

5 「バ」国の飲料水の水質

5.1 水質モニタリングシステム

5.1.1 水質ガイドライン

「バ」国では1997年に制定された環境保護法において、飲料水の水質基準として55項目が設定されている。これは水道水だけでなく、飲料に利用する地下水にも適用される。次表で参考としてWHOガイドライン値を併記した。飲料水として適しているかどうかを判断するには、これらの水質基準を遵守しているかをチェックすれば良いのだが、これらの項目全てを正確に分析できる機関は「バ」国にはない。幾つかの項目については、DPHE中央ラボですらようやく分析方法を理解したに過ぎず、正確に測定するには至っていない。

表 5.1 「バ」国飲料水水質基準、及びそれに対応するWHOガイドライン値

No.	項目	単位	「バ」国	WHOガイドライン値
1	アルミニウム	mg/L	0.2	0.2(C)
2	アンモニア	mg/L	0.5	1.5(C)
3	ヒ素	mg/L	0.05	0.01(P)
4	バリウム	mg/L	0.01	0.7
5	ベンゼン	mg/L	0.01	0.01
6	BOD	mg/L	0.2	---
7	ホウ素	mg/L	1.0	0.5(P)
8	カドミウム	mg/L	0.005	0.003
9	カルシウム	mg/L	75	---
10	塩化物イオン	mg/L	150-600	250(C)
11	塩素化炭化水素			
	四塩化炭素	mg/L	0.01	0.002
	1,1-ジクロロエチレン	mg/L	0.001	0.03
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L	0.03	0.05
	テトラクロロエチレン	mg/L	0.03	0.04
12	クロロフェノール類			
	ペンタクロロフェノール	mg/L	0.03	---
	2,4,6-トリクロロフェノール	mg/L	0.03	0.2, 0.002-0.3(C)
13	残留塩素	mg/L	0.2	0.5(C)
14	クロロホルム	mg/L	0.09	0.2
15	六価クロム	mg/L	0.05	---
16	総クロム	mg/L	0.05	0.05(P)
17	COD	mg/L	4	---
18	糞便性大腸菌群	n/100mL	0	0
19	大腸菌群	n/100mL	0	0
20	色度	度	15	15
21	銅	mg/L	1	2(P), 1(C)

No.	項目	単位	「バ」国	WHO ガイドライン値
22	シアン	mg/L	0.1	0.07
23	界面活性剤	mg/L	0.2	---(C)
24	溶存酸素	mg/L	6	---(C)
25	フッ素	mg/L	1	1.5
26	全硬度	mg/L	200-500	---(C)
27	鉄	mg/L	0.3-1.0	0.3(C)
28	全窒素	mg/L	1	---
29	鉛	mg/L	0.05	0.01
30	マグネシウム	mg/L	30-35	---
31	マンガン	mg/L	0.1	0.5(P), 0.1(C)
32	水銀	mg/L	0.001	0.001
33	ニッケル	mg/L	0.1	0.02(P)
34	硝酸イオン	mg/L	10	50(急性)
35	亜硝酸イオン	mg/L	<1	3(急性), 0.2(P)(慢性)
36	臭気	-	無臭	受け入れられること
37	油分	mg/L	0.01	---
38	pH	-	6.5-8.5	---(C)
39	フェノール類	mg/L	0.002	---
40	全リン	mg/L	6	---
41	リン酸イオン	mg/L	0	---
42	カリウム	mg/L	12	---
43	α放射性物質	Bq/L	0.01	0.1
44	β放射性物質	Bq/L	0.1	1
45	セレン	mg/L	0.01	0.01
46	銀	mg/L	0.02	U
47	ナトリウム	mg/L	200	200(C)
48	浮遊物質	mg/L	10	---
49	硫化物	mg/L	0	---
50	硫酸イオン	mg/L	400	250(C)
51	溶解性物質	mg/L	1000	1000(C)
52	温度	℃	20-30	受け入れられること
53	スズ	mg/L	2	---
54	濁度	度	10	5
55	亜鉛	mg/L	5	3(C)

WHO ガイドライン値：(出典) 厚生労働省ホームページ 水質基準の国際比較

C = ユーザーから苦情が挙がりうる項目

P = 健康影響に係る情報が限られている等のため暫定値

U = 飲料水に通常含まれる濃度では人に害を与えない

「バ」国の飲料水水質基準は1997年に設定されてから改定されていない。そのため、2010年8月にLGD、MoLGRD&Cやその他有識者を交えて2日間のワークショップが行われ、水質モニタリング項目が検討され、同時にその目標値(次表)も決定されている。それらは「Water Safety Framework (WSF) in Bangladesh」に記載されており、「バ」国の現状を考慮して決められたと報告されているが、根拠や詳細な理由については不明である。

表 5.2 水質モニタリング項目

第1 優先項目及びその目標値				
健康に関連する項目				
No.	項目	単位	目標値	「バ」国水質基準
1	耐熱性大腸菌群	N/100	0	0
2	ヒ素	mg/L	0.05	0.05
3	残留塩素	mg/L	0.5	0.2
4	硝酸イオン	mg/L	50	10
健康に関連しないが許容すべき項目				
1	濁度 (地方)	度	5	10
	(都市)		10	
第2 優先項目及びその目標値				
健康に関連する項目				
No.	項目	単位	目標値	「バ」国水質基準
1	カドミウム	mg/L	0.003	0.005
2	シアン	mg/L	0.07	0.1
3	フッ素	mg/L	1	1
4	鉛	mg/L	0.03	0.05
5	マンガン	mg/L	0.4	0.1
6	水銀	mg/L	0.001	0.001
7	全α放射能	Bq/L	0.5	0.01
8	全β放射能	Bq/L	1.0	0.1
9	ベンゼン	mg/L	0.01	0.01
10	四塩化炭素	mg/L	0.004	0.01
11	1,1-ジクロロエタン	mg/L	0.03	---
12	1,2-ジクロロエタン	mg/L	0.03	---
13	テトラクロロエタン	mg/L	0.04	---
14	トリクロロエチレン	mg/L	0.07	0.09
15	クロロホルム	mg/L	0.2	0.09
16	バリウム	mg/L	0.7	0.01
17	ホウ素	mg/L	1.0	1.0
18	銅	mg/L	2	1
19	ニッケル	mg/L	0.05	0.1
20	セレン	mg/L	0.01	0.01
21	硫酸イオン	mg/L	250	400
22	フェノール化合物	mg/L	0.002	0.002
23	ペンタクロロフェノール	mg/L	0.009	0.03
24	2,4,6-トリクロロフェノール	mg/L	0.2	0.03
25	アルドリンおよびディルドリン	ug/L	0	---
26	総クロム	mg/L	0.05	0.05
健康に関連しないが許容すべき項目				
1	色度	度	15	15
2	臭気	-	無臭	無臭
3	pH	-	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
4	硬度	mg/L	200 - 500	200 - 500
5	溶解性物質	mg/L	1000	1000
6	アルミニウム	mg/L	0.2	0.2
7	アンモニウムイオン	mg/L	1.5	0.5
8	塩化物イオン	mg/L	< 600	150 - 600
9	鉄 (都市)	mg/L	0.3 - 1	0.3 - 1.0
	(地方)		0.3 - 3.0	

水道給水を実施しているところでは、上記項目について可能な限り各施設担当者が水質モニタリングを行うこととしている。水質モニタリングの優先度から2つのグループに分けられているが、第2優先グループでは比較的簡単に測定できる項目（pH、鉄、マンガン、硬度など）と、「バ」国では未だ正確な測定が難しい項目（四塩化炭素をはじめとする有機塩素化合物など）が混在しているため、実際に水質モニタリングを実施するには、配慮が足りないと思われ、現実的には全ての項目を正確に測定できない状況にある。実現可能な水質モニタリングを行うには、「バ」国の現状に沿った項目選定を行い、第2グループの中から分析が容易にできるものとそうでないものに分け、さらに第3優先グループを設置した方がより効果的であると思われる。

一方で、水道整備がない所では、水質モニタリングに必要な機材や知識、技術等を考慮して、水供給を4つのタイプに分け、実施すべき水質モニタリング項目及びその頻度等について定められている。

表 5.3 給水形態

	地方給水タイプ	内訳
1	手押し井戸	a. Shallow Tube Wells (STW) b. Tara Tube Wells (TTW) c. Very Shallow Shrouded Tube Wells (VSST) d. Deep Tube Wells (DTW)
2	ヒ素除去装置 (ART)	a. SIDKO b. ALCAN c. SONO d. READ-F and others e. Shawdesh f. Nelima 上記は全て、ヒ素除去を目的としたフィルター
3	その他の給水システム	a. Pond Sand Filter (PSF) b. Dug Well (DW) c. Infiltration Gallery (IFG) d. Gravity Flow System (GFS)
4	雨水集水	

表 5.4 実施すべき水質モニタリングの実施者、項目及びその頻度

水質モニタリング実施者	頻度	1	2	3	4
		浅井戸	ヒ素除去装置	その他給水システム	雨水集水
管理者・所有者・運営委員会	毎日/毎週	色度、濁度 (目視による)			
ユニオン	3ヶ月おき/半年ごと/必要に応じて	糞便性大腸菌、ヒ素 (テストキット使用)			
DPHEラボ	半年ごと/毎年	耐熱性大腸菌、ヒ素、カドミウム、クロム、シアン、フッ素、鉛、マンガン、水銀、硝酸イオン、濁度、pH、1,1-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、テトラクロロエチレン、バリウム、セレン、硬度、塩化物イオン、鉄、ホウ素、銅、ニッケル	全てに対し	耐熱性大腸菌、pH、カドミウム、クロム、シアン、マンガン、水銀、硝酸イオン、ベンゼン、ヒ素、バリウム、セレン、アルドリジ及びデイルドリジ、硬度、溶解性物質、アンモニア、塩化物イオン、鉄、ミクロキスチン L-R	耐熱性大腸菌、pH、色度、濁度、硝酸イオン、鉛
			ヒ素、鉄、リン酸イオン、pH、耐熱性大腸菌		
			処理水に対し		
			ヒ素、セレン、アルミニウム、鉄、耐熱性大腸菌		

上記の水質モニタリングを実施した上で、水質に異常があった場合に取りべき関係機関への連絡網とその対策についても、「Water Safety Framework (WSF) in Bangladesh」には記載されているが、残念ながらこのシステムは未だ全く機能しておらず、水質のチェックすら実施されていないのが実情である。

本調査でも、幾つかのポルショバが所有する水質データを入手したものの、これらのほとんどは、何かからプロジェクトの機会があった時に調査されただけに過ぎず、「水質モニタリング」のデータとはいえない。そのため、実際には、定期的に水質モニタリングの重要性を理解し、実施しているポルショバは皆無である。

5.1.2 水質モニタリング (パイロット・プロジェクト)

2012年2月に終了した「JICA 水質検査体制強化プロジェクト」(以下、水質技プロ)の実施期間中、Manikganj ポルショバにおいて、パイロット的に水質モニタリングシステムが導入されている。これは、DPHE ラボで行う水質検査だけでなく、ポルショバスタッフ自身が、原水(生産井)、配水(浄水場出口)、給水栓の水質について、浄水場内で簡易テストキットを用いて、毎日4項目(pH、EC、濁度、残留塩素)、毎週3項目(ヒ素、鉄、大腸菌群数)の水質モニタリングを実施するものである。この水質技プロが終了した後も、継続して水質モニタリングが実施されており、そのため唯一のポルショバということができる。今後、他のポルショバにとって、良い参考事例となると考えられたため、本調査においてこのManikganj ポルショバを訪問し、その現状を確認した。

(1) 現状

パイロットとして立ち上げられた「水質モニタリングシステム」を継続的に実施するため、水質技プロ期間中に採用された水質モニタリング専用のスタッフが、引き続きポルショバ事務所職員として雇用され、毎日7項目(色度、濁度、味、臭気、pH、EC、残留塩素)、毎週3項目(ヒ素、鉄、大腸菌群数)の水質チェックを継続して行っていた。浄水は水質モニタリングを実施している項目について残留塩素以外は「バ」国水質基準をクリアしており、問題がないようには見受けられたが、残留塩素濃度は連日0.05 mg/L以下(基準値は0.2 mg/L以上)であった。水質モニタリングを継続して実施していること自体は大いに評価すべきであるが、水質モニタリングスタッフはじめ、浄水場を運転するスタッフも皆、この残留塩素の濃度が不適切であることに対し、ほとんど注意を払っていなかった。



(2) 問題点

浄水場における水質モニタリングは、「施設運転中の水質に問題がないかを確認する」だけでなく、「問題があればそれを改善すること」も含まれる。しかし、残留塩素の濃度が十分でないにも関わらず、その後もこの浄水場にて処理水に加える塩素量を増加させていなかったことから、水質モニタリングの意味を未だ十分には理解できていないと思われた。水質技プロの報告書においても、塩素処理が不十分であることが既に指摘されていたが、改善がなされていなかったことから、水質管理の重要性に対する意識が未だ定着していないと考えられる。

また、水質モニタリングに使用している試薬は、水質技プロの際に供与されたものであり、その消費後の調達に関してポルショバは現時点で具体的な計画がなかった。水質モニタリングに必要な試薬を調達するための予算がないため、今後継続可能かどうかは不明であるとのこと。

(3) 今後の課題

(a) DPHE ラボスタッフによるサポート

Manikganj ポルショバは DPHE Tongi Zonal Laboratory の管轄下にあり、パイロット水質モニタリングを開始した時点から、DPHE ラボスタッフが技術的サポートを行っている。水質技プロ終了後も、Manikganj ポルショバの水質モニタリングスタッフに対し、DPHE ラボスタッフが時折連絡を取ってアドバイスをしている事から、引き続き DPHE ラボスタッフから「水質モニタリングの目的や重要性」を説明し、彼らに十分理解してもらう必要がある。

(b) スタッフの意識

Manikganj ポルショバに限らず、どのポルショバでも水量確保が優先で、水質に対してはほとんど注意を払われないことが多いのが現状である。水質モニタリングの意味及びその必要性に対する意識が定着しないのも、この意識や責任感の欠如であり、今後水量だけでなく水質に対しても高い意識を持たせるような施策が必要である。

水道で公衆衛生上必須のものは「健康の保障」である。その保障の裏付けが安全な水である。安全な水はいつでも水質基準内の水を供給することである。安全な水供給の意義とその責任を理解させることが今後の課題である。

(c) 予算確保

現在は、援助で支給された試薬や機材を用いて水質モニタリングを実施しているが、それらを消耗してしまった後も引き続き実施していくためには、モニタリングすべき項目やその測定の頻度を計画し、それに必要な経費（試薬や機材）を確保し続ける必要がある。つまり、ポルショバにおける水道部門管理責任者だけでなく、ポルショバ責任者（市長）が住民へ安全な水を供給する責務（水質モニタリングの必要性）を理解し、維持していくための予算を確保するようにしなければならない。

5.2 ポルショバ水質データ（深井戸）の評価結果

5.2.1 水質データ（深井戸）の評価対象

収集したデータによっては、採取した井戸の深さが不明のものもあったため、深さが判明しているデータだけを抽出し解析に使用した。本調査では水道給水の水源と想定される水源を評価することを目的としているため、水質データの評価はヒ素汚染が少ないとされる 150m 以深の深井戸における水質データを対象とした。水質項目は、「バ」国で問題となっている、ヒ素、鉄、マンガン、塩分を中心とする。評価では、各ポルショバの水質データの平均値と最大値を比較検討した。

5.2.2 ヒ素

各ポルショバにおける 150 m 以深の深井戸のヒ素濃度の分布を下図（図 5.1、図 5.2）に示す。Chittagaong、Khulna 及び Sylhet 管区において、ヒ素が高濃度であるポルショバがいくつかあったが、全体的に見ると、150 m 以深の井戸の水は概ね「バ」国飲料水水質基準（0.05 mg/L）を下回っていることが分かる。この結果から飲料には浅井戸よりも深井戸の水を利用する方が好ましいといえる。表 5.5 に 150 m 以深の井戸においてヒ素濃度が高い上位 10 ポルショバを示す。

表 5.5 ポルショバ深井戸水質データ（ヒ素濃度が高い上位 10 ポルショバ）

管区	県	ポルショバ	平均値 (mg/L)	最大値 (mg/L)	データ数
Chittagong	Noakhali	Kabirhat	0.113	0.126	2
Khulna	Jessore	Chaugachha	0.103	0.103	1
Sylhet	Sylhet	Kanaighat	0.076	0.110	4
Sylhet	Sunamganj	Sunamganj	0.070	0.075	2
Khulna	Chuadanga	Jibonnagar	0.053	0.054	2
Chittagong	Chittagong	Shitakunda	0.037	0.038	3
Sylhet	Hobiganj	Nabiganj	0.034	0.038	2
Dhaka	Netrokona	Mohonganj	0.029	0.048	30
Khulna	Jessore	Jessore	0.027	0.243	20
Dhaka	Netrokona	Madan	0.027	0.032	9

Chaugachha ポルショバについては、150 m 以深の水質データが一つしかないことによる結果であるが、Jessore ポルショバは、平均値は高くないものの、最大値で大きく水質基準を超えている地下水がある。これは、ある地域で地下水のヒ素濃度が比較的低いと考えられていても、特異的に濃度が高い地下水が存在することを意味し、飲料に利用する限り、継続的に水質モニタリングを行って、安全性を確認する必要がある。

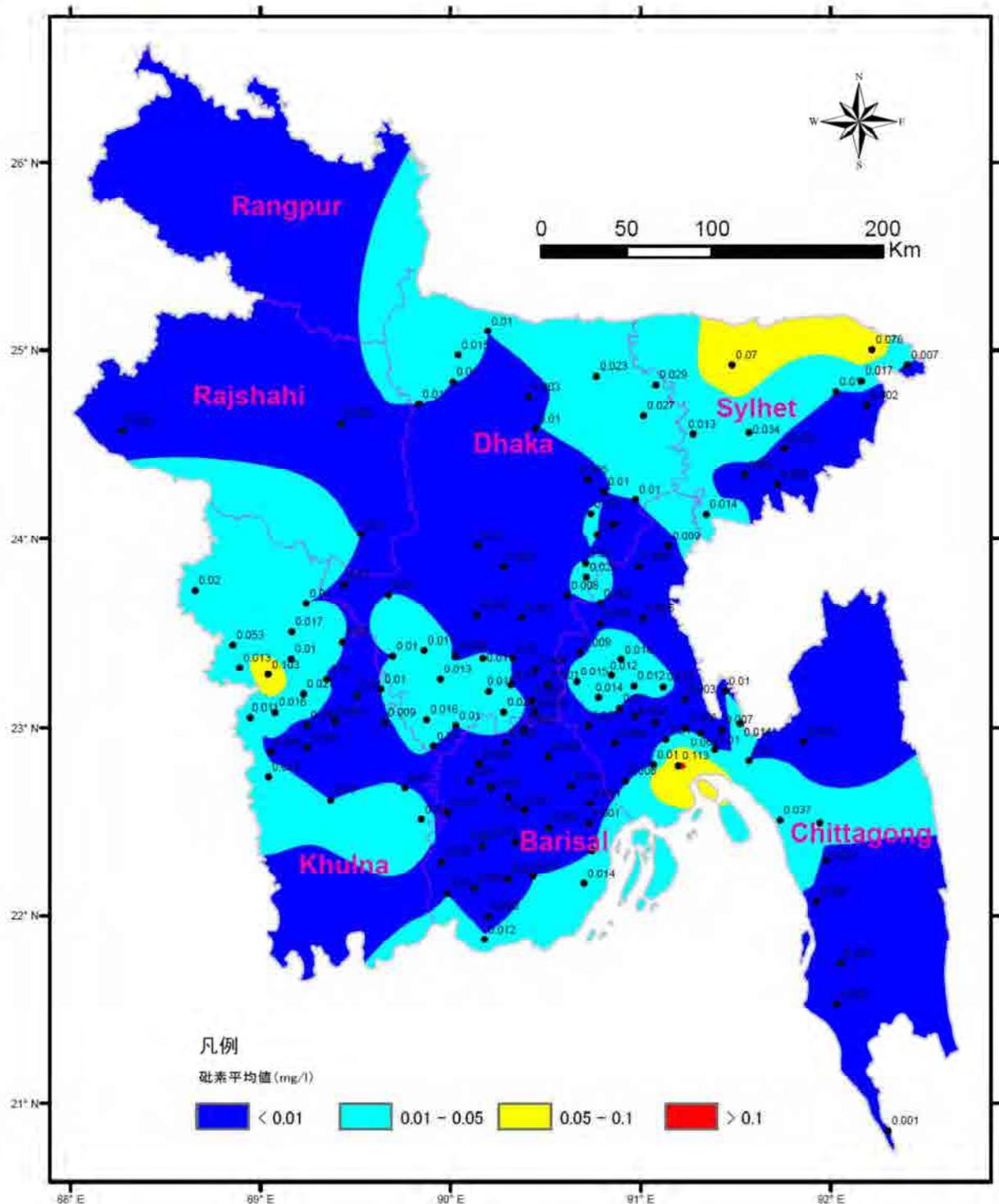


図 5-1 深層帯水層 (150m 以深) におけるヒ素濃度の分布 (ポルショバ平均値)

