

砒素汚染地下水の灌漑への利用減少による  
農地土壌と作物の砒素汚染軽減に関する実践的な研究

【日本NGO連携無償資金協力事業「ジナイダ県の地下水灌漑に依存しない持続的農業推進事業～砒素汚染問題の根本的な解決を目指して～」  
(2017.7~2020.9)の砒素調査報告書】

2020年9月

アジア砒素ネットワーク (AAN)

## 目 次

### 背景

#### 第 1 章 灌漑井戸の砒素汚染調査

- 1.1 調査方法
- 1.2 結果と考察
- 1.3 フィールドキット測定結果の照査
- 1.4 アンケート調査結果

#### 第 2 章 ガンナ村における灌漑井戸設置

- 2.1 適正地調査
- 2.2 灌漑井戸の建設
- 2.3 設置された灌漑井戸の改良工事

#### 第 3 章 砒素汚染の水－土－食物連鎖に関する調査

- 3.1 水、土、作物のサンプリング
- 3.2 土、野菜、肥料の砒素分析のための前処理
- 3.3 結果と考察灌漑用水、土壌、米粒における砒素濃度の相関性
  - 3.3.1 土壌中の鉛直方向の砒素濃度分布
  - 3.3.2 土壌表面部分の砒素汚染
  - 3.3.3 灌漑用水の砒素濃度と土壌中の砒素汚染濃度との関係
  - 3.3.4 灌漑用水、土壌、米粒における砒素濃度の相関性
  - 3.3.5 ボロ米とアモン米に含まれる砒素の濃度比較
  - 3.3.6 灌漑用水の調査、研究のために取り付けられた水量計について

#### 第 4 章 砒素汚染の食物連鎖に関する研究

- 4.1 冬季野菜の含有砒素
- 4.2 水－土－野菜中の砒素濃度の相互関連性

4.3 市場の野菜中の砒素濃度

4.4 種子中の砒素濃度

## 第5章 肥料中の砒素濃度調査

5.1 ミミズ堆肥中の砒素濃度

5.2 化学肥料中の砒素濃度

## 第6章 塩化ビニール管を使った灌漑水の送水実験

## 第7章 地下水 - 土壌 - 食物連鎖による砒素汚染

## 第8章 推奨と結論

## 付録

- 1) 灌漑用水の許容砒素濃度について
- 2) 農用土壌の許容砒素濃度について
- 3) 野菜の許容砒素濃度について
- 4) 種子の許容砒素濃度について
- 5) 肥料中の許容砒素濃度について

## 背 景

バングラデシュには 1 億 7000 万人の人がわずか 147,000km<sup>2</sup>の国土に住んでいる。この 20 年間で地下水砒素汚染は悲惨な健康問題を引き起こしてきた。現時点でもなお 1,900 万人の人々が砒素汚染された飲料水（バングラデシュの許容砒素濃度、As=0.05mg/L 以上の地下水）を飲んでいる。一方、過去 30 年の間に地下水の灌漑利用が急増し、数 10 万の灌漑井戸が設置されてきたが、その大部分が砒素に汚染されているのである。これは作物の砒素汚染につながり、数百万人の健康被害を起こすこととなる。この健康被害のリスクを減らすために、AAN は SAP プロジェクトの一環として、「砒素汚染地下水の灌漑への利用減少による農地土壌と作物の砒素汚染軽減に関する実践的な研究」をジナイダ県で行った。本報告書はその結果を示すものである。

ジナイダ県はバングラデシュの南西に位置し、ガンジス川の氾濫原の中にある。地下水は飲料水として、また灌漑用水として用いられている。農産物としてはコメ、ジュート、麦、サトウキビ、豆類、辛子の他、各種の野菜が産出されている。また、これらの栽培にあたっては多くの化学肥料や殺虫剤が用いられている。

## 第 1 章 灌漑井戸の砒素汚染調査

### 1.1 調査方法

プロジェクト対象地における灌漑井戸の砒素汚染状況を把握するため、ランダムに 328 個の灌漑用水を選んだ。その詳細を砒素汚染結果とともに表-1 に示している。

砒素濃度は簡易測定器（HACH）で行われ（写真-2）、農民へのインタビューを通じて作付け方法や SAP への関心などを調べた（写真-3）。なお、HACK データは AAN 実験室にある原子吸光度計によりその精度を検証されている（写真-4）。



Photo 1: Sampling water from an irrigation well



Photo 2: Conducting field arsenic test using HACH kit



Photo 3: Conducting an interview on a farmer

## 1.2 結果と考察

表-1 に示すように、328 の灌漑井戸中 306 井戸(93 %)が砒素汚染なし、22 井戸 (7%) が農業用水の許容基準 0.05mg/L (付録 1 参照) を超えていた。これらの結果は農民に周知された。

Table 1: Summary of the arsenic test results

Upazila	Union	No. of villages surveyed	No. of irrigation wells surveyed	No. of arsenic safe wells	No. of arsenic contaminated wells	Contamination (%)
Jhenaidha Sadar	Ganna	6	25	22	3	12.0
	Kalicharanpur	5	22	20	2	9.1
	Kumrabaria	2	6	4	2	33.3
	Paurashava	6	24	24	0	0.0
	Porahati	9	50	40	10	20.0
	Surat	2	13	13	0	0.0
<b>Sub total</b>	<b>6 Unions</b>	<b>30</b>	<b>140</b>	<b>123</b>	<b>17</b>	<b>12.1</b>
Kaligonj	Roygram	2	15	15	0	0.0
	Simla Rokonpur	5	92	92	0	0.0
	Sundarpur Durgapur	4	11	11	0	0.0
<b>Sub total</b>	<b>3 Unions</b>	<b>11</b>	<b>118</b>	<b>118</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
Kotchandpur	Baluhar	7	34	33	1	2.9
	Elangi	1	10	10	0	0.0
	Kushna	2	12	8	4	33.3
	Paurashava	5	14	14	0	0.0
<b>Sub total</b>	<b>4 Unions</b>	<b>15</b>	<b>70</b>	<b>65</b>	<b>5</b>	<b>7.1</b>
<b>Total</b>	<b>13 Unions</b>	<b>56</b>	<b>328</b>	<b>306</b>	<b>22</b>	<b>6.7</b>

### 1.3 フィールドキット測定結果の照査

306 井戸の測定のうち、25 サンプルについて原子吸光度計とチェックを行なった。結果を図-1 に示す。相関係数 (R) は 0.85 と高く、HACK の測定値は信頼性があると言える。



Photo 4: Measuring arsenic by AAS

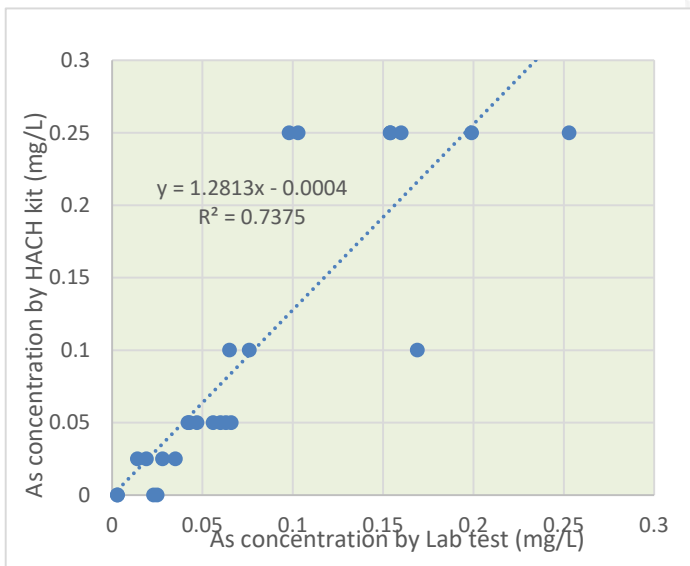


Fig. 1: Comparison of arsenic concentrations between HACH kit and AAN Laboratory analysis

