

### (3) 栄養状態・収入レベルと Arsenicosis 症例との相関

WHO の文献<sup>5)</sup>レビューから Arsenicosis を発症した初期患者(癌化した末期患者を除く)にはアスコルビン酸投与等による栄養改善による治療が効果的であるとしている。一方、Arsenicosis 発症は砒素の低濃度の長期暴露(10 年程度)であるがその発症機序は栄養状態等多くのファクターがあると考えられ、一概に特定できない。この点に関し米国の NGO (RDI-C; Resource Development International, Cambodia)による文献に Arsenicosis に関する定性的な現地観測報告<sup>6)</sup>があり、以下としている。

- ・ 食物摂取習慣(野菜果物等)が良いほど、皮膚疾患等目視できる Arsenicosis 症例数が少ない
- ・ 農作物に殺虫剤を多用している農家ほど米を除き野菜等の摂取が少ない
- ・ 家屋の素材等が良い世帯ほど皮膚疾患等目視できる Arsenicosis 症例数が少ない

この定性的観測結果は、技術的アプローチのみならず医療等からのアプローチを組み合わせ、飲料水砒素汚染による慢性中毒対応策を総合的に検討する際に参考できるものであり、新たな Arsenicosis 発生予測をする際のパラメータとして、また Arsenicosis 発生抑制の栄養・医療面からの介入アプローチの一つとして検討すべき点であると考えられる。

### 4. 地下水砒素による影響予測に関する考察

地下水砒素汚染による健康障害に対し、「バ」国において国家政策整備やドナー等による介入の開始は、健康被害が確認されてから 10 年が経過した後であった<sup>1)2)</sup>。一方、「カ」国では砒素地下水汚染や健康被害が確認されたもののその広がりや規模等は現時点で明確でなく、「バ」国での砒素対応の経験(IEC、井戸のペイント等)を活用しているが、積極的な介入(支援)事業の実施は見当たらない<sup>1)2)</sup>。

「カ」国におけるこの現状は、単に開発課題の優先度のみならず、地下水砒素による健康障害に内在する特質によるところが大きい。即ち、生物汚染による下痢疾患等とは違い砒素問題は直接課題(砒素汚染、慢性砒素患者)として直ちに特定できず、原因発生(地下水汚染水の飲用開始)から健康障害の発生まで約 10 年の時間的なずれがあり、砒素汚染が発見されても健康障害の症例数が現時点では特定できない点である。この内在する特質により影響人口や経済的影響が判明するは 10 年以上の将来となる。また、仮に有効な介入があったとして、その結果として砒素中毒発生が抑えられてしまうため介入効果の定量的評価が難しい。このため地下水砒素問題に対する介入は事業として検討され難いという結果となっていると考えられる。

なお、予測に関し、D. Fredricks<sup>7)</sup>は 2006 年に、直接影響住民(Directory Affected Population)として、「砒素に汚染された井戸水を飲用しており、安全な代替水源を探す必要がある住民(AP)」と定義付け、リスク地帯(地下水砒素汚染高リスク各 7 州)の井戸総数(TW)、砒素汚染井戸の割合(PC)、各井戸利用世帯平均(FW)及び世帯平均人数(FS)を変数とし、各変数の積( $TW \times PC \times FW \times FS$ )を、AP(直接影響住民数)としている。この結果、AP を 32.5 万人と予測している。しかし、砒素暴露住民(Arsenic Exposed Population)に関しては、「無意識に砒素汚染地下水(汚染井戸、未検査井戸)を飲んでいる人口規模及び、これら井戸を継続して利用している人口規模、これらの推定値が必要としている。また、これらを推定する調査結果等がない」、としている。さらに、「慢性砒素中毒発生率の予測は、地下水の砒素が高濃度にも関わらず「カ」国ではかなり困難として、明確な臨床的証拠は発見できなかった。」とした。その要因を、「暴露期間が短い。年間を通じて幾つかの水源を利用している。」と指摘している。なお、これら要因は、本稿 3. の(2)で記した本研究による現地調査結果と一致している。

以上から、直接影響と介入による裨益効果を定量化するためには、「バ」国での経験で得られた結果から、井戸掘削毎( $W_N$ )の下痢疾患等の低減効果と砒素慢性患者数( $A_N$ )を、「カ」国の社会経済背景を考慮しつつ井戸毎の  $A_N$  発生原単位( $A_{NU}$ )を決定することで予測する。即ち、「カ」国の現状把握で本研究が明らかにした検討すべき幾つかの以下のパラメータを定量化し差し引く必要がある。

- i. 地下水の砒素濃度 ( $A_{CO}$ )
- ii. 雨水を飲む習慣による通年の地下水砒素暴露のない飲用量( $D_W$ )
- iii. 食習慣や栄養状態 ( $N$ )
- iv. IEC 等衛生教育の成果( $I$ )
- v. 医療からのアプローチ( $M$ )