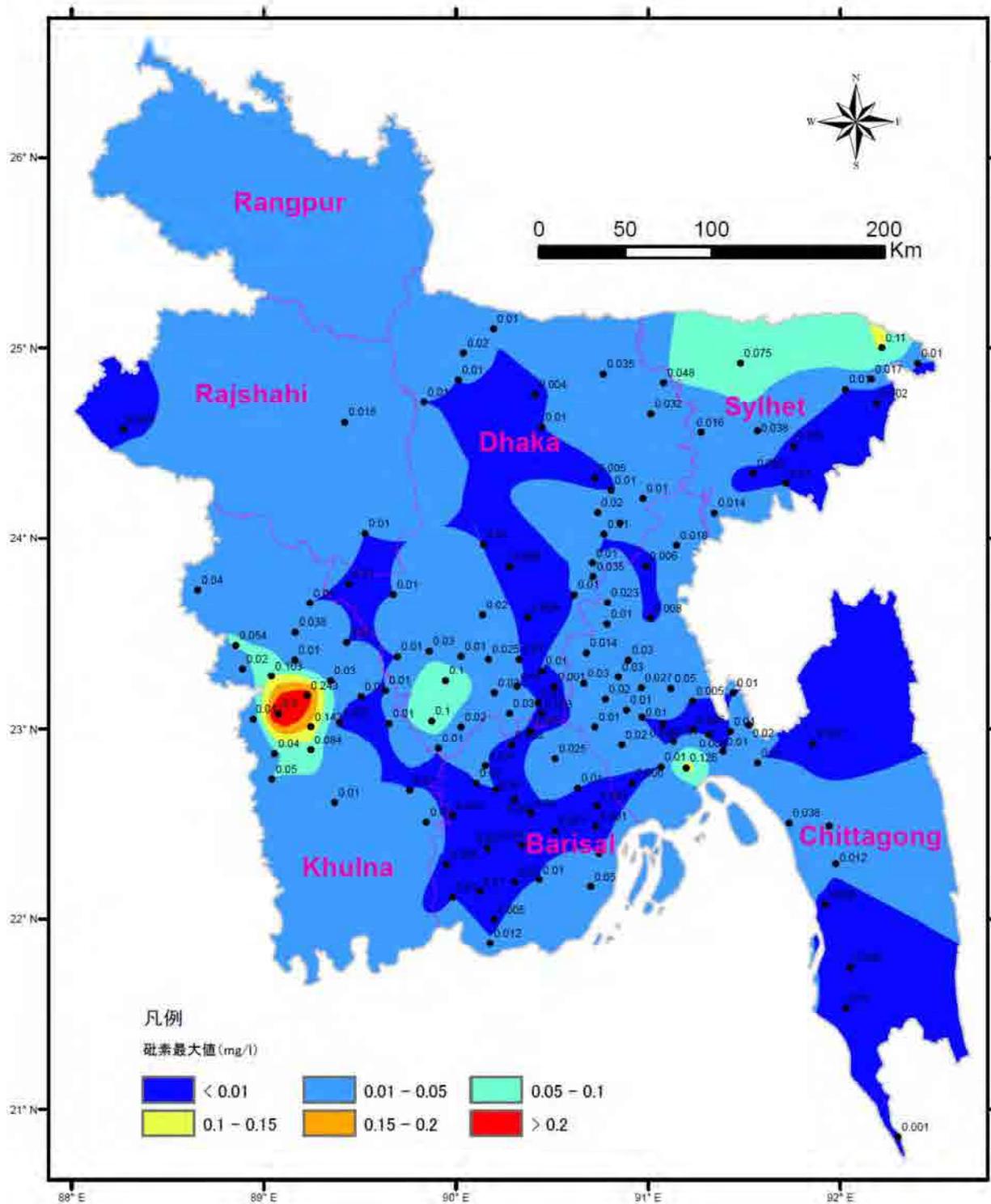


図 5-2 深層帯水層（150m 以深）におけるヒ素濃度の分布（ポルショバ最大値）

5.2.3 鉄

深井戸は浅井戸に比べてヒ素に汚染されている確率が低いため、現在「バ」国ではヒ素汚染対策の代替水源として深井戸の設置を進めているが、その一方で深井戸では鉄の濃度が高いことが判明した。各ポルショバの平均値及び最大値の分布を図 5.3 及び図 5.4 に示す。これらの図から分かるように、150 m 以深の井戸でも鉄濃度が「バ」国水質基準を超えているものが多い。ポルショバによってはデータ数が少ないため一概にいうことはできないが、Barisal 管区以外の地域では水質基準を満足するよう対策が必要である。

本調査において水質分析を実施した試料でも、深井戸の鉄濃度は高い傾向にあった。鉄が高い水は、採水直後は無色透明であるのに、採水後数分放置すると、鉄が酸化して赤茶色い沈澱物を生成する。高濃度の鉄を採取することにより、深刻な健康被害に陥ることはないが、味を悪くしたり、酸化鉄の沈澱により給配水管が閉塞してしまうなどの問題を引き起こす。そのため、鉄の濃度が高い場合には浄水処理を行って、濃度を低減させることが必要である。「バ」国飲料水水質基準は 0.3 - 1.0 mg/L であるため、水質基準を超える水における対策は、基準値を超えない水とブレンドして送水することもひとつの方法であるが、それは基準値を大幅には超えていない水に対してのみ有効な方法である。DPHE は、処理費用や住民の受容性を考慮して、原水の鉄濃度が 3.0 mg/L 以上を超えた場合に浄水処理を検討する方針を採っているとのことである。また、処理費用等を考えて、鉄除去プラント用の原水の鉄濃度は 5 mg/L 以下を勧めていた。

150 m 以深の井戸における鉄濃度が高い上位 10 ポルショバ及びポルショバの濃度別サンプル数を各々表 5.6 及び表 5.7 に示す。

表 5.6 ポルショバ水質データ（鉄濃度が高い上位 10 ポルショバ）

管区	県	ポルショバ	平均値 (mg/L)	最大値 (mg/L)	データ数
Chittagong	Noakhali	Sonaimuri	10.9	16.0	2
Dhaka	Narayanganj	Gopaldi	9.6	17.2	2
Sylhet	Moulavibazar	Barlekha	9.3	9.3	1
Sylhet	Sylhet	Kanaighat	9.3	16.3	4
Sylhet	Sylhet	Biyajibazar	8.4	12.7	3
Rajshahi	Bogra	Sherpur	7.1	12.2	4
Chittagong	Noakhali	Noakhali	6.6	9.0	3
Chittagong	Chittagong	Banshkhali	6.6	6.6	1
Sylhet	Sylhet	Golapganj	5.7	12.9	3
Chittagong	Cox's Bazar	Cox's Bazar	5.7	14.4	5

表 5.7 150m 以深の井戸における鉄濃度が高いポルショバのサンプル数

管区	県	ポルショバ	データ総数	1.0 mg/L 未満	1.0 mg/L 以上 3.0 mg/L 未満	3.0 mg/L 以上 5.0 mg/L 未満	5.0 mg/L 以上
Chittagong	Chandpur	Chandpur	84	2	17	37	28
Chittagong	Chandpur	Haziganj	76	6	29	28	13
Khulna	Satkhira	Satkhira	45	22	10	4	9
Sylhet	Sylhet	Kanaighat	4	0	0	0	4
Chittagong	Chandpur	Kachua	15	0	4	8	3
Dhaka	Narshingdi	Monohordi	8	0	1	4	3
Sylhet	Sylhet	Biyajibazar	3	0	0	0	3
Chittagong	Chandpur	Saharasti	14	2	4	6	2
Chittagong	Noakhali	Noakhali	3	0	0	1	2
Rajshahi	Bogra	Sherpur	4	0	1	1	2

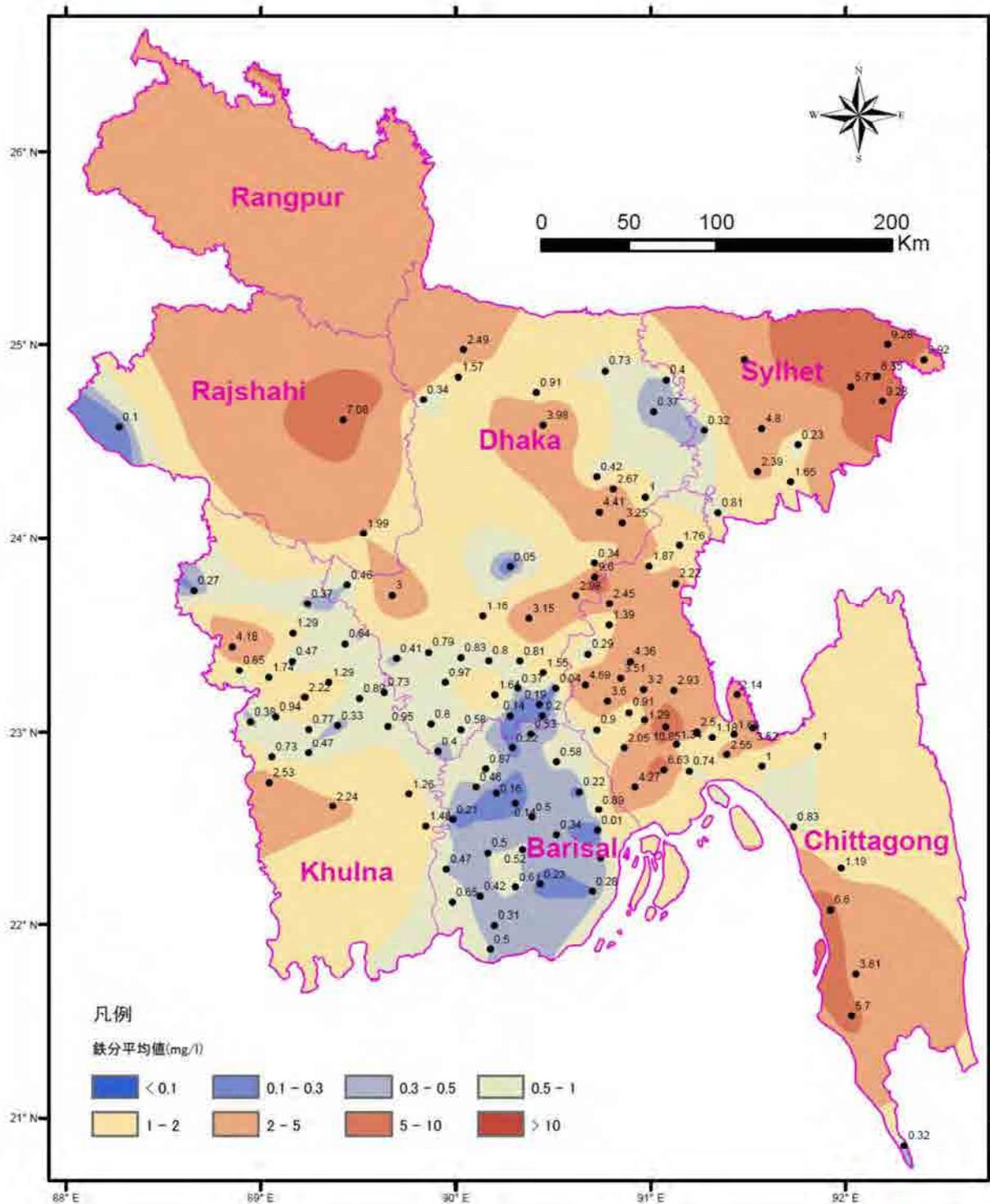


図 5-3 深層帯水層（150m 以深）における鉄濃度の分布（ポルシヨバ平均値）

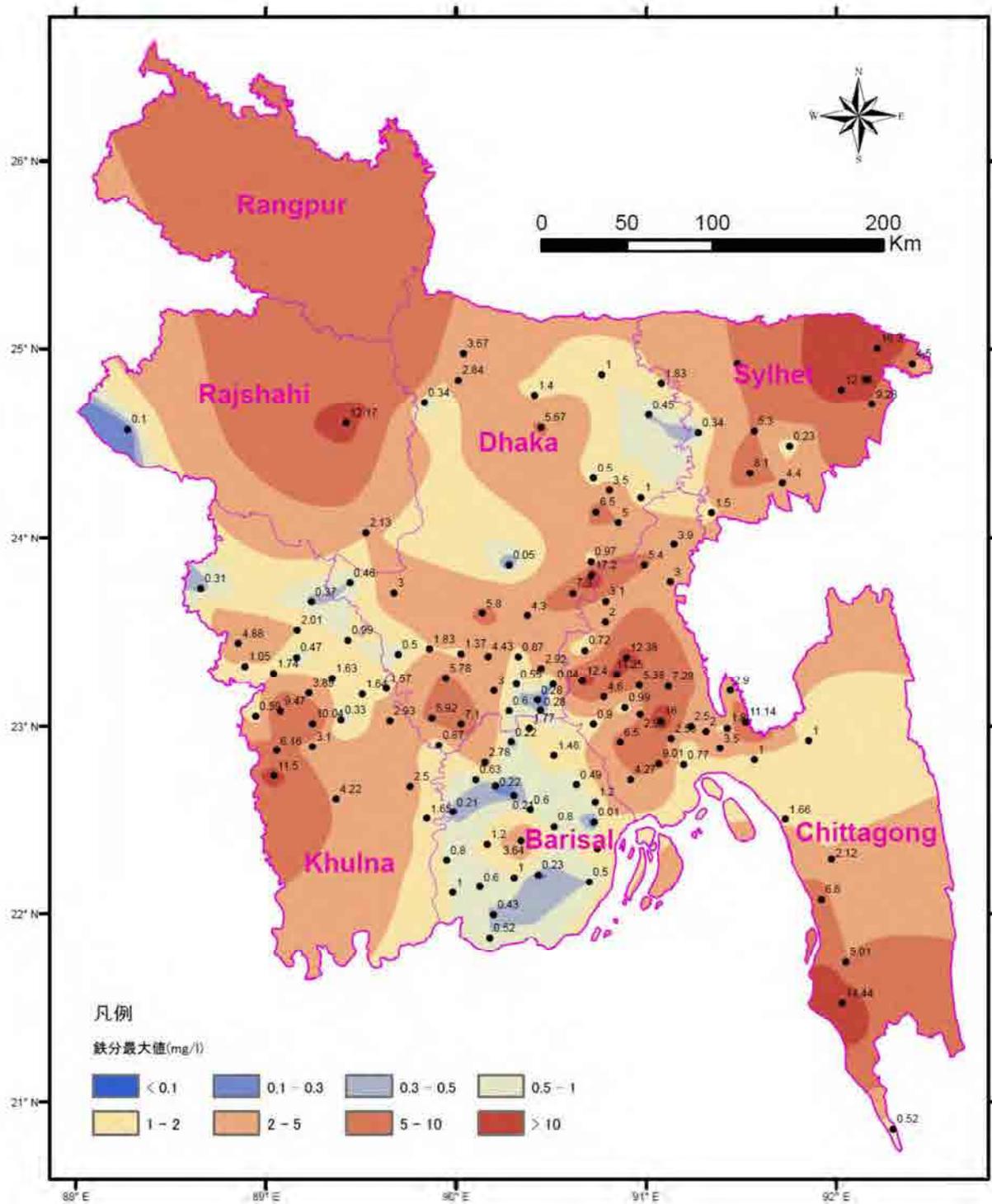


図 5-4 深層帯水層（150m 以深）における鉄濃度の分布（ポルシヨバ最大値）

5.2.4 マンガン

各ポルショバの150m以深の井戸におけるマンガン濃度の平均値と最大値の分布を下図(図5.5及び図5.6)に示す。今回収集したデータや実際に調査したサンプルの結果から、深井戸水の鉄濃度が高い場合、マンガンの濃度も同時に高い傾向があることが判明した。

表 5.8 ポルショバ水質データ (マンガン濃度が高い上位10ポルショバ)

管区	県	ポルショバ	平均値 (mg/L)	最大値 (mg/L)	データ数
Dhaka	Rajbari	Pangsa	1.85	1.85	1
Dhaka	Narayanganj	Sonargaon	1.16	2.50	3
Dhaka	Narayanganj	Gopaldi	0.94	0.94	2
Dhaka	Mymensingh	Trisal	0.70	2.00	3
Dhaka	Munshiganj	Mirkadim	0.70	0.93	2
Dhaka	Narshingdi	Narshingdi	0.65	1.41	5
Dhaka	Narshingdi	Madhabdi	0.64	0.95	3
Chittagong	Noakhali	Kabirhat	0.64	0.68	2
Dhaka	Sherpur	Sherpur	0.61	0.88	4
Rangpur	Nilphamari	Nilphamari	0.60	0.68	2

得られた結果から、マンガンはDhaka管区が主に濃度が高い傾向がある。さらに、鉄と同様に深井戸におけるマンガン濃度はBarisal管区以外のほとんど地域で、「バ」国水質基準を超えている。また、得られたデータを濃度別に分け、マンガンの比較的高いと思われるポルショバは以下の通りであった。

表 5.9 150m以深の井戸におけるマンガン濃度が高いポルショバの濃度別データ数

管区	県	ポルショバ	データ総数	0.1 mg/L 未満	0.1 mg/L 以上 0.3 mg/L 未満	0.3 mg/L 以上 0.5 mg/L 未満	0.5 mg/L 以上
Dhaka	Gopalganj	Gopalganj	141	34	65	16	26
Dhaka	Gopalganj	Muksudpur	70	9	36	16	9
Chittagong	Comilla	Nagalcoat	12	7	0	0	5
Dhaka	Dhaka	Dohar	7	0	3	1	3
Dhaka	Narshingdi	Narshingdi	5	2	0	0	3
Chittagong	Cox's Bazar	Cox's Bazar	5	0	2	0	3
Khulna	Jessore	Jessore	19	0	6	11	2
Khulna	Satkhira	Kalaroa	80	0	71	7	2
Dhaka	Gopalganj	Kutalipara	72	24	43	3	2
Dhaka	Sherpur	Sherpur	4	0	0	2	2

鉄はIRPなどの施設のように、空気酸化することにより酸化鉄の沈殿物を生成させて除去することが可能であるが、マンガンは空気酸化では除去できず、消毒塩素による酸化や凝集沈殿処理が主な除去法であるため、マンガン濃度が大幅に水質基準を超えているポルショバでは、凝集沈殿処理を行う浄水場が必要である。

