

バングラデシュにおける飲料水ヒ素汚染災害の軽減に関する研究

萩原良巳・畑山満則・坂本麻衣子*・福島陽介**

* 東北大学東北アジア研究センター

** 国土交通省

要 旨

バングラデシュにおけるヒ素汚染問題に関して、先行研究により、ヒ素汚染被害軽減のためには住民の水運びの負担を軽減することが重要であると認識した。本研究ではこのような認識のもと、現地調査（村の地図の作成、ヒアリング）を行い、これらをもとに、「安全な飲料水に対する欲求度」及び「水運びストレス」という2つのモデルを構築する。そしてこれらのモデルを用いることによって、住民の水運びに着目したヒ素汚染災害軽減のための計画プロセスを示す。

キーワード: ヒ素汚染災害、水利用行動心理分析、受容可能性

1. はじめに

1.1 背景

バングラデシュにおいて、現在地下水のヒ素汚染が問題となっている。ヒ素は自然に存在する元素であり、地下帯水層へのヒ素の流出過程は不確定な部分が多く、未だに統一された見解はないが、ヒ素に汚染された水を飲み続けると、皮膚病やガンになり、死に至ることが分かっている。地下水のヒ素汚染は世界中で報告されているが（Kinniburgh, D.G. and Smedly, P.L., 2000），バングラデシュは農村部の人口の97%が飲料水源を地下水に頼っていること（Government of Bangladesh, 2004），多様な大災害を抱え、経済的にも貧しいことを考えると、自力で有効な対策を行うことが難しく、地下水ヒ素汚染問題に対して特に脆弱な地域であると言える（萩原ら，2003）。

ヒ素汚染の発見以来、バングラデシュ政府機関、世界銀行、WHO等の機関により安全な飲料水を供給すべく様々な代替技術が導入されてきた。しかし、現地に導入された技術も、使いにくい、水の味が悪い、メンテナンスの仕方が分からず安全かどうか分からない等の様々な理由で、住民に受容されず放置されることも少なくない。そして、現在多くの地

域で多くの住民は、点在する安全な水源にアクセスし、大きな負担を感じながらも毎日水運びを行っていたり、またはヒ素汚染を認知しながらなおも汚染された井戸の水を飲み続けていたりする。

これらを踏まえ、ヒ素汚染災害は現地社会環境と深く結びついていると認識し、先行研究ではヒ素汚染と社会環境に関するインタビュー調査（2003年9月から11月）をもとに、数量化理論を用いた分析を行い、ヒ素汚染によって住民が抱える問題を構造化した。この結果、ヒ素汚染により安全な水源が少なく点在しているため、多くの住民が安全な水を得るために水運びの負担を強いられており、これが住民の生活を圧迫する大きな問題であることが分かった（萩原ら，2004）（福島ら，2004）（Fukushima et. al, 2005）（萩原ら，2006）。

1.2 研究の目的

先行研究の結果から、ヒ素汚染によって引き起こされる水運びの負担を軽減することが住民の生活の改善に非常に有効であり、住民の水選択行動が改善されるものと考えられる。そして、結果的にヒ素汚染災害の軽減につながると考えられる。これを踏まえ、2005年8月から9月にかけて、再び現地調査を行い、研究対象地域における地図の作成およびヒアリ

ング調査を行った。そして、現地調査を通して、ヒ素汚染によって生じる水運びの負担の他に、現地で以下のような問題が起こっていることを確認した。すなわち、比較的近場に安全な水源があり、さらにヒ素汚染に関する知識を有しながらも、安全な水源までアクセスせず、日々ヒ素に汚染された井戸の水を飲み続けている住民も少なくない、ということである。これは、前述の導入された代替技術が各地で放置されているということと関係していると考えられる。そして、使用されることを期待して導入した水利施設も、実際には利用されず、機能しない可能性があることを示している。

以上より、現地住民にとって、水運びの負担を軽減することは重要であるが、単純に水利施設を導入するだけでは不十分であり、住民が安全な飲料水をどの程度欲しているのか、そして住民が水運びの負担をどの程度まで受容しうるのかを考慮する必要があると認識した。

こうして本研究の目的は以下になる。

- ① 住民の安全な飲料水に対する欲求度をモデル化する。(3章)
- ② 水運びの負担をモデル化し、どこに誰がどの程度の負担をしているのか明らかにする。(4章)
- ③ ①、②のモデルを用いて、現状の住民の水利施設の選択行動を記述する。(5章)
- ④ ③を踏まえ、ヒ素汚染被害を軽減するために住民の水運びの負担を軽減する計画プロセスを示す。(5章)

2. 現地調査

2.1 はじめに

事前の現地調査(2003年9月2日から9日)における、研究対象地域のインタビュー結果と、その分析から(萩原ら, 2004)(福島ら, 2004)(Fukushima et. al, 2005)(萩原ら, 2006)、ヒ素汚染のために安全な水源に限られるため、多くの住民は日々遠くの水源までアクセスする水運びの負担を強いられ、それが住民の生活を圧迫する大きな要因のひとつであることが明らかとなった。この結果を踏まえ、この水運びの負担を理解するためには、まず現地住民の水利に関する行動・状況を知る必要がある。しかし、これは前回のインタビュー調査結果のみからは十分に読み取れない内容であり、実際に現地に行き、その現地の地理的な状況や安全な井戸と家・集落の位置関係を把握することが必要であると考えた。そこで、水運びの負担に着目したヒ素汚染被害軽減のための計画論の提案のために再度現地調査を行った。

本調査の期間は、2005年8月24日から9月10日であり(現地において、雨季は5月から9月、乾期は10月から4月である)、主な目的は、研究対象地域における地図の作成および住民へのヒアリング調査を行うこと、代替技術の導入が進んでいる地域での代替技術の使用状況の把握や、その使用者に対するヒアリング調査を行うこと、さらに現地 NGO、UNICEF へのヒアリングにより、ヒ素汚染に対する代替技術の特性を明確にすることである。

本調査において、研究対象地域を前回のアゼンブルとグローラから変更することとなった。それは、ヒ素汚染問題に対する計画論の構築を目的とする研究グループと、実際に村へ技術援助を求める現地協力者である NGO との認識の相違により、現地調査における協力が得にくくなっていたこと、また、研究対象地域に实际的に技術援助等で何かが出来るわけではなく、これ以上の再調査は現地住民に過剰な期待を与えるだけであると考えたためである。

本調査における協力者は、日本下水文化研究会(JADE: Japan Association of Drainage and Environment)の酒井彰教授(流通科学大学)、高橋邦夫博士、保坂公人氏(五十音設計株式会社)、Tofayel Ahmed 氏、ならびに Md.Azahar Ali Pramanik 氏をはじめとする現地 NGO の SPACE (Society for People's Actions in Change and Equity)の方々である。調査期間の制約から、研究対象地域は、日本下水文化研究会、SPACE による農村部の衛生啓発活動の対象地域内から選ぶこととした。

本章では、調査内容ならびにバングラデシュ国内において現在ヒ素汚染対策のためにとられている代替技術の特徴を示す。

2.2 事前調査の概要(萩原ら, 2004)(福島ら, 2004)(Fukushima et. al, 2005)(萩原ら, 2006)

事前調査として2003年9月に現地調査を行った。調査地域の選定にあたっては、現地調査協力者の現地 NGO である EPRC (Environment and Population Research Center) との打ち合わせの結果、ヒ素による人的被害が少ない地域を選ぶことにした。この理由は、人的被害が多い地域では我々日本人が行くことにより過剰な期待を与え、またその期待に応えられない時、人々の心をひどく傷つけ、逆なでする恐れがあるためである。その上、我々自身が救援活動などにまわらねばならない可能性もある。これらのことを考え、人的被害が多い地域においては、実践としての防災・減災をとまなわない研究目的のために、現地で苦しんでいる災害被災者の心を土足で踏みこ

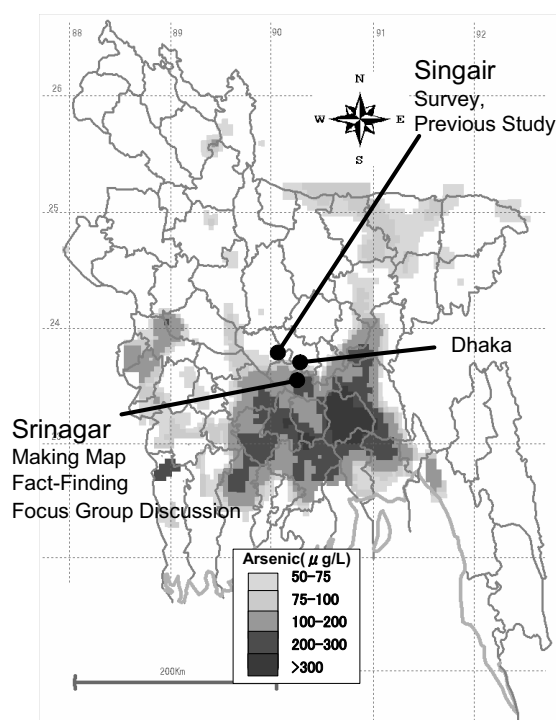


Fig. 1 Research Areas

じるようなことは倫理的に許されないこと、ならびに現地 NGO の意見をも参考にして好ましくないと判断したからである。また、雨季の場合は洪水で行けなくなる地域もあるため、洪水被害のない地域を選び、さらに費用のことを考え、首都ダッカ近郊であることが望ましいと考えた。

以上の条件をふまえた上で、村の経済状態及びヒ素の汚染状況が全く異なる2つの村である Azimpur(アゼンブル)及びGlor(グローラ)を選んだ。これらの村はManikganj (マニクガンジ) 地方のSingair(シンガイル: ダッカから西へ約27km)にあり^{注1)}、互いに約4km離れている。UNO (The Upazilla Administrative (Nirbahi) office)とDPHE (Department of Public Health Engineering)によれば、シンガイルにおいてアゼンブルは最もヒ素に汚染された地域の1つで、経済的にも貧しく、またグローラは最もヒ素に汚染されていない地域の1つで、経済的にも豊かであるということが分かっている。なおUNOによると、おおよそ、アゼンブルの人口は4000人、識字率は25%、チューブウェル(管井戸: 現地でヒ素に汚染されている危険性がある)の数は400であり、グローラでは人口1500人、識字率は53%、チューブウェルの数は300である。

著者らの帰国後、2003年9月から11月にかけて、EPRCの全面的な協力により、現地インタビュー調査を行った。インタビュー票は研究グループでブレインストーミング、KJ法(川喜多, 1966)、ISM法(飯

田・岡田, 1992)を用いて作成し、個人情報、水に関する行動、水に関する知識、オプションの使用、生活状況の5つの大項目から構成され、質問項目は50項目である。実際には日本語から英語、英語からベンガル語というプロセスを踏んで翻訳したインタビュー票を用いた。サンプル数は、アゼンブルで110、グローラで103である。

さらに、2004年8月にはアゼンブル、グローラでの再調査を酒井彰教授、神谷大介助手(琉球大学)に依頼したが、大洪水のため道路が分断され、シンガイルまでアクセスすることすら出来ず、さらに大洪水による強盗の多発により、調査を諦めることとなった。

Fig.1に2度の調査における対象地域と、バングラデシュにおけるヒ素汚染状況を示す(Hossian M., 1996)。

注1) バングラデシュでの地方行政区分は、District→Upazila→Unionと階層化されている。ここではDistrictがManikganji, UpazilaがSingairとなる。Districtは全国で64あり、Upazilaは495ある。

2.3 研究対象地域の選定

現地調査を2005年8月24日から9月10日にかけて行った。調査期間が限られていること、さらに日本下水文化研究会およびSPACEの全面的な協力を得ることを考えて、JADE、SPACEの活動対象地域であるMunshigonj (ムンシガンジ)地方のSrinagar (スリナガル), Patabogh (パタボ) ユニオンにおける3つの村、Basaibogh (バシャイルボグ), Bazgaon (バズガオン), Masurgaon (マシュルガオン) から選ぶこととした。

パタボユニオンは首都ダッカから南西に約20kmに位置し、DPHEによれば、人口14747人、世帯数2846戸、チューブウェルの総数920、汚染されているチューブウェルの割合87.72%、ヒ素中毒患者数9人である(National Arsenic Mitigation Information Center, 2003)。

3つの村における3日間(8月28日から30日)の調査の結果、研究対象地域をBasaibogh (バシャイルボグ)に決定した。バシャイルボグでの滞在調査期間は8月31日から9月4日であり、JADEのTofayel氏との全面的な協力のもと調査を行った。その後2005年12月にJADEの高橋博士とTofayel氏が追加的な調査を行った。ここで、研究対象地域の選定理由を以下に示す。

- 対象とする3つの村におけるヒ素汚染の程度(汚染井戸の割合)は、どれも同程度であった。

- ・ バシヤイルボグは、雨季には毎年の洪水^{注2)}の影響で一部船が必要な場所もあるが、他の村や市場から離れて孤立しており、短い調査期間を考えると、調査が他村と比べて容易である。
- ・ マシュルガオンは例年の洪水の影響により、雨季には陸から遠く離れるため、調査には常に船が必要である。
- ・ バズガオンはハイウェイを挟んで2つの地域からなり、どちらも市場や他の村から近く、人の出入りが激しいと想定でき、短い調査期間を考えると、村の全貌を把握するだけでも困難であると考えた。

注2) バングラデシュでは毎年雨季には国土の平均27%が水につかる。この例年の洪水をボルシャとよび、土壌の肥沃度を保ち、漁場も提供してくれるため、人々に受け入れられている。なお、10年に1度程度おこる国土の50%以上に浸水被害をもたらすような洪水をボンナとよび、区別している（大橋・村山，2003）。

2.4 調査方法

GPS受信機を用いた地図の作成と、住民へのヒアリング調査を行った。なお、GPS受信機による調査手順を以下に示す。

- ① デジタルカメラの時計をGPS受信機に合わせておく。
- ② 受信位置の正確な測定のためには4つ以上の人口衛星の電波を捕らえることが必要である（森，2001）。このため、GPS受信機を出来るだけ受信しやすいよう、調査者自身の影に入らないようにしておく。（実際は、木々が生い茂っている場所が多く、常に電波を受信することは不可能であった。）なお、受信頻度は1分に1度と設定した。
- ③ 必要に応じて、写真を撮ることにより、GPSデータと写真の時間の一致から、後のGPSデータの整理において場所の特定（どこに何があるか）が可能となる。

2.5 研究対象地域の特徴

調査期間中(雨季)におけるバシヤイルボグの特徴を以下に示す。

- ・ ヒ素汚染対策としては7つの深井戸(2.8に詳述する)が導入されており、これらは全て安全な井戸である^{注3)}。なお、7つの深井戸のうち、3つは公共の井戸である（モスクの前、道路沿い、普通学校の横）。深井戸以外の技術は導入されていない。7つの深井戸以外は全て汚染されたチ

ューブウェルである。井戸の写真をPhoto 1に示す。

- ・ 雨季には例年の洪水の影響を受け、村はいくつかの島に分かれる。その洪水は、近くのガンジス川（車で15分程度）の流量に大きく影響を受ける。島をPhoto 2に示す。
- ・ 1つの島には、基本的には親戚同士が住んでおり、現地ではバリと呼ぶ（もともとバリは一族という意味であるが、親戚ではなくても、集落全体をバリと呼ぶ）。
- ・ バリ内には、汚染されたチューブウェルが数本あり、主に生活用水として使用されている（飲料水として用いているバリもある）。
- ・ 島と島の移動は竹の橋、またはボートで行われる。水につかっている多くの場所はウォーターヒヤシンスによって覆われている。Photo 3に竹の橋の写真を、Photo 4にウォーターヒヤシンスの間をボートで進み、水を運ぶ女性の写真を示す。



Photo 1 Safe well



Photo 2 Island in the village



Photo 3 Bamboo bridge



Photo 4 Carrying water by boat

- ・ この付近の地方では、他国（例えば、シンガポールや日本）への出稼ぎが多く、他地域に比べて比較的裕福であるといわれている。
- ・ 対象地域の総世帯数は180である。

Fig.2 に GPS によって作成した周辺地図を示す。ただし、この地図では著者が通った場所のみが表現されている。Fig.3 にバシヤイルボグの地図を示す。Fig.3 においては、木々が生い茂っていたため GPS データが取れない場所が多々あり、特に、地図上におけるバリ（多角形ので囲まれた部分）の大きさは正確ではない。なお、GPS 受信機によるデータは 100 分の 1 秒単位まで測定可能であった。そこで、対象地域が数 km^2 程度と広くないことから、完全な平面と見立て、100 分の 1 秒を 30cm に近似し、Fig.2, Fig.3 の地図の作成を行った。

