqua Design System Co.,Ltd, Japan

In April 2011, Aqua Designs System Co.,Ltd installed 16set of Arsenic Removal Clean Water Systems in total 3 provinces (Kandal Province x 5, Prey Veng Province x 3 and Kompong Cham Province x 8) in the Kingdom of Cambodia. This device designed in combination of several kind water filters and Arsenic Remove filter. This Arsenic Remove filter using amorphous substance iron hydroxide (the following, Arsenic resin) which enabled the arsenic adsorption removal.

16 devices are breakdowns by 2 kinds of follows.

- | | | |
|----------------------------|----------------|----------------------------------|
| 1. No electricity use type | Treated water: | After Arsenic filter |
| 2. Electricity type | Treated water: | After Arsenic filter + after R.O |

Demonstrated several kinds of combination Arsenic filters after setting and tested it. Then find the most effective Arsenic filter combination with other resin problem from filter blocking, quantity of treated water and Arsenic remove efficiency. See below.

The most effective combined Arsenic filter is in order to 250g large sand (3-5mm), 250g small sand (1mm or less), 2kg Arsenic resin(less than 3mm more than 500 micro) plus 3kg high quality active carbon (2-3mm), 250g large sand and 250g small sand then make it not to make any gap between all resins.

Totally 6 times (May, June, July, September, November and January) went to Cambodia. Every time visit, checked and maintenance all systems, such as filter change, repair, remodeling, take water sampling. Most problem of repair while we doing this project were pumps (Self push pump mainly damaged by human and electric pump mainly damaged by natural disaster).

The cause of repair problems were always repeated itself many times, same reason and same place. The other hand, the place where never repair were always keep system cleaned, tidy and use system as we told them how to operate it.

As a result, it's thought that it's a human cause to occur need to repair systems by different management and by not right usage.

Problems and solution:

- | | |
|----------------------|---|
| 1. Filter blocking | Solution: Back wash for first filter |
| 2. Human damage | Solution: Management and Usage of system |
| 3. Natural disaster: | Solution: Movable |
| 4. Theft | Solution: Movable and Unification of user |

Developed future spread 2 types which can solve problems mentioned above. In addition, worked on reduce cost for future spread systems, because present systems are cost more than US\$10,000 dollars.

First future spread system is almost same filter method as present system, it's removed stainless steel box, chlorine injection and unnecessary filters then use simple stainless steel frame with present filter method, and enable to cost down to US\$3,000 dollars.

In addition, adopted back wash function for first filter, so filter blocking is solve by this. Also this system can carry by 2 adults, so it's designed for easy management and prevention from natural disasters.

Second future spread system use same filter resin as present system, but change method. This system's method use fall pressure from upper storage tank then remove Arsenic and make drinking water.

Designed for this system's big purpose is solve problem and solution no.4 "theft" solution "Unification of user". Of course, problem and solution no.1-3 are solved by this system. Because the big problem after set up the system is that need expense for periodical maintenance cost necessary.

The price of this future spread system is around US\$1,500 dollars, but need engine pump (approximately US\$400 dollars) and storage tank (approximately US\$200 dollars).

The reduction of future spread system was realized, but further reduction in cost will be essential to the further spread not the price that a local person can easily purchase in future. For more reduction of future system, need to cost down Arsenic resin and necessary to find water processing resin and materials (sea sand, high quality active carbon and etc...) from Cambodia or neighborhood countries.

After this project, Aqua Design System Co.,Ltd will donate future spread systems by Japanese company and individual fund, and try to establish water sales business model, teaching usage and maintenance method while keep donate system.

“MASS ARSENIC POISONING OF BANGLADESH – HEALTH IMPACT AND COMMUNITY SAFE DRINKING WATER OPTIONS – DHAKA COMMUNITY HOSPITAL EXPERIENCE”

Mahmuder Rahman¹, Quazi Quamruzzaman, Javed Yousuf, Golam Mostofa, Altab Elahi, Afroza Khatun, Sharmina Banu and Ronjit Halder

Presented by

Dr. Mahmuder Rahman¹

Trust Co-ordinator

Dhaka Community Hospital Trust

190/1 Bara Moghbazar

Wireless Railgate, Dhaka – 1217, Bangladesh

Tel: ++880-2-9351190, 9351191

Fax: ++880-2-9338706

E-mail: dch@bangla.net Web: www.dchtrust.org

1

OPENING COMMENTS

The purpose of this presentation is to highlight and share some of the important field experiences that Dhaka Community Hospital observed and learned while dealing with arsenic affected villagers and implementing various safe water options. This paper further highlights the impending calamity of arsenic contaminated water on food chain and soil.