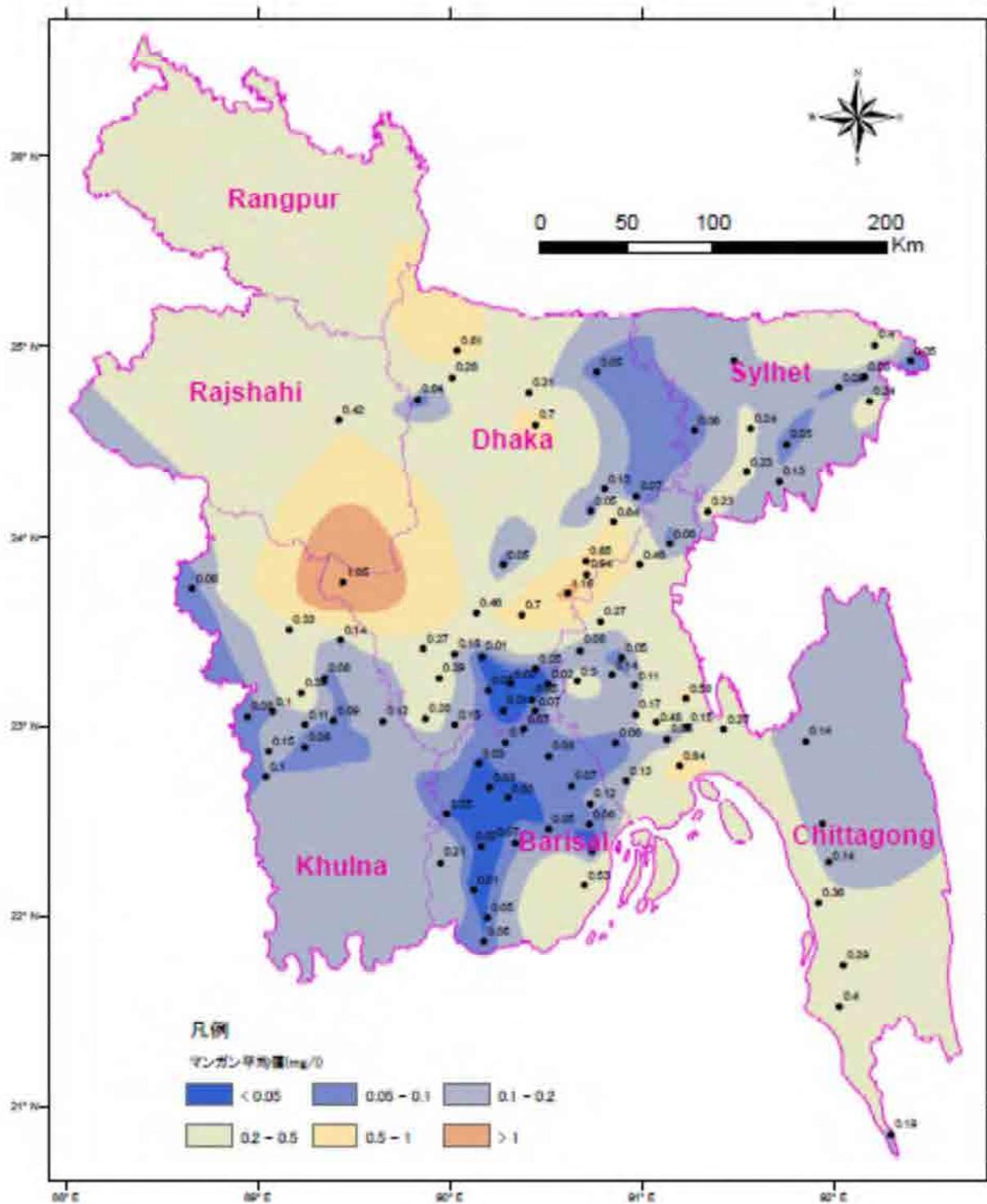


図 5-5 深層帯水層（150m 以深）におけるマンガン濃度の分布（ポルシヨバ平均値）

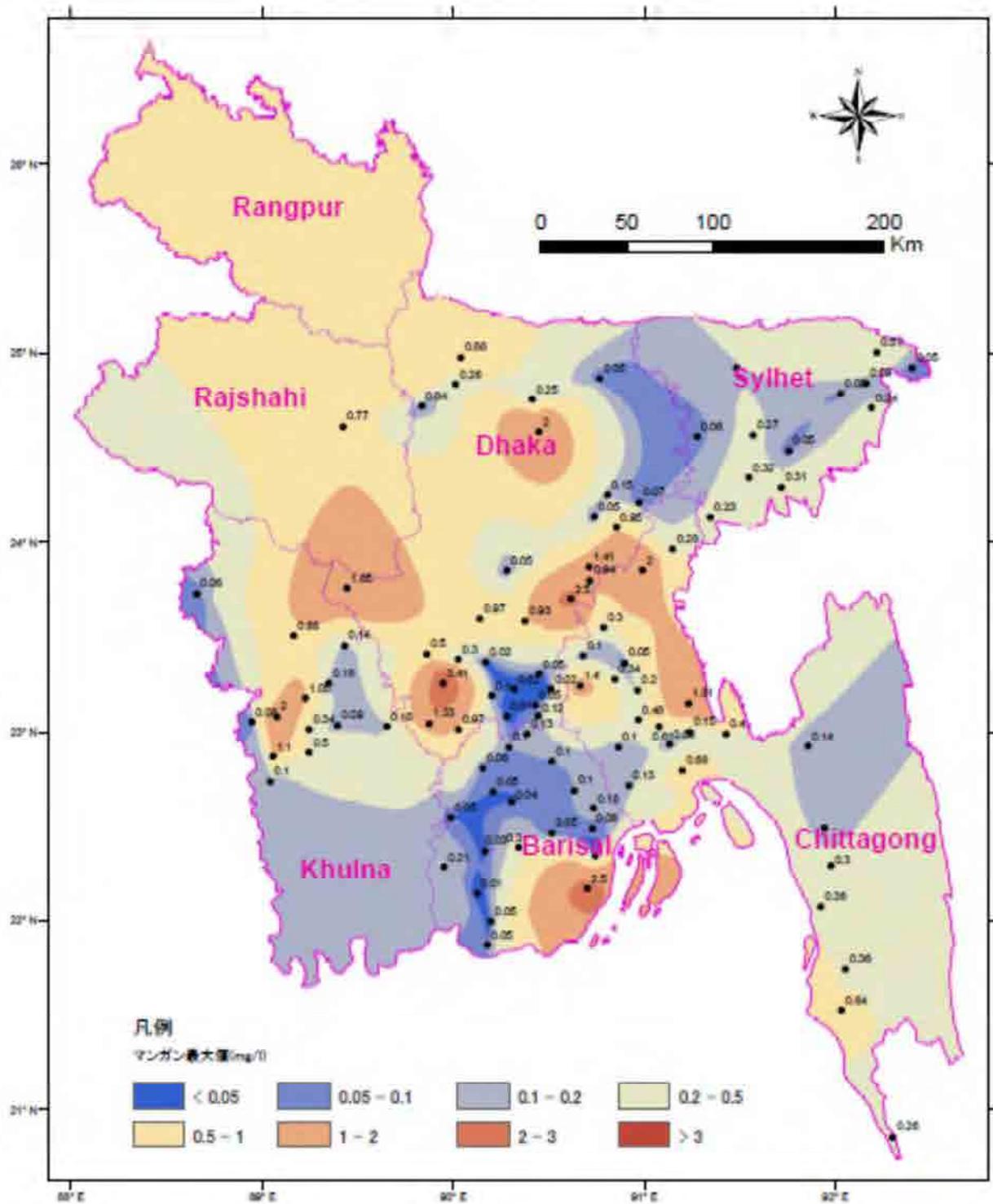


図 5-6 深層帯水層（150m 以深）におけるマンガン濃度の分布（ポルシヨバ最大値）

5.2.5 塩分

今回の調査では EC の値から塩分濃度を評価することとしたが、収集した水質データの数がヒ素や鉄に比べて極端に少ないため、「バ」国全土における濃度分布を表すことはできなかった。150 m 以深の井戸における EC のデータ数は少なかったものの、得られたデータから沿岸地域における深井戸は塩分濃度が高い傾向にあることが確認できた。

表 5.10 ポルショバ水質データ (EC 値が高い上位 10 ポルショバ)

管区	県	ポルショバ	平均値 (uS/cm)	最大値 (uS/cm)	データ数
Dhaka	Shariatpur	Damoda	4100	4100	1
Khulna	Jessore	Benapol	3180	3180	1
Barisal	Pirojpur	Pirojpur	3100	3100	1
Dhaka	Madaripur	Madaripur	2300	2600	4
Dhaka	Shariatpur	Naria	2100	2400	2
Barisal	Patuakhali	Kuakata	1975	2000	2
Khulna	Jessore	Manirampur	1639	4070	138
Barisal	Barisal	Muladi	1433	1500	3
Khulna	Jessore	Bagherpara	1293	2890	5
Barisal	Jhalakati	Jhalakati	1280	1550	2

Barisal 管区は鉄やマンガンの濃度が低い地域があるものの、塩分濃度が高いため、この地域では飲用に適した安全な水を確保することが極めて難しい状況にあるといえる。

以上から、ヒ素汚染を回避するために深井戸を利用するものの、いずれのポルショバでも鉄、マンガンもしくは塩分の濃度が「バ」国水質基準を超えるところが多く、住民へ安全な水を供給するためには、対策を講じる必要がある。

5.2.6 水質基準値を超える地下水

上記に記載した水質データの評価は、深さ 150 m 以深の地下水のデータを対象としたが、実際には、各ポルショバにおいて供給されている地下水の深さは 150 m 未満のものも多かった。150 m 以深の地下水はヒ素に汚染されている可能性が低いことから、今後新たな井戸を掘削する場合には 150 m 以深とすることが好ましいが、現時点で既に利用されている地下水の深さは 150 m 未満のものも少なくない。実際に、JICA 調査団が訪問したポルショバでも、Rajshahi 管区では地盤が固く深井戸を掘るのが難しいこともあって、利用されている井戸の深さは 60 ~80 m であり、Dhaka 管区や Khulna 管区の一部でも 150 m 未満であった。そこで、今回収集した水質データのうち、「バ」国水質基準を超えているものの割合を地下水の深さごとで比較すると次表のようになった。

表 5.11 「バ」国水質基準を超えた水質データの割合

		ヒ素	鉄	マンガン
50m 未満	総データ数	1083	1471	699
	基準値超過データ数	26	887	448
	割合 (%)	2	60	64
50m 以深 100m 未満	総データ数	319	322	229
	基準値超過データ数	25	151	177
	割合 (%)	8	47	77
100m 以深 150m 未満	総データ数	315	336	165
	基準値超過データ数	30	145	117
	割合 (%)	10	43	71
150m 以深	総データ数	1974	2024	1176
	基準値超過データ数	40	757	434
	割合 (%)	2	37	37

収集した水質データは地域やデータの数に偏りがあるため一概には言えないが、現在利用されている地下水で鉄やマンガンを基準値を超えて含むものがあることは事実である。ヒ素は人体に対する影響が大きいため優先的に考慮されがちであるが、鉄やマンガンも水質基準を超えないことが当然望ましい。そのため、既に利用している地下水が水質基準を大幅に超えている場合には、処理施設を設置するなどの対策が必要である。

5.3 ポルショバの水質データベースの整備

5.3.1 収集された2次データ（地下水、地表水（河川水））

「バ」国は地下水のヒ素汚染で良く知られていることもあり、様々なプロジェクトでヒ素の汚染状況に関する調査がなされているものの、それ以外の水質分析項目における情報は多くない。また、「バ」国政府は地下水ヒ素汚染地域において、ヒ素で汚染された浅井戸の代替水源施設として深井戸を多く建設しており、政府の基準では深井戸の新規掘削時に水質分析（ヒ素、鉄、塩分）を実施することになっているが、その水質データの保存管理がきちんとなされていないため、本調査において、ポルショバから入手できたデータはわずかであった。そのため、DPHEより入手した地下水データベース等の情報をもとにポルショバごとに水質データを整理し、データベースを作成した。

収集したデータはほとんどがDPHEから入手したものであるが、これらのデータはポルショバ単位とはなっていない。郡もしくはユニオン単位における調査結果であるため、厳密にはポルショバの水質データだと言い換えることは適当ではないかも知れない。しかしながら、先述したように各ポルショバから水質データを収集することができなかつたため、DPHE地下水データのうち、データの位置情報（郡名、ユニオン名）が、対象となるポルショバ内に該当すると考えられるものを、そのポルショバの水質データとして扱うこととした。

上記で収集されたデータに加え、本調査において水質分析を実施したサンプルのデータも合わせると、水質データが収集できたポルショバは314中240であった。但し、これは何かしらの水質

データがひとつでも存在するポルショバの数であるため、全ての水質項目がカバーできている訳ではない。これまで「バ」国ではヒ素汚染問題が注目されていたことから、ヒ素のデータがあるポルショバ数が一番多い。その他の項目については、以下の通りである。また、各ポルショバの水質データもサンプル数やその測定回数が異なる。各ポルショバの水質データの有無及びその数については、付属資料Eに示す。

表 5.12 水質データのあるポルショバ数

項目	ポルショバ数 (314中)
ヒ素	238
鉄	234
マンガン	200
EC	117
TDS	71

5.3.2 質問票調査でサンプル調査された水質データ

(1) 水質調査対象ポルショバ

本調査においてサンプリング及び水質分析を行ったポルショバは、調査団が直接訪問した 29 ポルショバに加え、安全な水が確保できないと思われるポルショバを 36 選定して現地コンサルタントにサンプリングを委託し、いずれのサンプルも DPHE 中央ラボへ分析依頼を行った。現地再委託先へサンプリングを依頼するにあたって、ポルショバを選定した経緯は、まず収集した水質データの中から、水質データがないポルショバを抽出し、さらに各ポルショバに対する質問票の回答の中で水質に問題がある回答したところを優先し、各管区の中から水道施設があるポルショバとないポルショバでそれぞれ 3 箇所ずつ選定した。

調査する水質は、水道水源となり得る深井戸とし、深井戸から採水を行った。ただし、対象ポルショバ内に深井戸がない場合にのみ、浅井戸から採水をした。サンプリング数は、調査団が訪問したポルショバでは 1 ポルショバ当たり 4~5 検体ずつ、現地再委託先にサンプリングを委託したポルショバに関しては、1 ポルショバ当たり 2 検体ずつ採水するようにした。次表に JICA 調査団あるいは現地再委託でサンプリングを実施したポルショバを示す。

表 5.13 JICA 調査団がサンプリングを実施したポルシヨバ

水道施設整備済			水道施設未整備		
管区	県	ポルシヨバ	管区	県	ポルシヨバ
Rajshahi	Jaipurhat	Jaipurhat	Rajshahi	Chapainawabganj	Shibganj
Rajshahi	Natore	Natore	Rajshahi	Rajshahi	Godagari
Rajshahi	Sirajganj	Sirajganj	Sylhet	Sylhet	Kanaighat
Dhaka	Mymensingh	Mymensingh	Sylhet	Hobiganj	Saistaganj
Dhaka	Netrokona	Netrokona	Chittagong	Brahmanbaria	Nabinagar
Sylhet	Moulavibazar	Moulavibazar	Dhaka	Narshingdi	Madhabdi
Chittagong	Brahmanbaria	Brahmanbaria	Dhaka	Dhaka	Dohar
Dhaka	Narshingdi	Narshingdi	Khulna	Chuadanga	Alamdanga
Khulna	Jhenaidah	Jhenaidah	Khulna	Jessore	Manirampur
Khulna	Jessore	Jessore	Barisal	Barisal	Muladi
Dhaka	Madaripur	Madaripur	Barisal	Pirojpur	Mathbaria
Barisal	Pirojpur	Pirojpur	Chittagong	Noakhali	Chatkhil
Chittagong	Lakshmipur	Lakshmipur	Dhaka	Dhaka	Dhamrai
Dhaka	Dhaka	Savar	Dhaka	Manikganj	Singair
Dhaka	Manikganj	Manikganj			

表 5.14 現地再委託コンサルタントがサンプリングを実施したポルシヨバ

水道施設整備済			水道施設未整備		
管区	県	ポルシヨバ	管区	県	ポルシヨバ
Dhaka	Munshiganj	Mirkadim	Dhaka	Narayanganj	Sonargaon
Dhaka	Shariatpur	Damoda	Dhaka	Narayanganj	Gopaldi
Dhaka	Shariatpur	Naria	Dhaka	Tangail	Elanga
Sylhet	Hobiganj	Madhabpur	Sylhet	Hobiganj	Ajmiriganj
Sylhet	Moulavibazar	Sreemongal	Sylhet	Hobiganj	Nabiganj
Sylhet	Sunamganj	Sunamganj	Sylhet	Sunamganj	Chattak
Chittagong	Khagrachari	Ramgarh	Chittagong	Noakhali	Sonaimuri
Chittagong	Noakhali	Kabirhat	Chittagong	Noakhali	Basurhat
Chittagong	Rangamati	Rangamati	Chittagong	Bandarban	Lama
Barisal	Bhola	Charfeshon	Barisal	Bhola	Doulatkhan
Barisal	Jhalakati	Jhalakati	Barisal	Patuakhali	Bauphal
Barisal	Patuakhali	Kalapara	Barisal	Patuakhali	Kuakata
Khulna	Jessore	Noapara	Khulna	Chuadanga	Jibonnagar
Khulna	Jhenaidah	Mohespur	Khulna	Chuadanga	Darshana
Khulna	Narail	Kalia	Khulna	Jessore	Benapol
Rajshahi	Bogra	Santahar	Rajshahi	Bogra	Talora
Rajshahi	Naogaon	Najipur	Rajshahi	Rajshahi	Katakhal
Rajshahi	Rajshahi	Naohata	Rangpur	Rangpur	Haragacha

(2) 水質分析項目

測定した項目は、次表に示す 14 項目である。ほとんどの項目 (④~⑩) は DPHE 中央ラボに分析依頼したが、①~③は基本的に現場測定、⑪~⑭については簡易テストキットにて測定した。水質の良し悪しは、EC (②) 以外の項目は、「バ」国飲料水水質基準に基づいて判定した。

これらの項目について、JICA 調査団および現地再委託でサンプリングを行った試料の分析結果

概要は以下の通りである。詳細については、付属資料 E-3 を参照。

表 5.15 水質分析結果概要

番号	項目	概要
①	pH	「バ」国水質基準に合わないポルショバは、殆どなかった。
②	EC	沿岸部 (Barisal および Khulna) 管区で EC が高い傾向にあり、海水の影響を受けて塩分濃度が高いと予想されていた結果となった。沿岸部以外でも Dhaka 管区の一部で EC が高いポルショバがあった。
③	濁度	「バ」国水質基準を超えているものがいくつかあったが、それらはサンプリング時には無色透明であり、試料中の鉄濃度が高いため、その鉄が空気に触れることによって酸化鉄となって沈澱したことに起因するものであった。
④	色度	「バ」国水質基準に合わないポルショバは、殆どなかった。
⑤	塩化物イオン	EC が高く、同時に塩化物イオンの濃度が高いものがあったが、「バ」国水質基準を超えるものは少なかった。
⑥	硝酸イオン	いくつかの浅井戸で、「バ」国水質基準を超えるものがあった。特に Haragach ポルショバでサンプリングされた 2 つの浅井戸は高濃度 (27 および 50 mg/L) の硝酸イオンが検出された。硝酸イオン濃度が高い水は飲料には適さないため、何かしら対策を講じる必要がある。
⑦	鉄	サンプリングした試料、特に深井戸の水の多くが、「バ」国水質基準を超えていた。
⑧	マンガン	深井戸では鉄と同様にマンガンの濃度が高いことが判明し、また、AIRP など処理施設では除去が難しいように見受けられた。
⑨	ヒ素	本調査では、管路給水に有効な水源として深井戸を中心に調査を実施したため、ヒ素濃度が「バ」国水質基準を超えるものは少なかった。試料の数として多くないが、浅井戸しかサンプリングできなかったポルショバでは、ヒ素濃度が基準値を超えていたことから、深井戸は浅井戸に比べヒ素汚染率が低いといえる。
⑩	硬度	EC が高い試料で、同時に硬度も高いものがあったが、殆どが「バ」国水質基準値以下であった。
⑪	アンモニウムイオン	JICA 調査団がサンプリングした試料のみ、簡易テストキットを用いて測定を行った。「バ」国水質基準を超えるものがいくつか見受けられた。
⑫	亜硝酸イオン	JICA 調査団がサンプリングした試料のみ、簡易テストキットを用いて測定を行った。「バ」国水質基準を超えるものは殆どなかった。
⑬	大腸菌群	JICA 調査団がサンプリングした試料のみ、簡易テストキットを用いて測定を行った。大腸菌群は地質由来のバクテリアも含むため、糞便性大腸菌群に比べて陽性の結果を得やすいこともあるが、多くの試料が陽性であった。
⑭	残留塩素	JICA 調査団がサンプリングした試料のみ、簡易テストキットを用いて測定を行うこととしていたが、管路給水しているにも拘わらず、塩素処理を実施しているポルショバは殆どなく、塩素処理を実施していたとしても注入量が適当ではないため、「バ」国水質基準を順守できているところはひとつもなかった。

(a) pH (「バ」国水質基準 : 6.5 - 8.5)

pH は水の酸性・アルカリ性の程度を示すものであり、水の性質を判断する基本的な指標のひとつである。化学的水質、生物学的な水質、浄水処理効果、管路の腐食などに関係する重要な因子である。

(b) 電気伝導度（「バ」国水質基準：(1000 mg/L as TDS)

溶電気伝導度 (Electric Conductivity; EC) は物質の電気伝導のしやすさを表す物性値であり、水中に含まれる陽イオン、陰イオンの合計量と関係がある。「バ」国にも本邦にもこの基準値は設定されておらず、「バ」国では溶解性物質 (Total Dissolved Solid; TDS)、本邦では蒸発残留物 (Total Solids; TS) としての基準値が設定されている。ちなみに、蒸発残留物は浮遊物質 (Suspended Solid; SS) と TDS の総和に等しい。

TDS は水中に溶存し、かつ蒸発乾固したときに残る物質のことで、その主な成分は、カルシウム、マグネシウム、シリカ、ナトリウム、カリウム等の塩類及び有機物である。凝集沈澱や砂ろ過といった一般的な浄水処理ではほとんど除去できないが、これらは水の味に影響するものの、健康への影響はほとんどない。

EC と TDS との比は 1 : 0.5~0.8 の範囲内であると言われており、WHO 飲料水水質ガイドラインによると、TDS が 900 ~1200 mg/L の飲料水は味が悪く、1200 mg/L 以上のものは飲みにくいとされている。EC は EC メータによる測定が簡便であるため、今回の調査では TDS を測定する代わりに EC を測定し、EC が 1200 μ S/cm 以上のものは飲料に適さないと判断した。

(c) 濁度（「バ」国水質基準：10 NTU)

濁度は、水の濁りの程度を表すもので、水質の汚染を判断するための指標の一つである。地下水は一般的に濁りが少ないが、鉄やマンガンを多く含む場合、揚水直後は透明であっても、空気に接触することにより時間経過と共に徐々に鉄が酸化されて析出し濁度が高くなる。

(d) 色度（「バ」国水質基準：15 Hazen Unit)

水中に含まれる溶解性物質およびコロイド性物質が呈する黄褐色の程度をいう。原水においては、主に地質に由来するフミン質、フミン酸鉄による呈色と同じ色調の色について測定される。水道水においては配管等からの鉄の溶出などによって色度が高くなることもある。

(e) 塩化物イオン（「バ」国水質基準：150 - 600 mg/L)

水中に溶存している塩化物中の塩素のこと。自然水は常に多少の塩化物イオンを含んでいるが、これは地質に由来するもので、特に海岸地帯では海水や送風塩の影響によることが大きい。多量の塩化物イオンは水に味をつけたり、鉄管などの腐食を促進する傾向がある。塩化物イオン自体の毒性は知られていないが、2.5 g/L 以上の濃度の塩化ナトリウムを含む飲料水を過剰に飲用していると高血圧症を引き起こすと報告されている。

(f) 硝酸イオン（「バ」国水質基準：10 mg/L)

硝酸イオンは人体に影響を与えないが、亜硝酸イオンは血液中のヘモグロビンと反応し、酸素を運ばなくするため多量に服用すると窒息状態となる。生後 6 ヶ月未満の乳児の場合、硝酸イオンは体内で亜硝酸イオンへ変化するため、乳幼児への毒性を考慮して基準値が設定されている。日本水道水質基準では硝酸態窒素と亜硝酸態窒素の合計量として評価する。水質測定は DPHE 中央

ラボで実施し、その測定結果を採用した。

(g) 鉄（「バ」国水質基準：0.3 - 1.0 mg/L）

地表水（河川水）中では $\text{Fe}(\text{OH})_3^{2-}$ として懸濁して存在している。また、泥炭地などの有機物の多いところではコロイド性の有機錯体として存在する。自然水中に含まれる鉄は、地質に起因するもののほか鉱山排水、工場排水などからの場合もある。0.3 mg/L 以上溶解すると、水に色がつきはじめ赤水の原因となり、0.5 mg/L 以上で臭気や苦味を与える。鉄は栄養上、1人1日当たり約10 mg 以上必要とされている。

(h) マンガン（「バ」国水質基準：0.1 mg/L）

マンガンは地殻中に広く分布しており、軟マンガン鉱などに多く含まれる。人体には不可欠の元素で、炭水化物の代謝などに関与する。水道水中にマンガンが多いと、浄水に黒い色をつけるので好ましくない。過剰摂取すると全身倦怠感、頭痛、不眠、言語不明瞭などの中毒症状を起こす。