Fig.3 において、多角形で囲まれた部分がバリである。地図上に各バリの名前と世帯数を示す。地図上の線分、多角形内以外の場所は、全て洪水の影響を受けて水につかっているため、各バリは島のように見える。乾期には水がほとんど引き、水につかっている部分の多くは田畑となる。4 月に最も水位が低下し、年に 1 度の米が収穫される。中央に通ってい

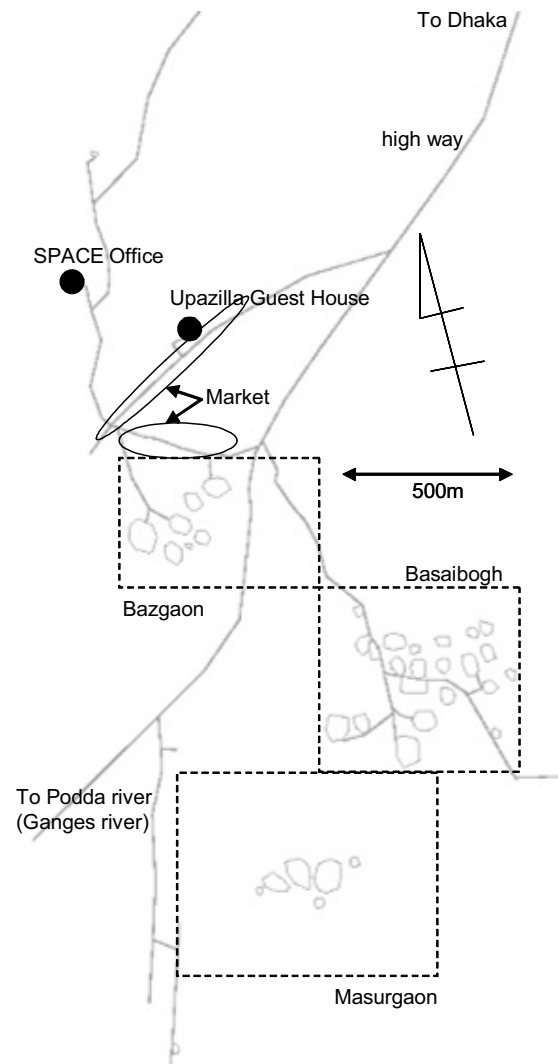


Fig. 2 Map around Basaibogh

る道は舗装されており、幅は 2, 3m 程度である。まれに、リキシャやオートバイが通る。

注 3) バングラデシュでは政府や現地 NGO の活動により、ヒ素に汚染されていない井戸を緑に、ヒ素に汚染されている（バングラデシュの飲料水のヒ素基準濃度である 0.05mg/l を越える）井戸を赤にペンキで色を塗り、識別できるようにしている。なお、現在国内の全ての井戸がペンキで塗り分けられているわけではない。

2.6 ヒアリング調査結果概要

ヒアリング調査結果の概要を以下に示す。

- ・ 現在抱えている悩み事に関しては、ほぼ全ての人がヒ素と衛生の問題であると答えていた。
- ・ 水運びは主に女性の仕事である。（他地域でも同様）
- ・ ヒ素に関連した問題としては、特に水運びの負担が大きいということであった。水運びの負担とは、単純に深井戸まで遠いということだけで

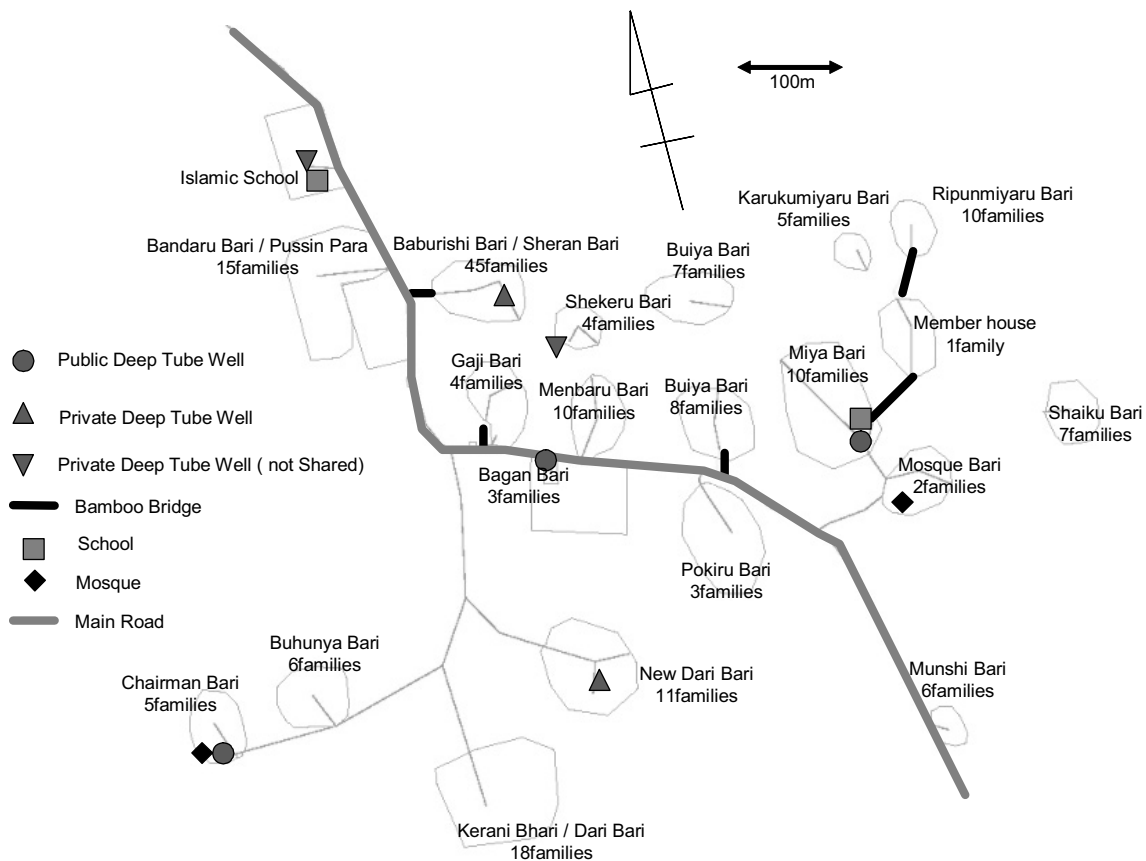


Fig. 3 Map of Basaibogh

はなく、モスクの前や、店周辺といった、男性が多くいる場所には行きたくないということも聞くことが出来た（現地イスラム文化において、女性は親族以外の男性と会うことを嫌う）。

- ・ ヒ素に関する知識は全員がもっていた。
- ・ 汚染された赤井戸を使用していたバリは、バンダルバリ・プッシンパラ、リプンミヤルバリ、カルクミヤルバリ、ムンシバリであった。なお、著者らのヒアリング調査により、ムンシバリの住民は深井戸に水を汲みに行くようになった（その後3日間の観察でも深井戸の使用が続いていたが、12月の高橋博士とTofayel氏の調査によれば、元通り赤井戸を飲んでいた）。
- ・ さらに、12月の高橋博士とTofayel氏の調査によれば、新たにシェイクバリ、ポキルバリ、メンバーハウスの住民が赤井戸を使用するようになっていた。
- ・ 乾期におけるバリの周りには多くの池が点在しており（雨季では洪水で池かどうか見分けがつかない）、料理用の水は池から得ている。井戸水にはかなりの鉄分が含まれており、米を井戸水で炊くと黒くなってしまうということで、料理に井戸水を使用することは好まれない。

2.7 研究対象地域内の各バリの特徴

ヒアリング調査と観察によって得られた各バリの特徴を簡単に示す。これらは、2005年8月31日から9月3日に行ったヒアリング調査・観察結果であり、一部、2005年12月にJADEの高橋博士とTofayel氏によって行われた調査結果もあわせて示す。

(1) 南西の集落…裕福であり、教育レベルも高い。 ケラニバリ・ダリバリ (Kerani Bari/ Dari Bari)

ケラニバリに12家族でダリバリに6世帯である。島内には6本のチューブウェルがあるが全てヒ素に汚染されている。3、4年前にヒ素が発見され、その後1年半くらい飲んでいたが、今はモスク横の深井戸へ水を汲みに行っている。

ブフンヤバリ (Buhunya Bari)

6世帯。3本のチューブウェルを持っているが全てヒ素に汚染されている。女性がモスク横の深井戸まで水を汲みに行く。モスク横の深井戸が出来る前は、テレビを見てフィルターを作ってみたり、池の水を沸かして飲んだりしていた。裕福である。

チェアマンバリ (Chairman Bari)

5世帯。元ユニオン議会^{注4)}の議長が住んでいる。モスクがあり、横に深井戸がある（公共の井戸）。

ニューダリバリ (New Dari Bari)

11 世帯。この住民のダリ氏はウパジラの役所の重役であり、かなり裕福である。村の中にいくつも土地を持っている。7つの井戸のうち、1つは深井戸であり、汚染されていない。バリ内で共有しており、他のバリの住民が水を取りに来ておかまわないと言っていたが、実際は距離的に誰も水を汲みに来ないらしい。

(2) 道路沿い・周辺の集落 バンダルバリ・プッシンパラ

(Bandaru Bari/ Pussinn Para)

15 世帯。数世帯だけかなり裕福（ある女性の兄は日本で働いている）であるが、後は日雇い労働者で貧しい。全員が親戚であるわけではない。赤色の井戸が 3 本あって飲料用として使っている。イスラム学校の深井戸まで水を汲みに行くこともあるが、断られる。裕福な家族は、深井戸を掘ろうと思っているということであった（ただし 12 月の調査でも作られていなかった）。なお、パラという語も集落という意味を表す。

バブリシバリ・シェランバリ

(Baburishi Bari/ Sheran Bari)

バブリシバリが 20 世帯、シェランバリが 25 世帯である。シェランバリが安全な深井戸を持っており、バブリシバリ・シェランバリの皆で使用している。なお、バブリシバリの住民は深井戸を掘るなら、10000TK（タカ：1TK は 1.7 円程度）くらいまでなら全員で出しても良いと言っていた。

ガジバリ (Gaji Bari)

4 世帯。1 世帯が主要道路と接続された道を独占して使わせてくれないため、残りの 3 世帯は竹橋を使って道路沿いの深井戸まで水を汲みに行っている。この深井戸を飲料用として使用している。

メンバルバリ (Membaru Bari)

10 世帯。赤井戸はあるが、飲料用には道路沿いの深井戸を使っている。水に関しては満足している。元ユニオン議会の議員である老人が住んでおり、裕福である。

ブイヤバリ (Buiya Bari)

8 世帯。元ユニオン議会の女性議員が住んでいる。彼女は他の女性に月 60TK で水汲みを頼んでいる。水汲み場所は道路沿いの深井戸。

バガンバリ (Bagan Bari)

3 世帯。ダリ氏から土地を借りて住んでいる。非常に粗末な家だった。

ポキルバリ (Pokiru Bari)

3 世帯が住んでいる。赤井戸を持っているが、飲

料用ではない。12 月の調査では、道路沿いの深井戸の使用をやめ、赤井戸を飲料用として使用していた。
ムンシバリ (Munshi Bari)

6 世帯。赤井戸を飲料用として使用している。貧しく、1 人の男性はリキシヤ引き。ダリ氏から土地を借りて住んでいる。悩みは飲料水の問題と、マーケットから家が遠く、買い物に行くたびに往復リキシヤで 20TK もかかるということであった。ヒアリング調査を通して、9 月 1 日から学校横の深井戸を使用するようになった。観察により、その後 3 日間は学校の深井戸を使っていた。しかし、12 月の調査では、すでに学校横の深井戸まで水を取りに行っておらず、バリ内の赤井戸を使用していた。

ミヤバリ (Miya Bari)

10 世帯。3 つの井戸は全部汚染されており、学校横の深井戸を使っている。バリ内の住民の多くはビジネスマンであり、頻繁にダッカに行っているため、バリ内はがらんとしている。なお、この住民であるバブー氏の家には 2 人の使用人がおり（1 人は大人の女性でパートタイム、1 人は少女でバブー氏に養われている）、その 2 人が学校横の深井戸で水汲みをしている。

モスクの近くの家 (Mosque Bari)

1 世帯はただで家を借りている。もう 1 世帯は月に 500TK で家を借りている。この家の小さい子供が水汲みをしていた。便宜上モスクバリと呼ぶこととする。

(3) 雨季に島になる集落…比較的貧しく、教育レベルも低い。

メンバーハウス (Member House)

1 世帯。元ユニオン議会の議員だった。学校横の深井戸までボートを使って水を汲みに行く。竹橋もあるが、リブンミヤルバリのものなので使用しない。12 月の調査では、学校横の深井戸の使用をやめ、赤井戸を飲料用としていた。1 世帯であることからバリとは呼ばれていなかった。

リブンミヤルバリ (Ripunmiyaru Bari)

10 世帯。竹橋を 2 つ持っている。雨季は自分の赤井戸から水を汲んでおり、乾期は学校横の深井戸まで水を取りに行っている。ウォーターヒヤシンスが付近に群生しており、学校横の深井戸までボートで行くのは困難である。また、竹橋を 2 つも使う必要があるため、徒歩で学校横の深井戸まで水を汲みに行くことは困難である。1 人はビジネスマンであった。

カルクミヤルバリ (Karukumiyaru Bari)

5 世帯。親戚ではないらしい。赤井戸を飲料用と

して使っている。1 人の老人だけが赤井戸を飲むとお腹をこわすということで、学校横の深井戸まで水を汲みに行く。他の住民はヒ素問題に関して何もする気がない。

ブイヤバリ 2 (Buiya Bari 2)

7 世帯。井戸は持っているが、ヒ素がでるので、もう使っていない。船で学校横の深井戸まで水を汲みに行っている。ブイヤバリという名前のバリは 2 つあったので、このバリはブイヤバリ 2 と呼ぶこととする。

シェイクバリ (Shaiku Bari)

7 世帯。全員が親戚であるわけではない。1 人の老人はリキシャ引きである。学校横の深井戸までボートで行くが、特に雨季で忙しいときなどは、赤井戸を飲料用に使うこともある。最も大きな問題は乾期に強盗に襲われ、財産を持っていかれることである。なお、12 月の調査では、道路沿いの深井戸の使用をやめ、赤井戸を飲料用として使用していた。

シェケルバリ (Shekeru Bari)

4 世帯。1 世帯はダッカに住んでいるビジネスマンで、3 世帯はその人に土地をただで借りている。ボートで道路沿いの深井戸まで水を汲みに行っている。その 3 世帯はリキシャ引きをしている。他の 1 世帯は安全な井戸を持っているが、他世帯に使わせていない。

注 4) Union がバングラデシュの地方行政組織の最小単位である。この Union のなかにいくつかの Village (ビレッジ) があるが、バシャイルボグはこの Village に当たる (なお、研究対象地域であるバシャイルボグは、パタボユニオンに属しており、パタボユニオンはバシャイルボグを含め、11 個の Village からなる)。各 Union は 9 つの選挙区(Ward)を有しており、各選挙区から 1 人、男性議員が選挙で選ばれ、また 3 つの選挙区から 1 人女性議員が選挙で選ばれる。この選ばれた 12 人の議員と、Union 全体から選挙で選ばれた議長 1 人、さらに中央政府から派遣された 1 人の事務官により Union 議会は構成される。

2.8 現地代替技術の特徴

ここでは現地で実際に導入されている代替技術の特徴を示す。なお、これらの特徴は、現地 NGO の AAN (Asia Arsenic Network: アジアヒ素ネットワーク)、SPACE ならびに UNICEF でのインタビューと、すでに導入が進んでいる村での観察とヒアリング、さらに文献から得た知見によりまとめたものである (Government of Bangladesh, 2004) (谷, 2005) (UNICEF and JICA, 2005)。

実際に現地で導入が行われている代替技術とは、深井戸、ヒ素除去フィルター (AIRP: Arsenic Iron

Removal Plant)、ダグウェル、フィルター付きダグウェル、ポンドサンドフィルター、雨水装置、水道システムである。これらの特徴を以下に示す。

(1) 深井戸(Deep tube well)

