



Title	Bangladesh国ナワブガンジ地区における井戸水のヒ素汚染状況について
Author(s)	古川, 明彦; 永井, 未央; 佐藤, 裕子 他
Description	第9回衛生工学シンポジウム (平成13年11月1日 (木) -2日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 リスク評価と環境修復 . 5-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 9, 238-241
Issue Date	2001-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7178
Type	departmental bulletin paper
File Information	9-5-4_p238-241.pdf



5-4

Bangladesh国ナワブガンジ地区における
井戸水のヒ素汚染状況について

○古川明彦、永井未央、佐藤裕子、大野浩一、亀井翼、眞柄泰基（北海道大学）
M. Hamidur Rahman (University of Rajshahi)

1. はじめに

1970年代、 Bangladeshでは表流水の微生物汚染のため病気が蔓延し、死亡率が大変高いことが問題であった。そこで感染症の防止のために現在までに数百万もの井戸(tubewell)がつけられた。その成果もあり、幼児、子供の死亡率はこの30年間で大幅に減少した。しかし1990年代に入り、 Bangladeshおよびインド西ベンガル州に広がるガンジスデルタ地域では、広範囲にわたって自然由来のヒ素に地下水が汚染されていることがわかり、ヒ素中毒による皮膚病、皮膚癌などの患者も多数みとめられるようになった。 Bangladeshのヒ素汚染は世界でも最もひどいと見られ、数千万人がそのリスクを負っているとも言われている。現在までにさまざまな機関によって調査、研究がおこなわれてきているが、ヒ素の溶出機構などわかっていないことも多い。著者らは Bangladesh国西端のナワブガンジ地区を対象として、井戸水のヒ素濃度および他の金属の濃度、季節別の濃度変化、日別の濃度変化、ヒ素の存在形態などについて調査をおこなった。また、現地におけるヒ素対策の現状についての調査もおこなった。本論文ではその調査結果について報告する。

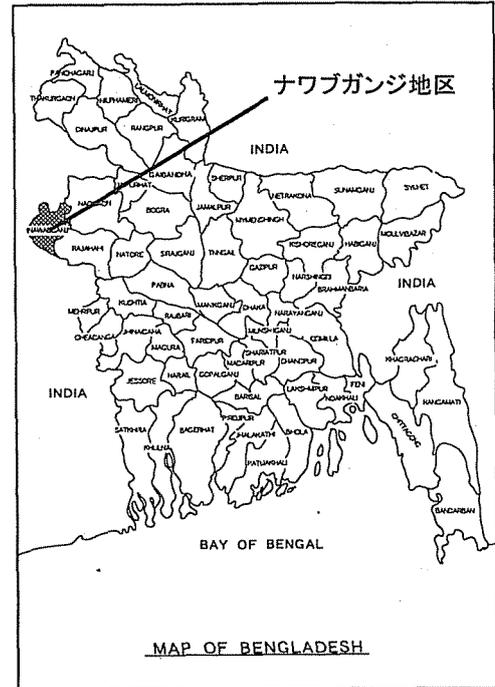


図1 Bangladesh地図

2. 調査方法

〔井戸水水質調査〕 ナワブガンジ地区にて2000年11月より10ヵ所の掘り抜き井戸(Tubewell)を対象に調査をおこなってきた。調査地点はナワブガンジ地区の中でも特に人口の密集している市街地域内(人口約20万人)で広範囲にわたるように10地点を選んだ。サンプリング地点周辺の地図を図2に示す。なお、調査は2000年11月(乾季中期)、2001年3月(乾季終期)、2001年6月(雨季初期)、2001年8月(雨季終期)の計4回おこなった。また、各調査はそれぞれ3日間おこなうことにより、日別の濃度変動についても検討