(i) ヒ素（「バ」国水質基準：0.05 mg/L）

ヒ素化合物の毒性はその結合形によって異なる。通常、3価および5価のヒ素化合物として存在し、いずれも毒性を持つが、3価のヒ素の方が5価のヒ素よりも毒性が強い。中毒症状としては、腹痛、下痢、四肢の感覚異常、皮膚の角化症、黒皮症、皮膚癌等がある。地質由来のヒ素により地下水や地表水（河川水）が汚染され、それを飲料水としていた住民がヒ素中毒となった事例は、「バ」国において有名である。

(j) 硬度（「バ」国水質基準：200 - 500 mg/L）

硬度には、水中に存在するカルシウムイオンおよびマグネシウムイオンの合計量を示している。硬度が高すぎると下痢の原因となったり、石けんの洗浄効果が低下する。適当な硬度の水は味をよくしたり、水道管の腐食を防ぐのに役立つとされている。

(k) アンモニウムイオン（「バ」国水質基準：0.5 mg/L）

水中のアンモニウムイオンは有機窒素化合物の分解、工場排水、下水および尿尿の混入によって生ずる場合が多い。土壌や水中の細菌により亜硝酸態窒素、硝酸態窒素へと酸化され、嫌気性状態では逆に硝酸態窒素、亜硝酸態窒素が還元されてアンモニア態窒素となる。浄水処理では塩素処理や、緩速濾過のような生物化学処理によって分解され減少するので、処理工程の管理指標としても重要な項目である。

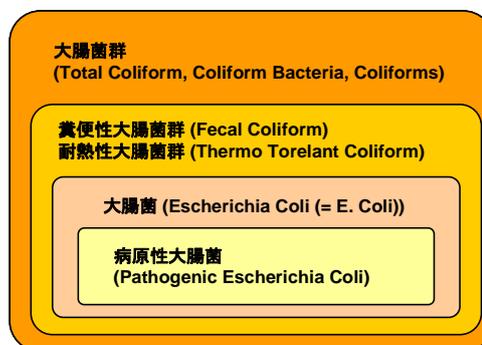
(l) 亜硝酸イオン（「バ」国水質基準：0.1 mg/L）

亜硝酸イオンは水に混入したアンモニウムイオンが酸化されて生ずる場合が多いが、硝酸イオンの還元によって生じる場合も多い。亜硝酸塩は赤血球のヘモグロビン（体内組織へ酸素を運搬する）と反応してメトヘモグロビンを生成し、呼吸酵素の働きを阻害するメトヘモグロビン血症

を起こす。体内で硝酸イオンは亜硝酸イオンへ還元されるため、本邦における水道水質基準は、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の合計量として定められている。

(m) 糞便性大腸菌群、及び大腸菌群（「バ」国水質基準：0 / 100 mL）

大腸菌は大腸に生息する腸内細菌のことで、糞便に由来するものが多いため、大腸菌が存在するものは糞便に汚染されていると言い換えることができる。糞便による汚染は大腸菌に止まらず、チフスやサルモネラなどの汚染が糞便による汚染に結びつくため、飲料水として安全な水かどうかを調べるために、これらの試験が必要である。大腸菌群は大腸菌以外の細菌も含み、大腸菌群の60～90%が糞便性大腸菌群に当たる。また、糞便性大腸菌群の90%以上は大腸菌であると言われている。飲料水中に大腸菌が存在することは、直ちに対応が必要とされる危険な汚染である可能性を示している。塩素消毒が完全であれば検出されない。



(n) 残留塩素（「バ」国水質基準：0.2 mg/L）

水に注入した塩素が、消毒効果をもつ有効塩素として消失せずに残留している塩素のこと。残留塩素は遊離残留塩素（遊離有効塩素）と結合残留塩素（結合有効塩素）があり、いずれも酸化力及び消毒効果があるが、遊離塩素の方が大きい。ただし、遊離塩素が多すぎると塩素臭が強くなったり、配管などの腐食の要因にもなる。また、水中のフミン質などと反応して有機塩素化合物（トリハロメタンなど）を生成する。しかし、水道では給水管内の生物再増殖を防止し、微生物的安全性を確保する必要があるため、消毒剤の残留性が不可欠である。

(3) 井戸の区分

サンプリングは、水道給水が可能な水源を対象とすることを優先したため、主に深井戸から採水を行った。そのため、浅井戸でヒ素汚染濃度が高い場合でも、今回はあえてそれらの水を採水することはしなかった。また、ポルショバ内で利用可能な地表水（河川水）がある場合は河川水を、サンプリングできる深井戸がない場合のみ浅井戸から採水した。

本来、深井戸の定義は水文地質構造を基本に判断されるべきであるが、「バ」国での深井戸の定義は曖昧であり、地域ごとに異なる深度を基準に区分されているのが現状である。SDPでは「100 m以深の井戸を深井戸」と記載がある一方で、「深層帯水槽は150～350 m」との記載もある。水質データの評価を行う際の深井戸の基準は、後者を採用し150m以深とした。

5.4 ポルショバの地表水（河川水）水質

地下水水質に問題があり、ポルショバから遠くない範囲に飲料水の水源として利用可能な河川水がある場合は、浄水処理を行って給水することが望ましいと考えられており、これまでに幾つ

かの河川について、水質分析が実施されている。水質分析が実施された河川と、飲料用水源として利用の可否のまとめを次表に示す。また、河川水の水質分析データを付属資料 D に示す。

表 5.16 水質分析が実施された河川と飲料用水源として利用の可否

河川名	ポルショバ	県	管区	飲料水として	備考
Manu River	Moulvi Bazar	Moulvi Bazar	Sylhet	利用可	浄水場設置計画中
Meghna River	Narsingdi	Narsingdi	Dhaka	利用可	浄水場建設中
Arial Khan River	Madaripur	Madaripur	Dhaka	利用可	浄水場建設中
Boleshwar River	Pirojpur	Pirojpur	Barisal	利用可	浄水場運転中
Pagla River	Shibganj	Noakhali	Rajshahi	適さない	水量不足
Ganges River	Godagari	Rajshahi	Rajshahi	利用可	-
Surma River	Kanaighat	Sylhet	Sylhet	利用可	-
Khowai River	Saistaganj	Hobiganj	Sylhet	利用可	-
Upper Titas River	Nabinagar	Brahmanbaria	Chittagong	利用可	-
Old Brahmaputra River	Madhabdi	Narsingdi	Dhaka	適さない	水量不足
Shahebi River	Dohar	Dhaka	Dhaka	適さない	水量不足
Kumar (Ganges M/Canal)	Alamdanga	Chuadanga	Khulna	適さない	水量不足
Harihar River	Manirampur	Jessore	Khulna	適さない	水量不足
Arial Khan River	Muladi	Barisal	Barisal	利用可	-
Masua Khal River	Mathbaria	Pirojpur	Barisal	適さない	塩分濃度高い
Mohendra khal River	Chatkhil	Noakhali	Chittagong	適さない	水量不足

表流水を飲料水として利用する場合、浄水処理することが前提となるが、浄水処理自体が未だ十分に普及していないこともあり、浄水処理の原水として適しているかどうかを判断する原水基準値が「バ」国にはない。ADB レポートでも DPHE マスタープランでも、河川水を測定した値は飲料水水質基準と比較されている。BOD (0.8~23 mg/L)、COD_{Cr} (7~67 mg/L) は「バ」国飲料水水質基準を超えており、アンモニア (0.2~1.8 mg/L) については、いくつかの河川で飲料水水質基準を超えるものもあった。表流水を水源として飲料水に利用する場合は浄水処理を実施するため、ある程度の BOD、COD、濁度などの有機物質は凝集沈殿処理にて処理することが可能であるが、シアンや水銀は原水から検出されるべきではない。ただ、「バ」国の産業構造からみてシアンやカドミウム、水銀などが、河川水へ放流される可能性は低いと思われるため、現時点では浄水場の原水として検討されている河川には、目立って健康を阻害する物質の濃度が高い河川水は少ないようである。ただし、浄水処理を実施するには確認しておくべきであり、特に河川水は季節や気候などにより大きく水質が変化するため、一度の測定だけで水質の良し悪しを判断せず、数度のモニタリングを行い水源としての可否及び処理工程を決定する必要がある。

本調査においても、飲料の水源として利用可能だとされている河川水をサンプリングし、水質分析を行ったが、沿岸地域にある Mathbaria ポルショバにある Masua Khal 川の EC が 3,300~4,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と高く、塩分濃度が高いことが判明した。先に述べたように、有機物質は浄水処理で処理可能であるが、塩分濃度のような溶解性物質については、一般的な浄水処理では処理できないため、表流水を浄水処理する場合には、健康を阻害する項目だけでなく、浄水処理では処理が難しい利用阻害項目も注意深く調べておく必要がある。

5.5 水質問題の要約

5.5.1 ヒ素

「バ」国では飲料水の水源として浅井戸の水を主に利用しているが、土壌由来によるヒ素汚染が管井戸の水でも 1993 年に確認されており、現在では全 64 県のうち 61 県で管井戸飲料水が「バ」国飲料水基準値 (0.05 mg/L) を超えるヒ素を含んでいることが分かっている。ヒ素に汚染された水を継続的に摂取すると、腹痛、下痢、四肢の感覚異常、皮膚の角化症、黒皮症、皮膚癌等の中毒症状を発症する。DPHE が UNICEF や British Geological Survey (BGS) 等と共に実施した調査において、調査した 463 ユパジラのうち、271 ユパジラがヒ素汚染にさらされていることが判明し、さらに別の UNICEF との調査において、安全であると思われていた 198 ユパジラからさらに 12 ユパジラでヒ素汚染が確認された。特に次表に示す県においてヒ素汚染の割合が高いことが DPHE で報告されている。Dhaka、Chittagong、Khulna の 3 地域で高い。

表 5.17 ヒ素汚染割合の高い県

管区	県	%	管区	県	%
Chittagong	Chandpur	90	Chittagong	Comilla	65
Dhaka	Munsiganj	83	Dhaka	Faridpur	65
Dhaka	Goparganj	79	Dhaka	Shariatpur	65
Dhaka	Madaripur	69	Khulna	Meherpur	60
Chittagong	Noakhali	69	Khulna	Bagerhat	60
Khulna	Satkhira	67	Chittagong	Laxmipur	56

高濃度のヒ素は深度 20~50 m の帯水層中で検出されており (BGS/DPHE 2001)、これに対し、深度 100~150 m 以深に分布する深層帯水層中では、「バ」国飲料水基準値を超えるものはほとんど確認されていない。そのため、地下水ヒ素汚染地域において、深層帯水層を対象とした深井戸が有効な代替水源の一つとなっている (LGD/DPHE/JICA 2010)。地下水ヒ素汚染対策のために政府が実施してきた代替水源設置では、次図に示す通り、圧倒的に深井戸の建設数が多く、かつ稼働率が最も高い。

表 5.18 「バ」国の浅井戸以外の水源設置数

水源の種類	施設の種類	設置数	種類別割合	稼働中	稼働率
深層地下水	深井戸	175,363	84.23%	164,652	93.89%
浅層地下水	ヒ素除去装置	341	0.16%	182	53.37%
表層地下水	掘抜き井戸	11,330	5.44%	9,163	80.87%
	砂利詰浅井戸 (SST)	9,853	4.73%	8,195	83.17%
地表水	溜池砂ろ過 (PSF)	5,823	2.80%	3,431	58.92%
雨水	雨水集水施設	5,493	2.64%	3,045	55.43%
合計		208,203	100.00%	188,668	90.62%

出典 : LGD/DPHE/JICA (2010): Situation Analysis of Arsenic Mitigation 2009. June 2010

本調査では浅井戸の水質検査はほとんど実施していないが、ヒ素に多く汚染されていることが既に知られている。そのため「バ」国政府は深井戸の水を利用するように指導しているが、それでもポルショバによっては浅井戸しかない、もしくは深井戸があったとしても、地域によっては依然として浅井戸の水が飲料に利用されていることも事実である。ヒ素は濃度が高くても味や臭いなどでは分からないため、住民は利用している水の水質が安全かどうか確認できない。

ポルショバは住民に安全な水を供給する責任があり、そのためにも水質モニタリングを実施し、住民にその安全性を周知させるべきである。もし、利用している水がヒ素に汚染されている場合は、顕著に濃度が高ければ代替水源を利用し、そうでなければ AIRP などの処理施設で濃度の軽減を図るのが好ましい。但し、処理施設は適切な維持管理が必要であり、ここでも定期的な水質モニタリングは欠かしてはならない。

5.5.2 鉄及びマンガン

深井戸の水を飲料に利用する場合、ヒ素に汚染されている可能性が低くなる反面、鉄やマンガンの濃度が高い傾向にあることが判明した。鉄やマンガンは、ヒ素に比べると中毒症状など顕著な健康被害が大きくないことから軽視されがちであるが、水質基準を超えた水は飲料には不適である。鉄やマンガンが大幅に水質基準を超えている場合は、IRP などの処理施設を利用して濃度の軽減を図る必要がある。基準値を少し超えた程度であれば、基準値を超えない水と混合して送水する方法もある。処理施設を設置した場合は適切な維持管理が必要であり、施設の有無にかかわらず水質モニタリングを定期的実施することが必要である。

5.5.3 塩分

沿岸地域では地下水の塩分濃度が高い。塩分は通常の浄水処理では簡単に除去できない。処理のためには、河川水を浄水処理して利用するのが好ましいと思われる。但し、河口付近では塩分濃度が高くなるため、河川の上流から取水する必要がある。また、取水地点が浄水場から遠い、もしくは河川付近に設置された浄水場から給水栓が遠い場合は、深井戸を処理する浄水場に比べて大掛かりなものとなり、さらには凝集剤や塩素などの薬品注入は欠かせない。つまり、施設維持管理のために深井戸を処理する施設より多い職員の確保が必要になり、その上施設運転の経費も掛かることとなる。従って、財政能力の低いポルショバでは、河川水を水源とした浄水場を維持管理していくことが難しく、浄水施設運転のための技術的な能力向上だけでなく、ポルショバ自身の経営能力の向上も必要となる。

5.5.4 アンモニウムイオン

JICA 調査団がサンプリングを実施した試料に対し、テストキットにてアンモニウムイオンの測定を行ったが、幾つかのポルショバで、「バ」国水質基準を超えるものがあつた。下水や尿尿の混

入、もしくは余剰肥料の影響によるものと考えられる。アンモニウムイオンは土壌や水中の細菌により亜硝酸イオン、硝酸態イオンへと酸化されるが、後述するように水中の硝酸イオン濃度が高いことも飲料として好ましくない。浄水処理における塩素処理や、緩速濾過のような生物化学処理によって減少させることが可能であるため、アンモニア濃度が高い場合はそのような処理を行う事が望ましい。

5.5.5 硝酸イオン

Haragach ポルショバで採水した2検体のサンプルにおいて、硝酸イオンの濃度が「バ」国水質基準を大幅に超えていた(27~50 mg/L)。Haragach ポルショバでは深井戸がなかったため、どちらのサンプルも浅井戸から採水したものである。硝酸イオンは大人の人体には影響を与えないものの、生後6ヶ月未満の乳児の場合は硝酸イオンが体内で亜硝酸イオンへ変化する。亜硝酸イオンは血液中のヘモグロビンと反応して酸素を運べなくするため、多量に服用すると窒息状態となり、ブルーベビー症候群を引き起こす。そのため、硝酸濃度が高い水は飲料には適さず、処理をして濃度を軽減するか、代替水源を利用することが好ましい。また、定期的に水質をモニタリングして、飲料に安全な水かどうかを常に確認する必要がある。

5.5.6 水道給水による細菌汚染と残留塩素

「バ」国の地方においては、飲料水を浅い滞水層から井戸を通じて得ているのがほとんどで、これから得られる水は、近くに汚染源がなければ、細菌で汚染される可能性が低い。DPHEのホームページでは97%の住民が細菌学的に安全な水を利用していると報告している。しかしながら、それは管路を経由することなく、手押し井戸などから直接水を利用する場合に限っていえることであり、水道で給水する場合には塩素処理は不可欠である。水源となる地下水そのものが細菌を含んでいないとしても、給水栓へ辿り着くまでの時間や距離が長いほど、何らかの汚染にさらされる危険性が高くなるからである。塩素処理は水源そのものを消毒するだけでなく、消毒能力のある残留塩素を維持させることで、給水栓に辿り着くまでの汚染を防ぐ目的がある。しかしながら、地下水を水源とした水道給水を実施しているポルショバでは、塩素処理は必要ないと考えているところが多く、塩素処理が必要だと思っても十分な塩素剤を購入する財力がないため、塩素処理を実施しているポルショバはほとんどなかった。さらに、塩素処理を実施していたとしても、基準値を満足しているポルショバは一つもなかった。これは、従来「バ」国が飲料水を井戸から直接汲み取り飲用に使用しており、水道による給水には塩素が必要であるという考えが定着していないことによるものと考えられる。

6 ポルショバ質問票調査結果

6.1 質問票調査方法

6.1.1 調査区分によるポルショバの分類

本調査が対象とするのは、「バ」国全地方 314 ポルショバである。

- 対象とするポルショバの内、水道施設が整備済のものは 138 (水道整備ポルショバ)、水道施設が未整備のものは 176 であった (水道未整備ポルショバ)。
- 全 314 ポルショバの内、調査団により 29 ポルショバの現地踏査による質問票調査を行った。残りのポルショバは、現地再委託を通じた質問票調査を行った。

本調査で対象とした全ポルショバの内訳は次表に示すとおりである。

表 6.1 調査団/再委託機関による全調査対象ポルショバの内訳

水道施設	調査団が実施 (J)		再委託で実施 (B)		合計 数
	数	記号	数	記号	
整備地域 (E)	15 ^{*1}	E-J	123	E-B	138
未整備地域 (N)	14 ^{*2}	N-J	162	N-B	176
合計	29	-	285	-	314

注釈：*1 E-J 対象地域は、地方都市給水整備事業で先行している ADB 事業対象地域 (13 ポルショバ) 及び調査団による独自調査 (2 ポルショバ)

：*2 N-J 対象地域は、DPHE がマスタープラン作成済みで水道施設が未整備地域 (12 ポルショバ) 及び調査団による独自調査 (2 ポルショバ)

調査実施区分及び水道整備別に、管区ごとのポルショバ数を次表に示す。再委託は基本的に管区単位を基本としたが、隣接する管区を 2~3 管区ずつ、3 つのグループにまとめた。再委託調査はこの 3 グループで 3 分割することにより実施した。

表 6.2 調査実施区分及び水道整備別管区毎のポルショバ数

管区	合計	調査団実施			再委託実施			再委託 グループ핑
		水道整備 ポルショバ	水道未整備 ポルショバ	小計	水道整備 ポルショバ	水道未整備 ポルショバ	小計	
Dhaka	87	6	4	10	33	44	77	93
Sylhet	19	1	2	3	4	12	16	
Chittagong	58	2	2	4	21	33	54	75
Barisal	24	1	2	3	15	6	21	
Khulna	36	2	2	4	17	15	32	117
Rajshahi	61	3	2	5	20	36	56	
Rangpur	29	0	0	0	13	16	29	
合計	314	15	14	29	123	162	285	285