2

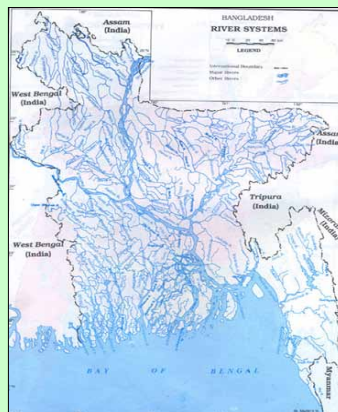
WATER SOURCES

- 30000 miles of major river and many thousands of canals Criss-crossing the country.
- Thousands and thousands of water bodies like ponds, lakes and lagoons.
- Thousand years culture of Dug-well for drinking and household use.
- Annual Rainfall 2000mm to 2500mm/Year.
- Easy availability of ground aquifer water in most of the areas (in wet seasons).

3

BANGLADESH SCENARIO

- 147,450 Square Kilometer
- 920 persons per Square Kilometer



Bangladesh

4

WATER USE PATTERN AND PROBLEM OF BANGLADESH

- 90% Groundwater extracted is used for irrigation and extraction is increasing every year as surface water bodies are drying up due to neglect and encroachment
- Only 5% – 10% Groundwater for drinking, domestic and industrial use.
- Major non-consumptive surface water use are for fisheries, communication and salinity management.
- Insignificant use of the large amount of rain water.
- Major amount of surface water are wasted due to poor storage facilities

5

PROBLEM STATEMENT

- Increase population, demand of land use leads to pollution encroachment and reduction of water bodies (Rivers, Lagoons, Ponds and Canals). leads to groundwater extraction.
- Ever increasing demand leads to large scale extraction of Groundwater.
- Large scale withdrawal from rivers by upstream countries making surface water scarcity in dry season (Nov – April).
- Leads to further drying up of canals and tributaries fed by mother rivers.
- Reduction of water table and poor recharge of deeper aquifer.
- Arsenic in drinking and cooking water.
- Food chain and soil contamination emerging as mega calamity.



Dried River



Dried Lagoon

PROBLEM STATEMENT - II

7

MAGNITUDE OF UNPRECEDENTED HEALTH DISASTER FACING COMMUNITY DUE TO GROUNDWATER ARSENIC CONTAMINATION

- Ganges – Brammaputra Delta alone is risking more than 150 million of People of Bangladesh, India and Nepal.
- In Bangladesh above 20-30 million are affected and 60 to 70 millions are at risk.
- Thousands are suffering from “Arsenicosis” and a large number will die from it (1 in 10 may die from arsenic related disorder as experts suggested) No National Prevalence Survey in conducted.
- There is no known cure except arsenic free safe water.

8

ALL THESE ACTIVITIES OF DCH PROMOTED ACTION PROGRAMME BY NATIONAL GOVERNMENT AND INTERNATIONAL AGENCIES

- By 2002 – government declared that 30% of Sub-district of Bangladesh the aquifer water highly contaminated with arsenic
- 60 to 70 million people are at risk 20 million are drinking arsenic contaminated water
- Govt. of Bangladesh formed national expert committee on arsenic and who developed National Arsenic Mitigation Policy and Action Plan and approved by the government
- DCH initiated its own Chronic Arsenic Case Management System and started to diagnose and treat case of “Arsenicosis”
- 2002 Government of Bangladesh and DCH presented the case definition and case management protocol in the International Conference and a conference organised by government of Bangladesh
- WHO in 2004 and 2005 discussed and formulated the Case Definition and Management protocol in its regional consultative meeting and published a field guideline in 2005⁹

SOME MAJOR POINTS OF BANGLADESH NATIONAL ARSENIC MITIGATION POLICY

- Regular monitoring of all tube-well including irrigation wells
- Give preference to surface water over groundwater as water (safe) source
- Capacity at community level for proper installation, operation and management of mitigation options
- Arsenic removal technology shall not be marketed without proper testing and validation from Bangladesh Scientific and Industrial Research Institute and submit the report to panel of experts for verification
- Assess Impact of groundwater withdrawal on deep aquifer
- Guideline to protect arsenic safe aquifer
- Training of all health workers for identify and manage “Arsenicosis” – according to developed protocol.
- Arsenic in ground water used for irrigation may also affect agriculture and food chain¹⁰

HEALTH ISSUE

FACTORS SUGGEST TO AGGRAVATE ARSENICOSIS

- Type of arsenic and level of exposure
- Body immunity and genetic configuration
- Nutritional status and food habit
- Low hemoglobin level may exacerbate ill effects

11

COMMON MANIFESTATIONS OF ARSENICOSIS

- Skin pigmentation, melanosis and leuco-melanosis
- Keratosis and Hiperkeratosis
- Skin Ulcers and dry gangrene
- Cancer of skin, U.bladder, Lungs etc.



