

## PIXE によるバングラदेश地下水砒素汚染の研究 II

三尾野重義 M.A.Habib 世良耕一郎\*<sup>1</sup> ニツ川章二\*<sup>2</sup>

大阪市立大学理学部  
558-0022 大阪市住吉区杉本 3-3-138

\*<sup>1</sup> 岩手医科大学サイクロtronセンター  
020-0173 岩手郡滝沢村字留が森 348-58

\*<sup>2</sup>(社)日本アイソトープ協会滝沢研究所  
020-0173 岩手郡滝沢村字留が森 348-1

### 1. はじめに

以前 160 例程のバングラदेश地下水ヒ素汚染地区の住民の髪の毛の PIXE 分析について報告した。今回、さらにデータを 250 例に増やすとともに (表 1) 被験者を a) ヒ素被害の兆候なし(no symptom)、b) 黒皮症 (melanosis)、c) 角化症 (keratosis) に分けて統計を取ったところセレンウムについて明らかに拮抗作用がみられた。(図 1, 2)

また Mn は以前と同じく日本人に比べて 30 倍と高いが、タイ国やハンガリー国の地下水ヒ素汚染でも同様なことが報告されており、いずれ問題になると思われる。パーキンソン様の症状はヒ素毒の症状にマスクされている可能性がある。

### 2. セレンウム

当初、測定を開始するにあたり、文献等から Se に Hg と As に対する拮抗作用のあることは明らかであったし、また医学、化学の専門家からのコメントもあった。しかし前回の報告では拮抗作用がそれほど明白に現れなかった。今回 Se と As との間に明らかな拮抗作用がみられたのは統計数が比較的多かったのと PIXE 分析の精度のよさがあると思われる。放射化分析や ICP-MS 等による報告でもこのような指摘は無いようである。

### 3. 食品中のヒ素濃度

バングラदेश国民は地下水のヒ素汚染と同時に日常口にする食品がヒ素汚染されているのではないかと疑っているようである。たまたまそのような報告 (極めていいかげ

んな測定とおもわれるが) がなされ一時パニックになった。そのため国民が日常よく口に  
する主な食品の PIXE 分析をおこなったが、表 2 に示すようにヒ素は検出されなかった。  
従って現在のところ食品からのヒ素汚染は全く心配がない。

#### 4. 結論

これまで地下水ヒ素汚染に対する各国の援助は原因究明のみにそのほとんどが費され、  
患者や国民の救済には 1 タカたりとも使用されていないという強い不満がある。このまま  
放置すれば 6 0 0 0 万人とも 8 0 0 0 万人ともいわれるヒ素中毒患者が発生する恐れがあ  
り、一刻の猶予も許されない。我々は今回の PIXE 分析の結果からバングラदेश政府  
に次のことを提案したい。

- 1) 国民に早急に Se の投与を考えよ。具体的には食塩にセレンウムを添加することを考  
えれば安くて安全であろう。これで約 8 0 % の国民が救われる可能性がある。
- 2) 地下水の利用を出来るだけ早く中止し、表層水の利用に切り替える。このことは膨大  
な予算が必要であるが国家としての義務であろう。ハンガリーは一応やりとげており、  
やればできることであろう。

表1. 日本人250人とバングラディッシュ人250人の髪の毛の元素分析  
ヒ素は23倍、マンガンは29倍を示す。

Element	Bangladesh(x)	Japan (y)	Ratio (x/y)
Na	327.8	264.5	1.2
Mg	143.7	75.1	1.9
Al	149.6	74.0	2.0
Si	358.9	348.0	1.0
P	130.1	133.3	1.0
S	39037.0	43300.0	0.9
Cl	1210.3	1298.0	0.9
K	284.8	298.2	0.9
Ca	1902.1	1891.0	1.0
Mn	46.7	1.6	29.2
Fe	169.9	29.1	5.9
Cu	12.6	42.7	0.3
Zn	206.7	237.6	0.9
As	4.6	0.2	23.0
Se	0.4	0.8	0.5
Hg	4.9	3.2	1.5
Pb	7.2	4.8	1.5