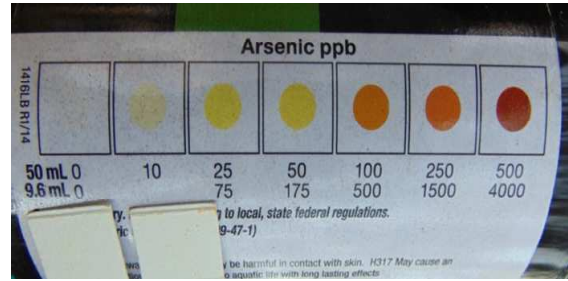
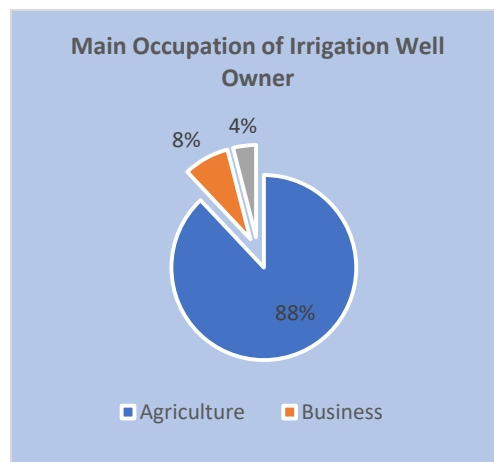
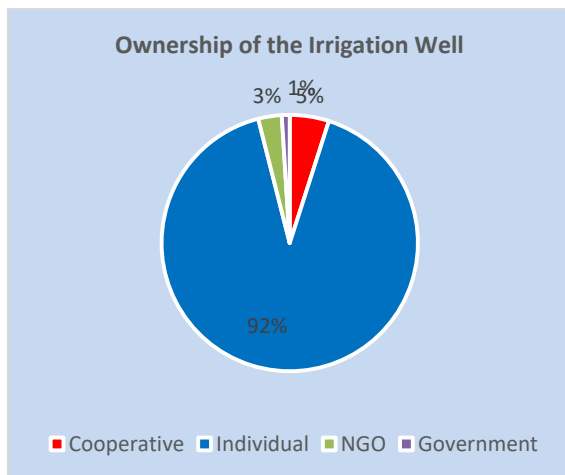
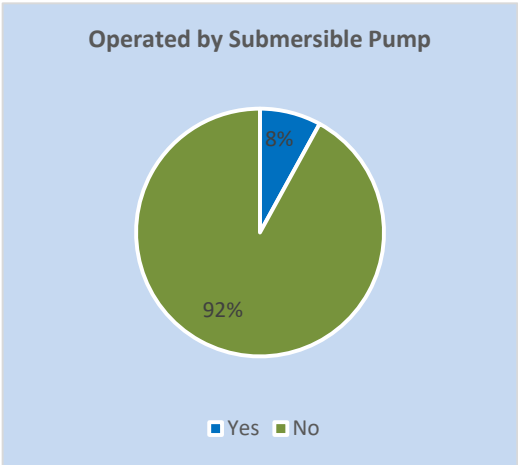
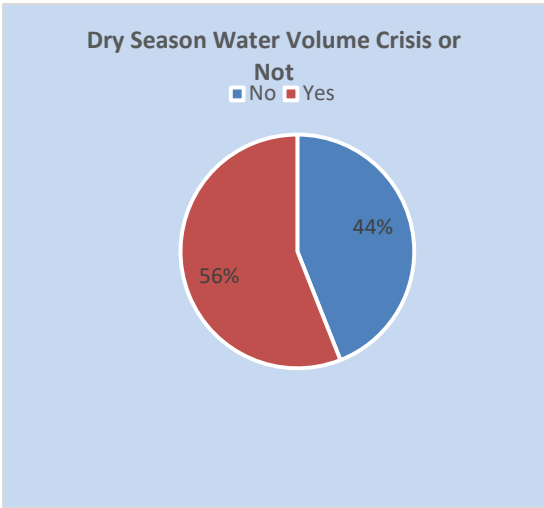
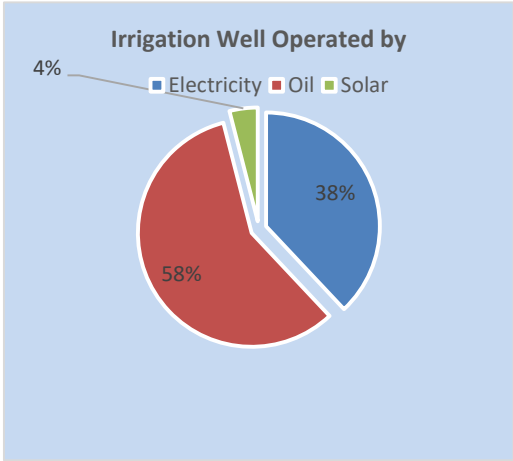
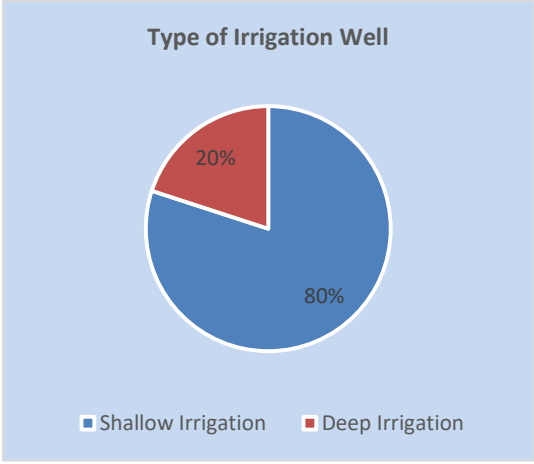
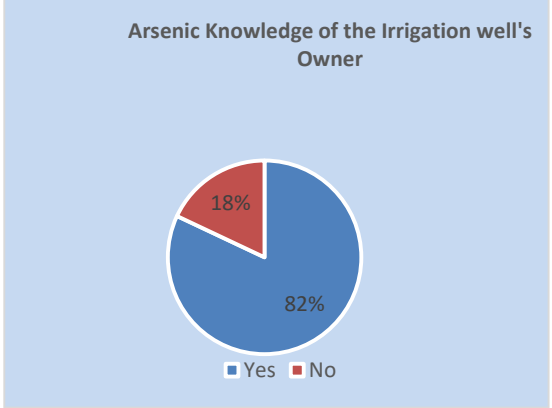
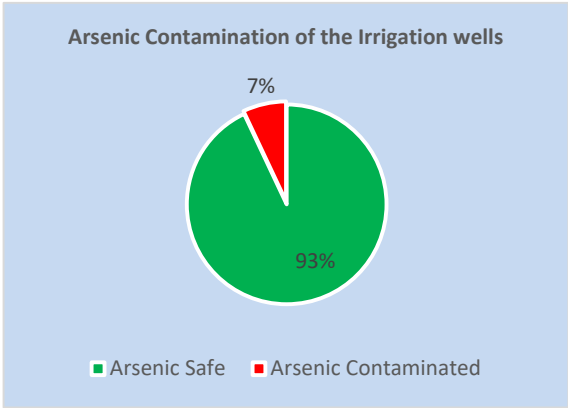


Photo 5: Color Chart of HACH arsenic test kit

### 1.4 アンケート調査結果

重要な知見が農民へのインタビューから下図に示すように得られている。





## 第2章 ガンナ村における灌漑井戸設置

### 2.1 適正地調査

本プロジェクトでは灌漑用の井戸を1本掘るようになっており、村人のニーズから、その場所はジナイダ県シヨドルシヨドル郡ガンナ村に決定された。砒素を含まなくて、揚水量が豊富な水源を見つける必要がある。そのため、ガンナ村の既往の井戸を調べて、適地調査を行った。参考にした井戸を表-2に示す。

Table 2: Results of the suitability evaluation of Ganna irrigation well

Sl	Well Owner	Location	Well Type	Installation year	Depth (ft)	Filter Screen (ft)	GPS Location		Arsenic (µg/L)
							(N)	(E)	
1	Jamal Uddin	Ganna	D-STW	2005	120	100-120	23.46931	89.08898	< 10
2	Amzad Hossain	Ganna	I-STW	2017	130	100-130	23.46964	89.08759	<10
3	Dayud Hasan	Ganna	I-DTW	2013	280	190-280	23.46700	89.08589	< 10



Photo 6: Installing Irrigation DTW in Ganna village

**Note:** 1) D-STW= Drinking shallow tubewell, 2) I-STW= Irrigating shallow tube well, 3) I-DTW = Irrigation deep tube well. Water was collected from nearby tube well of the place where irrigation well is planned. Data of the blue-highlighted site was taken into consideration in selecting the site for new irrigation well by farmers.