深井戸は、約 150m より深い深層地下水を水源とする。従来から使用されているチューブウェル(数 10m の深さから水を供給し、深井戸との区別のため、Shallow Tube Well と呼ばれる)と同様に、直径 5cm 程度の塩化ビニール製の管を挿入し、地上部に手押しポンプを設置する。おおむねヒ素に関しては安全であると考えられているが、ヒ素に汚染されているものもある。掘削前に深層地下水がヒ素に汚染されているか、また水が出るかどうかといった検査を行う必要があるが、検査に際しても掘削が必要なため、通常事前に検査は行われない。

また、上層のヒ素帯水層からのヒ素の流入が起りうるため、パイプを挿入しながら周りにコンクリートを流し込み、周りの層とパイプを密着させ、ヒ素の流入を防ぐといった工法も開発されている。

深層地下水の挙動に関しては明確にされていないことが多い。深井戸を掘ることにより、ヒ素帯水層からヒ素が流入し、深層地下水が汚染される可能性がある。深層地下水は非常に長い年月をかけて形成されており、流れも緩やかであるため、いったん汚染されるとその回復は不可能と考えられている。深層地下水は鉱山資源のないバングラデシュでは天然資源の 1 つであり、汚染から守るという観点から、政府は表流水や表層水の利用 (後述するダグウェルやポンドサンドフィルターの導入) を優先している。

現地調査の際に、味見をしてみると地下水特有の鉄くささと若干の塩味がしたが、メンテナンスの必要性がほぼないこと、大量の水が簡単に手に入ること、操作が既存のチューブウェルと同じであることから、現地住民が最も好み、受け入れやすい技術であると言える。

本研究対象地域であるバシャイルボグにおいては、代替技術として、唯一深井戸のみが導入されていた。安全な飲料水を供給するため、すでに公共 3 本、私用 4 本の深井戸が導入されており、住民からなじみもあることから、現地住民に受け入れられやすい有効な手段であると考えられる。

(2) 雨水利用装置

雨水利用装置は基本的に家庭ベースの技術 (容量は 3000~5000 リットル程度) である。屋根に降り注いだ雨をタンクにためるだけの簡単な構造である。屋根にあるゴミ等の流入を防ぐため、降り始め 10 分

間程度の雨はタンクに入らないようにする。雨水はほぼ純粋なので、水は腐らず、容器内に太陽光が差し込まないようにすれば、何ヶ月でも使い続けることが出来るといわれている。雨季に水をため、約7ヶ月の乾期に少しずつ水を使用する。例えば、5人家族なら、1人1日3リットルの飲料水を乾期の約210日の間飲むと考え、さらに、客が訪れたときに振舞う分の水として、数百リットルの余裕を考え、4000リットル程度のタンクが採用されることとなる。

ヒアリングした限りでは、乾期の最後の1ヶ月は水がなくなってしまう、乾期を通して雨水を使用し続けることは困難なようであるが、味や匂いに関しては、深井戸やAIRPよりも良いということである。メンテナンスは乾期の終わりに1回中を洗う程度が良い。

コミュニティーベースのタンクもある。5家族が共有する程度の規模（50000リットル程度）であり、タンクの容量が非常に大きくなるので、地下に埋める。地上に設置するものよりも地下に埋めるものの方が、虫などの異物混入リスクが高く、また洪水被害を受けやすい地域ではタンク内に洪水が流れ込む恐れもあるため、地上に設置するものの方が望ましいと考えられる。また、水量が限られているため、コミュニティーベースのものは、装置の導入時に出資していない世帯にすれば、心理的に水を取りに行きにくくなるということを観察できた。

(3) ヒ素除去フィルター(AIRP : arsenic iron removal plant)

AIRPは従来のチューブウェルに取り付けられる装置である。水が空気に触れることによって、水に可溶の鉄(II)が酸化され、不溶の鉄(III)となって沈殿する。この過程で、一部のヒ素(III)も同様に酸化され、ヒ素(V)になる。鉄(III)は、ヒ素(III)、ヒ素(V)を吸着し、沈殿する (Welch and Stollenwerk, 2003)。そして、砂等のフィルターによって、これらの沈殿物を除去し、安全な水を供給する。除去能力としては、ヒ素の90~95%程度を除去できる。ただし、ヒ素が凝縮されている充填物の廃棄による周辺への影響などの研究が十分にされておらず、今後の研究が待たれている。現在政府としては、BCSIR(Bangladesh Council for Scientific and Industrial Research) によるテストに合格していないものは、その販売を禁止している。

近年、トイレに用いられるコンクリートリングを外枠として用い、また充填物としては、レンガの砕いたものと川底の砂を利用するなど、現地の住民自身がメンテナンスを行えるようなフィルターも開発されている。なお、このような地域住民のニーズに

マッチし、その地域で供給可能な資材と地域の財政や人材のもとで設置管理が可能であり、地域の人々の福祉の向上に寄与するものを中間技術と呼ぶ（酒井ら、2006）。

(4) ダグウェル(Dug Well : 掘りぬき井戸)・フィルター付きダグウェル

ダグウェルは地表から10m以内の層から水を供給する。直径1m程度のリングを積み上げることによって作る。昔から現地で使用されていたが、つるべを媒介として感染症の原因となったため、蓋をしてハンドポンプを取り付けたものが現在使用されている。非常に浅い場所から水を供給するので、原水には感染症のリスクがあり、このため、近年砂濾過フィルター付の装置も開発されている。

ダグウェルのヒ素汚染が少ない理由は明確には分かっていないが、現在以下のような仮説が考えられている。

- ・ ダグウェルが水源とする自由地下水は、帯水層の上部で空気を含んだ堆積層と接しており、また井戸の口径が大きいことから空気と接触頻度が高い。井戸水が空気によって酸化されると水中のヒ素は鉄と共に水酸化鉄となって沈殿し、結果として水中のヒ素濃度は下がる。
- ・ 雨水等の表流水の流入によってヒ素濃度が下がる。

以前はヒ素汚染に対して安全であり、ヒ素汚染対策の切り札と考えられていたが、近年ヒ素に汚染されたダグウェルも発見されてきている。ただし、フィルターを通すことにより、酸化・沈殿過程で、感染症のリスクと共にヒ素汚染のリスクも大きく減少する。UNICEF and JICA (2005)によれば、水質の良さから、最も優先されている技術である。

(5) ポンドサンドフィルター(PSF)

ポンドサンドフィルターは、池を水源とし砂ろ過・砂利ろ過等を用いて、飲料水を供給する装置である。池の水にはヒ素が含まれておらず、硬度が高く鉄分が多い地下水に比べ、質の良い水を得ることが可能である。ただし、ポンドサンドフィルターを設置した場合、池を漁業、沐浴、洗濯等の目的で使用できないので、飲料用のみの池を確保する必要がある。ほぼ全ての池では魚の養殖がされており、その経済的な価値も高いため、池の提供者が見つからない場合が多い。

地下水が塩分を多く含む海岸に近い地域では、昔からポンドサンドフィルターを使用している住民も多い。

バシャイルボグでは、乾期に池は多く存在するということがあったが、例年洪水で様々な異物が池に流入するため、飲料水として用いることが出来るように水質を保全することは非常に困難であり、導入が不可能であると考えられる。

(6) 水道システム

政府は将来的に全ての地域で処理した表流水を水源とした水道システムを構築することを目標としているが、高い技術力、資本、土地、稼働やメンテナンスに必要となる電力等が必要であり、現実的には導入は難しい。

現在、各地でコミュニティーベース（300家族以内程度）の配水のみ水道システムが導入されている。水源としては、ポンドサンドフィルター、フィルター付ダグウェル、深井戸を用いている。モーターで水をくみ上げ、1日に2、3回程度水を配水する（各個人の家に蛇口があるわけではなく、数世帯で1つの蛇口を共有する）。常に水が配水されるわけではないので、パイプの故障時に汚水が混じる可能性がある。現地調査によれば、パイプは地面に埋めてあり、なんからの理由で配水管が壊れたら、地面から水が染み出してくるので、故障は分かるとのことであった。しかし、システムを維持し、継続的に使用し続けるには、管理人が必要なようである。

現地調査においては、単純に深井戸から配水する水道システムを2つ観ることが出来た。1つは約100家族を対象とし、管理人が1人いて、毎月25TKを徴収している（毎月ほぼ全ての利用家庭が支払っているが、全家庭が払えているわけではないようである）。この徴収した料金の内訳は、300TKが水をくみ上げるモーターの電気代に、500TKが管理人（パートタイムの仕事である）の給料に、残りが故障時の修理代のため銀行に預けられる。建設費は380000TKであり、地元住民が25000TKを出資し、残りをデンマーク政府が出資した。

もう1つは約150家族を対象として導入されたものであり、現在は使用されていなかった。約300mの深井戸を掘って、その深井戸にモーターとパイプが取り付けられている。この深井戸の建設費は40000TKであり、そのうち10000TKを地元住民が負担した。パイプとモーターは約75000TKしたがこれはRotary Internationalの援助でまかなわれた。管理人はおらず、住民からの維持管理のための料金の徴収はなかったようである。パイプで給水された水はまずいということでもともと好まれていなかったが、ある時、水を給水するモーターが盗まれ、それ以来、このシステムは放置されている（水源となる深井戸は使用し

続けられている）。

パイプは地下に埋められるため、例年洪水の影響を受ける。村が多く島の島から構成される本研究対象地域においては、島へのパイプ給水は困難であると考えられるため、本研究対象地域に適用可能な代替技術としては考えないこととする。

なお、安全な飲料水を利用者のもとへリキシャなどの人力で輸送するというものも考えうるが、いくつかの村での現地調査の限りでは、人力での輸送を見ることはなかった。さらに、いくつかの水道給水実績地区で住民が利用料として支払っている負担金のレベルと、リキシャでの人力の輸送費用^{注5)}を考えたとき、リキシャ引きは乗客を運んだ方が収入は大きくなり、人力による輸送は考えにくい（酒井ら、2006）。したがって、本研究においては人力の輸送を考えないこととする。

以上の代替技術をまとめたものを本稿末に付表1として示す。

注5) リキシャ引きの1日の収入は約100から200TK程度である。

2.9 まとめ

今回のバングラデシュの現地調査を通して、特に以下のことが明らかとなった。これらは、研究対象地域以外の村でも確認でき、さらにユニセフや現地NGOへのヒアリングからも、全国的な問題となっているものであると考えられる。

- ・ 現地住民にとって、水運びの負担は非常に大きな悩みであった。水運びは女性が行う仕事であることから、単純に距離が遠いという理由だけではなく、親族以外の男性と会いたくないという精神的な負担もあることが分かった。
- ・ ヒ素汚染に関する知識を有し、しかも安全な水源までの距離がそれほど遠くないにも関わらず、汚染された井戸を飲んでいる住民もいた。
- ・ 現地で導入が進んでいる代替技術はどれも一長一短であり、現地活動家達のなかでも合意されたものはなかった。

2度の調査を通し、住民に受容されず放棄された技術援助を見ることが出来た。これらの原因としては、現状のチューブウェルに比べて、使いにくい、水の味が悪い、メンテナンスの仕方が分からず安全かどうか分からない、メンテナンスをしようと思えば金銭的な負担をする必要がある、さらに地域によればそもそもヒ素患者を見たことがなく、10年以上も汚染された井戸を飲んでいるが外見的健康に問題はないため、ヒ素に対する不安感をあまり感じていない、導入された技術が誰のものなのか分からない

ために所有者としての意識がなく、故障すれば使い続ける気がない等の様々な理由が聞けた。

3 安全な水に対する欲求度のモデル化

3.1 はじめに

2度の現地調査を通して、研究対象地域以外のいくつかの村で実際に導入された非常に多くの代替技術を見ることが出来た。しかしながら、実際に効果を果たしていないものも多かった。すなわち、現地住民に受け入れられ、継続的に使用されていたものは意外と少なかったのである。安全な飲料水を供給すべく導入された代替技術は、導入後はしばらく住民に使用されるが、現状のチューブウェルに比べて、使いにくい、水の味が悪い、メンテナンスの仕方が分からない、そもそもヒ素中毒患者をみたことがなく、自分も10年以上赤井戸を使用しているが健康上問題がない、導入された代替技術が誰のものなのか分からないので故障すれば使い続けるつもりはない、など様々な理由によって、使用されなくなるのである。

さらに、比較的近場に安全な井戸がある場合ですら、その井戸を使用せず、自分のバリ内の汚染された井戸を飲料用として使用し続けるというケースも多く見受けられた。ここでも同様に、水の味が悪い、さらに、遠いといった理由を聞くことが出来た。

現地住民に尋ねると、以上のような様々な理由が返ってくるが、これらは本質的には、住民の潜在的なヒ素汚染に対する意識や生活状況に起因するものではないかと考えられる。すなわち、多くの住民は経済的に困窮しているため、ヒ素汚染に対する対策をするだけの余裕が持てず、また、ヒ素による中毒症状は数十年後に現れるため、ヒ素に対する不安感も持ちにくいのではないかと考えられる。

そこで、本章では、事前の調査対象地域のアゼンプルにおけるデータを用い、潜在変数として、ヒ素に対する不安感、生活安定感、水運びストレス、安全な飲料水に対する欲求度を導入し、共分散構造分析（豊田，1998）を用いて、これらの潜在変数の因果関係を構造化する。そして、この構造化を踏まえ、今回の調査対象地域のバシャイルボグにおいて見受けられたような、比較的近くにある安全な井戸（深井戸）にアクセスしないという現象を解釈する。

3.2 潜在変数のモデル化

現地調査を踏まえ、ブレインストーミングにより、安全な飲料水に対する欲求度を構成すると考えられる潜在変数として、ヒ素に対する不安感、現状の生

活の安定感、水運びのストレスを抽出した。これらの潜在変数を用いて、安全な飲料水に対する欲求度を最終到達点とした多重指標モデルを構造化する。なお、以下インタビューで得た観測変数を【】で表し、導入する潜在変数を【】で表す。

(1) ヒ素に対する不安感 (anxiety)

現地調査によれば、ヒ素汚染に対する不安感が欠如していると思われる住民を多く観察できた。特に、対象地域には明らかなヒ素中毒患者がおらず、ヒ素は数十年間かけて人体に蓄積し、皮膚病やガンになること、さらにヒ素の濃度によっては、仮に基準値を超えていても人体に影響を与えない場合もあることを考えると、差し迫った不安感を持ちにくいと考えられる。

ここで、【ヒ素に対する不安感】を Fig.4 のモデルで表現する。

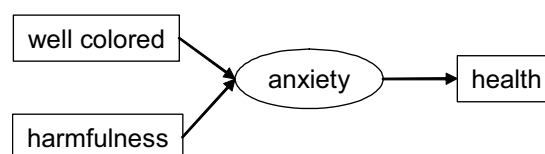


Fig. 4 Anxiety of Arsenic

ここで用いる観測変数は、{自分の井戸に色が付いている}(well colored), {ヒ素の有害性を知っている}(harmfulness), {自分や子供の将来の健康が不安である}(health)である。すなわち、自分の井戸に色が付いており、ヒ素汚染が自分の非常に身近な現象であることを強く感じていること、ヒ素の有毒性を良く知っていることが、ヒ素に対する不安感を上昇させ、結果として、自分や子供の将来の健康が不安になるという構造を仮定している。

(2) 現状の生活の安定感 (stability)

現地調査によれば、どちらかというと裕福な人の方が、ヒ素に対する何らかの対策を行う意識が高いことが感じ取れた。

そこで、現状の【生活安定感】を、Fig.5 のモデルで表現する。

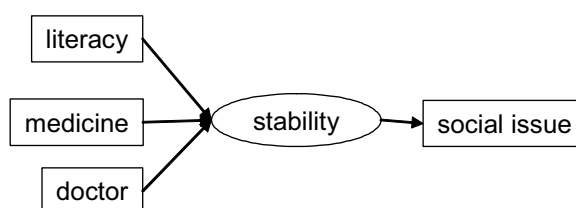


Fig. 5 Stability of daily life

ここで用いる観測変数は、{識字可能}(literacy), {薬の手に入りやすさ}(medicine), {病院に行けること}(doctor), {自分自身以外の問題を考える余裕がある}(social issue)である。

すなわち、識字可能であること、薬が手に入りやすいこと、病院に行けることにより生活の安定感を規定し、その結果として、自分自身以外の問題を考えるだけの余裕があることとなる。

(3) 水運びに関するストレス (stress)

現状の使用している水利施設に対する水運びのストレスは、欲求度に影響を与えと考えられる。すなわち、水運びのストレスが大きいことは、遠くの安全な井戸にアクセスしていることを意味しており、小さいことは自分の家の汚染された井戸を飲んでいると考えられる。