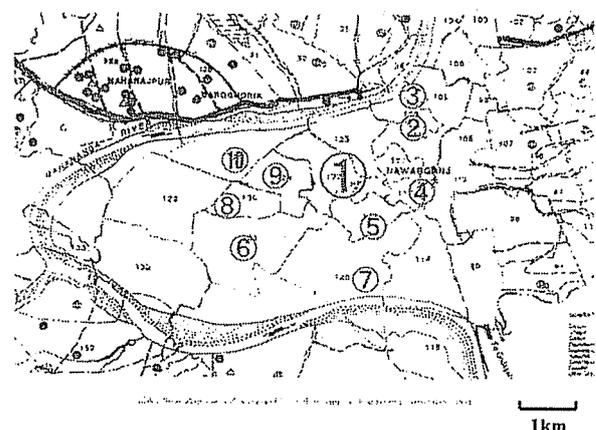


図2 ナワブガンジ地区サンプリング地点

した。総ヒ素濃度、他の金属濃度を ICP-MS にて測定、陰イオン濃度をイオンクロマトグラフィーを用いて測定した。また、3 箇のヒ素を水素化物発生-ICP 発光分光分析装置を用いて測定し、ヒ素の形態別の濃度を求めた。

〔現地で使用されているヒ素除去装置の調査〕 ナワブガンジで使用されている家庭用ヒ素除去装置について、その処理前後の水質の調査をおこなった。測定はヒ素およびその他の金属について ICP-MS を用いておこなった。

3. 結果・考察

〔井戸水水質調査〕 2000 年 11 月 29 日の調査サンプルの金属濃度測定結果を、表 1 に示す。測定した金属のうち濃度の高かったものはヒ素、鉄、マンガンであった。ヒ素濃度が 1mg/L(1000 μg/L)を超える井戸もみられ、また多くの井戸からバングラデシュの水質基準(50 μg/L)を超える濃度のヒ素が検出された。このことからヒ素汚染が非常に深刻であることがわかる。また鉄(WHO ガイドライン:0.3mg/L)、マンガン(WHO ガイドライン:500 μg/L)の濃度も非常に高い。ヒ素、鉄、マンガン以外の物質については WHO のガイドラインと比べても濃度は低く問題はない。表 1 に示した 2000 年 11 月 29 日のデータについて、ヒ素濃度と鉄濃度の相関を図 3 に示す。ヒ素濃度と鉄濃度との間に相関はみられなかった。同様にヒ素濃度とマンガン濃度についても相関はみられなかった(ヒ素×マンガン R²=0.16)。また、陰イオン濃度との相関もみられなかった(ヒ素×塩化物イオン R²=0.024)。

表 1 2000年11月29日金属濃度

地点番号	As μg/L	Fe mg/L	Mn μg/L	Al μg/L	Cr μg/L	Ni μg/L	Cu μg/L	Zn μg/L	Se μg/L	Mo μg/L	Cd μg/L	Sb μg/L	Pb μg/L	B μg/L
1	92	2.4	100	26	0.8	1.0	1.4	120	0.3	1.5	0.1	0.6	3.9	69
2	24	1.7	800	24	0.9	1.1	2.6	430	0.4	1.1	0.1	0.3	10	40
3	24	0.87	560	24	1.0	1.2	2.3	8.8	0.5	1.0	0.1	0.2	0.5	31
4	550	8.0	1300	23	1.2	1.1	1.3	5.3	0.6	3.4	0.1	0.2	0.3	28
5	76	7.2	830	27	0.9	1.0	1.8	7.2	0.4	1.2	0.1	0.2	1.0	18
6	1200	1.2	870	23	1.0	1.1	1.7	4.6	0.4	4.3	0.1	0.4	0.8	52
7	640	0.35	700	23	1.2	1.2	1.7	26	0.6	9.8	0.1	0.3	0.6	35
8	330	2.0	1000	23	1.3	1.1	1.3	15	0.5	5.3	0.1	0.2	0.5	33
9	400	9.4	510	25	1.1	1.6	3.0	9.6	0.5	1.8	0.1	0.2	2.5	43
10	31	1.0	490	23	0.7	0.9	1.0	4.4	0.2	1.0	0.1	0.1	0.5	21
WHOガイドライン	10	0.3	500	200	50	20	1000	3000	10	70	3	5	10	500