### 2.2 灌漑井戸の建設

適地調査の結果、ガンナ村バシ集落に深井戸が設置されることとなった（図-6 参照）。地下水の砒素濃度は0.038mg/Lであり、地質構造は図-2に示す通りのものであった。



Fig. 2: Geological log-sheet of the installed Ganna irrigation well

Depth (ft)		Type of Soil	Color	Soil Type	Well Design	Comments	
To	From			Symbol			
		1) Clay 2) Hard Soil 3) Silty Clay 4) Plastic Soil 5) Fine Sand 6) Medium Sand 7) Coarse Sand 8) Gravel	1) White 2) Black 3) Peat 4) Red 5) Yellow 6) Gray 7) Brown 8) Greenish brown 9) Yellowish gray				
0	6	Silt	Little Brown			A. 6" Housing Pipe (78 ft.) B. 4" GI Colum pipe (60 ft.) C. Submercible pump (attached with bottom of GI pipe at 65 ft.)	
6	24	Silty Clay					
24	39	Very Fine Sand	White				
39	168	Medium Sand	Gray				4" Pipe (102 ft.)
168	225	Coarse Sand	Gray				Stainer (67')
225	249	Medium Sand	Gray-Black				
249	255	Medium Sand with Clay mix					
255	300	Medium Sand	Gray				Sand Trap (10')

### 2.3 設置された灌漑井戸の改良工事

深井戸の水をそのまま灌漑に使うのではなくて、一旦、貯水タンクにためてそこからビニールパイプで田畑に灌漑するというシステムが付加された。また、井戸のそばに雨水集水タンクも建設され、同タンク水もそのパイプで配水される。そのような改良工事を行った（写真-7参照）。



Photo 7: water supply from rainwater reservoir tanks to neighboring lands in Ganna village

### 第3章 砒素汚染の水－土－食物連鎖に関する調査

#### 3.1 水、土壌、作物のサンプリング

①水のサンプリング：プロジェクト対象地区において、砒素汚染の高い、中程度、低い灌漑井戸をそれぞれ1つずつ選定した。砒素濃度はそれぞれ、約0.17mg/L、0.04mg/L、0.01mg/Lである（表-3参照）。

②土壌のサンプリング：これら3つの灌漑井戸を使用している水田に関して、水田土壌中の砒素濃度を調べた。深さ1mまで0.2m間隔毎である（地表面を入れて6点）。高濃度砒素汚染（Area 1）に関してはサンプル採取地点は4ヶ所である。なお、1つの地点の近傍で3ヶ所から土サンプルを採取している。データにばらつきができれば、その平均値を求めるためである。Area 1に関して、土のサンプル数は $4 \times 3 \times 6 = 72$ となる。中濃度（Area-2）に関しては、サンプル地点は3ヶ所であり、サンプリングの方法はArea 1と同じである。低濃度に関してはデータのばらつきを処理するための「近傍での3ヶ所サンプリング」は行っていない。

③作物のサンプリング：収穫後に米粒が10種類サンプリングされた（後出の表-6参照）。

なお、以上のサンプリングは5回（2018, 2019, 2020の乾季、および2018, 2019の雨季）行なわれている。

Table 3: Description of the soil samples collected

Sl	Upazila	Type of contamination area	No. of targeted lands	No. of vertical samples	No. of soil samples collected
1	Jhenaidah Sader	High arsenic in irrigation well water: Area-1 (As=0.165-0.175mg/L)	4 lands (12 spots)	6	72
2	Kotchandpur	Medium arsenic in irrigation well water: Area-2 (As=0.043-0.045mg/L)	3 lands (9 spots)	6	54
3	Kaligonj	Low arsenic in irrigation well water site: Area-3 (As=0.002-0.015mg/L)	3 lands (3 spots)	6	18
Total number of collected soil samples					144

- During the total 3 years project period, collected soil samples (144) total 5 times (dry season 2018, rainy season 2018, dry season 2019, rainy season 2019 and dry season 2020) and monitored arsenic concentration.

### 3.2 土、野菜、肥料の砒素分析のための前処理

サンプルを乾燥させたうえで、粉末化する。それを約1gとって、硝酸と過酸化水素溶液に入れて分解する。その分解溶液を蒸留水で希釈して、100mL溶液を作成する。それをフィルター紙でろ過して、原子吸光時計で砒素濃度を測定する（写真-8,9参照）。



Photo 8: Digesting soil samples



Photo 9: Processing soil samples for arsenic test

### 3.3 結果と考察

#### 3.3.1 土壌中の鉛直方向の砒素濃度分布

灌漑用水の高濃度汚染水田（Area-1）、中濃度汚染水田（Area-2）、低濃度汚染水田（Area-3）における水田土壌中の砒素濃度を表-4に示す。同表より以下の事柄が認められる。:

- 1) Area-1 水田土壌中の地表面では砒素濃度は 10~55mg/kg と高い汚染を示している。
- 2) Area-2 では 9~15 mg/kg であり、中程度の砒素汚染を示している。
- 3) Area-3 では 3~7mg/kg であり、汚染はないと言ってよい。

Area-1 の土壌の砒素汚染は灌漑用水が原因していると考えられる。また、Area-1 の土壌汚染に関して、深さ方向の濃度分布を図-3 に示す。地表面から深さ方向に濃度が低下していることがよくわかる。

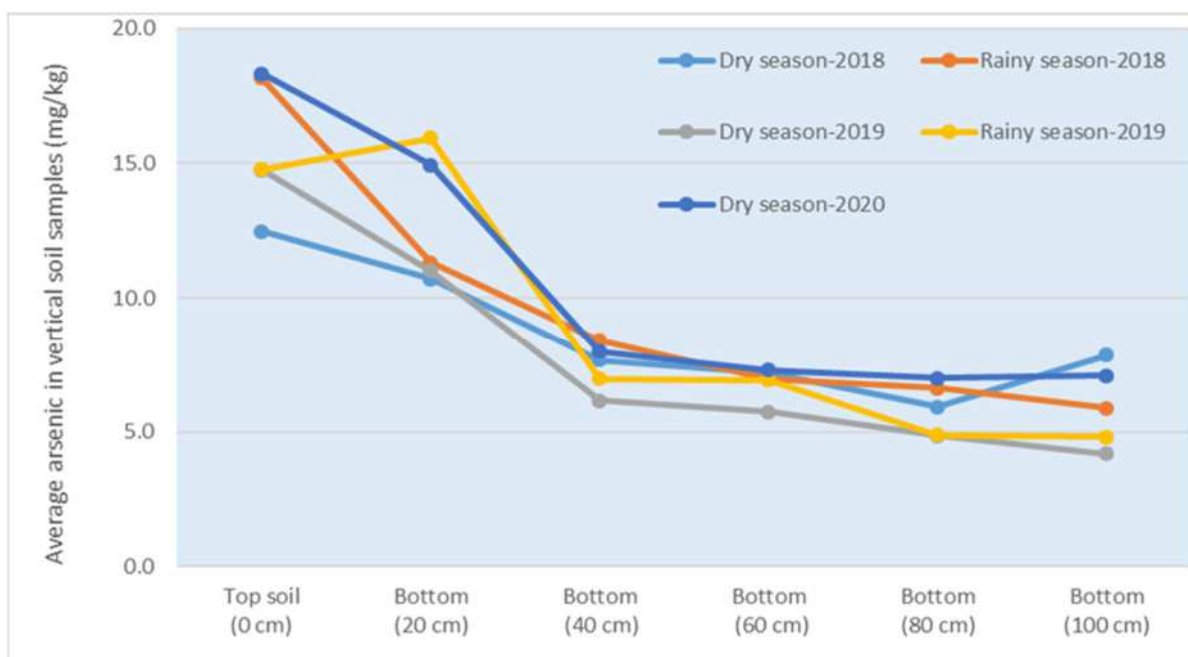


Fig. 3: Vertical distribution of average arsenic contamination in soil samples in Area-1, tested in five times (three dry and two rainy seasons)