【水運びストレス】を、Fig.6のモデルで表現する。

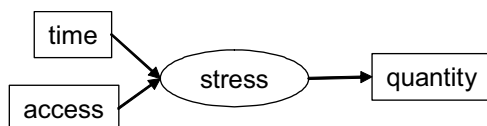


Fig. 6 Stress of carrying water

ここで用いる観測変数は、{水運びに時間がかかる}(time), {水汲み場までアクセスしにくい}(access), {水量に不満感がある}(quantity)である。水運びにかかる時間や水汲み場へのアクセスのしにくさが、水運びのストレスを生み出し、飲料水の水量に満足できなくなることとなる。

(4) 安全な飲料水に対する欲求度(desire)

安全な飲料水に対する欲求度が高ければ、代替技術を紹介してほしいという意識や、安全な水を得るために(金銭的 and/or 肉体的な)負担を惜しまないという意識を持つようになることが考えられる。

そこで、【安全な飲料水に対する欲求度】を Fig.7のようにモデル化する。

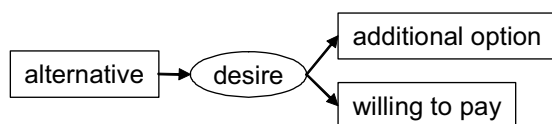


Fig. 7 Desire to safe water

ここで用いる観測変数は、{代替技術に関する知識}(alternative), {代替技術を紹介してほしい}(additional option), {安全な水を得るのに金銭的

and/or 肉体的負担してもよい}(willing to pay)である。すなわち、代替技術に関する知識が、安全な飲料水に対する欲求度を高め、また、欲求度が高まることにより、技術を導入して欲しいと思う、安全な水を得るために負担する気がある、という状態になると仮定する。安全な飲料水に対する欲求度を以下では単に欲求度と呼ぶ。

(5) 観測変数の単純集計

本章で用いる観測変数に関するアゼンブルでのインタビュー回答の単純集計結果を付表2に示す。

共分散構造分析では、通常連続変数が用いられる。また、離散変数に関しても、連続変数と見なすためには、5段階評価以上(7段階評価, 9段階評価等)が望ましいとされているが、ここでは、3段階評価で分析を行っている。3段階評価では、モデルによって推定された数値の精度が粗くなると考えられるが、本研究では、データの制約もあるため、変数間の因果関係の大きさの度合いや正負を表現するという目的のもとで3段階評価を用いている。なお、連続変数であることが問題となるのは内生変数のみであり、外生変数に関しては、重回帰分析等と同様、ダミー変数として1-0変数を用いることが可能である。

3.3 分析結果と考察

3.2において示した潜在変数を用いて、欲求度を最終到達点とした多重指標モデルの構造化を行う。すなわち、ヒ素の不安感、生活安定感、水運びストレスが安全な飲料水に対する欲求度の原因となっていることをモデル化する。構造化した図をFig.8に示す。

Fig.8では省略しているが、全ての内生変数には誤差変数を導入している。サンプル数は98, 自由度58であり、モデルの適合度指標であるGFI(経験的に0.9以上が良いモデルといわれる)は0.855, AGFI(GFI-0.1以内であることが望ましい)は0.772, RMSEA(0.05以下が良く, 0.1以上が悪い)は0.094であり, GFIが0.9を下回ったが、適合度は良好であると考えられる。Fig.8において、これらは全て標準化された係数である。すなわち、各潜在変数の分散は1, 平均は0になっており、各係数は-1から1の間をとる。

Fig.8より、【生活安定感】、【ヒ素不安感】、【水運びストレス】は各々式(1), (2), (3)で表現される。

$$\begin{aligned} \text{【生活安定感】} = & 0.35 \times \{\text{識字可能}\} + 0.06 \times \{\text{薬が手に入りやすい}\} + 0.44 \times \{\text{病院に行ける}\} + d_1 \end{aligned} \quad (1)$$

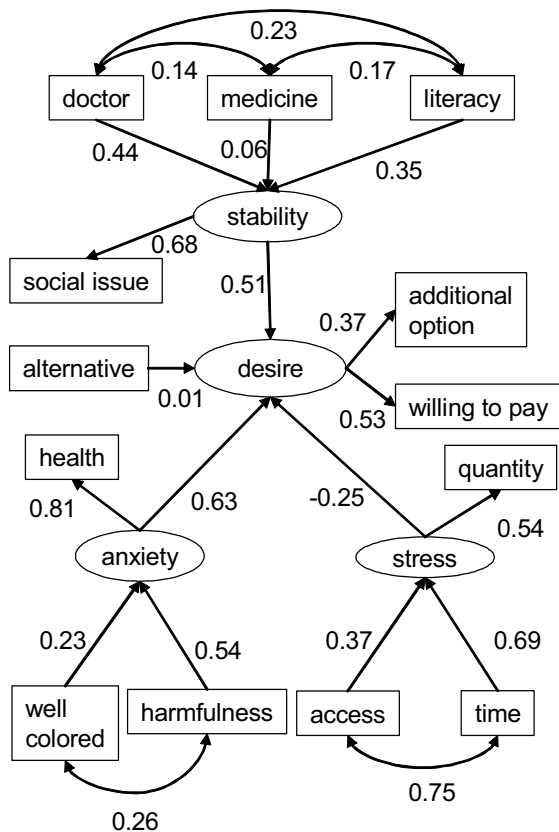


Fig. 8 Multiple Model

$$\begin{aligned} \text{【ヒ素不安感】} &= 0.54 \times \{\text{ヒ素の有害性を知っている}\} + 0.23 \times \{\text{自分の井戸に色が付いている}\} + d_2 \\ (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{【水運びストレス】} &= 0.37 \times \{\text{水汲み場までアクセスしにくい}\} + 0.69 \times \{\text{水運びに時間かかる}\} + d_3 \\ (3) \end{aligned}$$

ただし、 d_k ($k = 1, 2, 3$) は誤差変数である。ここで用いた観測変数により、

【生活不安定感】の約31% ($0.35^2 + 0.06^2 + 0.44^2$)

【ヒ素不安感】の約34% ($0.54^2 + 0.23^2$)

【水運びストレス】の61% ($0.37^2 + 0.69^2$)

が説明されている。

さらに、【欲求度】は式(4)で表現される。

$$\begin{aligned} \text{【欲求度】} &= 0.63 \times \text{【ヒ素不安感】} \\ &- 0.25 \times \text{【水運びストレス】} + 0.51 \times \text{【生活安定感】} \\ &+ 0.01 \times \{\text{代替技術に関する知識}\} + d_4 \end{aligned} \quad (4)$$

ここに、 d_4 は誤差変数である。

式(4)より、【ヒ素不安感】、【水運びストレス】、【生活安定感】、{代替技術に関する知識}によって【欲求度】の約72% ($0.63^2 + 0.25^2 + 0.51^2 + 0.01^2$)

が説明されることとなる。

Fig.8の結果を以下で考察する。

安全な飲料水に対する欲求度が高まれば、代替技術を紹介して欲しい、安全な水を得るのに（金銭的 and/or 肉体的）負担したいという状態、すなわち、安全な飲料水を得るために、現状改善のために何かしたいと考える状態になることが分かる。ここで、代替技術に関する知識の影響はほぼゼロであった。付表2からも、代替技術に関する知識を持っている人は約4割程度と多くないことが分かる。したがって何も技術に対するイメージがないまま、何らかの対策をしたいと答えている人が多いことが推察される。

ヒ素の不安感は欲求度に正の影響を与える。すなわち、ヒ素に対する情報を持っており、ヒ素の危険性を認識していれば、ヒ素に対する不安感が高まり、その結果欲求度が高まって、何らかの対策をしたいという意識を持つようになることが分かる。

水運びストレスは欲求度に負の影響を与える。すなわち、水運びのストレスが高いと、それだけ欲求度が下がると考えられる。これは、すでに水運びのストレスを感じている人は、安全な井戸を利用している人が多く、すでに安全な水を飲んでいる分だけ、特に新たに何かをしようとする気持ちにならないと考えられる。逆に、水運びのストレスを感じていない人は、近くにある赤井戸を飲んでいる人が多く、その危険性を認識しているため欲求度が高くなる傾向があると考えられる。

生活の安定感は、欲求度に正の影響を与える。すなわち、生活状況が安定している人（医者に行く、識字可能であることから、比較的裕福な人であると解釈できる）は、何らかの対策をしようとする意識が高いことが分かる。生活が安定しているために、ヒ素という目に見えないものに対して対策をしたいと思えるようになると解釈できるだろう。

以上の因果関係と、各観測変数の説明力を総合的に考慮すると、各潜在変数の因果モデルにおける仮定は妥当であったと考えられる。したがって以下では、設定した各潜在変数の命名をそのまま用いることとする。

3.4 欲求度の解釈

現地調査を通して著者が訪れたいくつかの村で、アゼンプルと同様に代替技術が放棄されていることや、水運びのストレスが大きな問題であることが観察できた。これらは現地のヒ素汚染問題に共通した特徴であると推察され、ヒ素汚染のひどい地域では、3.3に示したモデルによる解釈が同様に成立すると考えられる。

本研究対象地域（スリナガル・バシヤイルボグ）において、深井戸以外の技術は導入されていなかったが、今後深井戸だけに留まらない代替技術の導入を考えると、3.3のモデルを踏まえると、住民の欲求度も考慮した対策が本質的なヒ素汚染被害の軽減に対して重要であると考えられる。

そこで、ここでは、3.3において構造化したモデルがバシヤイルボグにおいても成立するという仮定をおくことにより、住民の安全な飲料水に対する欲求度を以下で解釈する。

式(4)において、安全な飲料水に対する欲求度の構成要因としては、生活安定感とヒ素の不安感が特に大きな要因であることが分かった。これらの2つの潜在変数の規定力は約66% ($0.63^2 + 0.51^2$) であるのに対し、水運びストレスの規定力は約6% (0.25^2) 程度であるので、本質的なモデルの簡略化という目的のもと、安全な飲料水に対する欲求度が生活安定感とヒ素の不安感という2つの指標によって表されると近似して考えることとする。

以下で、欲求度を構成する生活安定感とヒ素の不安感に関して考察する。

まず、現地では安全な飲料水を得ることが何らかの負担（水運びの負担、代替技術を維持管理する金銭的and/or肉体的・精神的負担、代替技術を導入する金銭的and/or肉体的・精神的負担等）を伴うものである。このためヒ素が目に見えず、さらに被害も分からないこと、さらに多くの住民は日々の生活にすら困窮し、ヒ素問題を考えるだけの余裕がないということを考えると、ヒ素汚染対策のために安全な飲料水を求めようとする意欲は個人の生活安定感とヒ素の不安感によって変化すると考えられる。すなわち、欲求度は、安全な飲料水を求めようとする意欲であり、この欲求度が大きければ、安全な飲料水を得るのに負担をかけても良いと思うようになり、逆に欲求度が小さい人は、安全な飲料水を得るために負担をかけたくないと思っている人であると解釈できる。

以上を踏まえ、欲求度と水運びのストレスを用いて水運び行動を以下で考察する。

欲求度が大きいと、それだけ安全な水を欲しており、水運びのストレスが大きくても、緑井戸までアクセスし続けることとなる。逆に欲求度が小さいと、安全な水を強く欲しているわけではないので、遠くにある緑井戸までの負担を受け入れることが出来ず、結果として近くにある汚染された赤井戸の水を飲むこととなる。

なお、現地調査では、ほとんどの場合、人々は決まった井戸を飲料用として使用していることを観察できた。例えば、赤井戸を使用している人は、ごく

まれに安全な緑井戸まで水をくみに行くことはあっても、基本的に自分の家にある赤井戸を使用し続けている。逆に、緑井戸を使用している人は、ごくまれに自分の家の赤井戸を使用することもあるが、基本的に緑井戸を使用し続けている。

以上の考察から、短期的には、深井戸などの代替技術を導入することにより水利施設までの水運びのストレスが減り、住民の欲求度との兼ね合いによりアクセスできる水利施設が増え、汚染された赤井戸の水を飲む住民の数が減少すると考えられる。また長期的には、教育等によって、ヒ素の健康リスクの認知を促すことで不安感が増長し、安全な飲料水に対する欲求度が増加することにより（欲求度を構成する要素のうち住民の生活安定感は容易に上昇するものではないが、ヒ素に対する不安感を高めることは可能であると考えられる）、赤井戸の水を飲む住民の数が減少することが期待できよう。すなわち、ハード的な対策による住民の水運びストレスの減少、また、ソフト的な対策による欲求度の増加という2通りのアプローチにより、現在赤井戸を飲む人の数は減少し、ヒ素汚染被害は軽減すると考えられる。

以上の考察のもとで、まず4章で水運びのストレスをモデル化し、住民の水運びのストレスを定量的に示す。そして、5章において、水運びストレスのモデルと本章で構造化した安全な飲料水に対する欲求度のモデルを合わせて用いることで、水運びのストレスの軽減のための計画プロセスを示す。

4 水運びのストレスのモデル化

4.1 はじめに

先行研究（萩原ら，2004）（福島ら，2004）（萩原ら，2006）において、アゼンブルでのアンケート回答に対して、数量化理論第Ⅱ類を用いることにより、日々の水運びの苦痛や、ヒ素への悩みが、アゼンブルにおける飲料水の満足度の構成要因として大きな影響を与えていることを明らかにした。さらに、数量化理論第Ⅲ類を用いることにより、次式の不幸せ関数を定義した。

$$D_i = \frac{1}{l_i} \sum_{j=1}^8 x_j \delta_i(j) \quad (5)$$

ただし、

$$\delta_i(j) = \begin{cases} 1 & (i\text{番目のサンプルが}j\text{項目に反応}) \\ 0 & (i\text{番目のサンプルが}j\text{項目に反応しない}) \end{cases} \quad (6)$$

l_i ：サンプル*i*が対象とする8項目において反応する項目の数

x_j : 項目 j のスコア値

式(5)においては、値が正でその絶対値が大きければ不幸せであり、負でその絶対値が大きければ、不幸せでないと解釈される。なお、不幸せ関数作成に用いたアゼンブルでのアンケート項目と、そのスコア値をTable 1に示す。Table 1においてContribution Rate(累積寄与率)とは、用いた項目から集約した情報量を表している。

Table 1 Score of items for Unhappiness Function

j	Items	Score
1	literate	-0.69417
2	number of family is small	0.555727
3	satisfied with current drinking water	-2.41378
4	no burden of carrying drinking water	-3.22323
5	worry about arsenic contamination	0.626394
6	worry about job and income	-0.61212
7	worry about too many things	4.995888
8	easily access medicine	0.388253
Contribution Rate		60.9%

不幸せ関数により、飲料水に満足している、日々の水運びの負担がないといったことが、住民の不幸せさを大きく減少させていることを明らかにした。

この水運びの負担を効果的に軽減する方法を提案するためには、まず負担を定量的に評価する必要がある。このため、バシヤイルボグにおけるヒアリング調査と、作成した地図をもとに、4.2で水運びストレスをモデル化する。そして、4.3で現状の住民のストレスを評価する。

4.2 水運びストレスのモデル化

バシヤイルボグでのヒアリング調査、また、アゼンブルとグローラにおける事前インタビュー調査において、水運びは女性の仕事であることが分かった。子供、男性が水を運ぶこともあるが、これは補助的なものであった。現地ヒアリング調査から、イスラム文化において、女性は親族以外の男性と会うことを嫌い、水運びをする際に不特定多数の男性の目にさらされることが精神的な負担となっていることが分かった。そこで、ここでは肉体的なストレスのほかに外に出て人目につくという精神的なストレスをも考慮した女性を対象とした水運びのストレスをモデル化することとする。

バリ内には主に親戚同士が暮らしており、ヒアリング調査によると水汲みに関する行動パターンはバ

リ内でほぼ同じであった（例えば、赤井戸を飲んでいるバリは全員赤井戸を飲んでいる等）。バリ内では、家族間で互いに大きな影響を与え合っていると想定でき、バリを1つのクラスターとして取り扱うことが可能であると考えられる。したがって、以下ではバリを1つの単位とし、バリ内における世帯数をストレスのウェイトとして用いることとする。なお、以下では、地図上のバリのおおよその中心点をバリの位置と定義する。