ヒ素の形態別(3 箇・5 箇)の濃度を図 4 に示す。3 箇のヒ素は総ヒ素の 5~40%であった。しかし井戸で汲み上げる際に 3 箇から 5 箇に酸化された可能性もあり、地下水中での 3 箇の割合はさらに高いと思われる。

ヒ素濃度の季節変動の様子を図 5 に鉄濃度の様子を図 6 に、マンガン濃度の様子を図 7 に示す。(2000 年 11 月: 乾季中期、2001 年 3 月: 乾季終期、2001 年 6 月: 雨季初期、2001 年 8 月: 雨季終期)。10 地点中 7 地点で、ヒ素濃度は 6 月調査時に最大となっており、地点 6 番では 3.8mg/L (3800 μg/L) という高濃度が検出された。季節間の濃度変動は最大/最小の値で 1.4 から 3.2 倍にもなった。各季節を通じてバングラデシュの水質基準(50 μg/L)を超えるヒ素濃度が検出された井戸が多かった。濃度変動は各地点とも乾季期間にはヒ素濃度が経時的に増加し、雨季期間に

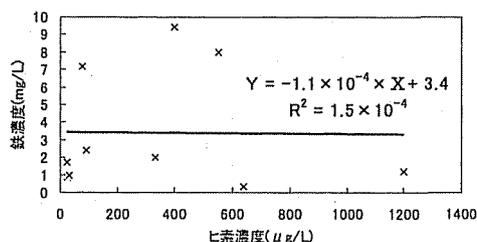


図 3 ヒ素・鉄濃度の相関

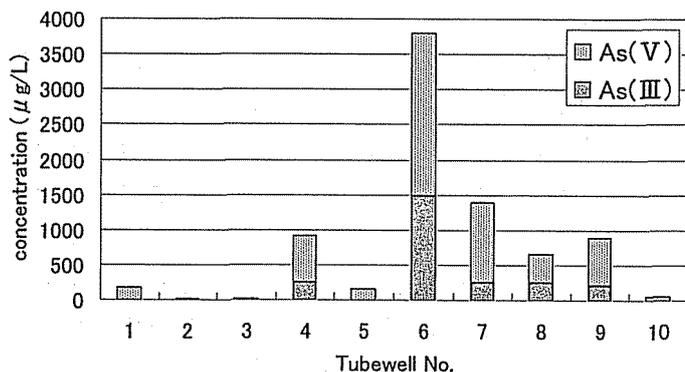


図 4 ヒ素の形態 (21 Jun.2001)

は減少している様子がみられた。雨季期間には雨水による地下浸透水のため地下水量は増加し、逆に乾季期間には地下水量は減少する。地下水量の変化に濃度が影響を受けることから、地殻からのヒ素の溶出量はあまり変化せず、主に地下水量の変化が濃度変動の原因となっていると推測される。一方、鉄とマンガンについてはヒ素と異なる傾向がみられた。その変動の機構については、現在のところ詳しいことはわからない。なお、各調査期間において、ヒ素、鉄、マンガン濃度の日別変動はほとんどみられなかった。

[現地でおこなわれている対策について] 一部の家庭ではヒ素除去用の簡易処理装置が用いられていた。装置は主にキャンドルフィルターを用いたもの(A₁,A₂)とカルシ(素焼きのつぼのようなもの)を用いたもの(B₁,B₂)の2種類に分類される。キャンドルフィルターは粘土を棒状に固めたようなもので、表面から内部に向かって水を通しろ過するためのものである。カルシは直径50cmくらいの素焼きのつぼで、底に穴があけられている。中に砂やレンガ片などを入れ、水をろ過する。なお、カルシは直列に3段程度つなげて用いられていた。キャンドルフィルター、カルシとも商店で売られており、2000年12月時点でキャンドルフィルターは1つ100Tk.(約200円)、カルシは1つ10Tk.(約20円)であった。各装置の概要を図8、図9に示す。