Table 4: Arsenic concentration in soil samples collected in 2018, 2019 and 2020

Sl. No	Sampling Area	Sampling Land	Sampling Point	Average Arsenic Concentration of sampling points A, B, and C (mg/kg)						
				Dry Season 2018	Rainy Season 2018	Dry Season 2019	Rainy Season 2019	Dry Season 2020		
1	Area with high arsenic in irrigation well water (Area-1)	Land-1	Top soil (0 cm)	20.6	32	25.9	31.5	31.5		
			Bottom (20 cm)	6.6	9.8	24.9	27.1	22.3		
			Bottom (40 cm)	7.4	9.1	8.4	8.1	8.2		
			Bottom (60 cm)	7.4	8.7	7.3	7.5	8.8		
			Bottom (80 cm)	8.8	3.9	3.6	4.1	7.3		
			Bottom (100 cm)	6.5	7	4.2	5.9	8.6		
		Land-2	Top soil (0 cm)	29.7	54.7	33.0	31.2	37.4		
			Bottom (20 cm)	34.5	24.1	17.4	41.4	26.5		
			Bottom (40 cm)	10.3	10	5.3	12.4	9.5		
			Bottom (60 cm)	7.3	7.7	5.3	7.2	8.6		
			Bottom (80 cm)	3.3	4.9	5.4	4.7	7.6		
			Bottom (100 cm)	3.4	4.8	1.8	4.8	9.7		
		Land-3	Top soil (0 cm)	12.9	33.1	27.9	31.1	30.9		
			Bottom (20 cm)	10.4	21.1	17.1	33.6	26.5		
			Bottom (40 cm)	7.4	6.8	5.2	8.4	10.5		
			Bottom (60 cm)	5.6	5.8	5.7	14.7	8.7		
			Bottom (80 cm)	6.4	7.2	4.5	5.3	8.4		
			Bottom (100 cm)	20	5.8	4.6	4.6	7.2		
		Land-4	Top soil (0 cm)	11.7	12.7	16.5	10.2	19.0		
			Bottom (20 cm)	7.5	12.4	15.1	22.2	15.0		
Bottom (40 cm)	9.2		10	9.1	5.2	9.0				
Bottom (60 cm)	10.4		6.9	6.3	6.7	7.6				
Bottom (80 cm)	7.6		10.2	7.7	6.3	9.9				
Bottom (100 cm)	17.6		5.7	5.9	6.4	6.7				
2	Area with medium arsenic in irrigation well water (Area-2)	Land-5	Top soil (0 cm)	11.4	11.9	9.8	11.8	15.0		
			Bottom (20 cm)	10.2	6.5	4.4	9	10.4		
			Bottom (40 cm)	7.5	5.7	4.3	7.2	5.1		
			Bottom (60 cm)	7.2	5.5	4.5	6.4	5.6		
			Bottom (80 cm)	7.2	6.1	4.7	6	5.4		
			Bottom (100 cm)	7	5.5	4.1	5.5	4.7		
		Land-6	Top soil (0 cm)	11.6	11.5	10.3	9.7	13.4		
			Bottom (20 cm)	7.9	8.5	7.6	7.1	10.8		
			Bottom (40 cm)	6.1	7	5.6	5.8	7.6		
			Bottom (60 cm)	6.1	7	4.9	6.4	5.4		
			Bottom (80 cm)	8.7	6.7	5.2	5.8	5.2		
			Bottom (100 cm)	7.6	6.9	5.6	7.3	6.7		
		Land-7	Top soil (0 cm)	9.2	15	11.4	10.9	15.1		
			Bottom (20 cm)	7.7	10	5.8	6.9	14.5		
			Bottom (40 cm)	8.4	7.6	4.9	5.1	5.3		
			Bottom (60 cm)	6.2	5.9	5.8	6	5.3		
			Bottom (80 cm)	6.8	8.5	6.3	6.4	4.7		
			Bottom (100 cm)	5.9	6.9	4.6	5	4.4		
		3	Area with low arsenic in irrigation well water (Area-3)	Land-8	Top soil (0 cm)	6.3	3.3	5.4	5.6	5.4
					Bottom (20 cm)	9.4	7.7	6.4	7.2	7.5
Bottom (40 cm)	8.7				8.1	6.2	7.5	6.7		
Bottom (60 cm)	10.5				7.4	6.7	5.5	5.5		
Bottom (80 cm)	4.2				4.4	4.4	1.4	5.0		
Bottom (100 cm)	4.5				5	5.1	1.2	8.3		
Land-9	Top soil (0 cm)			6.4	2.6	3.5	2.9	7.6		
	Bottom (20 cm)			8.7	6.1	7.0	2.5	8.6		
	Bottom (40 cm)			2.6	8.7	5.6	4.7	9.7		
	Bottom (60 cm)			5.2	7.5	5.9	5.3	8.9		
	Bottom (80 cm)			1.9	6.3	3.6	5.6	8.5		
	Bottom (100 cm)			3.2	6.6	3.8	3.3	7.9		
Land-10	Top soil (0 cm)			5	4.8	3.8	2.8	8.0		
	Bottom (20 cm)			4.1	6.8	4.4	2.3	7.4		
	Bottom (40 cm)			9.1	11.1	7.0	5.3	8.5		
	Bottom (60 cm)			6.1	7	5.2	3.5	8.5		
	Bottom (80 cm)			4.4	8	3.2	3.3	8.0		
	Bottom (100 cm)			2.9	4.5	2.2	4.2	6.6		

### 3.3.2 土壤表面部分の砒素汚染

土壤（地表）表面部分の砒素濃度は、図-4に見られるように毎年の乾季灌漑に伴って増加している。これは Area-1(Land-1~4)において著しい。

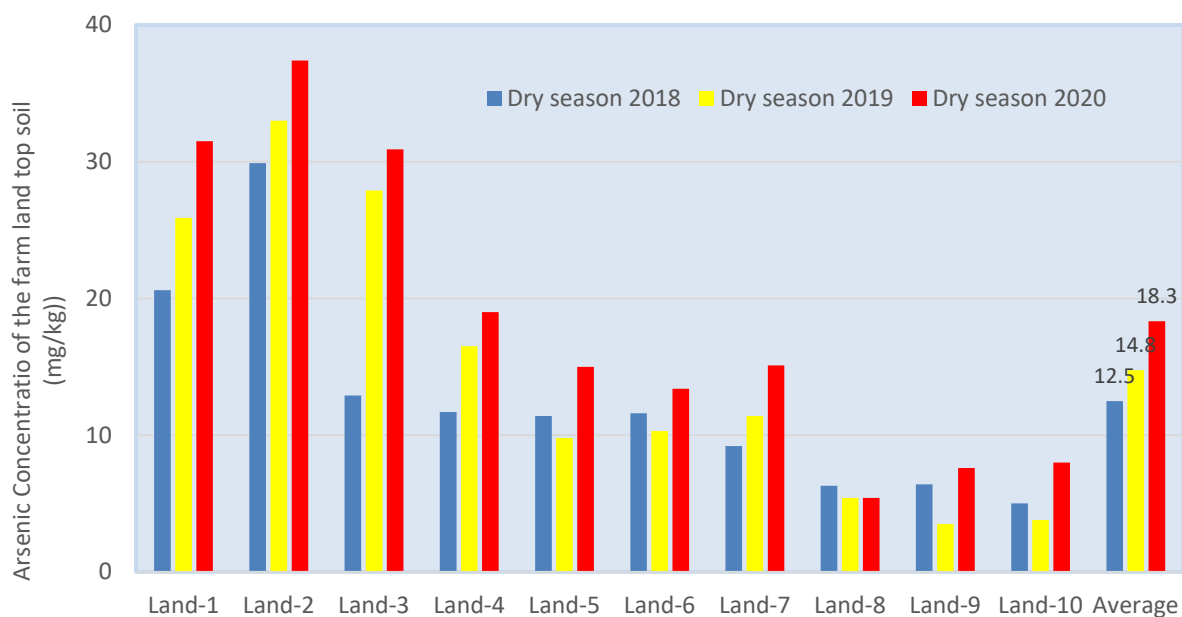


Fig. 4: Comparison of arsenic concentration of top 10 soil samples among three dry seasons

### 3.3.3 灌漑用水の砒素濃度と土壤中の砒素汚染濃度との関係

灌漑井戸水、水田水（灌漑井戸から流れ出ている水田中の水）と水田土壤地表面における砒素濃度の相互関係を表-5と図-5, 6に示している。2018~2020年における Area-1,2,3の砒素濃度平均値は約0.17mg/L、0.04mg/L、0.01mg/Lであり、水田水中の砒素濃度はそれらの値をわずかに下回っている。また、灌漑井戸水、水田水の砒素濃度が高いところでは、水田土壤の砒素濃度も高くなっており、灌漑井戸水の汲み上げが水田土壤の砒素汚染を起こしていることを明確に示している。

また、通常の地盤の砒素含有量は5~10mg/kg程度であり、Area-1でみられる20mg/kg以上の砒素濃度は高い値を示すものである（付録2参照）。これは灌漑用水によって生じたものと判断できる。また、これらの値は3年間の間に大きくなっており、水田土壤中に砒素の蓄積が起こっている。将来、水田土壤中の砒素濃度が増大していくことが懸念される。

Table 5: Arsenic concentrations in irrigation well water, farmland water and farmland soil

Sampling Location	Sampling Land	Sampling: Dry season 2018			Sampling: Dry season 2019			Sampling: Dry season 2020		
		As in irrigation water (mg/L)	As in farm land water (mg/L)	As in top soil (mg/kg)	As in irrigation water (mg/L)	As in farm land water (mg/L)	As in top soil (mg/kg)	As in irrigation water (mg/L)	As in farm land water (mg/L)	As in top soil (mg/kg)
Area with high arsenic in irrigation well water	Land-1	0.165	0.171	20.6	0.171	0.163	25.9	0.175	0.17	31.5
	Land-2	0.165	0.166	29.7	0.171	0.154	33.0	0.175	0.178	37.4
	Land-3	0.165	0.17	12.9	0.171	0.163	27.9	0.175	0.165	30.9
	Land-4	0.165	0.163	11.7	0.171	0.151	16.6	0.175	0.16	19.0
Area with medium arsenic in irrigation well water	Land-5	0.045	0.04	11.4	0.045	0.04	9.8	0.043	0.03	15.0
	Land-6	0.045	0.042	11.6	0.045	0.042	10.3	0.043	0.027	13.4
	Land-7	0.045	0.043	9.2	0.045	0.041	11.4	0.043	0.028	15.1
Area with low arsenic in irrigation well water	Land-8	0.002	0.001	6.3	0.015	0.013	5.4	0.01	0.009	5.4
	Land-9	0.002	0.001	6.4	0.015	0.012	3.5	0.01	0.009	7.6
	Land-10	0.002	0.001	5.0	0.015	0.015	3.8	0.01	0.008	8.0