6.1.2 調査手順

本現地調査期間は3月上旬から7月中旬の4ヶ月であった。この期間で314ポルショバの質問票調査を完了し、予備的検討を実施した。

(1) 調査の流れ

質問票調査の全体の流れについて、水道施設が整備済、水道施設が未整備それぞれの流れを次図に示した。

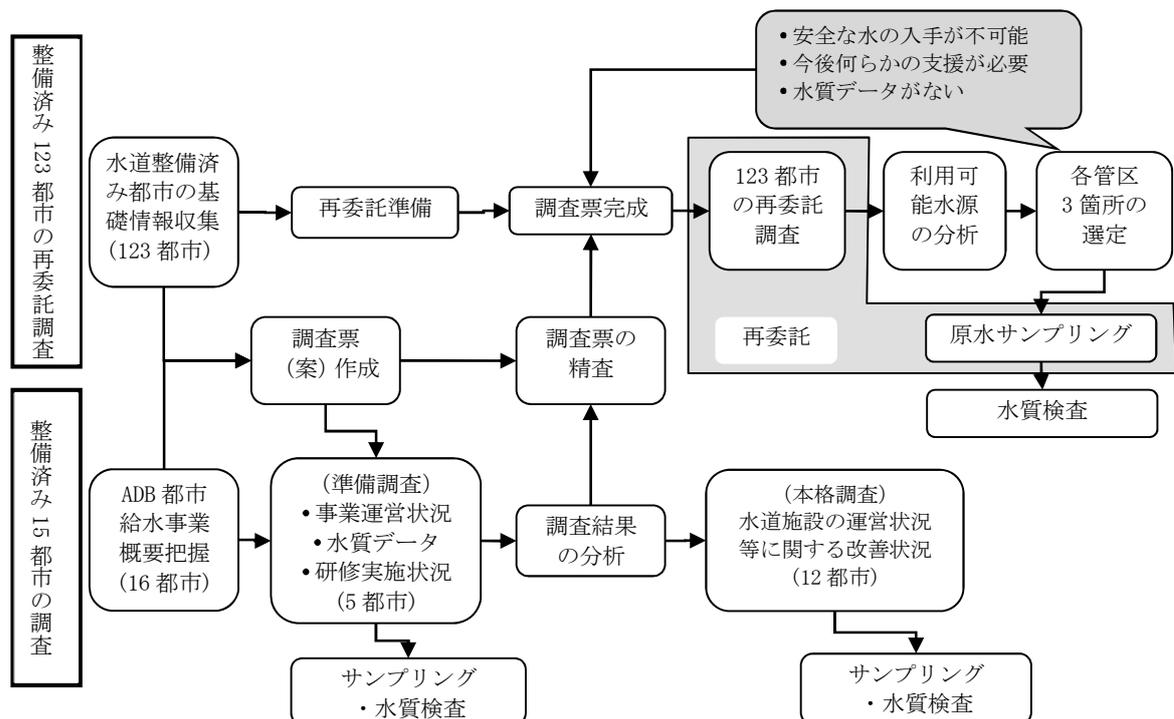


図 6-1 水道施設が整備されている138ポルショバの調査の流れ

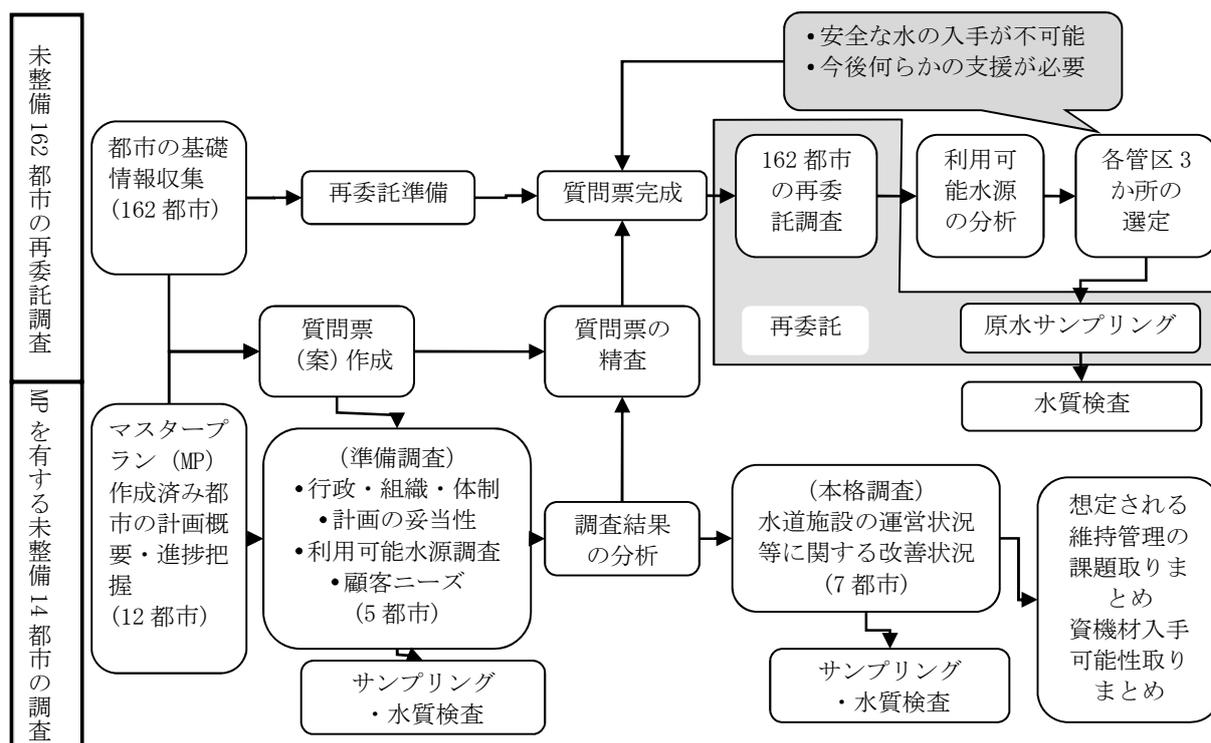


図 6-2 水道施設が整備されていない 176 ポルショバの調査の流れ

(2) 調査工程

質問票調査の実施工程は次図に示したとおりである。

	主要調査項目	3月	4月	5月	6月	7月
1	全体調査準備・分析・検討・報告	■	→			
2	29 ポルショバの現場踏査		■	■	■	
3	285 ポルショバの現場調査と収集データ入力	準備	■	■	■	

図 6-3 質問票調査の実施工程

(3) 質問票作成

質問表を作成するに当たり、以下の 2 データブックを参考とした。なお、前者は後者の内容を基に作成されている。本データブックの業務指標値を活用することにより、既に収集された「バ」国の水道事業及び他国の水道事業との比較も可能となる。

- 「Bangladesh Water Utilities Data Book (2006-07)」, Benchmarking for Improving Water Supply Delivery, Water and Sanitation Program(WSP), 2009
- 「Second Water Utilities Data Book」, Asian and Pacific Region, Asia Development Bank, 1997

アジア開発銀行 (ADB) のデータブックの質問票を基に質問票 (案) を作成した。その後、調査

団実施による 29 ポルショバのうち、水源特性を考慮して以下の水道整備 3 ポルショバ、水道未整備 3 ポルショバ及び調査団による独自調査 4 ポルショバで現地調査を実施した後、分析を行い、その結果を基に質問票を改定した。さらに DPHE、JICA その他関係機関から意見を聞き修正、最終化した。

表 6.3 質問票作成のための現場踏査ポルショバ特性

グループ	水道整備地域	水道未整備地域	地理、選定条件
1	Narsingdi	Madhabdi	「バ」国中東部、Dhaka 近傍、メグナ川西岸
2	Sirajganj	—	「バ」国中西部、パドマ川西岸
3	—	Dohar	「バ」国中部、Dhaka 近傍、パドマ川東岸
4	Brahmanbaria	Nabinagar	「バ」国中東部、メグナ川東岸
5	Savar Manikganj	Dhamrai Singair	「バ」国 Dhaka 近傍、水道整備 2 ポルショバは ADB プロジェクト対象外

質問票を作成にするにあたっては以下のことに留意した。

- 不明確な選択肢を排除し、調査員の裁量の入らないような内容とし、誰が調査しても同じ結果となる再現性の高い調査票の作成を心がける。
- 限られた調査期間を考慮し、水道整備済みポルショバは 1 日、未整備ポルショバは 0.5 日で調査が可能な内容と量とする。
- 収集すべき資料は、事前連絡時に訪問前に準備するよう依頼する。

質問票 2 種類については、付属資料 F に添付している。

(4) 調査工程

(a) 調査団による調査の工程

調査団による対象ポルショバ及び調査工程は、次表及び次図に示すとおりである。途中 4 月下旬から約 1 ヶ月間断続的にハルタル（ゼネスト）があり予定変更を余儀なくされたが、6/11 に全 29 ポルショバの訪問調査を完了した。

表 6.4 調査団による対象 29 ポルショバの訪問調査日程表

日付	調査グループ	調査団チーム 1	調査グループ	調査団チーム 2	
3/21	A	Madhabdi (DPHE_MP)			
3/22		Narshingdi (ADB)			
3/25	H	Sirajganj (ADB)			
3/27	B	Dohar (DPHE_MP)			
4/1	追加	Savar (水道整備)	追加	Manikganj (水道整備)	
4/2	追加	Dhamrai (水道未整備)	追加	Singair (水道未整備)	
4/4			D	Brahmanbaria (ADB)	
4/5				Nabinagar (DPHE_MP)	
4/8	E	Chatkhil (DPHE_MP)			
4/9		Lakshmipur (ADB)			
4/10			FM	Pirojpur (ADB)	
4/11				Mathbaria (DPHE_MP)	
4/12				Madaripur (ADB)	
4/17	J	Moulvibazar (ADB)		I	Netrokona (ADB)
4/18		Systaganj (DPHE_MP)			Mymensingh (ADB)
5/7	CG	Alamdanga (DPHE_MP)		CG	Jhinaidah (ADB)
5/8		Monirampur (DPHE_MP)			Jessore (ADB)
6/6	J	Kanaighat (DPHE_MP)			
6/10	KL	Shibganj (DPHE_MP)		KL	Jaypurhat (ADB)
6/11		Godagari (DPHE_MP)			Natore (ADB)

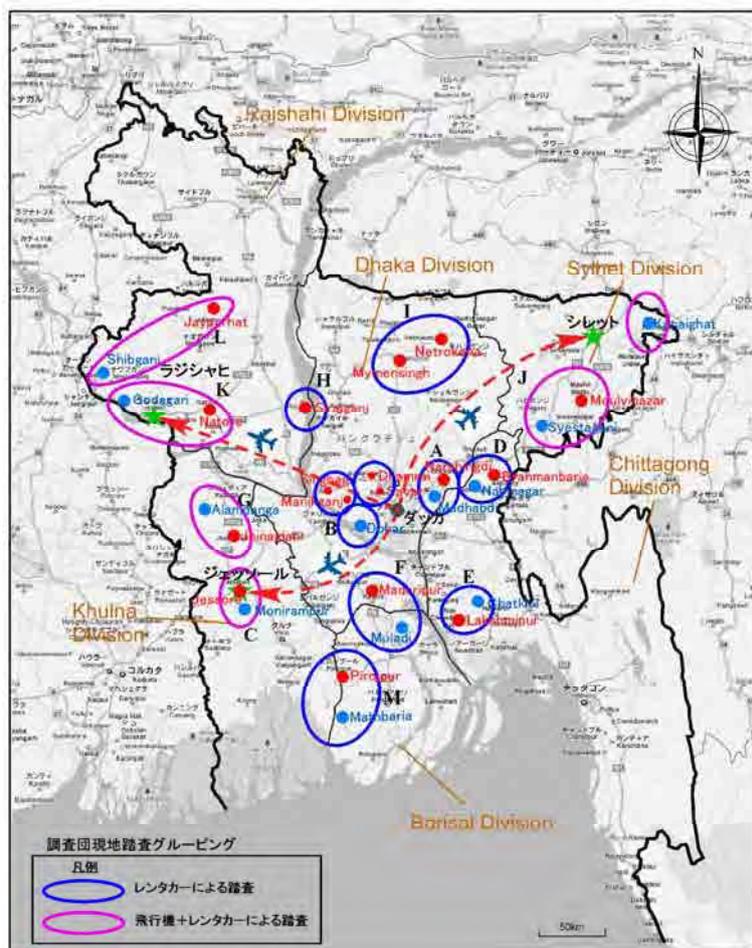


図 6-4 調査団による対象 29 ポルショバの訪問調査マップ

(b) 再委託業者による調査の進捗

再委託業者3社との契約は2012年4月15日に締結され、説明会の後、調査が開始された。再委託調査期間中4月下旬から約1ヶ月間断続的にハルタル(ゼネスト)があり、調査の進行に多少支障が生じたが、再委託先と適切なコミュニケーションを取りコントロールを行い、2012年6月19日までに3社とも現地調査を完了、予定していた2012年7月12日までに全285ポルショバのデータシートが提出された。

6.2 全314ポルショバの一般情報

6.2.1 全314ポルショバの一般情報の要約

全ポルショバの一般情報に関する平均的な特徴を、水道施設整備の有無別に次にまとめた。

(1) 水道施設整備済ポルショバ

ポルショバ当たりの平均人口は約11万4,000人であり、面積21.1km²、主な水因性疾病の罹患率は、下痢36.4%、赤痢33.6%、腸チフス17.1%となっている。技術系職員数は平均11.3人(クラスA:14.0人、クラスB:6.1人、クラスC:6.2人)であり、大学卒以上の学歴をもつ職員は4.2人である。ポルショバの全体の平均予算額は約1億1,800万タカ、経常収支(FY2010/2011)は歳入が約5,000万タカ、歳出が4,800万タカで、若干黒字となっている。業務のコンピュータ化は、見積り・積算システム、設計・製図作成システムなどで導入が進んでいる。TLCCは86%、WATSANは51%で組織化されている。

(2) 水道未整備ポルショバ

ポルショバ当たりの平均人口は約4万3,000人であり、面積14.0km²、主な水因性疾病の罹患率は、下痢35.1%、赤痢29.1.6%、腸チフス16.0%となっている。技術系職員数は平均4.8人(クラスA:7.0人、クラスB:5.7人、クラスC:3.5人)であり、大学卒以上の学歴をもつ職員は2.2人である。ポルショバの全体の平均予算額は約7,200万タカ、経常収支(FY2010/2011)は歳入が約1,600万タカ、歳出が2,100万タカで、赤字となっている。業務のコンピュータ化は、見積り・積算システム、設計・製図作成システムなどで導入が進んでいる。TLCCは69%、WATSANは37%で組織化されている。

6.2.2 社会経済状況

質問調査結果による314ポルショバのクラス別、水道施設の有無ポルショバ別に社会・経済状況を下記に示す。

表 6.5 ポルショバの社会経済状況

	水道整備ポルショバ					水道未整備ポルショバ				
	全ポルショバ (138)	クラス A (86)	クラス B (38)	クラス C (13)	クラス S (1)	全ポルショバ (176)	クラス A (27)	クラス B (62)	クラス C (86)	- (1)
人口	113,961	149,571	37,602	32,886	1,007,047	43,171	50,837	55,756	30,687	-
識字率 (%)	68.9	68.9	69.0	61.2	98.0	68.3	73.4	32.0	23.0	-
面積 (km ²)	21.1	24.6	12.7	16.0	109.3	14.0	11.0	4.8	3.5	-
土地利用 (%)										
住居	43.1	44.7	41.4	39.1	30.1	43.7	47.3	42.3	43.5	-
工業	3.4	3.8	2.4	3.1	7.7	4.6	3.8	3.6	2.7	-
商業	10.9	10.9	9.6	15.7	1.3	11.6	12.8	10.9	11.6	-
公的機関	4.9	5.1	4.3	5.5	1.8	5.2	4.8	4.9	5.5	-
農業	29.1	25.9	34.7	31.4	53.8	31.2	25.4	33.4	30.8	-
その他	8.6	9.6	7.6	5.2	5.3	6.4	5.8	5.0	5.9	-
主要産業										
農業	41.4	39.5	45.8	42.9	33.3	44.3	49.0	40.9	45.1	50.0
工業	25.3	25.9	21.8	30.6	33.3	26.0	27.0	29.8	23.1	25.0
サービス	33.3	34.6	32.4	26.5	33.3	29.8	24.0	29.4	31.7	25.0
月平均収入 (TK)	10,329	10,130	9,605	10,692	50,000	10,956	16,241	10,942	9,339	5,000
電気普及率 (%)	80.4	83.4	73.9	78.7	90.0	81.0	84.6	76.4	80.3	75.0
平均時間 (夏)	13.8	15.0	5.3	1.6	18.0	11.7	12.0	11.4	11.1	18.0
平均時間 (冬)	18.7	19.7	7.6	2.4	22.0	17.1	15.3	16.4	16.8	20.0
衛生施設普及率 (%)										
浄化槽付トイレ	34.9	40.7	26.3	21.3	42.0	28.1	34.8	34.3	21.5	-
水洗トイレ	38.9	35.3	45.8	43.1	30.0	45.6	38.7	41.4	50.7	-
汲み取り式トイレ	21.3	18.9	23.1	31.4	21.0	21.8	21.1	20.9	22.7	-
その他	4.9	5.1	4.8	4.2	7.0	4.6	5.4	3.4	5.1	-
主要な水因性疾病 (%)										
ヒ素中毒	6.4	4.6	8.0	12.2	0.0	11.8	17.6	11.2	10.4	0.0
下痢	36.4	38.8	36.4	26.8	0.0	35.1	36.8	33.7	35.5	50.0
コレラ	4.3	3.1	3.4	12.2	0.0	5.8	4.4	6.5	5.7	0.0
腸チフス	17.1	15.8	18.2	19.5	50.0	16.0	13.2	17.8	15.6	0.0
赤痢	33.6	36.2	31.8	24.4	50.0	29.1	26.5	27.8	30.8	50.0
その他	2.1	0.0	2.3	4.9	0.0	2.2	1.5	3.0	1.9	0.0

S: Tongi ポルショバ

- : 設立に関して裁判所の差し止め命令化にある

6.2.3 組織、財務及びマネジメント

(1) 技術系職員数、最終学歴

ポルショバのクラス (A-C) ごとの技術系職員数及び最終学歴を、水道施設の有無ポルショバ別に示す (PWSS の職員は含まず)。

表 6.6 ポルショバの技術系職員数及び最終学歴

水道整備ポルショバ

	平均	A	B	C	Special	最大	最小
技術系職員数	11.3	14.0	6.1	6.2	44.0	44	1
エグゼクティブ・エンジニア	0.6	1.0	0.1	0.0	1.0	1	0
アシスタント・エンジニア	0.9	0.9	1.0	0.8	2.0	2	0
サブ・アシスタント・エンジニア	2.0	2.6	1.1	0.7	5.0	6	0
技能者/機械工	3.2	3.9	1.4	1.8	32.0	32	0
その他	4.5	5.6	2.6	2.9	4.0	32	0
人口 10,000 人当たり技術者数	1.0	0.9	1.6	1.9	0.4	-	-
学歴							
修士	0.3	0.4	0.0	0.2	1.0	5	0
学士	1.0	1.2	0.7	0.8	4.0	5	0
準学士	2.9	3.7	1.5	1.2	8.0	7	0
職業学校卒	0.6	0.8	0.4	0.5	2.0	6	0
高校卒	3.5	4.4	1.4	2.2	26.0	29	0
小学校卒	2.3	2.8	1.7	0.8	4.0	32	0
その他	0.6	0.7	0.5	0.5	0.0	22	0

水道未整備ポルショバ

	平均	A	B	C	-	最大	最小
技術系職員数 (人)	4.8	7.0	5.7	3.5	-	20	1
エグゼクティブ・エンジニア	0.1	0.7	0.0	0.0	-	1	0
アシスタント・エンジニア	0.9	0.8	0.9	0.9	-	2	0
サブ・アシスタント・エンジニア	0.9	1.3	1.1	0.7	-	3	0
技術者/機械工	0.9	1.5	1.0	0.6	-	8	0
その他	2.0	2.7	2.7	1.4	-	19	0
人口 10,000 人当たり技術者数 (人)	1.1	1.4	1.0	1.1		-	-
学歴 (人)	5.1	7.0	5.7	3.6	-	20	1
修士	0.1	0.2	0.1	0.0	-	2	0
学士	0.7	1.1	0.7	0.6	-	4	0
ディプロマ	1.4	2.1	1.7	1.2	-	5	1
職業学校卒	0.3	0.3	0.3	0.2	-	3	0
高校卒	1.4	1.9	1.8	0.8	-	7	0
小学校卒	0.8	0.3	0.9	0.6	-	5	0
その他	0.4	1.1	0.3	0.3	-	19	0

ポルショバの認可組織図（付属資料 C）では、クラス A には EE1 名、AE1 名、ASE3 名、クラス B 及び C では AE1 名、SAE3 名となっているが、必ずしも全て配置できているわけではないようである。水道施設が未整備のポルショバは、整備済のポルショバと比較し、人数が少ない。

(2) 年間予算、歳入・歳出

水道整備・未整備ポルショバ共に、2009/2010 年から 2010/2011 年に予算、歳入、支出全てが増加しており、年々発展していることが伺える²³。クラス別にみると、より発展しているクラス A

²³ 予算が歳入・歳出に比較して高い数値になっているのは、ここで示した予算が 1) 経常会計、2) 開発会計、3) 資本会計、のすべてを対象とした予算額を聞いているためである。一方、歳入・歳出は、純粋な自己資金の歳入・歳出をみるために、経常会計の歳入・歳出について尋ねていることによる。したがって、金額が比較的大きく、ポルショバの予算に影響を与える開発会計や資本会計の歳入・歳出額はここには含まれていない。

ポルショバで予算・歳入・支出とも高くなっている。水道施設が整備されているポルショバは、予算・歳入・支出とも未整備ポルショバより高く、より発展していることが分かる。ポルショバクラス (A-C) ごとの年間予算、歳入・歳出を、水道施設の有無ポルショバ別に、次表に示す。

表 6.7 ポルショバ年間予算、歳入・歳出

水道整備ポルショバ (タカ)

	平均	最大	最小	A	B	C
2009/2010 予算	118,333,195	808,251,791	2,644,613	155,621,751	52,528,118	54,495,747
2009/2010 歳入	38,805,950	510,270,436	3,033,283	54,905,555	9,043,593	9,917,759
2009/2010 支出	38,091,313	483,930,192	2,529,340	53,176,562	11,053,779	7,881,997
2010/2011 予算	170,657,604	1,185,442,014	2,872,386	227,503,185	76,195,918	61,111,458
2010/2011 歳入	49,731,613	403,378,971	3,033,283	68,653,272	16,250,437	12,900,615
2010/2011 支出	48,083,575	365,400,000	2,558,750	65,567,498	19,148,979	11,840,713

水道未整備ポルショバ (タカ)

	平均	最大	最小	A	B	C
2009/2010 予算	41,883,950	924,100,000	1,190,804	54,044,347	41,224,307	33,184,458
2009/2010 歳入	11,521,537	192,598,910	1,224,482	14,742,031	12,908,206	7,769,133
2009/2010 支出	11,325,426	342,100,000	1,343,329	13,332,113	11,809,989	8,765,792
2010/2011 予算	71,829,857	1,078,500,000	1,825,310	99,762,248	73,219,110	54,541,752
2010/2011 歳入	16,093,718	173,013,400	947,010	22,343,141	18,699,462	10,381,769
2010/2011 支出	21,307,562	1,075,376,000	1,544,700	21,305,570	18,338,290	20,723,438

(3) 業務のコンピュータ化

ポルショバに導入されているコンピュータ化された業務を下図に示す。8 分野全ての業務でコンピュータを使用しているポルショバは 45 ある。その他の業務は、出生・死亡届の管理、オフィシャルレターの管理等であった。全くコンピュータ化されていないのは、水道整備ポルショバで 6、未整備で 13 ポルショバであった。

