

バングラデシュの地下水砒素汚染対策と安全な水供給のための代替水源技術

バングラデシュでは、主要な飲料水源である地下水の約 3 割が天然の砒素で汚染されており、砒素中毒が蔓延している。ところが、政府等による砒素対策や給水プロジェクトは適切なものとはいえず、住民による給水施設の維持管理のあり方も問題となっている。現地の状況に見合った、持続可能な砒素対策・安全な水供給システムが求められており、ここでは、アジア砒素ネットワークが開発し、普及をはかっている 6 種類の代替水源技術について紹介する。

開発の経緯

宮崎県の旧土呂久鉦山、旧松尾鉦山周辺で慢性砒素中毒に苦しむ方々の支援活動の積み重ねのもとに、その経験や人脈をアジアの砒素汚染対策に生かそうと、1994 年にアジア砒素ネットワーク(AAN)が設立された。90 年代後半のバングラデシュにおける応用地質研究会との共同調査をふまえ、2001 年から、汚染状況の把握、住民への啓発、地域住民の参加促進、安全な水の供給、患者の健康管理等に総合的に取り組む中で、6 種類の代替水源技術を開発し、普及をはかっている。

技術内容

活動は、対象地域の飲料水の砒素汚染調査から始まるが、その調査に当たっては、廣中博見氏の開発した、簡易砒素分析器(フィールドキット)が用いられている。砒素を還元した上で砒化水素として揮発させ、臭化水銀をしみこませたろ紙の呈色を目視することにより、概略の濃度を把握するものである。地元の保健所職員等でも実施でき、その後も改良が重ねられているという。

一般に、砒素に汚染されているのは、深さ 20~80m から取水する浅井戸の水である。このため、砒素汚染を避けるためには、より深い帯水層から取水するか、より浅い層や表層水から取水するか、汚染されている水から砒素を除去するかの選択となる。鉄濃度が高い場合は、鉄の除去も行う必要がある。このような状況から、AAN では、以下の 6 種類の技術を開発し、それぞれの現場の状況と住民の意向にもとづき選択的に適用している。

<6 種類の代替水源>

① 深井戸 (DTW) :

砒素で汚染されていない深さ 200 メートル付近の帯水層から取水。井戸のチューブ壁を伝って、より浅い層に存在する砒素が、取水している帯水層の水を汚染する場合があります。掘削時にセメントで遮水する対策がとられている。また、乾季に地下水の水位が下がり、汲み上げが困難になる問題の対策として、フットバルブの位置を地中深くに設置する対策も行われている。

② ポンド・サンド・フィルター (PSF) :

池などの表層水を手押しポンプで汲み上げて、砂利と砂のフィルターでろ過。砂利で懸濁物質を取り除き、砂の表面に形成される微生物膜で生物処理するものであるが、水流が間歇的であるため、生物膜が十分に形成されず、塩素滅菌による補完的処理がはかられている。

③ ダグウエル・サンド・フィルター (DSF) :

地表から 5~10 メートルの深さの水を汲み上げる掘り井戸 (ダグウエル)。異物の混入を防ぐためネットで覆い、また、地下水汚染の懸念から、手押しポンプでくみ上げた水を、砂利と砂層によるろ過、ならびに塩素滅菌で処理している。

④ 砒素鉄除去装置 (AIRP) :

砒素の含まれる井戸水から砒素を除去して安全な水にする装置。砒素とともに鉄も除去される。穴の開いたトレーからの滴下や、槽壁上のチャンネル流下等によりエアレーション効果を得、鉄を酸化して析出させ、析出物に、同じく酸化された砒素を吸着させる。そして、砒素を吸着した鉄の析出物を砂利槽と砂層で沈殿物として除去する。80~90%の砒素除去率が得られ、砒素濃度 0.2mg/L 以下で鉄/砒素比 20 以上^(※)の水を、同 0.04mg/L 以下にすることができる(バングラデシュの砒素濃度の基準は 0.05mg/L 以下)。より高濃度の砒素を含む場合も、鉄タンクと砂利タンクを追加的に挿入することによって、安全な濃度にまで除去する装置の開発も行われている。なお、沈殿物の抜出や、砂利/砂層の洗浄の保守作業を、定期的に行う必要がある。沈殿物は、そのままでも除去した砒素の約 90%を保持し、酸化雰囲気のない穴に廃棄できるが、2%または 10%のセメントを混合して固化すると、砒素の保持率をそれぞれ 95%、97%にまで高めることができる。