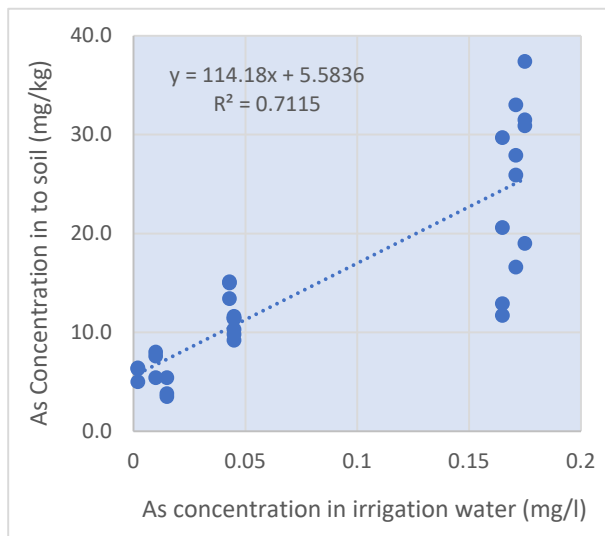


Fig. 5: Relationship of arsenic concentration between irrigation water and farmland top soil

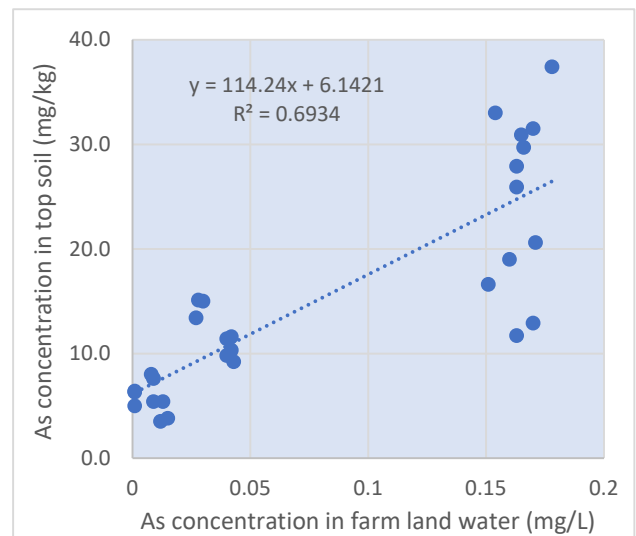


Fig. 6: Relationship of arsenic concentration between farmland water and farmland top soil



### 3.3.4 灌漑用水、土壌、米粒における砒素濃度の相関性

灌漑用水、土壌、米粒における砒素濃度の関係を表-6、図-7、8 に示す。米粒の砒素濃度は、水田水および水田土壌中の砒素濃度と相関がみられる。また、Area-1 における米粒の砒素濃度は、2020 年では 4 地区すべてで 0.444~0.583mg/kg にあり、WHO の基準値 0.35mg/kg を大きく超えている

Table 6: Arsenic concentrations in farmland water, soil and rice grain

Sampling Location	Sampling Land	Sampling: Dry season 2018			Sampling: Dry season 2019			Sampling: Dry season 2020		
		As in farm land water (mg/L)	As in top soil (mg/kg)	As in rice (mg/kg)	As in farm land water (mg/L)	As in top soil (mg/kg)	As in rice (mg/kg)	As in farm land water (mg/L)	As in top soil (mg/kg)	As in rice (mg/kg)
Area with high arsenic in irrigation well water	Land-1	0.171	20.6	0.395	0.163	25.9	0.274	0.17	31.5	0.583
	Land-2	0.166	29.7	0.335	0.154	33.0	0.271	0.178	37.4	0.532
	Land-3	0.17	12.9	0.269	0.163	27.9	0.263	0.165	30.9	0.498
	Land-4	0.163	11.7	0.333	0.151	16.6	0.213	0.16	19.0	0.444
Area with medium arsenic in irrigation well	Land-5	0.04	11.4	0.311	0.04	9.8	NC	0.03	15.0	NC
	Land-6	0.042	11.6	0.305	0.042	10.3	NC	0.027	13.4	NC
	Land-7	0.043	9.2	0.251	0.041	11.4	0.11	0.028	15.1	NC
Area with low arsenic in irrigation well water	Land-8	0.001	6.3	0.191	0.013	5.4	0.21	0.009	5.4	0.101
	Land-9	0.001	6.4	0.124	0.012	3.5	0.11	0.009	7.6	0.097
	Land-10	0.001	5.0	0.205	0.015	3.8	0.11	0.008	8.0	0.092

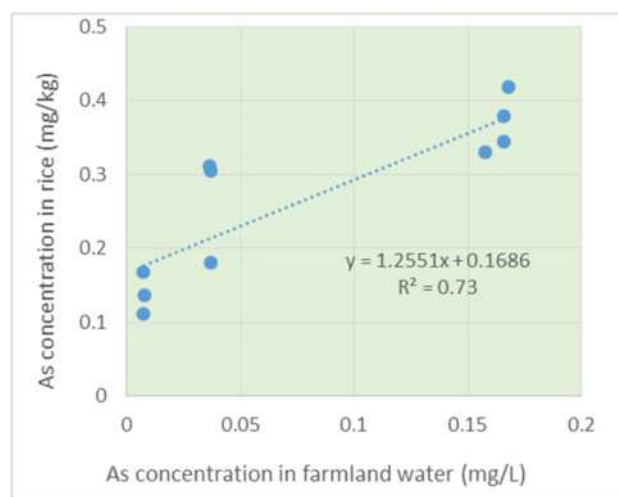


Fig. 7: Relationship of arsenic concentration between farmland water and rice grain

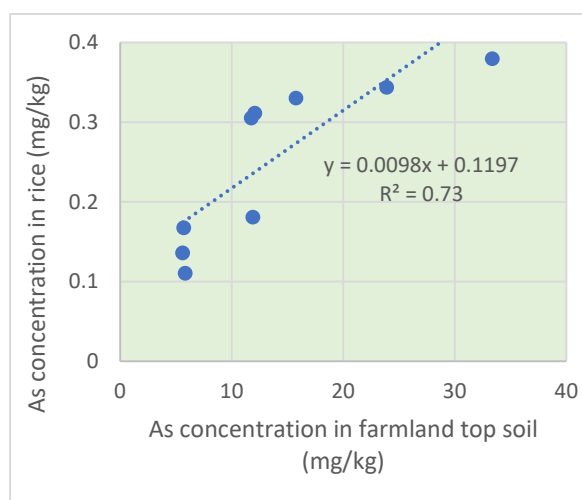


Fig. 8: Relationship of arsenic concentration between farmland soil and rice grain

### 3.3.5 ボロ米とアモン米に含まれる砒素の濃度比較

表-7と図-9にボロ米（図表中のBORO Rice：乾季に地下水灌漑を用いて作る米）とアモン米（図表中のAMAN Rice：雨季の雨を用いて作る米）の比較を示している。前述のように、WHOの米粒中の砒素許容値は0.35mg/kgであり、Area-1（Land-1~4）におけるボロ米の砒素濃度は0.27~0.40 mg/kg（2018）および0.44~0.58mg/kg（2020）と同許容値を超えるものが多い。また、両米の砒素濃度（Area-1）を比べれば、ボロ米の方が1.3~2.8倍（2018年度）および1.6~3.8倍（2019年度）ほど高くなっている。また、3 Areaを含めて平均値で見れば、この比は2.8となる（図-9参照）。これは砒素汚染された地下水灌漑の影響だと考えられる。

Table 7 Comparison of arsenic concentrations of IRRI and AMAN rice cultivated in land-1 to land-10

Sampling Location	Sampling Land	Sampling: 2018		Sampling: 2019		Sampling: 2020		Average	
		BORO Rice	AMAN Rice	BORO Rice	AMAN Rice	BORO Rice	AMAN Rice	BORO Rice	AMAN Rice
Area with high arsenic in irrigation well water	Land-1	0.395	0.190	0.274	0.120	0.583	NC	0.417	0.155
	Land-2	0.335	0.118	0.271	0.170	0.532	NC	0.379	0.144
	Land-3	0.269	0.176	0.263	0.120	0.498	NC	0.343	0.148
	Land-4	0.333	0.259	0.213	0.130	0.444	NC	0.330	0.195
Area with medium arsenic in irrigation well water	Land-5	0.311	0.027	NC	NC	NC	NC	0.311	0.027
	Land-6	0.305	0.075	NC	NC	NC	NC	0.305	0.075
	Land-7	0.251	0.024	0.110	NC	NC	NC	0.251	0.024
Area with low arsenic in irrigation well water	Land-8	0.191	0.075	0.210	NC	0.101	NC	0.167	0.075
	Land-9	0.124	0.047	0.110	NC	0.097	NC	0.110	0.047
	Land-10	0.205	0.086	0.110	NC	0.092	NC	0.136	0.086