Skin Lesions



Keratosis



Cancer



Gangrene

12

OTHER SIGNS AND SYMPTOM AS EXPERIENCED BY HEALTH WORKERS (DCH)

- Out of 16000 patients
 - Chronic Broncolities and Bronchiectasis 30.7%,
 - Burning sensation of Skin 20.4%
 - Congestion of conjunctive 2.3%
 - Non pitting edema 1.7%

Other Emerging Health Problems as suggested by researchers

- Adverse relationship between arsenic level and intelligence in young children?
- Adverse affect on fetus
- Low birth weight
- Obstructive airway diseases in young adult and children
- Bronchiectesis

13

MANAGEMENT OF ARSENICOSIS

- Arsenic free safe water
- Dietary Supplement and anti-oxidant fruits/vegetables/protein is important along with application of ointment (5 – 20% Urea and salicylic)
- Complicated cases like skin cancer, ulcer, gangrene needs specialized medical and surgical management
- Social Economic and Physical rehabilitation.
- Mass community awareness and support to develop community based rehabilitation system.
- Use of antioxidant and nutrition advice

14

MAJOR PROBLEMS OF “ARSENICOSIS” MANAGEMENT

- Lack of knowledge information and training for case detection and management by field workers
- Poor community motivation for safe water use complicated by physical nature of arsenic in water (tasteless, colorless and odorless)
- Socio-economic hazards due to ill-conceived idea about “Arsenicosis”
- Poor Resource allocation for rehabilitation and treatment
- Indiscriminate installation of Tube-well both private and public sector
- Even after introduction of policy and action Plan



15

SAFE WATER OPTION

16

DHAKA COMMUNITY HOSPITALS INVOLVEMENT WITH COMMUNITY BASED SUSTAINABLE OPTIONS FOR ARSENIC SAFE DRINKING AND COOKING WATER

- The natural sources of river, pond and rainwater and Dug-wells are encouraged by DCH as water sources.
- Community participation and its support for options and site selection is important for sustainable programme
- Simple construction protocol for Dug-well, rainwater harvesting and sand filter
- Implementation procedures using locally available knowledge and resources with current sanitary knowledge
- Simple Safe maintenance procedure and devices



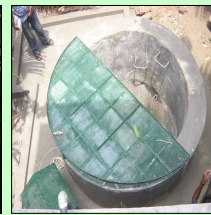
Dug-well



P/RSF



Rainwater Harvesting



Idara

17

TOTAL DCH SAFE WATER OPTION TILL TODAY

- A total of 350 Safe dug-wells
- 1132 Rain water harvesting unites
- 22 Sands filter from ponds
- 06 Sands filters from river

PROBLEM FACED WITH

- **Dug-well, R/PSF and Rainwater**
- Dry Season Problem
- Bacterial Contamination
- Lack of communication and management of community motivation for development and maintenance of alternate water sources. Poor resource allocation by agencies leads to a) difficulty in developing locally available facilities and resources to b) monitor water quality and maintenance protocol c) site selection and community participation programme

18

RECENT DCH EXPERIENCE WITH SAFE OPTIONS

Dug-well (Improved Dug-well)

- June/July 2 months – 20 Dug-wells – 21 days chlorination
- Bacteria count rises above unacceptable levels after 3rd week
- Chlorinate after 21 days is satisfactory
- Sand boiling of Dug-well both vertically and laterally due to poor site selection
- Below 15ft. The Diggers feel exhausted, digging and correct building process may be compromised (lack of fresh air etc)
- Limitation of expert supervisions during Dug-well construction and lack of modern equipments
- Idara appears more promising than “Kua” (from maintenance community coverage and distribution point of view)
- **Sand Filter** – Promising, wherever there is a water source like pond and river
- **Rainwater** – It is very promising needs more resource allocation and motivation for rainwater harvesting.

19

PROBLEM FACED WITH OTHER OPTION

Deep Tube-well

- How deep is deep?
- How to ensure proper sinking and stop cross contamination
- Water quality measurement (for other toxins)
- Re-chargeability of deep aquifer and its affect on environment
- Deep Aquifer will sustain for How Long?