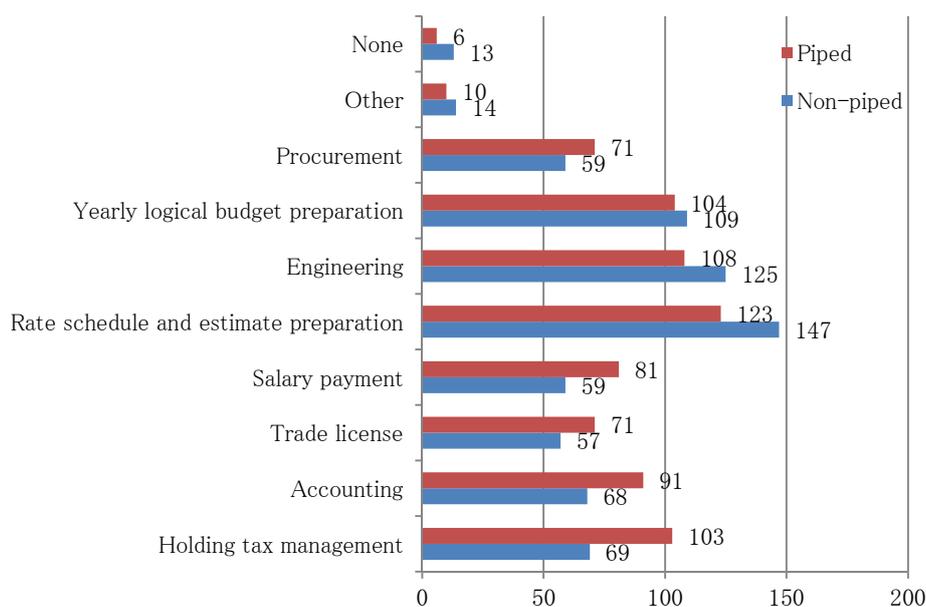


図 6-5 業務のコンピューター化の進捗状況

各コンピュータシステムの説明を下記に示す。

表 6.8 コンピューターシステムの説明

Holding tax management	税金・使用料管理システム
Accounting	会計管理システム
Trade license	企業の登録、操業許可の管理
Salary payment	給料計算、明細発行
Rate schedule and estimate preparation	見積もりや工事金額を計算するためのシステム
Engineering	設計・製図作成システム
Yealy logical budget preparation	予算作成フォーマット及び記録
Procurement	調達にかかる報告書作成・管理

最も導入されているシステムは、「Rate Schedule and estimate preparation」で、続いて「Engineering」、「Yearly logical budget preparation」であった。

(4) タウン・レベル調整委員会 (TLCC) と給水・衛生委員会 (WATSAN)

水道施設整備ポルシヨバでは 86% (118 ポルシヨバ)、未整備ポルシヨバでは 69% (120 ポルシヨバ) で TLCC が設立されている。会合の頻度は、60%以上が 3 か月に 1 度 (142 ポルシヨバ)、次いで 4 か月 (37 ポルシヨバ、16%)、1 か月 (29 ポルシヨバ、12%) となっている²⁴。TLCC では水の

²⁴ ポルシヨバの回答結果を基にした頻度であり、実際にこの頻度で開催しているかどうかまで本調査では確認していないため、実状と異なる可能性もある。

供給、公衆衛生、水道料金を含む、ポルショバに関わるあらゆる問題について打ち合わせを行っている。

表 6.9 TLCC、WATSAN 設立状況

委員会	水道整備ポルショバ		水道未整備ポルショバ	
	設立済み	未設立	設立済み	未設立
TLCC	118	20	120	56
WATSAN	70	68	64	112

WATSAN は、水道施設整備ポルショバの 51%、未整備ポルショバでは 37%に設立されており、開催頻度は、3 箇月 (30%)、1 箇月 (19%)、6 箇月 (18%) に 1 度であった。TLCC とほぼ同様であった。会合では主に、水、公衆衛生、廃棄物、保健衛生を議題としている。

6.3 水道施設整備済の 138 ポルショバの給水状況

6.3.1 水道施設整備済の 138 ポルショバの給水状況の要約

水道施設の建設と上下水道課の設立は、1970 代以降本格的に始まり、2001-2010 年には年間平均約 50 ポルショバのペースで新たにその建設と設立が行われている。上下水道課の全職員数は平均 22.1 人、もっとも人数が多い職種はポンプ・オペレータであり、6.0 人である。全 138 の整備済ポルショバの内、118 ポルショバの施設は稼働中であるが、20 ポルショバでは未稼働であった。

水源は、地下水を利用しているポルショバが 95%と圧倒的に多い。生産井の平均深さ 168m、平均生産能力 69m³/h、1 ポルショバあたりの生産量は乾季で 3,608m³/日、平均運転時間は 8.6 時間である。一方、全体の生産井の約 19%は運用されていない。浄水処理施設数は全体で 68 施設、その内 6 施設は稼働していない。もっとも多いのは鉄除去施設 47 施設、続いて表流水処理施設 15 施設である。浄水場施設の平均生産能力は 4,116m³/日であり、稼働時間 (夏季) は平均 13 時間である。また、1 ポルショバ当たりの平均上水生産量は 3,651 m³/日であるが、ポルショバによる差は大きい。配水管網の平均延長は 35,773m、その平均漏水箇所は年間 120 箇所となっている。

施設の運営・維持管理面の主な課題 (回答数) は、管路の漏水 (79)、各戸接続の漏水 (61)、生産井の生産能力の低下 (52)、ポンプのモーターの故障 (52)、管路の接合部 (24) となっている。DPHE から技術的な支援、資機材の提供、プロジェクト中の問題時の支援など何らかの支援を受けたと回答したのは、ポルショバ全体のわずか 21%であった。

1 ポルショバ当たりの平均顧客数は 1,887 顧客、その内、一般家庭が 93%を占める。顧客メータを導入しているのは全体の 17%である。平均給水時間は 6.4 時間であり、60%のポルショバでは配水管網末端での水圧は低いか、ほとんどないと回答している。顧客クレーム数は平均 323 件であり、その上位 3 つは「低い水圧」(50%)、「漏水」(44%)、「短い給水時間」(42%)となっている。全体の 56%のポルショバが水質に問題があると回答し、その内訳は「鉄汚染」(66%)、「漏水による汚染」(13%)、「細菌汚染」(12%)、「塩分汚染」(10%) の順に多い。

水道料金は、口径別固定料金制が 80% のポルショバで適用されており、従量料金制を採用しているのは 11% に留まっている。平均水道料金は口径別固定料金制²⁵で 127 タカ/月、従量料金制で 9 タカ/m³ であるが、ポルショバによってその格差は大きい。上下水道課の水道事業の平均収支は、歳入 535 万タカ、歳出 517 万タカで、わずかに黒字であり、運営・維持管理費用は平均 479 万タカである。料金徴収率は 70%、水道料金の未回収額は平均 166 万タカ、電気料金の未払額は平均 282 万タカに上っている。住民の平均世帯年収は 10,515 タカ/月、支払可能額は 201 タカ/月であった²⁶。

6.3.2 水道施設の導入年及び水道課の設立年

ポルショバの水道施設導入年、及び上下水道課設立年を次表に示す。水道施設の建設は 1970 年代以降本格的に始まり、過去 30 年では、毎年平均約 4 ポルショバに水道が導入されている。

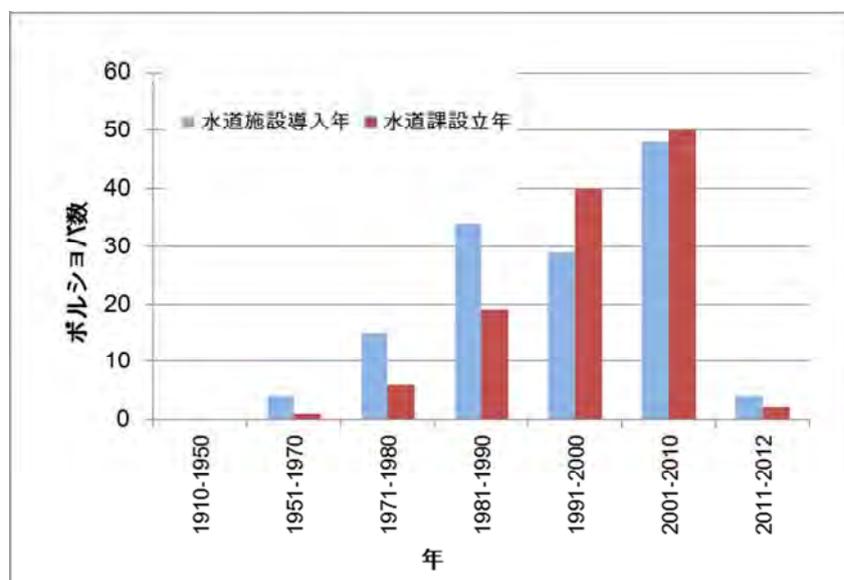


図 6-6 水道施設導入年及び上下水道課設立年

(1) 上水道課の職員

1 ポルショバあたりの上下水道課の職員数は、管理技術者 (Water superintendent) を入れて平均 22 人である。もっとも多いポルショバでは、契約職員を含めて 71 人というところがある。一方で、施設はあるものの、水道事業サービスを開始していないなどの理由で、職員がゼロのポルショバもある。

²⁵ もっとも汎用している口径 13mm の一般家庭用料金の平均。

²⁶ 同データについては、ポルショバ職員からの回答を基にしているため、必ずしも実状を反映しているとは限らない。

表 6.10 上下水課の職員数

職 種	ポルショバ平均	最大	最小	備考
管理技術者	1.0	1	1	
浄水場オペレータ	3.6	16	0	浄水場を有するポルショバの平均
機械工(井戸)	1.6	5	1	
機械工(管路)	2.3	10	1	
ポンプ・オペレータ	6.0	35	1	
請求係	1.5	7	1	
MLSS	1.2	4	1	
警備員	3.3	21	1	
その他	1.8	26	0	
合 計	22.1	71	0	

(2) 水道施設整備済みポルショバの施設稼働状況

水道施設整備済みポルショバの施設稼働状況を下表に示す。全 138 水道整備ポルショバの内、20 ポルショバで水道施設が稼働していない状況であった。稼働していない理由としては、生産井は掘削されたが、他の施設建設が終了していないというのがほとんどを占めている。

表 6.11 水道施設整備済みポルショバの施設稼働状況

項目	ポルショバ数
調査実施全ポルショバ数	312
水道施設整備済み	138
稼働中	118
未稼働	20
水道施設未整備	176
未調査(新設ポルショバ)	2

6.3.3 給水施設(生産と配水)

(1) 水道施設の水源

水道施設ポルショバの水源は、地下水がもつとも多く、131 ポルショバが利用している。一方、表流水を水源としているのは 11 ポルショバ、地下水と表流水の双方を水源としているのは 4 ポルショバであった。

(2) 生 産

(a) 生産井数

ポルショバが所有する生産井数は全体で 682 本、平均値は 4.9 本となっている。もつとも多いポルショバでは 33 本、最も少ないポルショバでは 0 本であった。全体の約 19%にあたる生産井は、何らかの理由で運用されていない。運用されていない理由としては、まだ配水管網が建設されていない、電気が来ていない、鉄等水質の問題で稼働を停止、修理が必要、フィルター・スト

レーナー部分の目詰まり等、様々な原因があげられる。

表 6.12 生産井数

	総生産井数	ポルショバ平均	最大	最小
総生産井数	682	4.9	33	0
稼働していない井戸数	127 (18.6%)			

(b) 生産井の特徴

生産井の深さの平均値は 168 m、最深井は 479 m、最浅井 30 m であった。運用開始時の生産井あたりの平均生産能力は 85 m³/h、現在の平均生産能力は 69 m³/h であった。1 ポルショバあたりの平均生産量は、乾季で 3,608 m³/日、もっとも大きいポルショバでは 33,995 m³/日の生産量がある。平均運転時間は 8.6 時間となっている。

表 6.13 生産井の特徴

	ポルショバ平均	最大	最小
井戸の深さ (m)	168	479	30
設置時の生産能力 (m ³ /hrs)	85	263	10
現在の生産能力 (m ³ /hrs)	69	210	6
稼働時間 (夏季) (hrs/day)	8.6	21	2
合計生産量 (夏季) (m ³ /day)	3,608	33,995	84

(c) 浄水場数

ポルショバが所有する浄水処理施設数は全体で 68 プラントであり、その内訳はヒ素・鉄除去施設 (AIRP) 6 箇所、鉄除去施設 (IRP) 47 箇所、表流水処理場 (SWTP) となっている。その内 6 つが運転されていない。

表 6.14 浄水処理施設数

	総浄水処理施設数	浄水処理施設を有するポルショバ数	ポルショバ平均	最大	最小
ヒ素・鉄除去施設 (AIRP)	6	4	1.5	2	1
鉄除去施設 (IRP)	47	31	1.5	3	1
表流水処理施設 (SWTP)	15	11	1.4	3	1
稼働していない施設	6	5	1.2	2	1

(d) 浄水処理場の生産能力

浄水処理場の 1 時間あたりの生産能力は、最大で 900 m³/h、最小で 40 m³/h である。1 ポルショバ当たりの浄水処理場の平均生産能力は 4,116 m³/日であり、もっとも大きいもので 11,600 m³/日の生産規模を有している。乾季における 1 日あたりの平均運転時間は 13 時間となっている。

表 6.15 浄水処理場の生産能力

	総生産量	ポルショバ 平均	最大	最小
生産量 (m ³ /hrs)	14,181	364	900	40
稼働時間 (夏季) (hrs/day)	455.5	13	22	0
合計生産量(m ³ /day)	152,290	4,116	11600	0

(e) 塩素処理箇所

1 ポルショバにおける処理場別の塩素処理箇所をみると、生産井がもっとも少なく 0.7 箇所、ヒ素・鉄除去施設/ 鉄除去施設が 1.0 箇所、表流水処理場が 1.4 箇所となっている。

表 6.16 塩素処理箇所

	塩素処理 箇所総計	ポルショバ平均	最大	最小
生産井 (PTW)	76	0.7	14	0
鉄除去/ヒ素・鉄除去施設 (IRP/AIRP)	26	1.0	3	0
表流水処理施設 (WTP)	13	1.4	3	1

(f) バルク・メータ

バルク・メータの導入は、1 ポルショバあたりの平均値で 1.5 箇所であった。最大でポルショバあたり 14 箇所導入されているところもあれば、一方でまったく導入されていないポルショバが多数ある。

表 6.17 バルク・メータ数

	総バルク・メータ数	ポルショバ平均	最大	最小
バルク・メータ (数)	212	1.5	14	0
バルク・メータ検針 (数)	157	1.2	14	0

(g) ポルショバあたりの上水生産量

1 ポルショバあたりの乾季における平均上水生産量は、3,651 m³/日であった。生産量はポルショバによって大きな差があり、最大で 33,995 m³/日、最小で 84 m³/日となっている。

表 6.18 上水生産量

	総計	ポルショバ平均	最大	最小
総生産量 (夏季) (m ³ /day)	423,553	3,651	33,995	84

(3) 配水

(a) 高架水槽

1 ポルショバあたり的高架水槽は、平均 0.9 箇所であり、最大では 7 つの高架水槽を有しているポルショバがある。1 ポルショバあたり的高架水槽の平均容量は 504 m³、最大は 6,000 m³の容

量のものがある。

表 6.19 高架水槽の容量

	総計	ポルショバ平均	最大	最小
高架水槽 (数)	123	0.9	7	0
容 量 (m ³)	69,073	504	6,000	0

(b) 配水管網

1 ポルショバあたりの配水管網の平均延長は 35,773 m である。最長は 180,000 m、最短は 1,071 m の延長となっている。1 ポルショバあたりの配水管網上の平均漏水数は 120 箇所であり、最大で 1,100 箇所、最小で 4 箇所であった。

表 6.20 配水管網延長及び漏水箇所数

	総計	ポルショバ平均	最大	最小
配水管網 (m)	4,936,714	35,773	180,000	1,071
漏水箇所 (数)	13,546	120	1,100	4

6.3.4 給水施設の運転・維持管理

(1) 水道事業におけるポルショバの責務

水道事業におけるポルショバの責務については、138 の水道整備ポルショバ中、89% (123) ポルショバが「運営・維持管理」と認識している。また、59%のポルショバは「水道施設の一部建設」、14 のポルショバは「水道施設の建設」と回答している。

表 6.21 ポルショバの水道事業における責務の認識

運営・維持管理	123
水道施設の建設	20
水道施設の一部建設	81

(2) 運営・維持管理

(a) 主な課題

運営・維持管理面でもっともその回答数が多かったのは、管路に関するものであった。その内訳は、漏水 (79)、接合部 (24)、老朽管 (12)、鉄分付着による目詰まり (11) となっている。続いて多かったのはポンプ、生産井、戸別接続に関する問題であった。代表的な問題としては、ポンプはモーターの故障 (52)、生産井は生産能力の低下 (52)、戸別接続の漏水 (61) などがあげられている。

表 6.22 運転・維持管理に関する問題

生産井		ポンプ		配管		メータ (計 24 ポルショバ)		各戸接続	
問題	数	問題	数	問題	数	問題	数	問題	数
生産能力の低下	52	モーターの故障	52	漏水	79	高い鉄濃度による詰まり	6	漏水	61
地下水位の低下	9	ポンプの故障	19	接合部	24	水蒸気による問題	3	高い鉄濃度による詰まり	14
ストレーナーの破損	9	ベアリングの問題	12	老朽管	12	メータの在庫なし	2	水の浪費	3
鉄濃度の問題	7	漏水	6	高い鉄濃度による詰まり	11			違法接続	2
シャフトの問題	7	異音発生	5						
パイプの破損	5	回路遮断器の問題	4						
Total	89		98		126		11		80

(b) DPHE からの支援

29 (21%) のポルショバについては、DPHE から何らかの支援を受けているとの回答があった。支援内容は以下のようなものである。

- ポンプ、配管修理等の技術的な支援
- 曲管、継手、クランプ等部品提供
- プロジェクトによる施設建設中、井戸の建設時及び問題があった時の支援
- 水質試験への支援、WATSAN 委員会への参加

(c) 漏水探査活動

82 (59%) のポルショバが、漏水探査の活動をしていると回答している。定期的に漏水探査活動を行っているポルショバは、82 ポルショバの内の 50 ポルショバであった。漏水探査機器を有しているのは、わずか 3 ポルショバである。

(d) 報告された年間漏水数

1 ポルショバあたりの配水管網における年間平均漏水数は 119 箇所となっている。但し、ポルショバによってその差は大きく、最大で 1,100 箇所、最小 0 箇所であった。ポルショバによっては正確に記録していないポルショバもあるため、本数値の正確性には疑問が残るため、参考値として示す。

表 6.23 年間漏水数

	ポルショバ平均	最大	最小
漏水(数)	119	1,100	0

(e) 運転・維持管理マニュアル数

1 ポルショバあたりの運営・維持管理マニュアル数は 0.61 冊である。多いところでは 6 冊であ

った。多くのポルショバでは、マニュアルがないまま運転・維持管理を行っている。施設別のマニュアル保有ポルショバは(f)に示す。

表 6.24 運転・維持管理マニュアル数

	ポルショバ平均	最大	最小
運転・維持管理マニュアル (数)	0.61	6	0

(f) 施設別運転・維持管理マニュアル

施設別にみると、生産井に関する運転・維持管理マニュアルもつとも整備されており、続いてポンプ、管路となっている。

表 6.25 施設別運転・維持管理マニュアル

施設	マニュアル所有のポルショバ数	ポルショバ総計
生産井	20	138
ポンプ	18	138
浄水場	7	39
管路	15	138
顧客水道メータ	7	24
戸別接続	10	138

6.3.5 顧客サービス

(1) 顧客サービスに関する基礎指標

全ポルショバの水道普及率（面積）の平均は 36 %となっている。ポルショバによって格差があり、最大で 87 %、最小で 6 %の普及率となっている。水道普及率（人口）の割合をみると、平均で 31 %の人口をカバーしているに過ぎない。

表 6.26 顧客サービスに関する基礎指標

	平均	最大	最小
水道サービス地域 (sq. km)	8.6	67.7	0.5
水道普及率(面積：%)	36	87	6
水道普及人口(人)	36,136	295,680	500
水道普及率(人口：%)	31	75	2

(2) 顧客接続

(a) 顧客別接続

水道施設稼働中のポルショバは 118 であり、その内メータを接続しているポルショバは 24 (17%) である。1 ポルショバあたりの平均顧客数は 1,887 であるが、もっとも多いところでは 10,000 を超えている。分布をみると、一般家庭がもっとも多く 93%を占め、続いて商業・産業 4%、公共水栓 2%となっている。水道施設整備されていても、水道事業サービスが行われていないポ

ルシヨバが 20 あり、その場合、顧客接続数の回答はゼロとなっている。

表 6.27 顧客別接続数

	平均	最大	最小	ポルシヨバ数
全ポルシヨバ				118
サービス接続 (数)	1,887	11,745	0	
一般家庭	1,755	11,283	0	
公共水栓	36	653	0	
公共機関	16	300	0	
商業・産業	67	887	0	
その他	13	788	0	
合計	1,887	11,745	0	
水道メータ設置ポルシヨバ				24
メータ接続 (数)	2,091	6,552	0	

(b) 新規接続

1 ポルシヨバあたりの年間新規接続数は平均で 204 箇所であり、平均所要日数は 7 日となっている。新規接続申請が滞っている数は 1 ポルシヨバあたり平均 209 件であり、もっとも多いポルシヨバでは 2,500 件もの未処理件数がある。

表 6.28 新規接続数

	平均	最大	最小
新規接続申請の保留件数(件)	209	2,500	0
新規接続 2010/2011 (接続)	204	860	0
所要日数(日)	7	30	2

(3) 給水時間と水圧

(a) 給水時間

平均給水時間は 6.4 時間となっている。最大給水時間は 24 時間であり、最小給水時間は 1 時間である。24 時間給水を受けている顧客割合は 4.3%となっている。