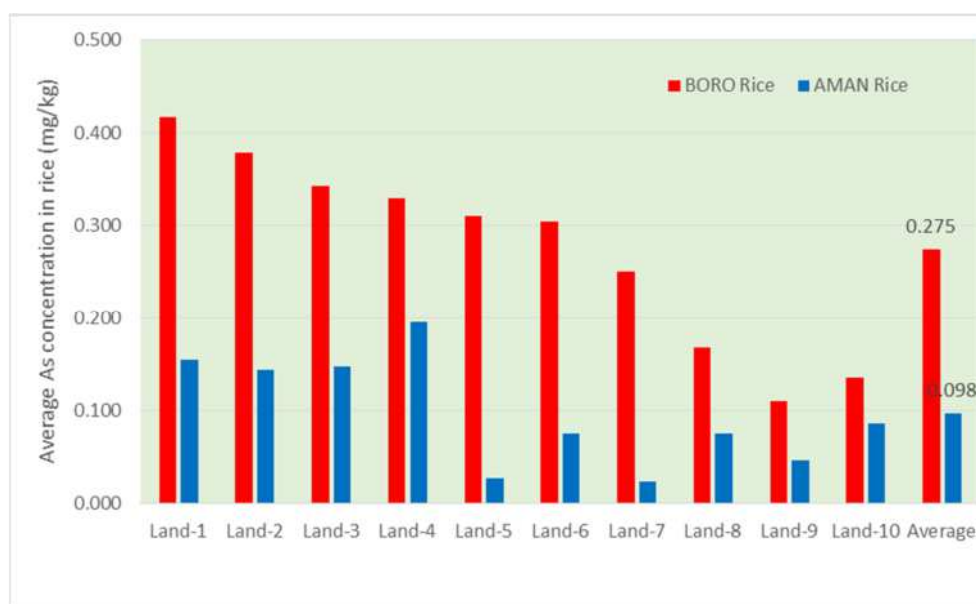


Fig. 9: Comparison of arsenic (3 years average) concentration between IRRI and AMAN rice samples

### 3.3.6 灌漑用水の調査・研究のために取り付けられた水量計について

この水量計により測定された灌漑地下水くみ上げ量は Area-1 では 2018.9～2020.4 の間に 38,987,000L であった。これは砒素の量で見れば 2.5kg/年に相当する。Area-2、Area-3 に関してはそれぞれ、0.8kg/年と 0.1kg/年であった。

これだけの砒素の量が大地にまかれて、食物連鎖を起こしてゆく。詳細は表-8 参照のこと。



Photo 9: Attached water flow meter with research based irrigation wells

Table 8: Amount of arsenic withdrawn through irrigation water

Research Area	Status of Water Flow Meter				Operational Period (months)	Volume of ground water withdrawn (M <sup>3</sup> )	Average Arsenic (mg/L)	Arsenic withdrawn through groundwater (Kg/year)
	Setting Date	Starting Reading (M <sup>3</sup> )	Ending Date	Ending Reading (M <sup>3</sup> )				
Area with high arsenic in irrigation well water	07-Sep-18	0	06-May-20	38987	32 Months	38987	0.17	2.5
Area with medium arsenic in irrigation well water	08-Sep-18	0	07-May-20	50782	32 Months	50782	0.044	0.8
Area with low arsenic in irrigation well water	21-Dec-18	0	06-May-20	19296	29 Months	19296	0.009	0.1

## 第4章 砒素汚染の食物連鎖に関する研究

### 4.1 冬季野菜の含有砒素

44種類の野菜が2018年12月に集められ（SAP農家より24種類、市場より20種類）、その砒素濃度が測定された。その結果を表-9に示す。野菜に関する許容砒素濃度は世界には存在しない。ここでは独自に検討して、2種類の基準を設定した。第1基準が0.1mg/kg、第2基準が0.5mg/kgである（付録-3）。

44種類のうちで、第一基準を超える割合は11%であり、第2基準を超える割合は2%であった。また、基準を超える野菜としては次のようなものであった。すなわち、第一基準（0.1mg/kg）を超える野菜は、Arum さといも、ウコン、ほうれん草（以上はSAP農家）、赤アマランサス、緑アマランサス、苦瓜（市場）であり、第2基準（0.5mg/kg）を超過するものは苦瓜（市場）のみであった。

Table 9: Comparison of arsenic concentrations of vegetable between SAP farmlands and market

Collected from SAP Farmers' Farmland				Collected from Market (Jhenaidah Municipal Market)				
Sl.	Type of the Vegetable	Eatable Part	As Concentration (mg/kg)	Sl.	Type of the Vegetable	Eatable Part	Date of Collection	As Concentration (mg/kg)
1	Radish (Mula)	Root	0.057	1	Radish (Mula)	Root	20-Dec-18	<0.04
2	Carrot	Root	0.040	2	Carrot	Root	20-Dec-18	0.088
3	Arum (kochu)	Root	0.279	3	Potato	Root	20-Dec-18	0.063
4	Arum (Man Kochu)	Root	0.074	4	Arum (Man Kochu)	Root	20-Dec-18	0.078
5	Arum (OI Kochu)	Root	0.094					
6	Mete Alu	Root	0.049					
7	Spinach (Palong Shak)	Leaf	0.130					
8	Basil (Tsurumurasaki)	Leaf	0.050					
9	Cabbage (Pata Kopi)	Leaf	0.043	5	Cabbage (Pata Kopi)	Leaf	20-Dec-18	<0.04
				6	Red amaranth	Leaf	20-Dec-18	0.34
				7	Green amaranth	Leaf	20-Dec-18	0.399
				8	Stick (green amaranth)	Leaf	20-Dec-18	0.181
10	Bean (Sim)	Flower/Fruit	0.050	9	Bean (Sim)	Flower/Fruit	20-Dec-18	<0.04
11	Pointed Gourd (Patol)	Flower/Fruit	0.045					
12	Eggplant (Begun)	Flower/Fruit	0.083	10	Eggplant (Begun)	Flower/Fruit	20-Dec-18	<0.04
13	Papaya	Flower/Fruit	0.046					
14	Ladies Finger	Flower/Fruit	0.052	11	Ladies Finger	Flower/Fruit	20-Dec-18	0.053
15	Green Banana	Flower/Fruit	0.040	12	Green Banana	Flower/Fruit	20-Dec-18	<0.04
16	Bottle Gourd	Flower/Fruit	0.046	13	Bottle Gourd	Flower/Fruit	20-Dec-18	<0.04
17	Tomato	Flower/Fruit	0.037	14	Tomato	Flower/Fruit	20-Dec-18	<0.04
18	Cauliflower	Flower/Fruit	0.040	15	Cauliflower	Flower/Fruit	20-Dec-18	0.04
19	Pumpkin	Flower/Fruit	0.062					
20	Maize (Butta)	Grain	<0.04					
				16	Snake gourd	Flower/Fruit	20-Dec-18	0.081
				17	Long bean	Flower/Fruit	20-Dec-18	0.096
				18	Turnip (sulgum)	Flower/Fruit	20-Dec-18	0.097
				19	Bitter gourd	Flower/Fruit	20-Dec-18	0.666
				20	Cucumber	Flower/Fruit	20-Dec-18	0.072
21	Onion	Root	0.093					
22	Garlic	Root	0.057					
23	Turmeric	Root	0.164					
24	Chilli (Kacha Morich)	Flower/Fruit	0.046					

## 4.2 水-土 - 野菜中の砒素濃度の相互関連性

水-土-食物間の砒素汚染連関を調べるために、2019年12月に灌漑用水、畑土壌、野菜のサンプルをSAP農家の協力を得て集めて、砒素濃度を測定した。結果を表-10に示す。灌漑用水は10本、土壌サンプルは18個、野菜は26種類である。