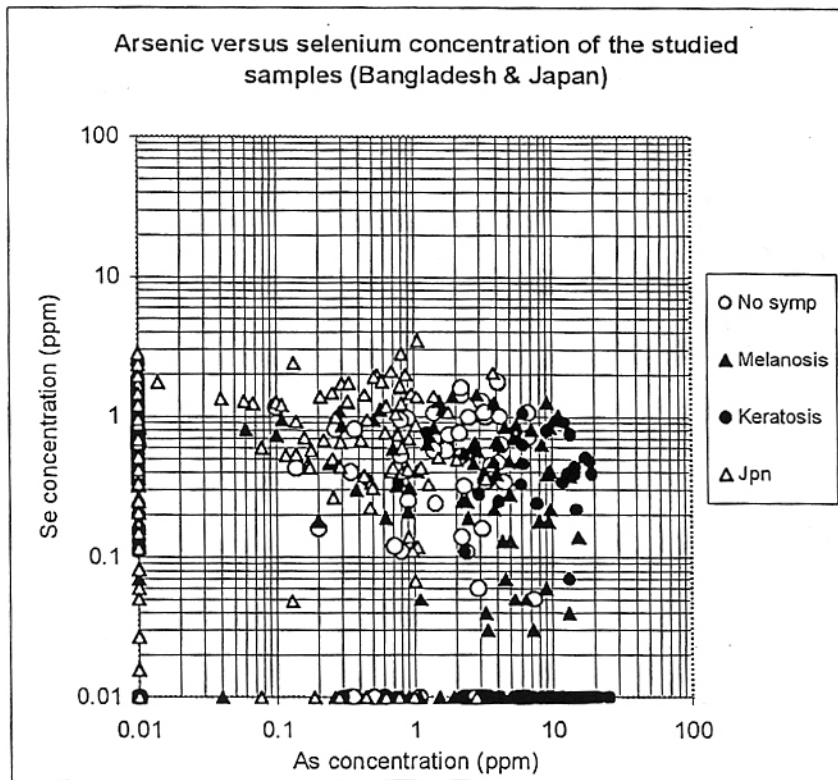


図1. ヒ素とセレンの相関

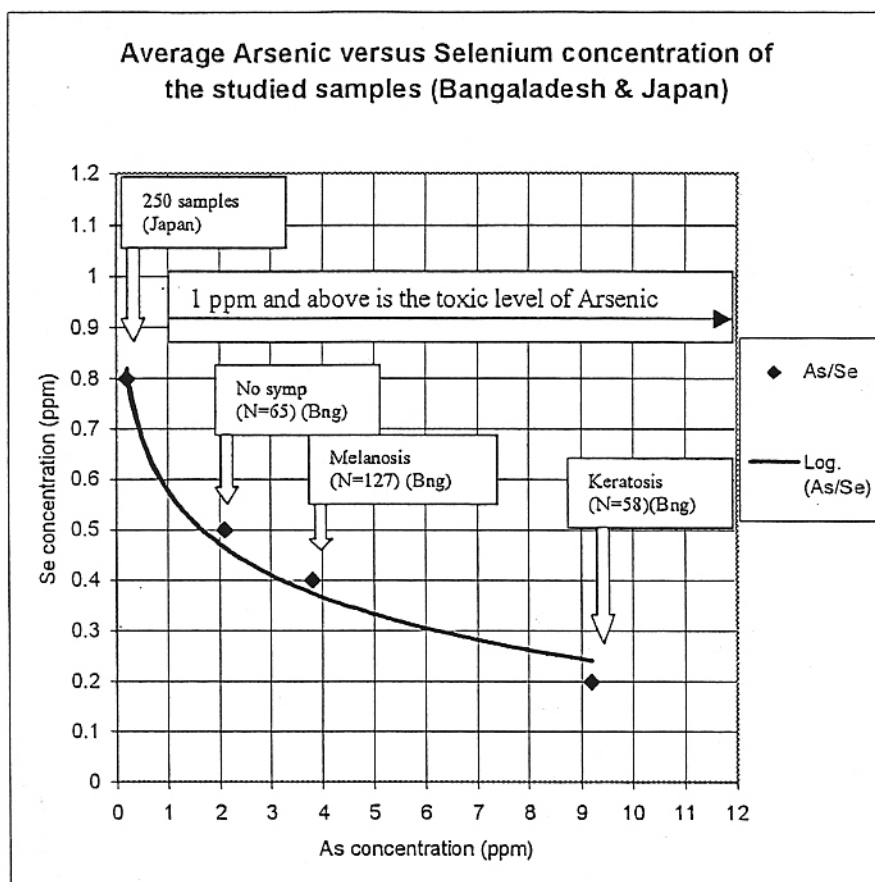


図 2. ヒ素とセレンの拮抗作用。少なくとも日本人並みのセレンを投与すれば約 80% の患者が救われる可能性がある。

表 2. 一般庶民の毎日口にする食品の元素分析。ヒ素は検出されなかった。

**A** Elemental concentration (ppm) in food samples (Bangladesh)

Element	Cabbage	Watermelon	Melon	Pumpkin
Na	60.98	0.01	174.37	316.92
Mg	1809.31	495.81	3686.68	2178.64
Al	38.11	36.88	90.05	662.44
Si	54.78	132.91	289.44	2581.49
P	539.73	1494.05	8044.64	8547.51
S	11405.47	371.23	2680.72	2794.32
Cl	0.01	0.01	0.01	374.94
K	6690.02	2929.62	7862.31	19505.91
Ca	4047.27	425.99	921.76	1651.73
Mn	36.61	6.76	27.32	52.61
Fe	57.41	47.29	84.42	797.72
Cu	4.97	13.04	12.67	23.02
Zn	43.83	13.55	69.82	87.17
As	0.27	0.01	0.12	0.01
Se	0.98	0.01	0.37	0.01
Hg	0.61	0.85	2.56	10.11
Pb	0.46	0.46	1.04	10.81

**B** Elemental concentration (ppm) in food samples (Bangladesh)

Element	Polished rice	Unhulled rice	Pea nut	Small black seed
Na	7.04	8.24	0.01	0.01
Mg	151.18	536.88	415.07	527.11
Al	41.96	33.71	40.02	11.15
Si	259.71	50.21	56.13	0.01
P	853.81	2335.58	1254.36	2028.29
S	913.61	640.53	1107.39	1545.51
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01
K	1768.68	3995.31	5147.71	5818.56
Ca	88.74	314.91	476.78	512.71
Mn	6.56	27.13	11.14	37.37
Fe	34.38	34.63	46.61	26.83