Arsenic filters

- § Testing its efficacy – not transparent
- § Regular maintenance and water quality monitoring
- § Sludge disposal – still remains a major issue

Shallow “Safe” Tube-wells

- Unpredictability of safety
- Continuous monitoring
- Dry Season Problems

20

RECOMMENDATION FOR COMPREHENSIVE SAFE WATER SUPPLY

- Encourages the Rain-water and Dug-well for drinking and cooking
- Rational and balanced use of all water sources
- Active support with resource allocation and nationwide motivation for safe use of abundant rain, surface and dug-well water
- Indiscriminate extraction of groundwater must be stopped and effective regulatory mechanism for proper groundwater use
- Short term emergency measures like water filters should be carefully and scientifically evaluated and selected before marketing (sludge management, affordable technology from maintenance must be properly documented)
- Resource allocation for training in case detection, treatment and rehabilitation
- Regional co-operation for equitable distribution of river water – as this issue is vital for total water and environment protection of regional countries

21

ISSUES NEED SERIOUS CONSIDERATIONS

22

FOOD CHAIN AND SOIL CONTAMINATION - CONCERNS EXPRESSED IN VARIOUS DCH CONFERENCES

- 1998, 2nd DCH Int. conference the DCH Key note paper Prof. Rahman suggested "Research needed to understand effect on food chain and soil.
- In 2005 DCH Int. conference, Dr. Chakraborti of SOES informed that 3200 tube-wells in 200 square kilometers are pumping 6 tones of arsenic on the surface
- Paper from Dept. Soil in Dhaka University suggested arsenic on irrigated soil may reach 5kg per Hector per year. Research in loss of production and food chain contamination.
- Study from Cornell University suggested per capita exposure of inorganic arsenic in rice is 32 times higher in Bangladesh than USA

To understand relation between soil pollution and food chain contamination further research is urgently needed as it has tremendous health and economic impact on nations like Bangladesh.

23

WATER IS NOT ESSENTIAL FOR LIFE, IT IS LIFE (JIBON)



THANK YOU

24

高知新聞(平成23年)10月5日(水曜日) 社会2 (28)

カンボジアに安全な水を 高知大グループが 井戸に16基設置

高知大グループが
ヒ素浄化装置開発

借民が生高用水を頼る地下水のヒ素汚染に悩むカンボジアで、高知大学農学部の康船穂教授が、ゆづめい、土壌環境学らの研究グループが、井戸に浄水装置を取り付ける活動に取り組んでいる。今年2、3月に独自開発した装置を16カ所の井戸に取り付け、ヒ素濃度を低下させることに成功。現地で装置の普及拡大を目指している。

カンボジアはヒマラヤ山運動で噴出したマグマに含まれるヒ素が堆積。中央部を流れるメコン川流域などの郡部を中心に、地下水から世界保健機関(WHO)が定める安全基準10ppm(1ppmは10億分の1)を越える濃度のヒ素が検出されている。

康教授によると、水道が発達していないため、飲料水を井戸水に頼らざるを得ない状況。現地でヒ素の危険性は認識されているものの、20万人以上が汚染リスクにさらされているとの報告もある。ヒ素の過剰摂取が腎臓、皮膚の疾患やがんなどを発病しやすくなる。現地で乳児死亡率が高いのも、ヒ素が原因と考えられている。

康教授らは2010年度から、独立行政法人「新工業大学・産業技術総合開発機構」(沖原川崎川崎)の助成を受け、高知市内の浄水器メーカーと共同で、ヒ素を取り除く浄水器の開発に着手。同時に、同国の3カ所の井戸を調査したところ、計3カ所でヒ素濃度が基準値を越えていることが判明。中に



康船穂教授提供

は基準値の約6倍の903ppmのヒ素が検出された井戸もあった。研究グループは今年2、3月、完成した浄水装置(価約8万円、奥行き約80cm、高さ約1m)を公共性の高い学校や寺院などの16カ所の井戸に順次設置。その後の追跡調査で前見検査ながら、設置前に2372ppmを検出した学校の井戸など、多くの井戸が基準値内に収まり、現地の借民からも喜ぶの声が上がっているという。

装置は現在1台8万円と高額で、研究グループは将来的に、技術者養成をしながら現地生産し、40万円以下を目指す。康教授は多くの国民が被害に悩むので、さらには自給できるので、さらには自給できるように安心安全な水を供給できるよう取り組む方針としている。

(加治隆彦文)

本報告書の内容を公表する際は予め新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）国際事業統括室の許可を受けてください。

電話 044 (520) 5190
Fax 044 (520) 5193

契約管理番号 11501030-0