(1) 肉体的ストレスの定義

肉体的ストレスは、水を運ぶ肉体的なストレスを表す指標であり、ここでは、肉体的ストレスを水運びの仕事量と定義することとする。すなわち、

$$\text{仕事量} = \text{重量(kgf)} \times \text{距離(m)} \quad (7)$$

である。

距離に関して、現地調査より、土地はほぼ平坦であったため、仕事量として扱う距離は、歩行移動距離、竹橋移動距離、ボート移動距離のみとし、これらを別々に扱う。

各集落の中心を基準に取り、仕事量の構成要素を以下に定義する。

d_{ij} : バリ i から深井戸 j までの歩行距離

b_{ij} : バリ i から深井戸 j までで使用するボート移動距離

h_{ij} : バリ i から深井戸 j までで橋の移動距離

$m_{i(n)}$: バリ i の人のコルシ(水を入れる容器)の重量・行き(水なし)

$m_{i(b)}$: バリ i の人のコルシ(水を入れる容器)の重量・帰り(水あり)

K_i : 水運びの回数/日

各距離の特性の違いから、歩行距離を実距離として用いると、モデル上で竹橋移動距離は実距離の h_i 倍であると考えられる。現地調査より、竹橋の移動はストレスが大きいと考えられるため、 $h_i > 1$ となる。また、ボートを用いたときのストレスは、実距離の b_i 倍とする。

以上を用いて、バリ i における深井戸 j に対する水運びの肉体的ストレスを以下のように定式化する。

肉体的ストレス

$$P_{ij} = K_i \{ m_{i(n)} (d_{ij} + h_i h_{ij} + b_i b_{ij}) + m_{i(b)} (d_{ij} + h_i h_{ij} + b_i b_{ij}) \} \quad (8)$$

$$P_{ii} = 0 \quad (9)$$

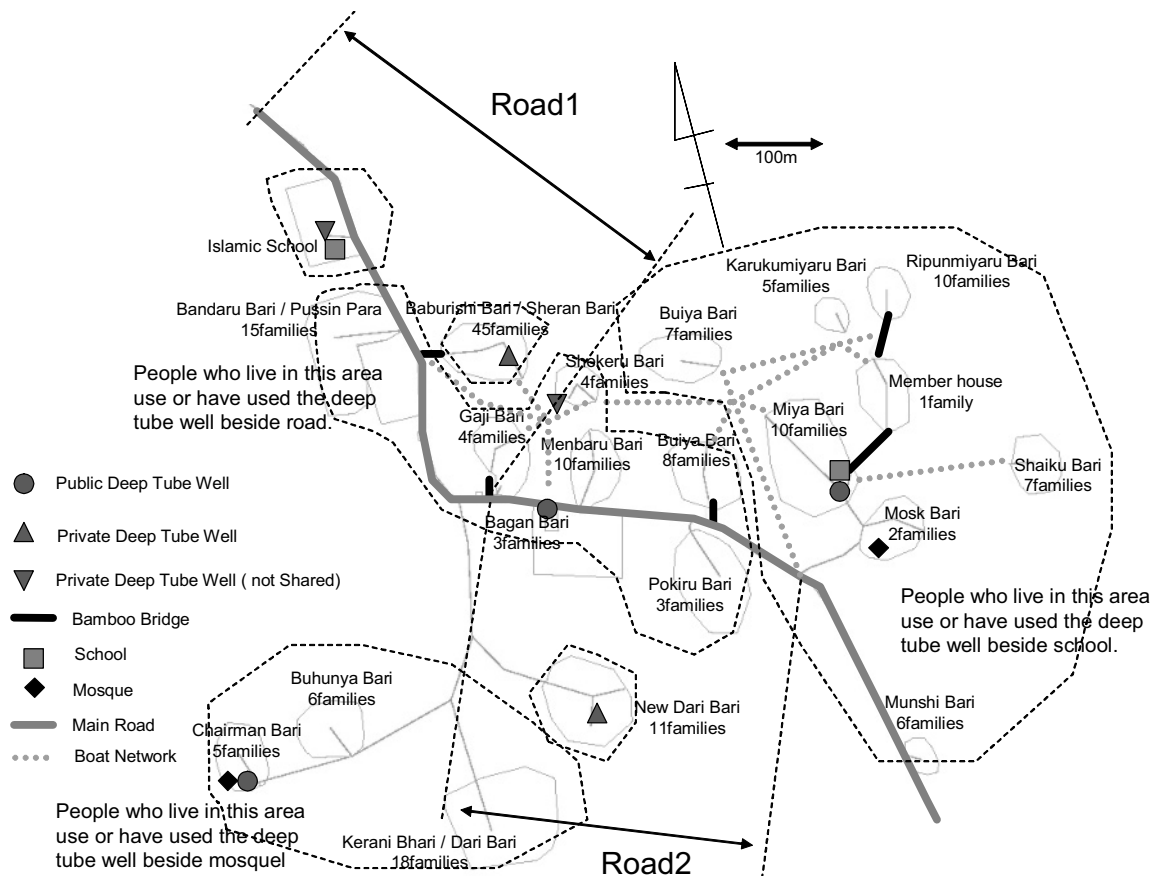


Fig. 9 Road1 and Road2

式(9)は、集落の中心を基準にしているため、集落*i*から集落*i*への肉体的ストレスは0となることを意味している。

(2) 精神的ストレスの定義

精神的ストレスは、水を運ぶ際の精神的な負担を表す指標である。水運びにかかる時間、すなわち、不特定多数の人（男性）の目にさらされている時間によって定義する。

現地調査によって、水運びの際に通る必要がある場所における、人の多さ、通行量によって精神的なストレスは異なると考えられる。このため、村を精神的ストレスの度合いが異なると考えられる7つの区域に分割する。そして、区域*k* ($k = 0, 1, \dots, 6$)を通る時間と、区域*w* ($w = 0, 1, \dots, 6$)に滞在する時間、さらにその区域の人の多さ、通行量によって精神的ストレスを定義する。ここで、7つの区域の特徴を示す。なお、道路1と道路2の場所をFig.9に示し、人だかりの様子をPhoto 5とPhoto 6に示す。

・ 自分のバリ内

バリ(集落)内には基本的に親族から構成される集団が居住している。このバリ内において、女性は自由

に行動できる。

・ 道路1

舗装された道路で、まれにリキシャ、オートバイが通る。数件の店が並び、男性がたむろする。マーケット、ハイウェイに行くには、どの集落からも道路1を必ず通る必要があり、通行量は多い。

・ 道路2

舗装された道路で、まれにリキシャ、オートバイが通る。通行量は比較的多い。

・ その他の歩行区域

自分のバリ以外の他のバリ内、一部舗装された道路、全ての舗装されていない道路を含む。通行量は少ない。

・ ボート移動区域

水につかっており、ボートで移動しなければならない区域である。

・ 竹橋移動区域

非常に不安定であり、慎重にわたる必要がある。

・ モスク前

男性がたむろする。Photo 7に示す。

ここで、精神的ストレスの構成要素を以下に定義



Photo 5 many people on road 1



Photo 6 store beside road1



Photo 7 many people around mosque

する。

s_k : 移動区域 k における通行量・人の多さに関する精神的ストレスのウェイト

s_w : 滞在区域 w における通行量・人の多さに関する精神的ストレスのウェイト

添え字 $k, w = 0$: 自分のバリ内(集落内)

$k, w = 1$: 道路1

$k, w = 2$: 道路2

$k, w = 3$: その他の歩行区域

$k, w = 4$: 竹橋移動区域

$k, w = 5$: ボート移動区域

$k, w = 6$: モスク前

d_{ijk} : 集落 i の深井戸 j に行く過程で区域 k を通る距離

v_{ik} : 行き(水なし)の集落 i の人が区域 k を通る速度

T_i : 井戸に滞留する時間

$\alpha_{ik}v_{ik}$: 帰り(水あり)の集落 i の人が区域 k を通る速度

以上より、バリ i の住民の深井戸 j に対する精神的ストレスは、次式のように定式化できる。

精神的ストレス

$M_{ij} =$

$$K_i \left\{ \sum_{k=0}^5 s_k d_{ijk} / v_{ik} + T_i s_w + \sum_{k=0}^5 s_k d_{ijk} / \alpha_{ik} v_{ik} \right\} \quad (10)$$

$$M_{ii} = 0 \quad (11)$$

式(11)はバリが主に親戚から構成されており、女性はその中を自由に行動できるため、自分のバリ内での精神的ストレスは0であることを意味している。

(3) パラメータの設定

まず、歩行速度は区域0、区域1、区域2、区域3において等しいと考えられるので、

$$v_{i0} = v_{i1} = v_{i2} = v_{i3} = v_i \quad (12)$$

であるとする。

さらに、歩行速度は水を持つことによって遅くなるので、 $\alpha_{ik} < 1$ ($k=1,2,3,4$)であるが、ボート上では変化しないと考えられるので、 $\alpha_{i5} = 1$ である。

以上を踏まえた上で、以下の①～⑩の仮定をおき、モデルのパラメータの設定を行う。

① $m_i(t) = 0$ とする。

(水を入れる瓶はコルシと呼ばれるが、一般的にコルシの容量は15リットル～20リットル程度であり、水がない場合のコルシの重さは、帰りの水をいっぱいに入れたコルシの重さに比べ無視できるほど軽いと考える。)

② ボートでの肉体的なストレスはゼロ、すなわち、 $b_i = 0$ とする。

(ボート上ではコルシの水の有無に関わらず、その負担は変わらないと考えられること、また、現地住民は子供の頃からボートを扱っており、ボートをこぐに際して特別な負担はないと考える。)

③ 交通量・人の多さによって、 s_k, s_w は4段階に

分かれると仮定する。

$$0 = s_0 < s_3 = s_4 = s_5 < s_2 < s_1 = s_6 \quad (13)$$

となる。

すなわち、

s_0 : 全く問題ない

s_3, s_4, s_5 : ほとんど人と会うことはない。

s_2 : やや人が多いので嫌だ。

s_1, s_6 : 人が多いので嫌だ。極力行きたくない。
と考える。

- ④ 歩行速度＝ボート速度＝60m/分とする。（現地住民と一緒に歩いた著者自身の歩行速度、およびボート速度をGPSによりおおまかに測定。）
- ⑤ $K_i m_i$ (b_i) はバリによらず一定とする。すなわち、 Km とする。これは、各世帯において必要とされる飲料水の量は同じであることを仮定している。（ヒアリング、観察によって、1日2回、20kg程度の水を運ぶことが一般的であるようだった。なお、井戸の水は飲料用のみに使い、料理用には池の水を使う。特に自分のバリ内に深井戸がある家族は、小さなポットで水を何度も汲みに行くことがあるが、仮定②により、これは無視することが出来る。）
- ⑥ $T_i=30$ 秒とする。（観察により、井戸に来る→コルシを軽くすすぐ→水を入れるといった行為に30秒程度かかっていた。）
- ⑦ $h_i=4$ とする。（GPS調査によって、橋を渡る速度は通常の4倍程度であった。時間距離として、実距離の4倍と仮定する。すなわち、橋を渡るのに、通常歩行の4倍の仕事量がかかるとしている。）
- ⑧ ⑦により、 $v_{i4}=v_{i1}/4$ である。
- ⑨ どのような人も帰りは15kgの水を運ぶと考えると、帰りの歩行速度の変化率 α_i はバリによらず一定とし、歩行速度に関する変化率ということで、橋上も同じ変化率であるとする。すなわち、次式のようにおける

$$\alpha_{i1} = \alpha_{i2} = \alpha_{i3} = \alpha_{i4} = \alpha \quad (14)$$

- ⑩ 観察より $0.5 \leq \alpha \leq 1$ である。すなわち、水を持ったときの歩行速度は通常の歩行速度以下になるが、2分の1より小さくなることはないということを示している。

以上から式 (8) と式 (10) は改めて以下のように記述できる。

肉体的ストレス

$$P_{ij} = Km (d_{ij} + 4 h_{ij}) \quad (15)$$

精神的ストレス

$$M_{ij} = K \{ (s_1 d_{ij1}/60 + s_2 d_{ij2}/60 + s_3 d_{ij3}/60 + s_3 d_{ij4}/15 + s_3 d_{ij5}/60) + 0.5 s_w + (s_1 d_{ij1}/60 \alpha + s_2 d_{ij2}/60 \alpha + s_3 d_{ij3}/60 \alpha + s_3 d_{ij4}/15 \alpha + s_3 d_{ij5}/60) \} \quad (16)$$

これらのストレスの絶対値には意味はなく、他のバリとの比較に意味があるので、他のバリとの共通部分を削除し、簡略化することで、以下のように再定式化できる。

肉体的ストレス

$$P_{ij} = (d_{ij} + 4 h_{ij}) \quad (17)$$

精神的ストレス

$$M_{ij} = \{ (1 + 1/\alpha) (s_1 d_{ij1} + s_2 d_{ij2} + s_3 d_{ij3} + 4 s_3 d_{ij4}) + 30 s_w + 2 s_3 d_{ij5} \} \quad (18)$$

4.3 現状の水運びストレスの計量と考察

現地でのヒアリング調査と観察において、道路1とモスクの前に明らかに人だかりが多く（Photo 5, Photo 6, Photo 7）、また、道路2は道路1とその他の地域の間程度の人を多さを確認できた。これより、研究対象地域において、仮定③、⑩を踏まえ、 $s_1 = s_6 = 2$ 、 $s_2 = 1.5$ 、 $s_3 = 1$ とする。すなわち、道路1やモスクの前では通常の2倍のストレスがかかり、道路2では通常の1.5倍のストレスがかかるものと仮定する。さらに、観察により、水の入ったコルシを持って歩く速度は、通常速度よりも少し遅かったため、 $\alpha = 0.8$ と設定することとする。

地図の誤差を考慮し、地図上の距離を10m単位で考え、以下、4.2で示したモデルを用いて、水運びのストレスを定量的に評価する。なお、ストレスの計量のために、以下の3つをさらに仮定する。

- ・ 観察により、雨季に孤立する島（メンバーハウス、リブンミヤルバリ、カルクミヤルバリ、ブイヤバリ2、シェイクバリ、シェケルバリ）にある集落のみがボートを所有し、ボートを水運びに使用する。
- ・ ウォーターヒヤシンスが生い茂っているため、地図上に示したボート航路以外は通行できない（Photo 4参照）。ウォーターヒヤシンスの様子をPhoto 8に示す。
- ・ 深井戸までアクセスする途中でボートを乗り換えることはできない。すなわち、片道2回以上ボートに乘れない。



Photo 8 Water Hyacinth

(1) 計量結果

式(17), 式(18)を用いた各バリの肉体的ストレスと精神的ストレスの計量結果をTable2に示す。Table2では紙面の都合上、公共の深井戸のみに対するストレスを示し、また深井戸を自分のバリ内に持つバリは今後代替技術導入の必要性がないと考え、除外している。現在深井戸を使用しているバリに対しては現在使用している深井戸を灰色で示し、2005年12月現在、自分のバリ内にある赤井戸を主に使用しているバリ（Table2では太線で囲んでいる）に対してはかつて使用していた、または時々使用する深井戸を灰色で示している。なお、これらはFig.9中の点線で囲んだ部分に対応している。既存の深井戸に対して、上段は肉体的ストレス、下段は精神的ストレスを示し、小数点以下は四捨五入し整数値で示している。Table2中のmosqueとは、モスク横の公共の深井戸を、roadとは道路沿いの公共の深井戸を、schoolとは学校横の公共の深井戸を示している。

ここで、Table2中の(注)を以下に示す。

*) ガジバリ内において、1家族が主要道路に接続される通路を独占しており、残りの3家族は竹橋を使って主要道路に出ている。Table2でのストレスは、この3家族のものである。

**) メンバーハウスはミヤバリと竹橋で接続されているが、この竹橋はリブンミヤルバリのものであり、メンバーハウスの住民は使用せず、代わりにボートを使用する。

***）リブンミヤルバリの住民は、水運びに2箇所の竹橋を使用しないと学校横の井戸まで行けないため、2箇所の竹橋を使って水運びをすることは無いと言っていた。またボートを所持していることを考え、ボートで深井戸にアクセスしていると考え。しかし、雨季にはウォーターヒヤシンスのためボートでもアクセスしにくくなり、雨季には自分のバリ内の

Table 2 Stress toward three public wells

		place of the well		
Bari	family	mosque	road	school
Kerani/Dari	18	29	37	68
		62	91	183
Buhunya	6	10	36	67
		24	93	185
Bandaru/Pussin	15	53	27	58
		146	98	190
Gaji	4*)	46	14	45
		114	39	131
Bagan	3	43	1	32
		113	5	96
Menbaru	10	47	4	32
		120	8	90
Buiya	8	64	22	28
		171	63	71
Pokiru	3	58	16	24
		150	42	56
Munshi	6	81	39	28
		222	114	64
Mosque	2	72	30	5
		200	91	10
Member house**)	1	78	36	5
		217	108	14
Ripinmiyaru****)	10	43	2	12
		180	77	62
Karukumiyaru	5	42	1	11
		172	69	54
Sheiku	7	74	32	1
		232	124	29
Buiya2	7	44	3	13
		154	51	38
Shekeru	4****)	43	2	12
		128	25	54