Cu	2.67	2.65	6.37	14.53
Zn	9.58	15.01	27.98	29.44
As	0.01	0.01	0.57	0.11
Se	0.01	0.09	0.41	0.41
Hg	0.03	0.64	0.01	0.53
Pb	0.37	0.62	0.19	0.42

**C** Elemental concentration (ppm) in food samples (Bangladesh)

Element	Corn	Red rice	Brown rice	Sunflower
Na	41.97	12.43	63.56	71.54
Mg	655.41	239.38	170.58	784.02
Al	37.62	36.51	8.08	197.21
Si	55.79	329.58	221.05	644.83
P	2798.92	1315.11	1109.51	2426.11
S	1559.96	709.55	707.82	634.14
Cl	19.15	10.14	0.01	50.84
K	10.09	2167.55	1720.43	5376.93
Ca	714.28	100.47	89.73	1243.79
Mn	16.16	5.99	5.01	20.71
Fe	76.51	0.01	0.01	0.01
Cu	8.01	1.53	5.91	11.96
Zn	40.05	9.01	23.58	27.94
As	0.01	0.01	0.01	0.01
Se	0.27	0.04	0.01	0.01
Hg	2.16	0.01	0.01	5.15
Pb	0.01	1.82	1.25	2.41

**D** Elemental concentration (ppm) in food samples (Bangladesh)

Element	Big nut	Boiled rice	Salt-1	Salt-2
Na	77.72	95.99	10116.82	11638.22
Mg	354.49	293.55	373.76	202.11
Al	16.31	4.47	38.99	46.99
Si	42.79	24.88	83.35	188.93
P	941.01	523.42	0.01	0.01
S	756.16	433.29	1035.27	323.21
Cl	6.16	170.98	95.27	40.94
K	6949.35	6777.65	222.49	160.66
Ca	430.78	134.87	1072.59	446.59
Mn	2.81	3.94	11.07	17.72
Fe	0.01	0.01	26.73	58.79
Cu	2.51	12.96	0.51	0.26
Zn	5.49	13.96	1.24	2.78
As	0.11	0.01	0.09	0.76
Se	0.01	0.24	0.01	0.01
Hg	0.11	0.25	0.01	0.01
Pb	0.32	1.74	1.09	1.36