表 6.29 給水時間

	平均	最大	最小
給水時間(hrs/day)	6.4	24	1
24 時間給水を受けている顧客割合 (%)	4.3	100	0

(b) 配水管網末端の水圧

配水管網末端の水圧が「良好」と回答したポルシヨバは 14% (17) であり、「低い」「ほとんどない」と回答したポルシヨバは 60% (72) にのぼる。

表 6.30 末端水圧状況

水圧	ポルショバ数
良好	17
中位	30
低い	65
ほとんどなし	7

(4) 顧客のクレーム

(a) 年間の顧客クレーム数

1 ポルショバあたりの報告された顧客クレーム数は平均 323 件である。もっとも多いポルショバでは年間 2,000 件、もっとも少ないポルショバでは年間 0 件の回答であった。

(b) 主な顧客のクレーム内容

ポルショバが選んだ上位 3 つの顧客クレームをみると、もっとも多いのは「低い水圧」(50%)、続いて「漏水」(44%)、「短い給水時間」(42%)、「水質全般」(37%)、「不十分な給水量」(28%)となっている。また、上位 3 つの内、一番の問題としてあげられた項目は、「低い水圧」(30%)、「不十分な給水量」(20%)、「短い給水時間」(14%)の順となっている。

表 6.31 顧客クレーム内容

	低水圧	漏水	短い給水時間	水質問題					不十分な給水量	低普及率	配管閉塞	メータ問題	料金	その他
				全般	鉄	汚れ	匂い	塩水化						
苦情上位 3 位	50.0%	44.2%	42.0%	37.0%	23.2%	4.3%	3.6%	1.4%	27.5%	12.3%	8.0%	2.9%	2.2%	7.2%
苦情第 1 位	29.7%	8.0%	13.8%	9.4%	8.0%	0.7%	0.7%	0.0%	19.6%	2.9%	0.7%	0.7%	0.0%	0.0%

(c) 水質モニタリング

56% (77) のポルショバが、水道施設の水質に問題があると回答している。水質問題の内訳をみると、「鉄分汚染」(66%)、「漏水による汚染」(13%)、「細菌汚染」(12%)、「塩分汚染」(10%)の順に多くなっている。また、部分的にでも水質モニタリング計画をもっていると回答したのは、20 ポルショバであった。

表 6.32 水質モニタリング状況

水質問題のあるポルショバの比率	鉄	漏水による汚染	細菌	塩分	As	Mn	臭気
55.8%	66.2%	13.0%	11.7%	10.4%	6.5%	5.2%	5.2%

6.3.6 水道料金と料金請求・徴収

(a) 顧客の水道料金支払い

顧客の水道料金の支払場所は、「銀行」が圧倒的に多くなっている。その他の方法としては、数は少ないが「ポルショバ市庁舎」(17) やその「両方」(5) があがっている。

表 6.33 支払方法

ポルショバ市庁舎	17
銀行	105
両方	5

(b) 請求頻度

94%のポルショバが月1回の請求業務を行っている。「2箇月に1回」、「4半期に1回」と答えたポルショバはわずかであった。なお、定額固定性の料金制度が多いため、Self-billing といい、顧客が自分で請求書を作成し支払っているポルショバも多い。

表 6.34 請求頻度

毎月	111
2箇月に1回	2
4半期に1回	3
その他	2

(c) 水道料金体系

もっとも多かった水道料金体系は、「口径別固定料金制」で全体の80%のポルショバで適用されている。その他の体系では、「従量料金制」(11%)、「家族数料金制」(2%)、「口径別固定料金制と従量料金制の混合」(6%)がある。家族数料金制は、1給水接続を共有する家族数による料金が異なる料金体系である。

表 6.35 水道料金体系

口径別固定料金制	110
従量料金制	15
家族数料金制	3
口径別固定料金制+従量料金制	8

(d) 水道料金

もっとも汎用している口径13mmの一般家庭用水道料金(口径別固定料金)は、平均で127タカであり、非一般家庭用では334タカであった。ポルショバによって一般家庭用では最大と最小では約8倍、非一般家庭用では約57倍の格差がある。従量料金制の平均料金は9タカ/m³であり、ポルショバによって約3倍の差がみられる。

表 6.36 水道料金

	平均	最大	最小
一般家庭 13 mm (1/2") (Tk/月)	127	320	40
一般家庭以外 最低料金 (Tk/月)	334	4,000	70
従量料金 最低ブロック (Tk/m3)	9	15	5
戸別接続料金 (1/2") (Tk)	739	4,000	0

(e) 水道料金設定の方針

水道料金設定の際の方針について、回答が多かったものは「コスト・リカバリー」(82 ポルショバ回答)と「住民の支払可能額」(56 回答)である。施設建設の初期投資費用の回収を含んだフルコスト・リカバリーと回答したのは、11 ポルショバと少なかった。

表 6.37 水道料金設定の方針

コスト・リカバリー (運営・維持管理費)	82
住民の支払可能額	56
フル・コスト・リカバリー	11
社会的弱者への給水確保	10
需用マネジメント	5
インフレーションの調整	4

6.3.7 上下水課の組織と財務状況

(1) 財務状況

1 ポルショバあたりの平均水道予算額は 3,485 万タカであった。実際の経常会計における平均収入は 535 万タカ、支出は 517 万タカとわずかに収入が上回っているが、ほぼ同程度となっている。

一方、水道事業における運営・維持管理費用の 1 ポルショバあたりの平均額は、410 万タカであった。その平均的な内訳は、人件費 43%、電力・燃料費 25%、薬品費 7%、修理・材料費 12%、その他費用 13%となっている。

1 ポルショバあたりの平均料金請求額は 423 万タカ、その内、徴収額は 298 万タカと、その回収率はおおよそ 7 割程度となっている。

表 6.38 水道事業に係る財務状況

	平均	最大	最小
● 上下水課の年間予算 2010/2011 (TK)			
予算合計	34,855,603	476,446,708	51,000
開 発	13,518,519	160,000,000	0
運営・維持管理	5,210,368	31,500,250	15,000
歳 入	5,354,004	68,233,381	0
支 出	5,174,996	62,015,073	53,410
● 水道事業の年間運営・維持管理費用 2010/2011 (TK)			
人件費	2,075,680	17,659,752	16,800
電気/燃料費	1,196,638	14,928,651	0
薬品費	324,303	3,000,000	0
修理	582,143	8,020,000	1,300
その他	615,751	14,520,348	25
合 計	4,794,515	39,703,318	77,199
● 料金請求・徴収			
年間請求額 (Tk)	4,238,028	45,903,000	0
年間徴収額 (Tk)	2,981,239	33,167,000	0

(2) 未回収額及び未払金

1 ポルショバあたりの水道料金の平均未回収額は 166 万タカ、電気料金未払金 282 万タカである。電気料金未払いのポルショバは 60 あり、もっとも多い電気料金未払金は、1 億 5,000 万タカにもものぼる。

表 6.39 未回収額及び未払金

	平均	最大	最小	回答したポルショバ数
水道料金の未回収額 (Tk)	1,665,441	14,099,860	0	108
電気料金の未払金 (Tk)	2,820,787	150,000,000	0	60

6.3.8 給水に係る課題及びニーズ

(1) 優先的ニーズ

ポルショバの優先的ニーズについて、21 項目を提示し、その中から 8 項目を選定してもらった。さらに、8 項目から、優先度に応じて 1 番から 3 番まで優先順位をつけてもらった。もっとも優先度が高かった上位 3 つは、「生産能力の向上」(64 回答)、「配水管網の拡張と更新」(39 回答)、「生産井及びポンプの運営・維持管理」(37 回答)であった。

表 6.40 優先的ニーズ

ニーズ	ポルショバ数	%
生産能力の向上	64	46.4%
配水管網の拡張と更新	39	28.3%
生産井とポンプ	37	26.8%

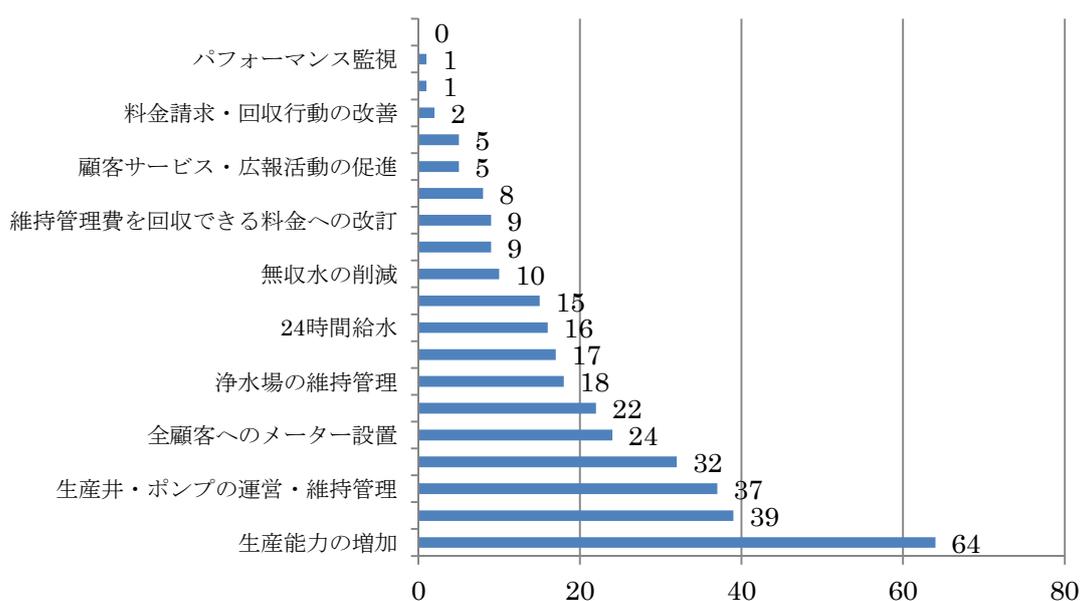


図 6-7 優先的ニーズ

(2) 既存の水道施設整備地域以外の水道拡張とメータ設置の必要性

ほとんどすべてのポルショバは、既存の水道施設整備地域以外の地域への水道事業サービスが必要と回答している。また、水道メータによる従量料金制への移行については、87%のポルショバが必要であると回答している。

表 6.41 水道事業とメータ設置の必要性

水道施設未整備地域における施設整備の必要性	134
顧客への水道メータの設置と従量料金制を基にした支払い	120

(3) 住民の世帯収入レベルと支払可能額

住民の世帯収入レベルは月額平均で 10,515 タカであり、支払可能額は月額平均 201 タカであった。支払可能額の世帯収入に対する割合は、平均で 2.2%となっている。ただし、この回答自体はポルショバ職員による回答であり、実際の住民へのインタビュー調査を基にしたものではないため、ここでは参考として記載するに留める。

表 6.42 住民の世帯収入レベルと支払可能額

項目	平均	最大	最小
平均世帯年収 / 月 (TK)	10,515	50,000	2,000
水道サービスに係る住民の支払可能額 (TK)	201	1,000	50
水道サービスに係る住民の支払可能額の世帯収入に占める割合 (%)	2.2	10	0

6.3.9 過去及び現在実施中のプロジェクト

過去及び現在実施中のプロジェクトに関しては、第9章を参照のこと。

6.4 水道施設未整備地域における水源及びその開発ポテンシャル

6.4.1 水道施設未整備地域における水源及びその開発ポテンシャルの要約

ポルショバの優先的ニーズ（回答）は、上位から「生産能力の向上」（64）、「配水管網の拡張と更新」（39）、「生産井及びポンプの運営・維持管理」（37）であった。水道施設が未整備地域における地下水源の開発ポテンシャルについて、深井戸の場合、乾季に十分な水量が確保できないポルショバは8ポルショバあった。一方、深井戸水源の水質は、ヒ素汚染（5%）は限定的であったものの、鉄汚染（77%）、塩分汚染（15%）があげられている。水道事業の水源として、深井戸に高い開発ポテンシャルがあると評価したポルショバは、整備済ポルショバで82、未整備ポルショバで83であった。約4%は深井戸の可能性がないと回答している。地表水源（河川）については、61%のポルショバが付近に利用可能な河川があると回答している。

6.4.2 水道施設未整備地域における水利用現況

(1) 既存の水源数

既存の水源の種類と数について確認を行った。水道施設の有無にかかわらず、浅井戸が圧倒的に多く、平均すると1ポルショバあたりおおよそ2,500-3,500箇所になる。水道施設が整備されているポルショバでは、未整備のポルショバに比べて深井戸の水源数が平均で314箇所と2倍程度多い。

表 6.43 既存の利用水源数

水 源	水道整備ポルショバ		水道未整備ポルショバ	
	平均	最大	平均	最大
(1) 河川水	0.6	5	0.5	3
(2) リング/手掘り井戸	145	420	18	71
(3) 浅井戸	3,643	32,200	2,673	11,700
(4) 深井戸	314	7,800	139	1,500
(5) 溜池	146	1,013	135	1,138
(6) 溜池ため池ろ過施設	16	20	27	100

(2) 安全でない飲料水を利用している住民割合

ヒ素に汚染された飲料水を飲んでいる住民は、全体の平均で7-10%になるが、その差は0-90%と大きい。非衛生的な飲料水源（細菌等混入）に依存している住民は、平均するとポルショバ全

体の約9-11%になるが、上記と同様、ポルショバによってその格差は0-85%と幅がある。

表 6.44 安全でない飲料水を利用している住民割合

項目	水道整備ポルショバ			水道未整備ポルショバ		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小
ヒ素汚染の飲料水源を利用している人口割合 (%)	7.3	90.0	0.0	10.0	90.0	0.0
非衛生的な飲料水源を利用している人口割合 (%)	11.4	85.0	0.0	9.3	80.0	0.0

(3) 水道施設未整備地域での一般家庭での飲料水処理方法

64%のポルショバが、水道施設未整備地域での一般家庭用飲料水は未処理のまま飲んでしていると回答している。処理する場合、ろ過（95回答）や煮沸（77回答）が主要な方法となっている。

表 6.45 一般家庭での飲料水処理方法

処理方法	水道整備ポルショバ	水道未整備ポルショバ
未処理	82	120
煮沸	38	39
塩素消毒	2	2
ろ過	39	56

6.4.3 源の開発ポテンシャル

(1) 地下水源

(a) 地下水源の水量

飲料水として十分な水量を確保できないと回答したポルショバは、次表の通りである。浅井戸の場合、約半数のポルショバで乾季には十分な水量が確保できないと回答している。一方、深井戸の場合、6ポルショバのみが乾季に水量を十分に確保できないと回答している。

表 6.46 不十分な地下水源の水量

井戸	水道整備ポルショバ		水道未整備ポルショバ	
	夏季	冬季	夏季	冬季
浅井戸	69	11	85	19
深井戸	6	0	2	5

(b) 地下水源の水質

地下水源の水質問題をみると、浅井戸では「鉄」（65%）、「ヒ素」（34%）、「塩分」（9%）がポルショバに認識されている。一方、深井戸では、「鉄」（77%）、「塩分」（15%）、「ヒ素」（5%）の順になっている。全般的に「鉄」濃度の高さが問題として広範にあげられている。

表 6.47 地下水源の水質

水質項目	水道整備ポルシヨバ		水道未整備ポルシヨバ		全ポルシヨバ	
	数	%	数	%	数	%
浅井戸						
ヒ素汚染	45	33	62	35	107	34
鉄汚染	87	63	117	66	204	65
塩分汚染	16	12	13	7	29	9
深井戸						
ヒ素汚染	5	4	2	1	7	5
鉄汚染	58	42	48	35	106	77
塩分汚染	8	6	13	9	21	15
深井戸 (2種類以上の複合汚染)						
ヒ素・鉄汚染	4	3	2	1	6	2
鉄・塩分汚染	5	4	9	5	14	4
ヒ素・塩分汚染	1	1	2	1	3	1
全て (ヒ素、鉄、塩分汚染)	1	1	2	1	3	1

(c) 地下水源の低下

地下水位が低下していると回答したポルシヨバは、浅井戸の場合 73%、深井戸の場合 48%であった。

表 6.48 地下水源の低下

分類	水道整備ポルシヨバ	水道未整備ポルシヨバ
浅井戸	96	136
深井戸	78	73

(d) 水道事業のための水源評価

浅井戸の場合、水道事業の水源としての可能性が高いと回答したポルシヨバは、13%であった。一方、深井戸の場合、約半数のポルシヨバが水源として可能性が高いと評価している。

表 6.49 水道事業のための水源評価 (地下水源)

分類	水道整備ポルシヨバ			水道未整備ポルシヨバ		
	高い	中程度	なし	高い	中程度	なし
浅井戸	9	58	58	33	84	57
深井戸	82	37	4	83	27	4

(2) 地表水源 (河川)

(a) 水道事業のための水源評価

ポルシヨバの付近に河川があると回答したのは、192 ポルシヨバである。その中で、乾季にも十分な水量があると答えたところは、128 ポルシヨバであった。ポルシヨバの河川水の水源評価は、「高い」(61 ポルシヨバ)、「中程度」(79 ポルシヨバ)、「可能性なし」(50 ポルシヨバ) であ

った。

表 6.50 地表水源（河川）の利用可能性

項目	水道整備 ポルシヨバ		水道 未整備 ポルシヨバ		全ポルシヨバ	
	数	%	数	%	数	%
ポルシヨバ付近に河川なし	48	35	74	42	122	39
ポルシヨバ付近の河川あり	90	65	102	58	192	61
ポルシヨバ付近の河川あり (不十分な水量：夏季)	26	19	38	22	64	20
塩水遡上をうける河川	9	7	20	11	29	9

表 6.51 水道事業のための水源評価（地表水水源（河川））

	水道整備ポルシヨバ			水道未整備ポルシヨバ		
	高い	中程度	なし	高い	中程度	なし
評 価	33	39	29	28	40	31

(3) 水源の水質問題があるポルシヨバ

地下水源、地表水（河川水）源の水質問題があるポルシヨバについて、次表に要約した。

表 6.52 地下水源の水質問題があるポルシヨバリスト

ポルシヨバ	管区	県	水道整備	As (深井戸)	Fe (深井戸)	塩分 (深井戸)	塩分 (河川)
Nagarkanda	Faridpur	Dhaka	None		○	○	
Kutalipara	Gopalganj	Dhaka	Yes		○	○	
Goshairhat	Shariatpur	Dhaka	None		○	○	
Shibchar	Madaripur	Dhaka	None		○	○	
Barguna	Barguna	Barisal	Piped		○	○	○
Gouranadi	Gouranadi	Barisal	Piped		○	○	
Kuakata	Patuakhali	Barisal	None		○	○	○
Kalapara	Patuakhali	Barisal	Piped		○	○	○
Meherpur	Meherpur	Khulna	Piped	○	○	○	
Manirampur	Jessore	Khulna	None		○	○	
Kalaroa	Satkhira	Khulna	None	○	○	○	
Satkhira	Satkhira	Khulna	Piped	○	○		
Chuadanga	Chuadanga	Khulna	Piped	○	○		
Moheshkhali	Cox's Bazar	Chittagong	None		○	○	
Hatia	Noakhali	Chittagong	None	○	○	○	○
Senbagh	Noakhali	Chittagong	None		○	○	

注釈：○は問題のあるポルシヨバの水質項目

表 6.53 地表水（河川水）源の水質問題があるポルショバリスト

ポルショバ	管区	県	塩分（河川）
Gopalganj	Gopalganj	Dhaka	○
Tongipara	Gopalganj	Dhaka	○
Patharghata	Barguna	Barisal	○
Kalapara	Patuakhali	Barisal	○
Betagi	Barguna	Barisal	○
Barguna	Barguna	Barisal	○
Daulatkhan	Bhola	Barisal	○
Kuakata	Patuakhali	Barisal	○
Mathbaria	Pirojpur	Barisal	○
Chalna	Khulna	Khulna	○
Paikgacha	Khulna	Khulna	○
Narail	Narail	Khulna	○
Kalia	Narail	Khulna	○
Bagerhat	Bagerhat	Khulna	○
Morolganj	Bagerhat	Khulna	○
Monglaport	Bagerhat	Khulna	○
Teknaf	Cox'sBazar	Chittagong	○
Hatia	Noakhali	Chittagong	○
Shandia	Chittagong	Chittagong	○