調査した各装置の処理前後のヒ素濃度を図10に示す。Dug well(掘り抜き浅井戸)、ナワブガンジ地区河川水のヒ素濃度も併せて図10に示す。全ての装置でヒ素除去効果がみられた。しかし、処理水がバングラデシュの水質基準(50 µg/L)を満たすものは少なくこれだけでは処理が十分だとは言えない。また、家庭ごとに装置の使い方、メンテナンスの仕方が異なっており、十分に処理機能が発揮されていないように思えるものもあった。装置の適切な使い方についての認識を高める必要があるだろう。その除去機構については、各装置ともヒ素だけでなく鉄、マンガンの濃度が低減されていることから、ヒ素が鉄、マンガンと懸濁物質をつくり、ろ過することで除去されているのだと推測できる。

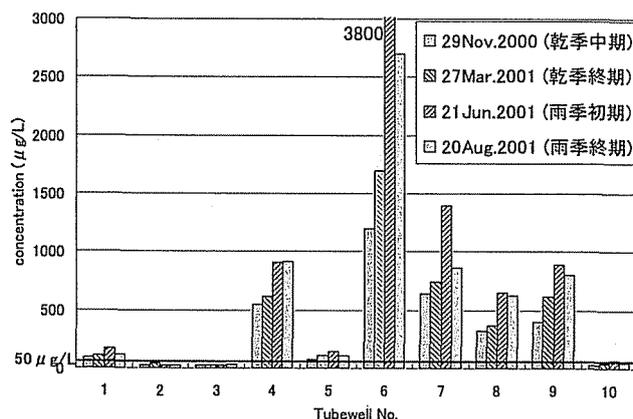


図5 ヒ素濃度の季節変動の様子

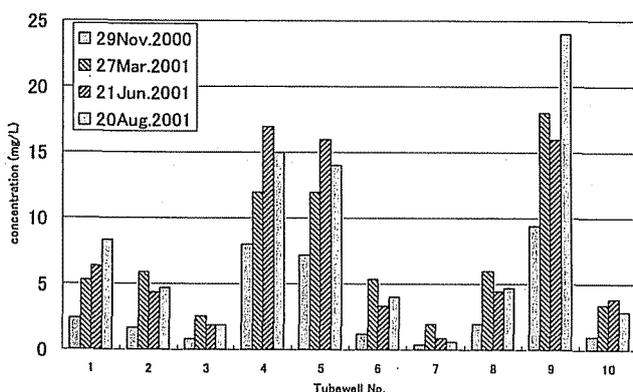


図6 鉄濃度の季節変動の様子

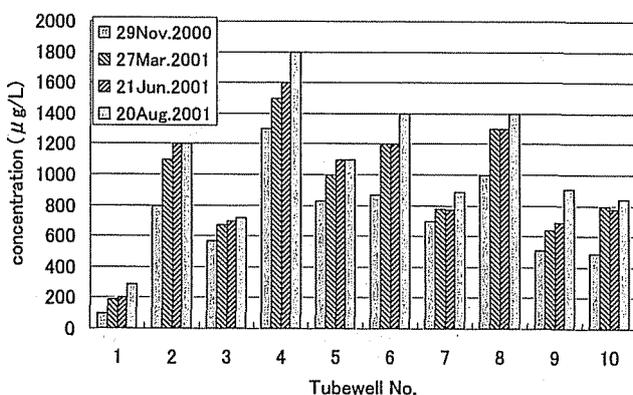


図7 マンガン濃度の季節変動の様子

また、現地において現在おこなわれているヒ素対策は、ヒ素濃度の高い井戸の飲用を避け、ヒ素濃度の低い井戸を利用するというものである。しかし、ヒ素汚染の範囲が広がっているという懸念もあり、恒久的な対策とは言い難い。また Tube well の飲用をやめ、Dug well(浅井戸)を飲用に使っている家庭も多くあったが、Dug well は有機物や微生物の汚染が起る可能性もある。このようにナワブガンジ地区においてヒ素の対策は十分とは言えず、より有効な対策が必要である。