(※)リン濃度 1.0mg/L 以下の場合。リン濃度 1.0~3.0mg/l の場合は、鉄/砒素比 30 以上

⑤ 鉄除去装置 (IRP) :

砒素の濃度は基準値以下であるものの、鉄の濃度が高く飲料に適さない場合、鉄を除去する装置。エアレーションタンク、砂利層、砂層を垂直に配置し、エアレーションタンクで酸化され酸化・水酸化物として析出した鉄を、砂利、砂をそれぞれ充填したタンクで沈殿物として除去する。④と同様の保守作業が必要となる。

⑥ 生物浄化法による地域下水道:

湖水等の原水を汲み上げ、砂利槽と砂槽を通して浄化した後、住民に供給する。砂利と砂の槽に光を取り込んで、浄化に寄与する藻類等を繁殖しやすくさせている点、連続的な流れを保持し、生物膜が形成されやすくしている点で、②のポンド・サンド・フィルターと異なる。



①深井戸



②ポンド・サンド・フィルター(PSF)



③ダグウェル・サンド・フィルター



④砒素鉄除去装置(AIRP)



⑤鉄除去装置(IRP)



⑥生物浄化法による地域水道

写真: AAN ホームページより

実績

2001年～2004年のシャシャ郡移動砒素センター事業では計63基の、2005年～2008年の持続的砒素汚染対策プロジェクトでは151基の代替水源が建設された。ただ、その後の調査で、これら計214基のうち109基が利用されていないことがわかり、水源モニターを雇用して支援したところ、利用されていない水源は66基に減少した。2011年～2015年の「地方行政による飲料水サービス支援事業」では、23本の深井戸(うち、3本は鉄除去装置付)と21基の砒素鉄除去装置を設置し、222基の既存水源を補修しつつ、水源の持続的運用のために水監視員制度を創設し、普及をはかっている。また、2013年には、バングラデシュのジョソール県に、AANの経験や技術を広くアジアの砒素汚染地域に伝えていく拠点として、「砒素センター」が開設された。

感想

6種類の代替水源の確保により、日本のNPOとしてアジアの環境汚染対策に取り組んだ事例で

ある。アジア砒素ネットワークの調査では、使用者である住民の参加がほとんどない場合、施設維持率は55%と低く、施設維持管理には住民の参加が不可欠である。(小木)

日本における砒素鉍患者の支援運動を母体として、その経験や人脈が、バングラデシュをはじめとする広大なアジア地域の砒素汚染対策の活動に広がっていったのは見事である。砒素汚染の調査や、代替水源開発を行うに当たり、地元の住民が自ら制御し、実施できるような技術を生み出すくふうがなされている。日本側は砒素ばかりに注意を向けがちなところ、住民が求めているのは「健康によくおいしい水」である、という気づきがあったことは興味深かった。表層水や浅い井戸の有機物汚染に関しては、汚濁源となっている排水の処理を行うのも検討に値するのではないだろうか。(田中)

(参考資料)

- ・アジア砒素ネットワークホームページ <https://www.asia-arsenic.jp/>
- ・『いのちの水をバングラデシュに』(川原一之、佐伯印刷)
- ・第23回アジア地下水ヒ素フォーラム資料、2018年11月、宮崎市
- ・平成13～15年度科学研究費補助金研究成果報告書『バングラデシュにおける地下水砒素汚染の循環モデルの検証と砒素除去装置の開発』(平成16年3月、研究代表者 横田漠)
- ・平成16～18年度科学研究費補助金研究成果報告書『バングラデシュにおける砒素除去槽汚泥の固化および自然浄化に関する研究』(平成19年5月、研究代表者 横田漠)

(2020年10月、小木聡/田中直)