注釈：○は問題のあるポルショバの水質項目

(4) 水質に問題のあるポルショバのマップ

次図に水質に問題のあるポルショバのマップを示す。

図 6.8：浅井戸の主たる水質問題点

図 6.9：深井戸の主たる水質問題点

図 6.10：ポルショバにおける非衛生的な水の給水割合

(5) 水源ポテンシャルを示すポルショバマップ

図 6.11：浅井戸水源ポテンシャル

図 6.12：深井戸の水源ポテンシャル

図 6.13：地表水（河川水）の水源ポテンシャル

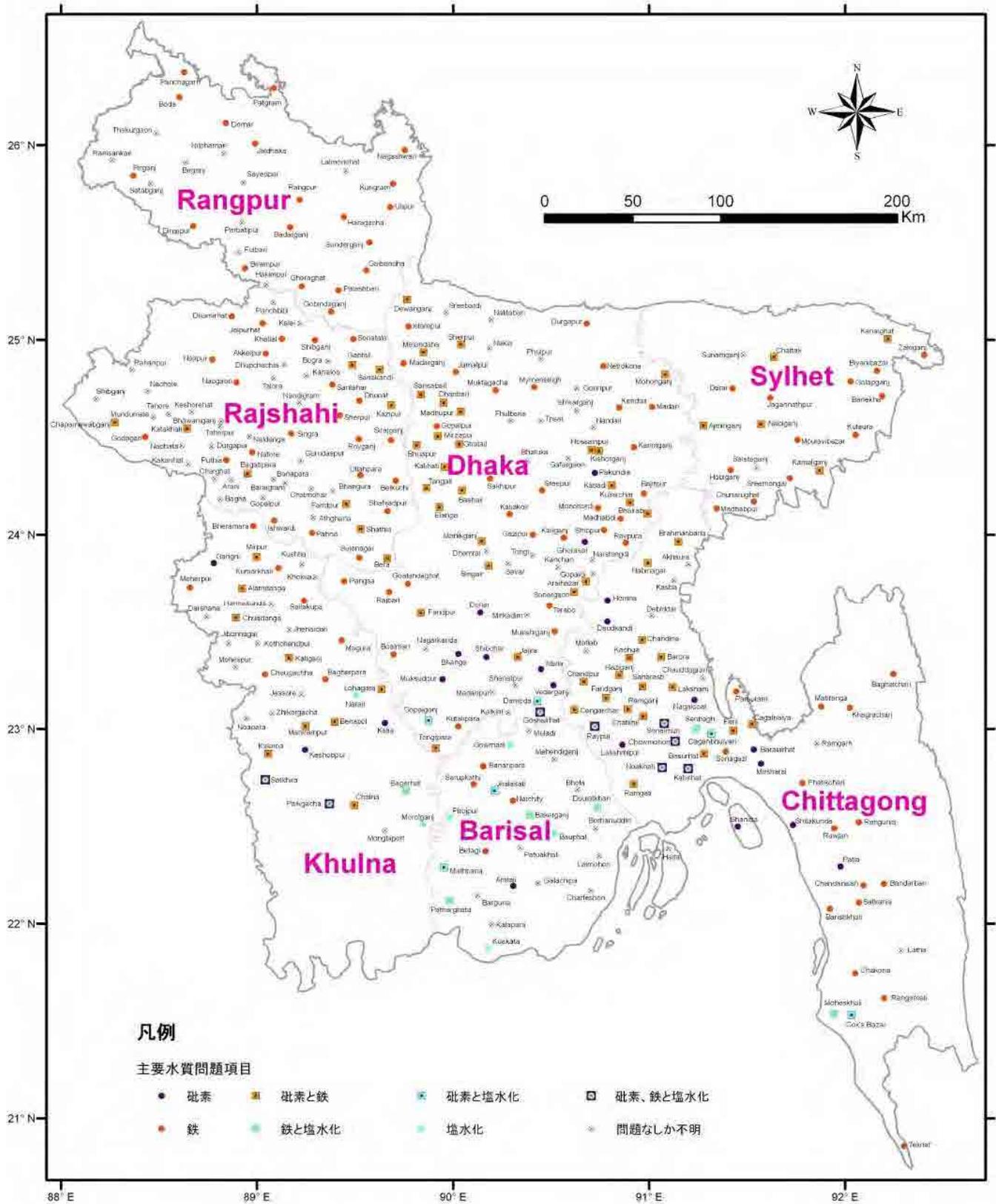


図 6-8 浅井戸の主たる水質問題点

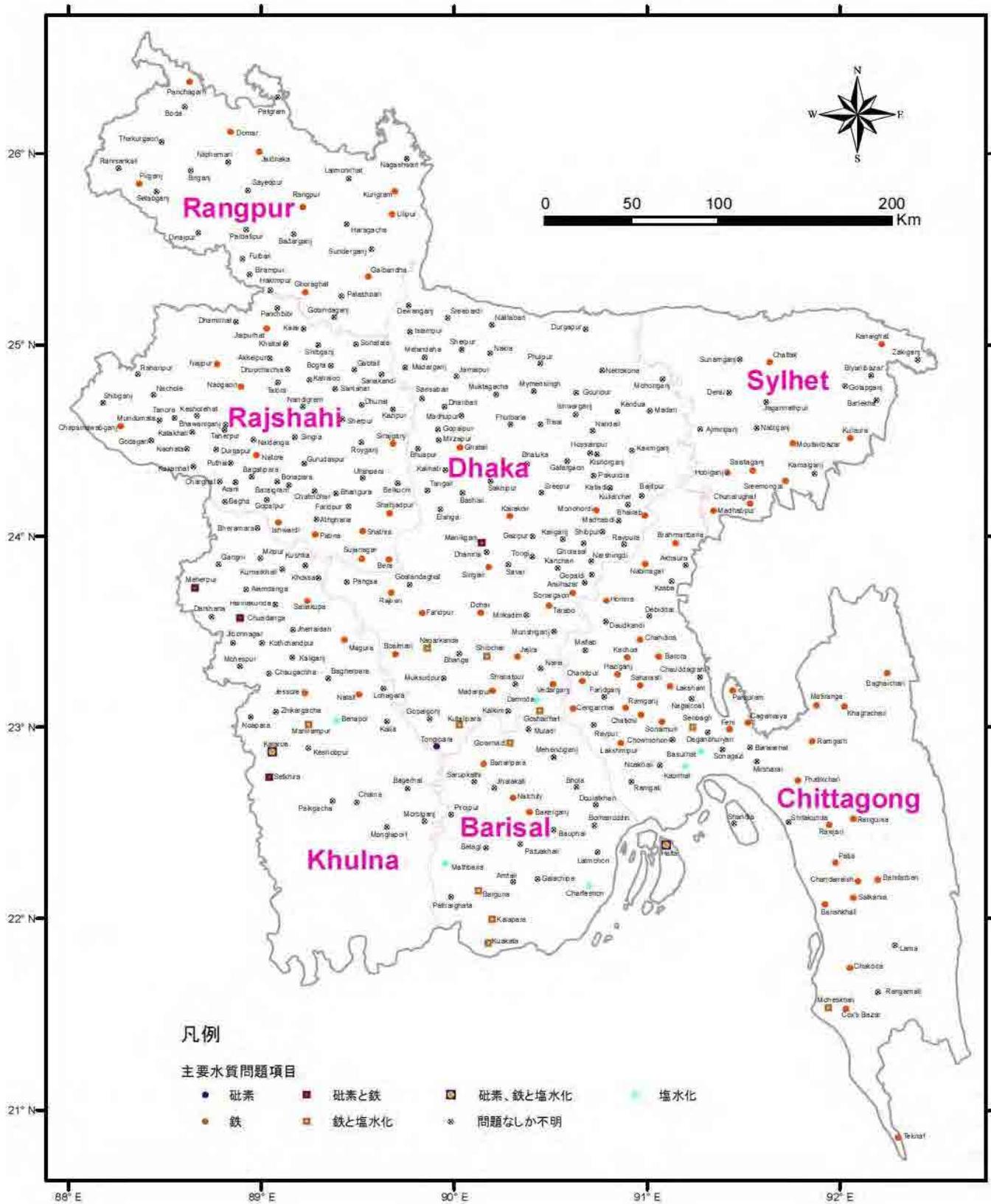


図 6-9 深井戸の主たる水質問題点

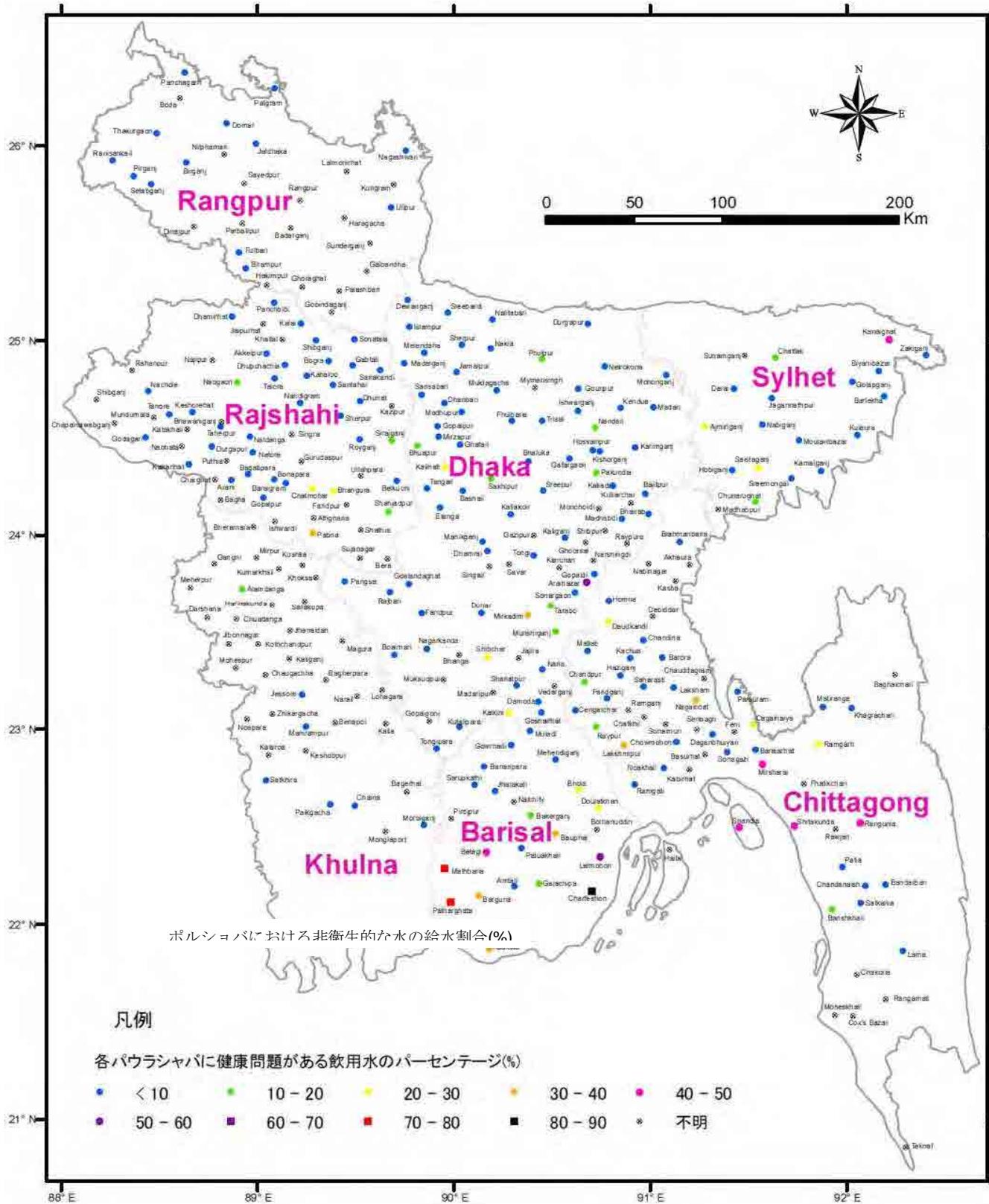


図 6-10 ポルシヨバにおける非衛生的な水の給水割合

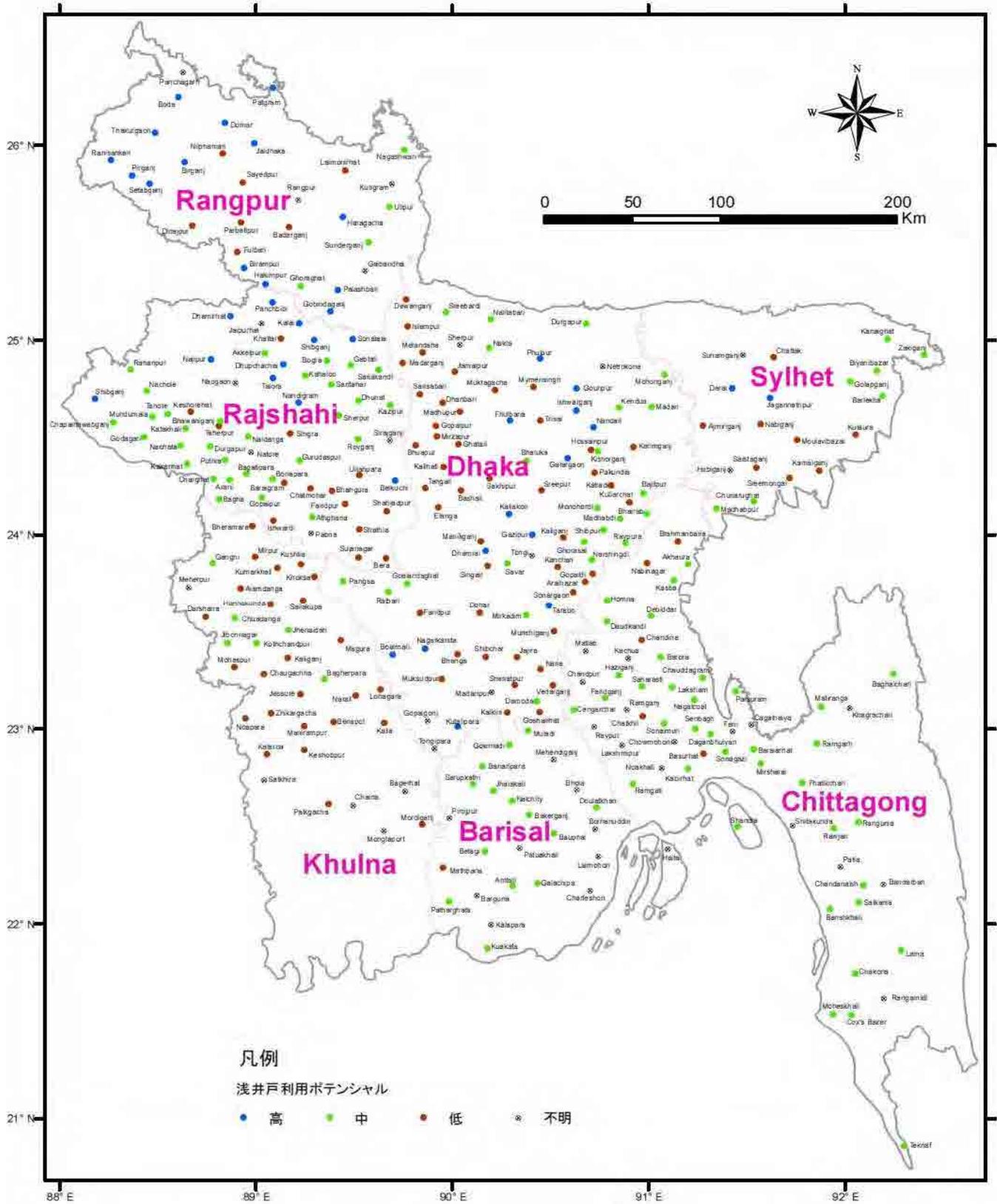


図 6-11 浅井戸水源ポテンシャル

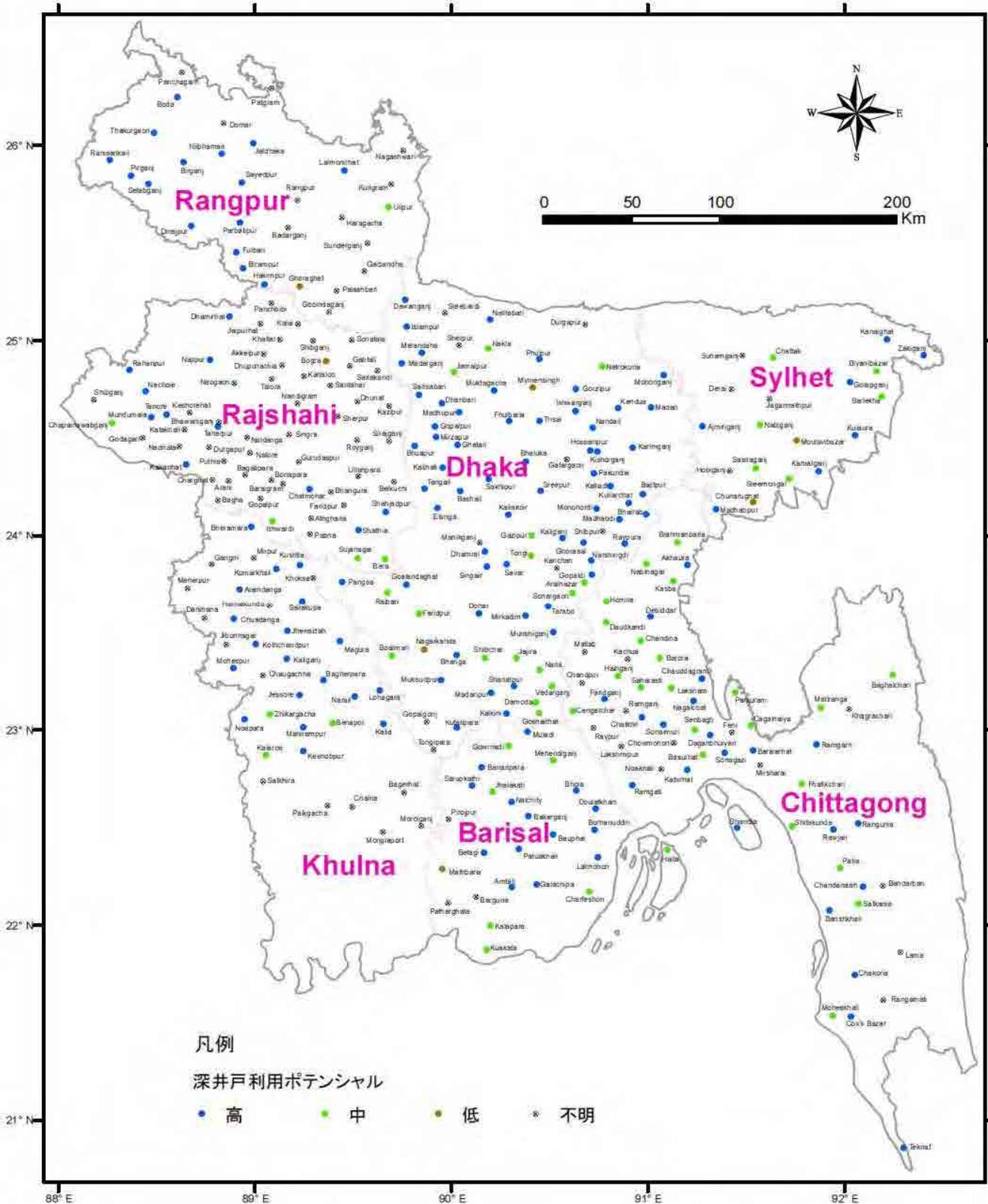


図 6-12 深井戸の水源ポテンシャル

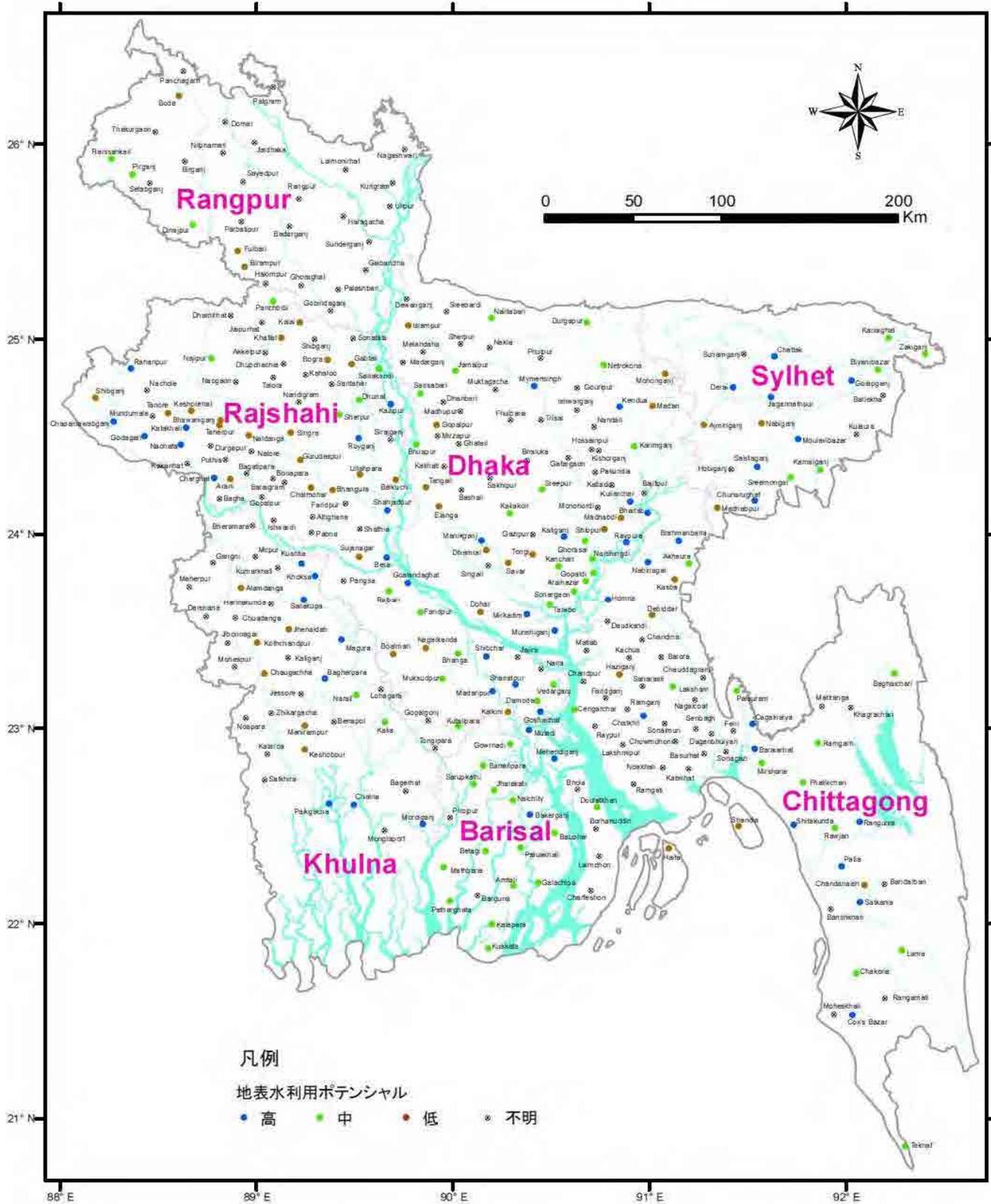


図 6-13 地表水（河川水）の水源ポテンシャル