以上から、慢性砒素患者発生数予測  $A_N$  は以下の式で表すことができる。

$$A_N = \alpha \cdot A_{NU} \cdot W_N - f(A_{CO}, D_W, N, I, M)$$

$\alpha$ : 経済社会発展段階による定数(国、地域毎)  
 $f$ : 考慮すべきファクターのパラメータ関数

また、介入により将来の医療費( $E_{Med}$ )、教育費( $E_{Edu}$ )や労働力( $L$ )など失われなくて済む開発効果をシミュレーションし地下水砒素問題に対する介入のアプローチを検討・提案する必要がある。即ち、介入(支援)による効果による慢性砒素患者低減( $A_{NR}$ )は、以下の式となる。

$$A_{NR} = A_N - f(E_{Med}, E_{Edu}, L)$$

本研究で地下水砒素汚染問題が持つ潜在的な特質からこうした将来予測をするアプローチを取ることが必要であると考察される。このアプローチを「仮説検証型介入手法」と仮称する。

## 5. 仮説検証型介入アプローチによる持続性の担保に対する考察(まとめとして)

仮説検証型介入アプローチの場合、予測の精度により、事業の担保性が議論となる。このため、村落部において、適正技術による砒素除去装置(「バ」国におけるAIRP<sup>1</sup>、「カ」国におけるカンチャンフィルター<sup>2</sup>)を導入し、安全な飲料水を確保する場合、その技術的妥当性(砒素除去率等)は本研究メンバーにより検証している。次はこうした適正技術を導入することが本アプローチとして妥当と判断された場合、その装置導入、建設、運転維持管理等における費用負担と技術的支援方法を解決する必要がある。この場合、政府やドナーのこれまで採っていたリボリピングファンドやBOT(建設、運転、移転)等の民間参入によるアプローチは一定の効果はあるものの、当初の予定通りでないケースが「カ」国で散見された。

このため本アプローチを取る場合、村落民の「内発的発展」を視野に入れた、介入事業の設計が求められる。具体的には、地場の民間企業の技術や村落民の持つポテンシャルを拡大する方法として、世銀等が近年導入している官民連携に基づくOBA(Output Based Aid)スキームを取り入れ、例えば資金援助をする場合に、先に補助金や援助資金等を投入するのではなく、ある一定の成果を果せた後に、投入資金が回収できるとした仕組みが有効であると考察される。このためには、介入事業計画の段階から住民の参加が必要であり、また初期コストや運転維持管理コストについても住民が負担できるよう、IEC等の活動が求められる。この点に関し、2010年2月に実施したヒアリング調査で、金融に関する質問に対し16世帯の内12世帯(75%)が既にローン等の借入金があり、その金額はUS\$200~US\$10,000、返済期間は10~24カ月とした多様な実態を確認でき、既に車や住居等を購入する目的で金融を利用していることが分かった。今後は、公共性の強い安全な水供給をする場合、緩やかな(据え置期間、担保、金利の設定等)金融制度等の導入を検討し、住民の金融リタレシーを高めることで、さらに内発的発展を促進し、村落部の社会基盤整備に資する新たなアプローチを検討したい。

## 6. 謝辞

本研究は各研究メンバーが「バ」国、「カ」国で実施した現地調査等の結果を纏めたものです。特に「カ」国における2009年3月の現地調査は国際厚生事業団の「平成20年度水道プロジェクト計画作成指導事業」で、2010年と2011年の現地調査は厚生労働省科学研究費地球規模保健課題推進研究事業「水供給分野の国際協力における総合援助手法に関する研究」の資金を用いて行われたものであり、同事業団ならびに厚生労働省、また、「カ」国MRDを初めAISC関係省、JICA、UnicefとWHOの各カンボジア事務所、及びRDIの各担当者に対してこの場を借りて御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) カンボジア王国村落部地下水砒素汚染対策調査-官民連携も視野に入れて- 報告書 平成21年3月 国際厚生事業団 2009
- 2) 五十嵐堅治、Ros Sophak、北脇秀敏 カンボジア国村落部における地下水砒素汚染に関する研究 - 援助機関による介入の変遷と砒素慢性疾患(Arsenicosis)症例について - 国際開発学会 第20回全国大会論文集 pp.364-367, 2009
- 3) 眞子岳、五十嵐堅治、北脇秀敏 バングラデシュ国とカンボジア国における地下水ヒ素汚染の現状と対策における比較研究 国際開発学会 第21回全国大会論文集 pp.357-360, 2010
- 4) 眞子岳、五十嵐堅治、北脇秀敏、バングラデシュ国及びカンボジア国の地下水砒素汚染地域における安全な水供給技術の普及手法に関する研究 国際開発学会 第12回春季大会報告論文集 pp.41-44, 2011
- 5) Allan H. Smith, Elena O. Lingas & Mahfuzar Rahman, Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency Bulletin of the World Health Organization 78 (9), WHO, pp.1093-1103, 2000
- 6) Arsenicosis in Cambodia: Case Studies and policy response, M.L.Sampson *et al.*, Applied Geochemistry, pp.2977-2986, 2008
- 7) Dr. David Fredericks, "Arsenic Contamination of Groundwater in Cambodia Situation and Response Analysis (Draft)" A Report prepared for the Arsenic Inter-Ministerial Sub-Committee, Supported by Unicef, WHO and WSP Phnom Penh, Cambodia, 2006

<sup>1</sup> AIRP(Arsenic and Iron Removal Plant) 砒素鉄除去装置(バングラデシュで実証されている簡易な装置)

<sup>2</sup> カンチャンフィルター: マサチューセッツ工科大学(MIT)で開発され、砂利や鉄釘といった簡単な濾材を用いた簡易砒素除去装置。安価で一般家庭でも利用できる適正技術(ネパール、カンボジア等で実証されている)