Table 10 Arsenic concentration in water-soil-vegetable from SAP farm

Sl.	Date of Sampling	Sample Name	Land Owner	Village	Upazilla	Arsenic Concentration (mg/L)		
						Water	Soil	Vegetable (Eatable)
1	06-Dec-19	Pointed Gourd	Chontu Mia	Monoharpur	Kaligonj	0.06	4.73	<0.05
2	06-Dec-19	Pepper	Chontu Mia	Monoharpur	Kaligonj		5.03	0.29
3	06-Dec-19	Banana	Latif Molla	Monoharpur	Kaligonj		5.8	<0.05
4	06-Dec-19	Malabar Spinach	Chontu Mia	Monoharpur	Kaligonj		3.9	<0.05
5	06-Dec-19	Brinjal	Chontu Mia	Monoharpur	Kaligonj			0.05
6	06-Dec-19	Bean	Chontu Mia	Monoharpur	Kaligonj		4.7	<0.05
7	06-Dec-19	Ladies Finger	Anisur Rahman	Monoharpur	Kaligonj	0.001	7.5	<0.05
8	06-Dec-19	Red Amaranth	Tuhinur Rahman	Monoharpur	Kaligonj	0.02	5.8	0.05
9	06-Dec-19	Bottle Gourd	Ramjan Ali	Tilla	Kaligonj	0.043	3.67	<0.05
10	06-Dec-19	Spinach	Akimul	Tilla	Kaligonj	0.018	8.23	0.09
11	06-Dec-19	Onion	Akimul	Tilla	Kaligonj			<0.05
12	06-Dec-19	Malabar Spinach	Lal-Mohommod	Fulbari	Kotchandpur	0.001	5.8	<0.05
13	06-Dec-19	Papaya	Lal-Mohommod	Fulbari	Kotchandpur			0.1
14	06-Dec-19	Banana	Lal-Mohommod	Fulbari	Kotchandpur			0
15	06-Dec-19	Water Spinach	Lal-Mohommod	Fulbari	Kotchandpur			0.09
16	06-Dec-19	Spinach	Daud Hossen	Mohonpur	Kotchandpur	0.057	9.2	0.98
17	06-Dec-19	Red Amaranth	Darbesh	Mohonpur	Kotchandpur			1.49
18	06-Dec-19	Daikon	Rabiul Islam	Ganna Purbapara	Jhenaidah Sadar	0.025	2.83	0.05
19	06-Dec-19	Pointed Gourd	Rabiul Islam	Ganna Purbapara	Jhenaidah Sadar		2.97	0.1
20	06-Dec-19	Cabbage	Rabiul Islam	Ganna Purbapara	Jhenaidah Sadar		3.7	0
21	06-Dec-19	Brinjal	Rabiul Islam	Ganna Purbapara	Jhenaidah Sadar		3.53	0.05
22	06-Dec-19	Turmeric	Rabiul Islam	Ganna Purbapara	Jhenaidah Sadar		3.1	0.05
23	06-Dec-19	Bottle Gourd	Nazrul Islam	Porahati	Jhenaidah Sadar	0.029	4.1	0.05
	24-Oct-19	Arum (root)	Tohid Biswas	Kalicharonpur	Jhenaidah Sadar	0.165	20.6	0.91
	24-Oct-19	Arum (shoots)	Tohid Biswas	Kalicharonpur	Jhenaidah Sadar			0.51
	24-Oct-19	Arum (leaf)	Tohid Biswas	Kalicharonpur	Jhenaidah Sadar			0.62

同表より次のようなことが認められた。

- (i) 2つの灌漑井戸水が基準値 0.05mg/L(付録1)を超えていた。
- (ii) 野菜については、第2基準値、0.5mg/kgを超えていたものは5種類であった(ホウレンソウ、赤アマランサス、アルムサトイモの根、芽、葉)。アルムサトイモはArea-1での産品である。第1基準値、0.1mg/kgを超えていたものは、前述の5種類以外には青唐辛子であった。

- (iii) 灌漑用水が基準値以下の畑では、すべての野菜が第2基準値をクリアし、また第1基準値を満たさないものは青唐辛子だけであった。
- (iv) 冬季野菜はそれほどには砒素汚染されていないと言える。しかし、上記の分析結果は、サンプル数が限られており、測定回数も1回のものについてである。従って、水-土-野菜の砒素汚染連関に関する解析は、今後とも引き続き行う必要がある。

### 4.3 市場の野菜中の砒素濃度

9種類の野菜サンプルが2019年12月に市場から集められ、砒素濃度が分析された。結果を表-11に示す。苦瓜が第2基準を超えており、またアラムサトイモが第一基準値を超えていた。



Photo 10: Collection of vegetable samples from market

Table 11: Arsenic concentration of the vegetable collected from market

Sl.	Sample Name	Date of Sampling		Arsenic (mg/L)
1	Purple Yam (Mete-Alu)	7-Dec-2019		<0.05
2	Radish	7-Dec-2019		0.05
3	Arum (Man Kochu)	7-Dec-2019		0.19
4	Potato	7-Dec-2019		0.08
5	Bitter Gourd	7-Dec-2019		0.54
6	Pumpkin	7-Dec-2019		0.1
7	Cauliflower	7-Dec-2019		0.05
8	Long bean	7-Dec-2019		<0.05
9	Cabbage	7-Dec-2019	<0.05	

#### 4.4 種子中の砒素濃度

41種類の種子がSAP農家から集められて、砒素濃度を測定した。結果を表-12に示す。すべてのサンプルは基準値、0.5mg/kg(付録4)以下であった。

Table 12: Arsenic concentration of seed/crops collected from SAP farmer's households

Jhenaidah Sadar Upazila		Kaligonj Upazila		Kotchandpur Upazila	
Seed Variety	As (mg/kg)	Seed Variety	As (mg/kg)	Seed Variety	As (mg/kg)
Mustard(Kastosagra)	0.14	Paddy (Local)	0.37	Pigeon pea (Motor)	0.40
Lentil (BARI-6)	0.47	Paddy (Shorna Var)	0.12	Lentil (Moshur)	0.21
Wheat (Kastosagra)	0.14	Paddy (Jira)	0.16	Chick pea (Kalai)	0.26
Pigeon pea (Kastosagra)	0.15	Mustard (Kastosagra)	0.15	Mustard	0.12
Wheat (BARI-8)	0.13	Paddy (local)	0.31	Paddy (local)	0.30
Mustard (BARI-14)	0.14	Paddy (Guti Shorna Var)	0.38		
Pulse (Ksheshari)	0.19	Dhan (BRRI-5)	0.27		
Paddy (Subornolata Lal)	0.28	Wheat (BARI-14 Var)	0.12		
Chick pea(local )	0.13	Mustard (Rai)	0.13		
Mung Dal(Local )	0.17	Mustard (local)	0.24		
BARI-5 Chita Mug	<0.05	Seasame (Atshira)	0.23		
Bari-14 Mustard Seed	<0.05	Chick pea (BARI)	0.19		
Desi Chola (Chickpea)	<0.05	Lentil	0.26		
Bari-5 Lentil Seed	<0.05				
Wheat	<0.05				
Til (Goma)	0.08				
Rice (Basmati)	0.17				
Pea (Motor Dal)	<0.05				
Grass pea	0.12				
Mug Desi	0.07				
Bitter gourd (Desi)	<0.05				
Bari-14 Mustard Seed	0.16				
Rice (Sarna)	0.19				



## 第5章 肥料中の砒素濃度調査

### 5.1 ミミズ堆肥中の砒素濃度

35 サンプルのミミズ堆肥が SAP 農家から集められて、砒素濃度が測られた。結果を表-13 に示す。すべてのサンプルが許容値 20mg/kg (付録5) を下回っており、土壌への砒素汚染がないことが認められた。

Table 13: Arsenic concentration of the vermi-compost collected from SAP farmer households

Kaligonj Upazila		Jhenaidah Sadar Upazila		Kotchandpur Upazila	
Sampling Household	As Concentration (mg/kg)	Sampling Household	As Concentration (mg/kg)	Sampling Household	As Concentration (mg/kg)
Momin Mondol	1.88	AID Office-1	2.70	Md. Sofiuddin	2.44
Moshiar Rahman	2.03	Nazrul Islam	2.12	Mr. Ismail	2.47
Nilima	2.24	Motiar Rahman	3.41	Md. Shahjahan	2.63
Morjina	2.54	Mr. Bablu	3.79	Mr. Roshid	2.95
Lotifa	3.13	Mr. Roish	1.86	Motiar Rahman	3.09
Rohim	2.82	Mr. Rojina	2.21	Uttor Fulbari	2.10
Alauddin	1.52	Mr. Bisarot	1.99	Boro Bamundia	2.07
Asgor	2.49	Porahati AID office	2.17		
Din Mohammad	2.44	AID Office-2	3.80		
Forida	2.24	Najrul Islam	1.32		
Durgapur-1	1.99	Rasheda Khatun	2.29		
Monohorpur	3.53	Chutlia	3.13		
Pukuria	2.51				
Durgapur-2	2.36				
Momin Mondol	3.79				

### 5.2 化学肥料中の砒素濃度

マーケットより7種類の化学肥料が集められて、砒素濃度が分析された。結果を表-12 に示す。すべてのサンプルは基準値、20mg/kg(付録5)を下回っており、肥料による土壌汚染がないことが認められた。

Table 12: Arsenic concentration of the chemical fertilizers collected from local market

Sampling Date	Type of Fertilizer	Sampling Location	Upazila	As Concentration (mg/kg)
20-Dec-18	TSP	Porahati	Jhenaidah Sadar	9.57
20-Dec-18	MOP	Porahati	Jhenaidah Sadar	0.19
20-Dec-18	Urea	Porahati	Jhenaidah Sadar	0.04
20-Dec-18	Sulfur	Porahati	Jhenaidah Sadar	0.04
20-Dec-18	DAP	Porahati	Jhenaidah Sadar	9.21
20-Dec-18	Gypsum	Porahati	Jhenaidah Sadar	2.23
20-Dec-18	Boron	Porahati	Jhenaidah Sadar	<0.04