ヒ素問題は早急な対策が必要であり、容易に深井戸などの代替水源が得られない地区では、現在ある井戸水を処理し利用することが現実的であると思われる。処理としては各家庭単位での簡易処理装置の使用、あるいは大型プラントにて処理し配水する、などが考えられる。またナワブガンジ地区は河川に囲まれた地域にあり乾季にも表流水が手に入ることから、表流水(河川水)を処理し給水することも方法の一つとして考えられる。各家庭単位での処理は管理の面で問題があり、また大型プラントでの処理であれば初期コストが高く、専門的な知識を持った技術者が必要とされる。どの方法を選択するかは対象地域の特性、期間などを考慮し、リスク、コストの面から評価する必要がある。

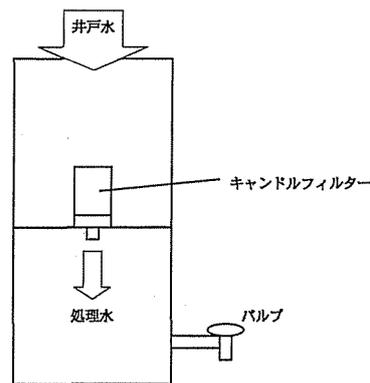
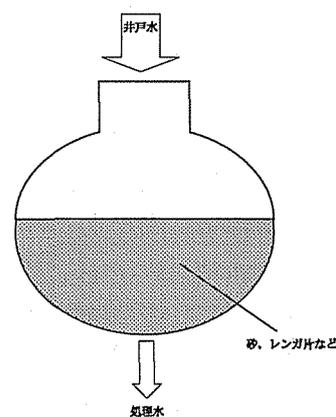


図8 キャンドルフィルター概要



これを3段階程度直列につないで使用

図9 カルシシステムの概要

4. まとめ

今回の一連の調査により以下のことが示された。

- ・ 調査井戸の多くから高濃度のヒ素が検出され、ナワブガンジ地区の地下水ヒ素汚染は深刻である。また鉄、マンガンの濃度も非常に高い。
- ・ ヒ素濃度と他の金属濃度間に相関はみられない。
- ・ ヒ素濃度は季節変動する。乾季期間には濃度が増加し、雨季期間には濃度が減少する。
- ・ 現地でおこなわれているヒ素対策は十分とは言えない。また、ヒ素処理装置についても除去効果はあるが十分とは言えず、より有効なヒ素処理方法、対策を検討する必要がある。

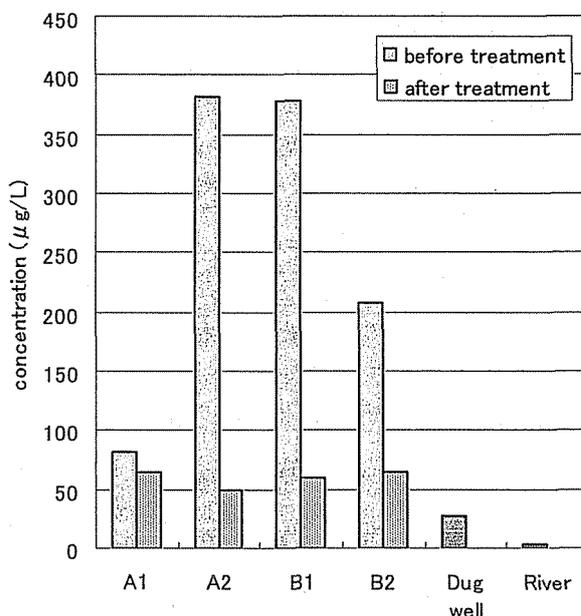


図10 ヒ素処理装置(A₁,A₂,B₁,B₂)、およびDug well、河川水のヒ素濃度