赤井戸を飲料用として用いている。

****) シェケルバリ内において、1家族のみが深井戸を独占し共有していないため、残りの3家族は道路沿いの深井戸に飲料水を汲みに行っている。Table2でのストレスは、この3家族のものである。

(2) ストレスの計量結果の考察

ここでは、特に歩行のみで水運びを行っているバ

リと、ボートを使って水運びを行っているバリの2つに分けてストレスの計量結果の考察を行う。なお、ボートを使用しているバリは、メンバーハウス、リブンミヤル、カルクミヤル、シェイク、ブイヤ2、シェケルの6つのバリである。

- ① 歩行のみで水運びを行っているバリにおいては、バンダルバリ・プッシンを除き、肉体的ストレスと精神的ストレスが共に最小となる深井戸を使用していることが分かる。
- ② バンダル・プッシンでは、道路沿いの深井戸が建設された当初、道路沿いの深井戸を主に使用していたが、遠いので使用をやめ、イスラム学校の深井戸を使用しようと試みた。しかし、イスラム学校に断られ、現在自分のバリ内の赤井戸を主に使用している。この行動の変化はイスラム学校の深井戸へのアクセスの方が、道路沿いの深井戸に比べ肉体的、精神的共にストレスが小さいことから理解できる（Table2では割愛したが、肉体的ストレス：15、精神的ストレス：44であった）。一方で、バンダル・プッシンからシェランの私用深井戸へのストレスも道路沿いの深井戸に比べて小さい（肉体的：20、精神的41）が、現地ヒアリング調査によれば、バンダル・プッシンの住民はシェランの深井戸を使用していなかった。この理由として、私用井戸なので使いにくいといったことが考えられる。
- ③ ボートを水運びに使用しているバリに関して、精神的ストレスが最小となるような深井戸を使用していることが分かる。肉体的ストレスに関しては、必ずしも最小になる深井戸を使用しているわけではないが、これは肉体的ストレスのモデル化において、ボートのストレスをゼロとしたためであると考えられる。
- ④ 以上から、全てに共通して言えることは、精神的ストレスが最小となる深井戸を使用している、または使用していたということである。

5章では、本章でモデル化した肉体的ストレスと精神的ストレスを軽減することを目的とし、ヒ素汚染軽減のための代替技術の導入計画プロセスについて示す。

5 水運びストレス軽減のための計画プロセス

5.1 既存の分析手法の適用可能性

現在多くの公共事業の計画に費用便益分析が用いられているが、費用便益分析には様々な批判がなされており（萩原編著，2004），本研究対象地域のよ

うな非常に貧しい地域においては便益の貨幣換算が困難である事、費用が便益よりも大きくほとんどの政策が否決されることを考え、本研究では用いない。

また、本研究のように水利施設の導入を考えると、いはゆる最適配置問題として取り扱うことが可能である。典型的な最適配置問題（岡部・鈴木，1992）としては非常にシンプルな数式で展開することが可能であるが、本研究対象地域のような施設を同時に配置できないこと、最小化する指標が単一ではなく、水運びの肉体的ストレスと精神的ストレスの2つを考察する必要があること、代替技術はそれぞれ独自の多様な特性を有しており簡単に数理モデルとして定式化できないこと等を踏まえ、典型的な最適配置問題を適用することは困難である。

本章では、3章、4章で示した欲求度と水運びストレスのモデルを用いることで、水運びストレスの軽減のための計画プロセスを示す。なお、本研究では、村全体の平均的なストレスの軽減を目的とするのではなく、村で最もストレスの大きいバリに着目し、そのバリのストレスを軽減することにより、村全体としてのストレスを軽減することを目的とする。このようなアプローチをとる1つの理由は、住民間の貧富・生活様式の差が非常に激しいバングラデシュのような国においては、正規分布を仮定することは現実的ではないと考えられるためである。すなわち平均的な個人の想定は現実と乖離した仮定であると考えられる。もう1つの理由は、安全な飲料水は、どのような人にとっても等しく必要不可欠であり、計画者として誰もが安全な飲料水に平等にアクセスできる環境の構築を目的とすることが最重要であると考えられるためである。本研究ではこのような住民の公平性を最も重視すべきであると考えている。住民の公平性をもたらす最も簡単な方法は、一番不幸な人の救済である（萩原，1990）。以上の2つの理由から、本章では最も水運びストレスの大きいバリに着目する。

さらに、本章においては、ストレス軽減のための整備の優先順位のみを考え、金銭的な制約を極力考えないこととする。これは、最初から金銭的な制約条件を考えると、解集合が小さくなり、試案が出来ず、バングラデシュの飲料水ヒ素汚染災害のような問題に対して計画として殆ど何も提案できないという結果になってしまいかねないからである。

以上のような考えのもとで、5.2においては、水運びストレスの2つの指標である肉体的ストレスと精神的ストレスを用いて水運びストレス軽減のための計画プロセスを示す。ここでは欲求度を考慮せず、

代替技術としても深井戸のみを考慮する。5.3においては、3章で構造化した欲求度を、2.7で示した各バリの特徴を考慮して各バリごとに設定する。5.4においては、欲求度と水運びストレスのモデルを用いることにより、各バリの住民の水利施設へのアクセス可能性を考慮した水運びストレス軽減のための計画プロセスを示す。5.5においては、5.4とは逆に、各バリから見た整備を目的とし、水運びストレスが最も小さいバリから順に整備を行う場合の計画プロセスを示す。

5.2 深井戸整備のプロセス

ここでは、水運びのストレスのみに着目し、深井戸を導入することによって、多段階的に全バリのストレスをゼロにすることを目的とする。2.8でも示したように、現地対象地域に導入可能な代替技術はいくつかあるが、ここで深井戸のみを考慮する理由は以下の2点である。

- ① 現在すでに深井戸が導入されており、住民にとっては最もなじみがある。
- ② メンテナンスがいらず、一端導入されれば、何も問題なく使用できる。

なお、導入した深井戸からは必ず安全な水が供給されると仮定する。

現実には赤井戸を飲料用として使用している住民は少なくないが、ここでは欲求度を考慮する5.4との比較のため、全ての住民は最も近接した深井戸（緑井戸）を利用していると仮定する。

深井戸導入の順番として、まず村で最も水運びストレスの大きいバリに着目する。ここで、導入する深井戸は全て公共のものであり、これらは付近の住民でシェアされるとする。各バリのストレスとは、式(17)(18)を用いて求めた値に各バリの世帯数をウェイトとして掛け合わせたものである。また、深井戸の選択は、精神的ストレスが最小となる深井戸が選択されるものとする。肉体的ストレスではなく、精神的ストレスを考慮する理由は、全てのバリにおいて、現在使用している、またはかつて使用していた深井戸は、5章の計量結果において精神的ストレスが最小となるものであったためである。

以上から、本節における深井戸導入の手順は以下のようになる。

- ① 肉体的ストレス、精神的ストレスが他のバリと比べ相対的に大きいバリから優先的に、そのバリ内の中心に順次深井戸を導入する。
- ② 新たな深井戸の配置に応じて、各バリの住民は精神的ストレスが最小となる深井戸を使用すると仮定する。

現在すでにある私用の深井戸は4つあるが、他のバリの住民は使用できないと考え、現在自分のバリ内に深井戸があるバリ及び私用の深井戸はここでは考慮しない。

なお、深井戸の導入場所には土地が必要であるため、道沿いには設置できないと考えることとする（現在道路沿いに1つの深井戸があるが、これもバガンバリの土地の角に作られている）。さらに、単純化のため、深井戸設置場所は各バリの中心のみとする。

Table2における現状の深井戸までのストレスの計量により、現状を表すストレスの順位として、Table3が得られる。

Table3より、明らかに、ケラニ・ダリバリとバンダル・プッシンにおけるストレスが大きいので、Step1として、この2つのバリにまず深井戸を新たに導入することを考える。

Step 1…ケラニ・ダリとバンダル・プッシンに深井戸を導入。

ここで、公共の深井戸が6つになり、全ての住民は精神的ストレスが最小となる深井戸にアクセスすると考える。この条件のもの、次の深井戸導入の対象となるバリは、同様に肉体的、精神的ストレス共に村で最大となるバリである。

Step 2 …ブイヤとムンシに深井戸を導入。

ここで、公共の深井戸が8つになり、以下同様の手順で深井戸導入を進める。

Step 3 …リブンミヤル、ブフンヤ、ガジに深井戸の導入。

Step 4…ボキルとブイヤ2に深井戸の導入。

Step 5 …メンバル、シェイク、カルクミヤルに深井戸の導入。

Step 6 …残り全てのバリに深井戸を導入する。

Step6において、全てのバリの人々は自分のバリ内にある深井戸を使用することとなり、全てのバリにおける水運びストレスはゼロとなる。

精神的ストレスの減少の累積グラフをFig.10に示す。（肉体的ストレスの減少の累積グラフも、精神的ストレスのものとほぼ同じであったため割愛する。）

肉体的ストレス、精神的ストレスともに、Step1において村全体としては急激に減少し、約50%が削減される。さらにStep2までで深井戸を4本導入することにより、村全体の80%近くが減少するといえる。それ以降のStepではStepごとの減少率は小さくなる。すなわち、村全体としてストレスを軽減するには、特にStep2まで優先的に整備を行う（深井戸4本の導入）ことが非常に有効であると考えられる。

Table 3 Order of Stress

Order	Physical Stress				Mental Stress			
	Bari	household	stress	total	Bari	household	stress	total
1	Kerani/Dari	18	29	522	Bandaru/Pussin	15	97	1455
2	Bandaru/Pussin	15	27	405	Kerani/Dari	18	62	1116
3	Buiya	8	22	176	Ripunmiyar	10	61	610
4	Munshi	6	28	168	Buiya	8	63	504
5	Ripinmiyar	10	12	120	Munshi	6	63	378
6	Buiya2	7	13	91	Karukumiyaru	5	53	265
7	Buhunya	6	10	60	Buiya2	7	37	259
8	Gaji	4	14	56	Sheiku	7	29	203
9	Karukumiyaru	5	11	55	Gaji	4	39	156
10	Pokiru	3	16	48	Buhunya	6	24	144
11	Menbaru	10	4	40	Pokiru	3	41	123
12	Mosque	2	5	10	Shekeru	3	24	72
13	Sheiku	7	1	7	Menbaru	10	7	70
14	Shekeru	3	2	6	Mosque	2	9	18
15	Member house	1	5	5	Member house	1	13	13
16	Bagan	3	1	3	Bagan	3	4	12

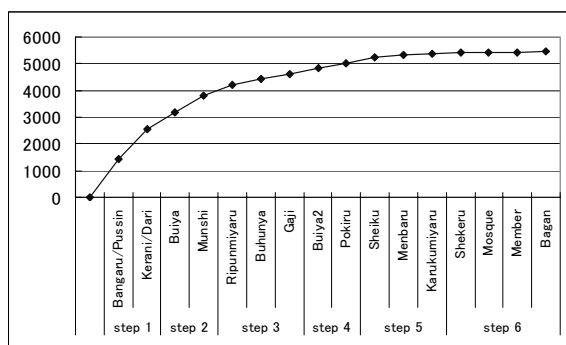


Fig. 10 Cumulative Reduction of Mental Stress

5.3 各バリの欲求度の設定

5.2においては、安全な飲料水に対する欲求度を考慮しなかったため、全ての住民が深井戸にアクセスするという仮定をおいたが、実際には、バリ内の赤井戸を飲料用として使用し、深井戸を利用していない住民も少なくない。ここでは、3.4において示した安全な飲料水に対する欲求度を具体的に各バリに設定することで、各バリの水利施設へのアクセス可能性を考慮する。

3.4において、欲求度と水運びのストレスの関連性から水利施設の利用が行われると考えた。ここで、4.3において、住民は精神的ストレスが最小となる深井戸を使用している、または使用したことがあるという結果が得られたため、ここでは水運びストレスを現在抱えている水運びの精神的ストレスであると

考えることとする。したがってこれ以降の分析では、まず各バリにおける安全な飲料水に対する欲求度を設定し、各バリの住民はその欲求度を越えない精神的ストレスまで水運びを我慢できると考える。

以上を踏まえて、具体的にバシヤイルボグにおける水運び行動を考察する。例えば、ケラニ・ダリとカルクミヤルに関して考える。ケラニ・ダリの住民の最寄りの深井戸(モスク前)までの精神的ストレスは62でありカルクミヤルは最寄りの深井戸(学校横)までのストレスは54であった。そして、カルクミヤルの住民は、現在自分のバリ内にある赤井戸を使用している。したがって、ケラニ・ダリの住民の欲求度は62より大きく、カルクミヤルバリの住民の欲求度は54未満であると考えられる。

次に、メンバーハウスの住民に関して考える。2005年9月の調査では、この住民は学校横の深井戸に水を汲みに行っていた(ヒアリング調査により乾期も雨季も深井戸に水を汲みに行っていた)。このときの精神的ストレスは14であった。しかし、2005年12月の調査によれば、その深井戸の使用をやめ、自分のバリ内にある赤井戸を使用していた。これは、今まで、自分の欲求度内にストレスはおさまっていたが、何らかのきっかけで、赤井戸を使用することになってしまったと考えられる。すなわち、学校横の深井戸への精神的ストレスと欲求度がほぼつりあっていたと考えられるだろう。

また、著者らのヒアリング調査を通して、従来自分の家の赤井戸を使用していたムンシの住民は学校横の深井戸にアクセスするようになった。その後3日間の観察でもその深井戸の使用を続けていた。これは著者らが訪れることにより、一時的に不安感が上昇し、結果として欲求度が上昇したためである。しかし、その後の12月の調査により、ムンシの住民は、元通り自分のバリの赤井戸を使用していた。すなわち、学校横の深井戸までの水運びのストレスはムンシの住民にとって大きすぎたと考えられる。

なお、赤井戸を飲料用として使用し続けているバリは、バンドル・プッシン、ムンシ、カルクミヤル、リブンミヤルであり、12月の調査で赤井戸を使用し始めたバリは、ポキル、シェイク、メンバーハウスである。

以上を踏まえ、安全な飲料水に対する欲求度を各バリに設定するために、安全な飲料水に対する欲求度と水運びの精神的ストレスの関係を以下のように仮定する。

- ① 深井戸を使用し続けているバリ
安全な飲料水に対する欲求度
> 現状の精神的ストレス
- ② 赤井戸を使用し続けているバリ
安全な飲料水に対する欲求度
< 最寄りの深井戸の精神的ストレス
- ③ 9月の調査では深井戸を使用していたが、12月の調査では赤井戸を使用していたバリ
安全な飲料水に対する欲求度 s
= 今まで使用していた深井戸の
精神的ストレス

この仮定と現状の水運び行動の観察結果から、現状の各バリの安全な飲料水に対する欲求度の範囲を設定することが出来る。

また、3.4において、安全な飲料水に対する欲求度はヒ素汚染に対する不安感や生活状況から規定されているとした。そこで、設定した欲求度の範囲と、各バリにおける不安感と生活状況のヒアリング調査をもとに、各バリの欲求度を4段階（高い・中位・低い・非常に低い）に設定することとする。ただし、ここでは私用井戸、または公共井戸でも自分のバリ内に井戸を持っているバリは、これ以上の改善が必要ないと考えられるため考慮しない。

こうして、2.7の現地調査結果と、さらに上記の①から③の仮定から、Table4のように欲求度を設定した。

Table4の現状の *desire based on the stress*（精神的ストレスを参考にした欲求度）とは、上記①から③の仮定により設定し、現状の使用井戸(9月と12月)とは、

Table 4 Desire of each Bari

Bari	desire based on the stress	place of the well	desire
Kerani/Dari	>62	mosque	high
Buhunya	>24	mosque	high
Bandaru/Pussin	<98	red	low ^{*)}
Gaji	>39	road	middle
Bagan	>5	road	low
Membaru	>8	road	high
Buiya	>63	road	high
Pokiru	42	road→red	middle
Munshi	<64	red	low
Mosque	>10	school	low
Member house	14	school→red	very low
Ripunmiyaru	<62	red	middle
Karukumiyaru	<54	red	very low
Sheiku	29	school→red	low
Buiya2	>38	school	middle
Shekeru	>25	road	low