## 第6章 塩化ビニール管を使った灌漑水の送水実験

灌漑用水は、通常、農作用地に掘った溝を通して井戸から水田に流されてゆく。その場合、かなりの水量が無駄になる。例えば、地下浸透や溝からのあふれ出し、または蒸発による損失である。この損失を避けるため、農民は溝の代わりにソフトな PVC パイプを使って灌漑を行っている。そこで、本プロジェクトでは従来の溝灌漑とソフト PVC 灌漑の比較実験を行い、地下水の使用量の差を求めた。ある水田用地を均等な面積を持つ 2 つの部分に分けて、2020 年 2 月 19 日と 3 月 1 日に実験を行った。なお、2 つの水田と灌漑井戸の間の距離はほぼ同一であり、田植えは 2020 年 2 月 1 日に終わっている。

実験結果を表-13 に示す。同表中、タイプ A は溝灌漑、タイプ B はソフト PVC 灌漑を表している。同表より、ソフト PVC 灌漑は溝灌漑に比べて、約半分の水量で済むことが認められる。

Table 13: Research on water supply through open canal and PVC pipe

Type of research	Land area for this research (decimal)	Date of Survey	Required water in canal/ PVC pipe (L)	Required water in farmland (L)	Total required water for this research (L)	Total water withdrawing time (minutes)
Research Type-A (Water flow through canal)	5.4	19-Feb-20	12,650	5,500	18,150	30.0
		01-Mar-20	12,650	5,500	18,150	30.0
<b>Average</b>			<b>12,650</b>	<b>5,500</b>	<b>18,150</b>	<b>30.0</b>
Research Type-B (Water flow through PVC pipe)	5.4	19-Feb-20	3,400	5,100	8,500	13.5
		01-Mar-20	3,400	5,600	9,000	14.5
<b>Average</b>			<b>3,400</b>	<b>5,350</b>	<b>8,750</b>	<b>14.0</b>



Photo 11: water supply through open canal



Photo 12: water supply through PVC pipe

## 第7章 地下水 - 土壌 - 食物連鎖による砒素汚染

前出の図-7、8で示されたように、灌漑用水と米粒、また水田土壌と米粒の間には砒素汚染の関連性が大きかった。これは、水田土壌は砒素汚染灌漑用水により砒素汚染され、生育中の稲は灌漑用水に砒素汚染されていることを意味する。実際、ポロ米はWHOの基準値以上砒素を含んでおり、また野菜についても砒素を含むものが検出されている。

砒素はこのように、地下水を汚染するだけではなく、土や食物も汚染しており、水-土-食物の砒素汚染連鎖により、人々は多様な汚染経路によって健康被害を受けることとなる。このことはバングラデシュのいろんな地域における稲作・野菜作りに警告を与えるものとなる。なお、この砒素汚染連鎖の概念については、図-10に示すとおりである。

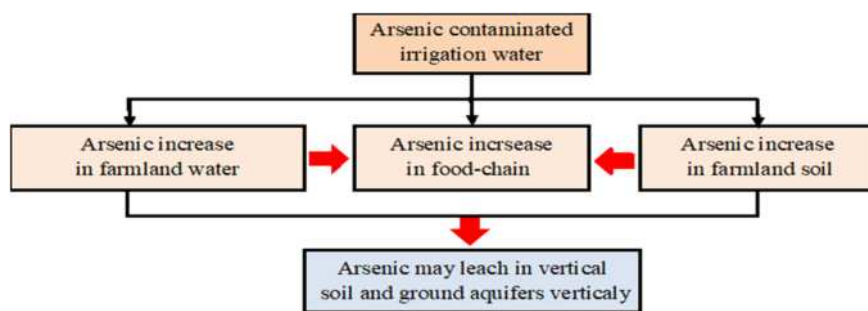


Fig. 10: Flow chart of effect of irrigation water arsenic contamination on soil and food-chain

## 第8章 推奨と結論

本プロジェクトを通じて、SAP 農家は乾季稲作よりも灌漑用水量の少ない作物づくりに熱を入れ、また稲作においても AWD（節水型の間断灌漑）方法を取り入れるなどを行ってきた。それにより、砒素の食物連鎖を食い止めるように努力してきた。

また、プロジェクトは砒素汚染の地下水・土・食物連鎖の研究調査を行ってきた。その結果、以下に示す「環境にやさしい農業実践」を推奨する。この実践を通じて、将来のバングラデシュにおける安全な食物生産につなげていきたい。

- 1) 灌漑井戸水は砒素濃度が 0.05mg/L 以下のものを使用すること。何故ならば、砒素濃度の高い灌漑用水を使用している Area-1（砒素濃度は約 0.17mg/L）では、米粒に関する WHO 基準値（0.35mg/kg）を超えるポロ米が検出されたからである。
- 2) 灌漑井戸の設置にあたっては雨水貯留タンクまたは貯水池を併設すること。雨季における地下水利用を軽減できるからである。
- 3) 雨季には米（雨季前期アウス米、雨季後期アモン米）を作付けし、乾季には畑作（ロビ作）を推進すること。何故ならば、アモン米は砒素汚染がなく、またロビ作物もほとんどが許容値以下になっているからである。
- 4) ロビ作物としては、豆、人参、大根、ジャガイモ、キャベツ、トマトおよび玉ねぎなどが推奨される。何故ならば、これらの作物は第 1 基準（As=0.1mg/kg）を満足するからである。
- 5) ロビ作物においても耐砒素性の高い作物を開発すべきである。その対象として、第 2 基準値（As=0.5mg/kg）を超えるハウレンソウ、赤アマランサス、アラムサトイモや苦瓜、また第 1 基準値を超えている青唐辛子やウコンなどがあげられる。よく使われる野菜であり、これらの野菜に関して耐砒素性の高い品種改良が期待される。
- 6) 灌漑にあたってはパイプ（ソフト PVC）を用いること。通常の溝タイプに比べて水の使用量が半分で済み、水消費のロスを避けることができるからである。

## 付 録

### 1) 灌漑用水の許容砒素濃度について

灌漑用水の許容値は、我々の知る限り、世界中で日本以外では設定されていない。日本の許容値は 0.05mg/L である。それはバングラデシュでの飲料水基準値でもある。ここでは同値を灌漑用水の基準値と設定する。

### 2) 農用土壌の許容砒素濃度について

農用土壌の基準値に関しても世界的に共通な基準値はない。色んな国で独自の基準値が設けられている。例えば、日本では 15mg/kg、米国（EPA）では 20mg/kg が推奨されており、多くの国（オーストラリア、オランダ、スペイン、デンマークなど）がこれを使用している。その他の国ではスウェーデン（10mg/kg）、フランス（19mg/kg）、イギリス（43mg/kg）などがある。これらの各国における相違は、栽培している作物が各国で異なっているのが原因であると思われる。例えば、アジアでは米、欧米では麦がメインであるように、である。ここでは暫定的に 20mg/kg を用いることとする。

### 3) 野菜の許容砒素濃度について

野菜の基準は世界的に存在していない。そこで、本プロジェクトでは暫定的に 2 つの基準値をつくった。すなわち、第 1 基準値として 0.1mg/kg、第 2 基準値として 0.5mg/kg を以下のように設定した。

#### (a) 考え方：

野菜摂取を通じて体内に取り込む砒素の量は、飲料水を通じての砒素取り込み量と同じであると考えると、野菜の基準値を定めることとする。

#### (b) 野菜の日摂取量の設定

これまでの経験により、バングラデシュ人は野菜類を 200g/日/人、食すると設定する。

#### (c) 飲料水の日摂取量の設定

これまでの経験により、バングラデシュ人は飲料水を 2L/日/人、飲用すると設定する。

#### (d) 第 1 基準値 (0.1mg/kg) の算出方法

飲料水の飲用基準値を WHO 基準 ( $A_s=0.01\text{mg/L}$ ) とする。今、野菜の基準値を  $Y$  (mg/kg) とすれば、(a),(b),(c)の関係から次式が成立する。

$$0.2(\text{kg}) \times Y(\text{mg/kg}) = 2(\text{L}) \times 0.01(\text{mg/L})$$

従って、 $Y=0.1(\text{mg/kg})$  が得られることとなる。この値は、日本の砒素汚染されていない畑で産出される野菜の砒素濃度はほとんど 0.1mg/kg 以下であり、合理的であると言える。

#### (e) 第 2 基準値(0.5mg/kg)の算出方法

飲用水の基準をバングラデシュ基準値(0.05mg/L)と設定した場合の値であり、(d)と同様に計算すれば、第2基準値、0.5mg/kgが容易に求められる。

#### 4) 種子の許容砒素濃度について

種子の基準値も当然ながら世界的に存在していない。ここでは暫定的に 0.5mg/kg を設定する。

#### 5) 肥料中の許容砒素濃度について

肥料の基準値も世界的に存在しない。ここでは肥料中の砒素が例えば溶出して、周囲の地盤を汚染するケースが起こらない、という概念で基準を設定する。従って、農用地の基準 20mg/kg をここで用いることとする。