*) バンドル・プッシンにおいて、一部の裕福な家族は欲求度が高いが、貧しい家族に合わせ、欲求度は低いと考える。

飲料用として使用されている井戸の情報を示している。

Table4において、現状の精神的ストレスを参考にした欲求度から、欲求度がすでに定量的に確定しているバリは、メンバーハウス（欲求度14：非常に低い）、シェイクバリ（欲求度29：低い）、ポキルバリ（欲求度42：中程度）である。この3つのバリの欲求度を参考に、さらに以下の仮定をおくことにより、欲求度の上限あるいは下限のみが分かっているバリの欲求度を定量的に設定することとする。

- ① 欲求度が非常に低いバリは水運びの精神的ストレスが15の水利施設までアクセスする。
- ② 欲求度が低いバリは水運びの精神的ストレスが30の水利施設までアクセスする。
- ③ 欲求度が中程度のバリは水運びの精神的ストレスが40の水利施設までアクセスする。

Fig.11では各バリに設定した欲求度によりアクセス可能なバリを矢印で示し、現存する深井戸へのアクセスを太矢印で示している。これらを全て示す理由は、今後各バリの中心に水利施設を設置すること

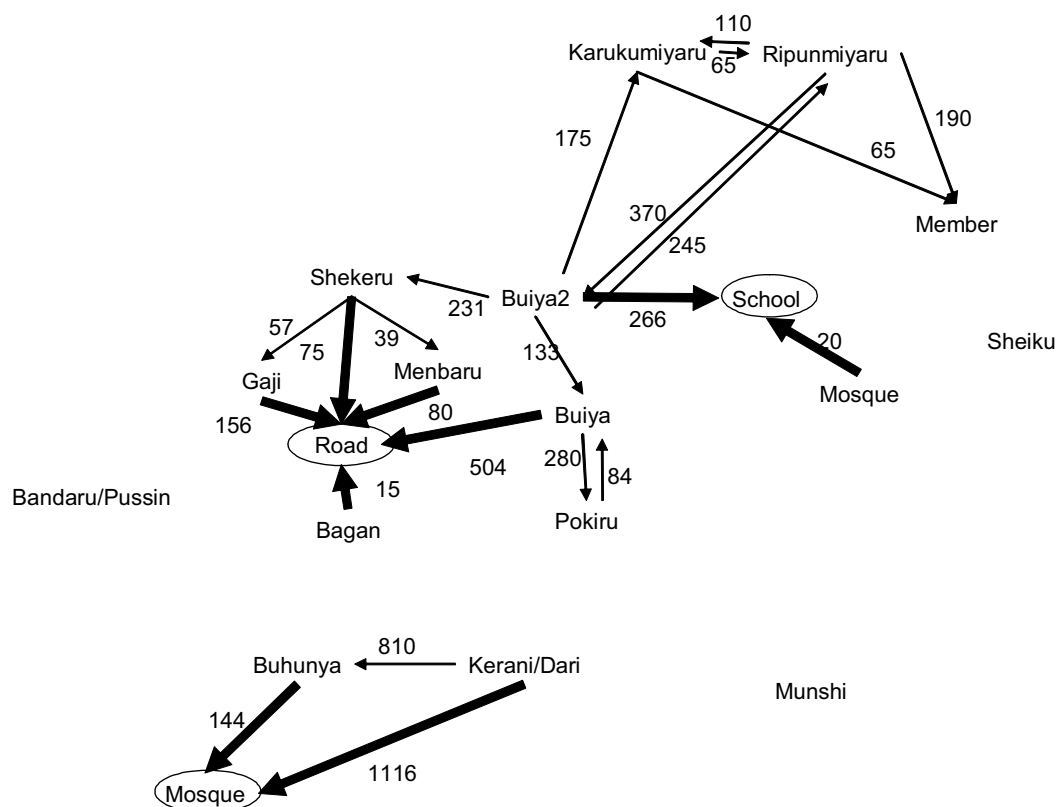


Fig. 11 Access Network based on Desire of safe water

を考えると、現状の深井戸に対するストレスよりも小さいストレスでアクセスできる場所は選択対象となりうると考えられるためである。なお、Fig.11の矢印上に示す数値は、世帯数をウェイトとして乗じた各バリ全体での精神的ストレスを表している。

5.4 欲求度を考慮した村全体から見た整備

ここでは、5.3で設定した欲求度によるアクセス可能性を考慮して、水運びのストレスを軽減するための方法を考える。5.2では深井戸のみを考えていたが、本節では、深井戸だけではなく、研究対象地域において導入可能であると考えうる代替技術を全て考慮する。考えうる代替技術とは、2.8で示したように、以下の通りである。ここでは2.8を参考にし、各技術の供給可能人数も想定する。

・ 深井戸

現状の深井戸を見ると、少なくとも50世帯以上をまかなうことが可能であると考えられる。深井戸とフィルター付きダグウェル（FDW）では、建設コストはほぼ同程度であるが、深井戸は掘っても安全な水が出るか分からず、またそもそも水が出るか分からないので、不確実性を考慮した場合の建設コストにおいては、FDWよりも高価であると考えられる。

・ フィルター付きダグウェル（FDW）

対象世帯数は30世帯程度までであるため、利用者が10世帯より多く、30世帯以下のときに利用可能であると考えることとする。

・ AIRP（Arsenic Iron Removal Plant）

1世帯から10世帯まで利用可能である。ヒ素の除去能力が90～95%程度であるため濃度を測定し、ヒ素除去後の濃度がバングラデシュ基準値以下である必要がある。本章では、ヒ素濃度測定までを含めることにより、オプションの1つとして考えることとする。

・ 雨水装置（RWH：Rain Water Harvesting）

1世帯のみが利用可能である。

これらの代替技術は、利用者の数に着目して選択することとする。すなわち、設置する水利施設に対してアクセスする利用世帯数（Fig.11により分かる）に応じて上記の技術を配置することを考える。なお5.2同様、水利施設はバリの中心にのみ設置可能であると考えられる。

次に、水利施設の配置手順を以下に示す。

- ① 現状の深井戸、または設置された水利施設までの世帯数を考慮した精神的ストレス・肉体的ストレスが大きいバリ数個に着目する。なお、この①の段階では欲求度は考慮しない。この理由は、欲求度と水運びのストレスは互いに独立であると仮定しており、欲求度が高くても、現状

の水運びにかかるストレスは変わらないと考えられるためである。

- ② 欲求度を考慮したネットワーク図 (Fig.11) を用いて、着目したバリ自身から他のバリへ矢印が出ているかどうかを確認する。
- ③ 矢印がでていなければ、着目したバリ自身に水利施設を整備する。矢印がでていれば、着目したバリのストレスを軽減するために、その着目したバリから矢印が出ているバリを全て抽出する。
- ④ 抽出した全てのバリにおいて、そのストレス (精神的・肉体的) の総和が最小となるような場所に水利施設を作る。
- ⑤ 新たなネットワークが出来、①に戻る。そして、全てのバリのストレスがゼロになるまで水利施設を配置する。

まずTable3より、明らかにケラニ・ダリバリと、バンドル・プッシンのストレスが突出して大きいことが分かる。そこで、まずケラニ・ダリとバンドル・プッシンに代替技術の導入を行う。

Step 1…ケラニ・ダリとバンドル・プッシンに代替技術の導入

これらのバリに整備しても、Fig11より他のバリからアクセスすることはなく、他のバリには影響を与えないことが分かる。このため、次に整備の対象となるバリは、Table3においてケラニ・ダリ、バンドル・プッシンを除いた上で最もストレスが大きいバリとなる。

ブイヤ、リブンミヤル、ムンシのストレスが大きいため、次にこれらのバリに代替技術の導入を行う。

Step 2…ブイヤ、リブンミヤル、ムンシに代替技術を導入する。

ムンシに代替技術を導入しても、Fig.11から他のバリに影響を与えないが、ブイヤは、ポキル、ブイヤ2に影響を与え、リブンミヤルは、カルクミヤル、ブイヤ2に影響を与える。そこで、これらのバリを抽出し、合計のストレスが最小となるバリに水利施設を導入する。

このとき、ブイヤ、リブンミヤルのストレスを軽減することを考えているから、新たな水利施設の候補位置として、ブイヤ、リブンミヤル、さらにブイヤ、リブンミヤルから矢印が出ているバリとなる。すなわち、ブイヤのストレスの軽減は、ブイヤ、ポキルに水利施設を導入することにより可能であり、リブンミヤルのストレスの軽減は、リブンミヤル、カルクミヤル、ブイヤ2、メンバーハウスに水利施設を導入することにより可能である。このとき、整備を行うバリとして8通り (2×4) の組み合わせが考え

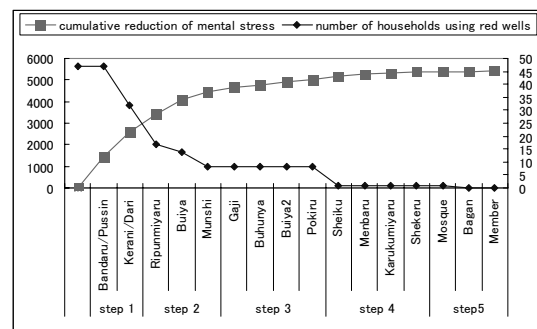


Fig. 12 Cumulative reduction of stress

られる。これらの組み合わせのなかから、Fig.11を参考にし、抽出したバリのストレスの総和が最小となるバリに代替技術を導入することを考えると、ブイヤとリブンミヤルになる。

ここで、水利施設の数是最初からある深井戸を含めて8個になる。以下Fig.11のアクセス可能性を参考にしながら、同様にストレスの最も大きいバリから順次代替技術の導入を進める。

Step 3…ブフンヤ、ガジ、ブイヤ2、ポキルに代替技術を導入する。

Step 4…メンバル、カルクミヤル、シェケル、シェイクに代替技術を導入する。

Step 5…残り全てのバリに水利施設を導入する。

以上の整備の過程における精神的ストレスの最大値と赤井戸使用世帯数の変化をFig.12に示す。(肉体的ストレスの減少の累積グラフも、精神的ストレスのものとほぼ同じであったため割愛する。) Fig.12より、5.2同様にStep2までの整備が非常に有効で、村全体のストレスの約80%が軽減されており、特に優先的な整備が必要であると考えられる。

各Stepにおいて、代替技術の供給能力と代替技術を使用する世帯数から考えて導入が適切であると考えられる代替技術の集合をFig.13に示す。Fig.13では、各Stepに対象となるバリとそのバリに水利施設を導入した場合に影響を受ける世帯数を示し、その世帯数に応じた代替技術を示している。点線で囲まれたバリは当該Stepで新たに対象地域として加わったバリである。

5.2と特に異なったところは、5.2ではStep2でブイヤに代替技術を導入したとき、リブンミヤルやカルクミヤルのストレスも減少すると考えたが、5.3で欲求度を設定し、アクセス可能性を考慮すると、リブンミヤルとカルクミヤルの住民はブイヤまでアクセスしないので、ストレスは変化しないこととなる。したがって、5.4ではStep2において、リブンミヤルにも水利施設を導入する必要が出てくることとなった。

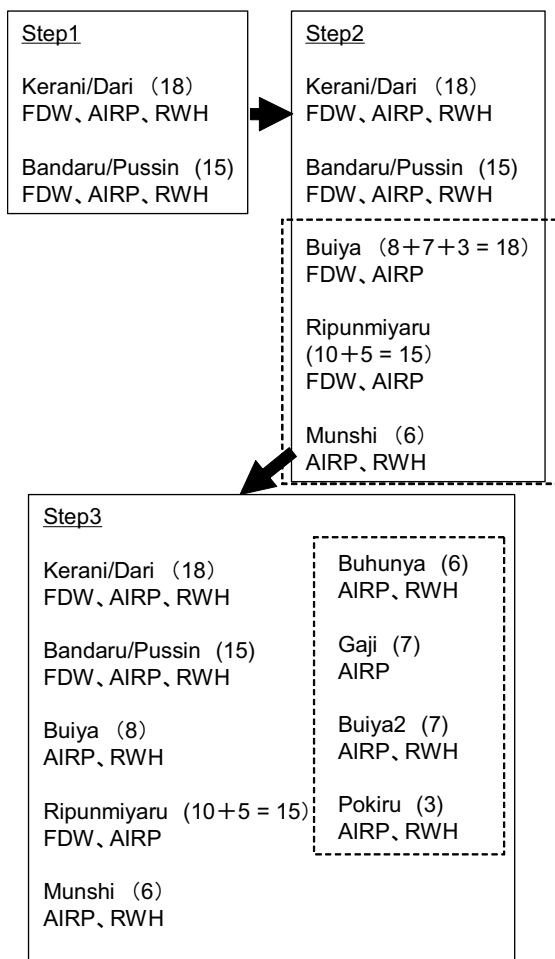


Fig. 13 Sutable Alternatives 1

5.5 欲求度を考慮した各バリから見た整備

5.4においては、欲求度を考慮した村全体から見た整備を示し、代替技術の導入としては特にStep2まで優先的に行う必要があると述べた。

ここでは視点を変え、各バリから見た整備を考えると、ストレスが改善されないバリがでてくる。こういったバリの住民は、Step1とStep2で対象となるバリの住民に比べると、水運びストレスが大きくはないため、村全体のストレスの軽減を考えた5.4のプロセスでは優先されない。しかしながら、今後村全体としてではなく、自助として、各バリで独自に代替技術の導入を検討する住民のために、各バリから見たストレスの改善方法を提示することは有用であると考えられる。

各バリから見た整備というのは、例えば、全てのバリを取り出し、全てのネットワークを考慮するといった方法が考えうるが、組み合わせが非常に多様で分析が煩雑になるため、ここでは、5.3と全く逆にストレスが小さいところから順に整備を行うことに

より、各バリから見た整備を考察することとする。

Step1 バガンバリ、メンバーハウス、モスクに代替技術を導入する。

メンバーハウスはカルクミヤルバリとリブンミヤルバリに影響を与える。ここで、赤井戸利用世帯数は16世帯減り、31世帯になる。

Step2 シェケルバリ、カルクミヤルバリ、メンバルバリに代替技術を導入する。

カルクミヤルバリはリブンミヤルバリ、ブイヤバリ2に影響を与える。

Step3 リブンミヤル、ポキル、ガジ、ブフンヤ、シェイク、ブイヤ2に代替技術を導入する。

ブフンヤはケラニ・ダリに影響を与え、ポキルはブイヤに影響を与える。ここで、赤井戸利用世帯数は、10世帯減り、21世帯になる。

Step4 ブイヤ、ムンシに代替技術を導入する。

ここで、赤井戸利用世帯数は6世帯減り、15世帯になる。

Step5 ケラニ・ダリ、パンダル・プッシンに水利施設を導入する。

赤井戸利用世帯数は、ゼロになる。

5.3同様に、各Stepに対象となるバリと、考えられる代替技術の集合をFig.14に示す。Fig.14を参考にすることにより、各バリの取りうる代替技術の集合が分かる。

5.6 考察とまとめ

5.1において、整備の方針として、水運びストレスが最も大きいバリに着目すること、さらに金銭的な制約は考えないこととした。このような考えのもと、5.2においては、ストレスのみに着目し、村全体から見た整備を行った。そして、5.3においては各バリの欲求度の設定を行い、5.4においては設定した欲求度を用いて各バリの水利施設に対するアクセス可能性を考慮し、村全体としてストレスを軽減する整備方法を示した。現在深井戸がありながら、赤井戸の水を飲む住民が少なくないこの村においては、欲求度により水利施設へのアクセス可能性の有無を考慮した計画の方がより現実的であると考えられる。さらに、5.5においては、各バリから見た整備方法を示した。

5.4では、現状の水運びのストレスが最も大きいバリから順に整備の対象とすべきであると考え、その整備の手順を示した。そして村全体としての効果を考えると、Step2まで優先的に整備を行うべきであると結論付けた。しかしながら、Step2までで整備を打ち切ることにより、現状の深井戸までのストレスはそれほど大きくないものの、ストレスが改善されな

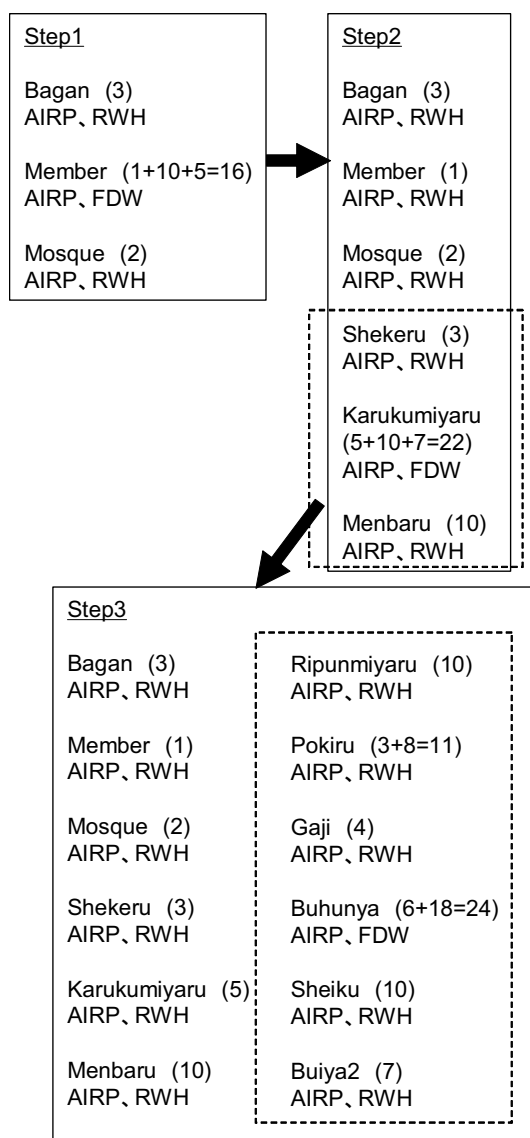


Fig. 14 Suitable Alternatives 2

いバリが出てくる。現実には、経済的・人的資源の制約があるため、これらのバリに代替技術を導入することによるストレスの軽減効果を考えても、現段階では整備の順番としては優先されないこととなる。しかし、自助という視点で各バリが独自に整備を行うことを考えれば、5.5で示したような代替技術の集合が考えうる。ただし、こういった住民はすでにそれほど大きくないストレスで安全な水を手に入れることが出来る環境にあるので、維持管理に手間のかかる代替技術の選択は行われたい可能性が高いとも考えられる。

しかしながら、Step2までで整備の対象とならず、また欲求度が低いために水利施設が近くにあっても行かない住民、例えば、メンバーハウスやシェイクのようなバリの住民に対しても対策を考える必要が

あるであろう。5.4で示した整備の手順においては、メンバーハウスやシェイクは最寄りの深井戸までアクセスするストレスが低いため、バリ内の赤井戸を飲料用として使用しているのにも関わらず、最後まで整備の対象とならず取り残されることとなる。さらに、5.5のような代替技術を提示しても、欲求度の低さを考えると、自ら代替技術を導入しようと積極的に動くことは考えにくいであろう。このようなバリに対しては、欲求度の上昇が本質的なヒ素汚染対策として重要であると考えられる。3章において欲求度とは生活安定感とヒ素への不安感から構成されると述べた。生活安定感を変化させることは困難であると考えられるが、ヒ素の不安感の上昇、すなわち、ヒ素の健康リスクの認知を徹底することは可能であろう。実際、著者のヒアリング調査中に、ムンシの住民が一時的にでも深井戸を利用するようになったが、これは著者らが訪れることにより、ヒ素の不安感が増したためであると考えられる。

住民のヒ素に関する健康リスク認知のため、現地ではテレビ・ラジオなどのメディアを通じた情報の普及、ヒ素汚染を説明した看板等の設置、フォークソングを用いた呼びかけ、現地NGOによるフォーカスグループディスカッション（バリ単位程度の住民を集めて話し合うこと）、ワークショップの開催などが行われている。このような包括的なヒ素の健康リスク認知のための活動に加え、本研究で示した分析結果を活用して特定の世帯に関しては集中的なヒ素の健康リスク認知を徹底することで、ヒ素汚染災害の軽減をより迅速に進められるものと考えられる。

なお、現地NGOにより行われているヒ素汚染リスク認知の活動として、たとえば次のような例がある。著者が関わった現地NGOは、ガバの葉を使ったリスクの認知を行っていた。ガバの葉は村のいたるところに生息し、ガバの葉を鉄分の多く含んだ水につけてこすると、水が黒くなる。鉄分に反応するだけで必ずしもヒ素とは関連しないが、ヒ素に汚染されている水は比較的鉄分を多く含むということを利用して身近にヒ素汚染があることを呼びかけるのである。ヒ素汚染の判断基準にはならないが、村のどこにでもあるガバの葉を使うことによって住民の関心を促すことを目的としていた。

5.4に関して、Step2まで代替技術を導入することが効果的であると示したが、やはり各地で放棄されている代替技術を考えて、ただ単に装置を置いていくということだけでは不十分であろう。ケラニ・ダリのような安全な飲料水に対する欲求度が高いバリに対しては、自ら維持管理を行い、継続的に利用し続けることを期待できるが、ムンシのように欲求度

が低く、現在も赤井戸を飲料用として使用し続けているバリでは、代替技術が放置される可能性が高いと考えられる。このようなバリには、現地NGOやボランティアが関わって管理を行ったり、村で装置の維持管理者を選出したりすることが考えうるが、このような具体的な管理のシステムの提案は今後の課題であると考えている。

5.4の分析では、上述したような現在現地で行われている住民全体に対するヒ素汚染対策の啓発のみでは限界があることを示しているともいえる。5.4で示した計画プロセスを考えることで、ハード的な対策の対象となるバリとその優先順位、また、ソフト的な対策の対象となるバリを示すことができたものと考えている。

6 おわりに

先行研究により、ヒ素汚染問題のために安全な水源が少なく、多くの住民が安全な水を得るために水運びの負担を強いられており、それが住民生活にとって特に大きな問題であることが分かった。そして、このことがヒ素汚染災害を増長させる原因のひとつになっていると考えられる。そこで本研究では、水運びの負担に着目したヒ素汚染問題軽減のための計画プロセスを示すことを目的とし、現地調査を再度行った。

本研究においては、まず安全な飲料水に対する欲求度と水運びストレス（肉体的・精神的）をモデル化した。次に欲求度を導入することにより、住民の水利施設へのアクセス可能性を考慮でき、水利施設へのアクセスのネットワークとして、誰がどこにアクセス可能であるかを表現した。そして、水運びストレスのモデルを現地に適用することで、住民の水運びの負担を評価した。さらに、これらを総合的に踏まえヒ素汚染被害軽減のため、水運びのストレス軽減の計画プロセスを示した。

本研究では村社会での階層構造や村内での閉鎖的コミュニティには触れなかったが、実際にはこれらの存在は否定できず、今後技術が長期的に使用されるための維持管理システムの構築、また計画の実行可能性等を考えるにあたって、これらの社会的関係性のより綿密な調査が必要になると考えられる。

また現地ではヒ素汚染の他に衛生の問題（神谷ら、2004）（日本下水文化研究会、2005）も大きな問題である。衛生的なトイレが現地に普及していないためにヒ素汚染対策としての表流水の利用が限られることを考えると、ヒ素汚染問題と衛生の問題は深く関連しており、今後この2つを総合的に考えていくこ

とも、現地の住民の生活改善のために重要であると考えられる。

謝辞

本研究における現地調査の機会を頂いたとともに、全面的にご協力下さった日本下水文化研究会の酒井彰教授（流通科学大学）、高橋邦夫博士、保坂公人氏（五十音設計株式会社）、Md.Tofayel Ahmed氏、また、Md. Azahar Ali Pramanil氏をはじめとするSPACEのスタッフの皆様がこの場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- 飯田恭敬・岡田憲夫：土木計画システム分析－現象分析編－，森北出版，1992.
- 大橋正明・村山真弓：バングラデシュを知るための60章，明石書店，2003.
- 岡部篤行・鈴木敦夫：最適配置の数理，朝倉書店，1992.
- 神谷大介・酒井彰・山村尊房・畑山満則・福島陽介・萩原清子・萩原良巳：バングラデシュ都市住民の衛生改善意識と適正技術導入の要件，環境システム研究論文集Vol.32，pp157-164，2004.
- 川喜多二郎：発想法，中公新書，1966.
- 酒井彰・山村尊房・高橋邦夫・萩原良巳・福島陽介：バングラデシュにおける水と衛生をとりまく課題認識と協力支援，ディスカッションペーパー，2006.
- 谷正和：村の暮らしと砒素汚染－バングラデシュの農村から－，九州大学出版，2005.
- 豊田秀樹：共分散構造分析－構造方程式モデリング－[入門編]，朝倉書店，1998.
- 日本下水文化研究会：バングラデシュ農村地域における衛生改善のための普及啓発活動報告書，2005.
- 萩原清子編著：環境の評価と意思決定，東京都立大学出版会，2004.
- 萩原良巳：環境解析学，東京都立大学大学院講義ノート，1990.
- 萩原良巳・萩原清子・Bilqis Amin Hoque・山村尊房・畑山満則・坂本麻衣子・宮城島一彦：バングラデシュにおける災害問題の実態と自然・社会特性との関連分析，京都大学防災研究所年報，第46号B，pp15-30，2003.
- 萩原良巳・萩原清子・酒井彰・山村尊房・畑山満則・神谷大介・坂本麻衣子・福島陽介：バングラデシュにおける飲料水ヒ素汚染に関する社会環境調査，京都大学防災研究年報，第47号B，pp15-34，2004.

萩原良巳・坂本麻衣子・福島陽介・萩原清子・酒井彰・山村尊房・畑山満則：バングラデシュにおける飲料水ヒ素汚染災害に関する社会環境分析，地域学研究，Vol.36，2006。（掲載確定）

福島陽介・萩原良巳・畑山満則・萩原清子・酒井彰・神谷大介・山村尊房：バングラデシュにおける飲料水ヒ素汚染に関する社会調査とその分析，環境システム研究論文集Vol.32，pp21-28，2004.

森忠次：測量学1-基礎編-改訂版，丸善株式会社，2001
D.G.Kinniburgh and P.L.Smedly：Arsenic Contamination of Groundwater in Bangladesh Vol2:Final Report，pp3-16，2000.

Fukushima Y., Hagihara Y, Hagihara K., Sakamoto M. and Yamamura S.：Social Environmental Analysis Regarding Arsenic Contaminated Drinking Water in Bangladesh，19th Pacific Regional Science Conference，2005.

Government of The People's Republic of Bangladesh：National Policy for Arsenic Mitigation 2004 and Implementation Plan for Arsenic Mitigation in Bangladesh，2004.

Hossian M.：British Geological Survey Technical Report，Graphosman World Atlas，Graphosman，1996.

National Arsenic Mitigation Information Center：Bangladesh Arsenic Mitigation Water Supply Project，DATA BOOK Vol2，2003.

UNICEF and JICA：Practical Approach for Efficient Safe Water Option，2005.

Welch，A.H. and Stollenwerk，K.G.：Arsenic in Ground Water Geochemistry and Occurrence，Kluwer Academic Publishers，2003.

付録

付表1 代替技術の比較表

代替技術	初期設置条件	設置時に 調査すべきこと	建設費 TK	維持管理 と費用	水量 不確実性	対象	ヒ素リスク (注1)	水質 (注2)	匂い 味	中央政府の方針
深井戸 約150m	ヒ素でるかどうかが不明 水が出るか不明	水が出るかどうか ヒ素がでないかどうか (調査費用は莫大)	45000	なし	なし 年中水が供給可能	40～ 80家族 個人～地域	あり	中	中	深層水の保護 地下滞水層の挙動が不明 準優先
雨水装置 (家庭ベース)	雨水を確保する 屋根がある	雨水の安全性	4000～ 7000	乾期は少しずつ利用 乾期の最後に洗う	乾期の最後は 水がなくなる	1家族 個人	なし	良	良	雨季だけでも安全な水を飲める 地下水塩分高い地域で効果的 個人ベースなので個人で
雨水装置 (コミュニティ ベース)	雨水を確保する 屋根がある	雨水の安全性	25000	出資者・非出資者の バランス 水量が限られており 平等性確保が難しい 乾期の最後に洗う	乾期の最後は 水がなくなる	5家族 数世帯	なし	良 個人ベース よりやや劣る	良	雨季だけでも安全な水を飲める 塩害地域で効果的 個人ベースなので個人で
AIRP付き チューブウェル	85～95%の除去能力 除去限界濃度あり 乾期は濃度上昇	原水のヒ素濃度が低い 乾期に水が枯れないか 現場で濃度測定 40TK 研究所で濃度測定 300TK	1000～ 8000	充填物の廃棄 年間200TK程度？ 管理・金の収集	乾期に干上がる 可能性	1～ 10世帯程度 個人～地域	あり	中～悪	中～ 良	除去能力に関して要研究 適切な試験されたもののみ許可 充填物の廃棄に関して要研究 民間による開発・普及へ期待
ダグウェル		水が出るかどうか ヒ素がでないかどうか 乾期に水が枯れないか (調査費用は少し)	10000～ 35000	なし	乾期に干上がる 可能性	10～ 30世帯 個人～地域	あり	悪	悪	優先
ダグウェル (フィルター付)		水が出るかどうか ヒ素がでないかどうか 乾期に水が枯れないか (調査費用は少し)	50000程度	3ヶ月に1回程度 汚れた上面を除く 住民参加必要性大 管理・金の収集	乾期に干上がる 可能性	10～ 30世帯 地域	あり(小)	良	悪～ 良	優先
ポンドサンド フィルター	飲料専用の池の提供 洗濯沐浴禁止 漁業禁止 年中池に水があるか		25000～ 120000	管理・金の収集 住民参加必要性大 汚れた上面を除く 重力層の掃除 (毎朝塩素投入) 年間500～1000TK？	乾期に干上がる 可能性	40～ 120世帯 地域	なし	良 汚染される リスク高	悪～ 良	優先
水道システム	原水をそのまま配水 または 浄化して配水		375000～ 1850000	管理・金の収集 管理人必要 住民参加必要性大 維持管理難		150～ 250世帯 それ以上 村全体				将来的には浄化した表流水を 利用したシステムを普及させる

注1) ヒ素リスクとは、将来的にヒ素によって汚染されるリスクを示す。

注2) 水質とは、大腸菌・マンガン・鉄・濁度・塩分・アンモニウム・全容含有濃度の基準の達成度表している。

付表2 アゼンブルでのインタビュー回答の単純集計結果

観測変数	カテゴリー	回答 (人)	観測変数	カテゴリー	回答 (人)
自分の井戸に色	付いている	83	自分以外の 問題を考える	よく考える	47
	付いていない	25		めったに考えない	21
ヒ素の有害性	良く知っている	89		で考える余裕がない	42
	聞いたことはある	17	水運びにかかる 時間	かなりかかる	42
	全く知らない	3		少しかかる	38
自分や子供の将来の健康	非常に不安がある	83		全くかからない	30
	少し不安がある	20	水汲み場への アクセス	簡単	59
	問題ない	6		どちらともいえない	11
識字	可能	49		しにくい	40
	不可能	60	水量満足	満足	65
薬	手に入りやすい	68		どちらともいえない	21
	どちらともいえない	5		不満	24
	困難	37	代替技術 について	よく知っている	29
→困難である理由 (複数回答可)	金銭的余裕がない	31		少し知っている	18
	薬屋まで遠い	14		知らない	62
病院	良くいく	58	ヒ素問題に 対する代替技術	強く導入して欲しいと望む	35
	ひどい病気のときだけ	50		どちらかという望む	66
	行けない	2		必要ない	9
→行けない理由 (複数回答可)	金銭的余裕がない	1	安全な水を得る ことへの負担	強く負担したい	36
	病院まで遠い	1		負担したい	44
				負担したくない	19

Disaster Mitigation for Arsenic Contaminated Drinking Water in Bangladesh

Yoshimi HAGIHARA, Michinori HATAYAMA,
Maiko SAKAMOTO* and Yosuke FUKUSHIMA**

* Center for Northeast Asia Studies, Tohoku University

** Ministry of Land, Infrastructure and Transport

Synopsis

In Bangladesh there are many disasters, such as floods, droughts, and hurricanes; moreover in recent years, arsenic contaminated drinking water has become one of their major problems. Long term effects of drinking arsenic contaminated water include illness, possible cancer, and in the worst case, death. Because of the economic problem in Bangladesh, the effective prevention of arsenic contamination can not be conducted. From our previous study which includes the survey and analysis, the burden of carrying drinking water is one of the most serious issues for local people. In this study, based on the recognition from the previous study, the social investigation in a village is carried out again, and the models related their burdens of carrying water are suggested.

Keywords: arsenic contaminated drinking water, psychological analysis model for selection behavior of water resources, acceptability of alternatives