

バングラデシュの農村における生活用水の調査研究

吉田 勲*・原田昌佳*

平成 16 年 9 月 30 日

鳥取大学農学部生存環境学

A Study on Water Quality of Ponds in Agricultural Villages, in Bangladesh

Isao Yoshida* and Masayoshi Harada*

Department of Eenvironmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori 680-8553, Japan

Death rate of infant in Bangladesh is higher among developing countries. It is said that children die from diarrhea and other water-related diseases. Then authors investigated the water quality in 116 ponds and a few of rivers in 2002 where people daily use water for washing foodstuffs, eating utensils, clothes and bathing. The followings are obtained. 1) Pond water is contaminated with organic matter, coliform group colonies and unsuitable for daily use. 2) As surface water and rainwater are safer than groundwater, it is expected to set up tanks storing rainwater, and to develop the apparatus purifying the contaminated surface water.

(Received 30 September 2004)

Keywords: *Chemical oxygen demand; Degree of clearness; Suspended solid*

緒 言

バングラデシュの国民の平均寿命は約 60.6 歳(1998)と世界中でも低い方である[6]。1998 年の人口ピラミッド[1]をみると、0 歳~4 歳までの子供は 5 歳~10 歳までの子供の数よりも少ない。この原因は、幼児が多く死亡したことにある。これが、バングラデシュの国民の平均寿命は低くしている。次に、都市と農村とを比べると都市の平均寿命は 62.5 歳であるのに対して、農村の寿命は 59.9 歳と低い。また、4 歳以下の子供の死亡率は 1990 年では 1000 人中 151 人であったが、1998 年には 92 人(1 歳以下の幼児の死亡率は 67 人)と改善されている。しかし、依然として 4 歳以下の子供の死亡率は高い。これを都市と農村とで比べると、都市の 75 人に対し、農村は 125 人と高い(1998)。これは都市には上水道施設があることと深い関係がある。子供の三大死因は下痢、赤痢、および肺炎である。中でも、下痢と赤痢は水に由来する病気である。ゆえに、筆者らはバングラデシュの農村住民が

毎日、使用している生活用水に関心をもった。ここでいう生活用水とは、洗濯水、入浴水および台所用品の洗いのことである。生活用水の中に、当然、飲料水を含めるべきであるが、水源からの距離、運搬の苦勞や時間をいとわなければ、安全な水は住民に確保されているので(充足率は 98%(1998))、本稿では考察の対象外とした。ところで、農村住民は、生活用水を村の中や周辺にある池の水に頼っている。このような水の水質に関する研究は見当たらないので、筆者らは、農村地帯で住民が使用している生活用水の水質調査をした。その結果を以下に報告する

池と住民生活の関係

Fig. 1 にバングラデシュの主な河川と今回の水質調査地点を黒丸で示す。バングラデシュには大きな川が 3 本ある。すなわち、北西から Jamuna 川、西から Padma 川(別名 Ganges)がインドから流入し Aricha Ghat で合流する。両河川がバングラデシュに流入する位置の標高は約 10m、

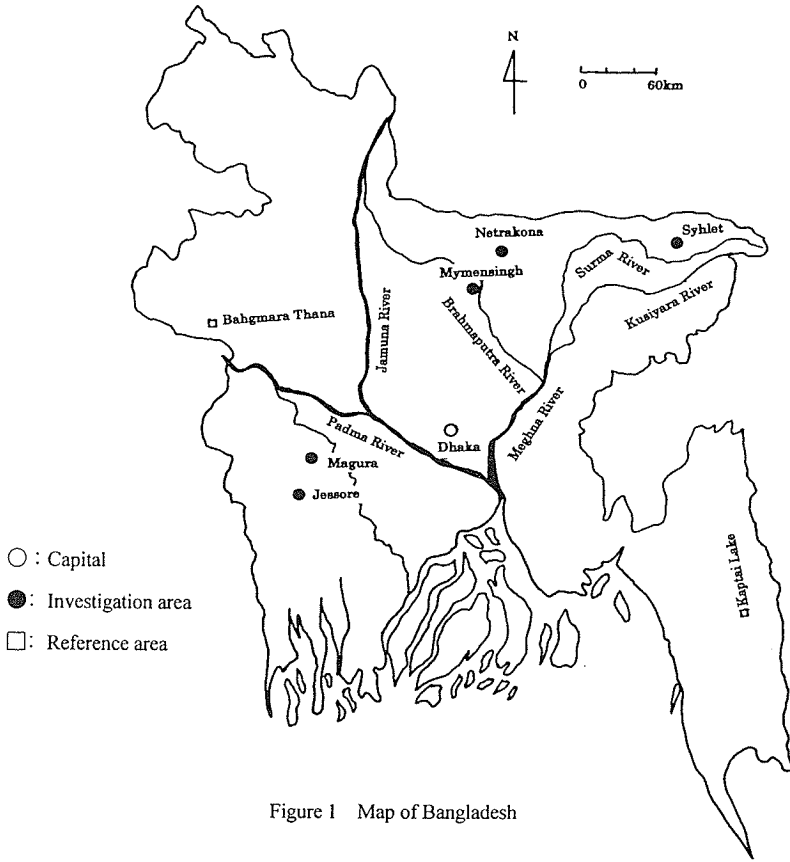


Figure 1 Map of Bangladesh

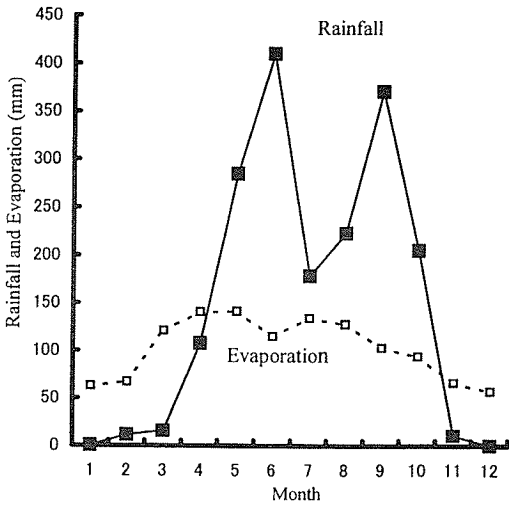


Figure 2 Rainfall and evaporation at Mymensingh in 2001

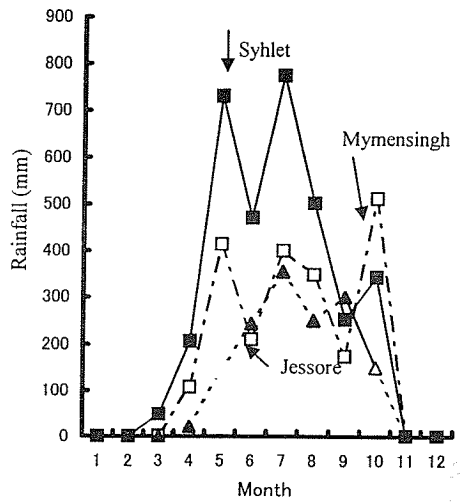


Figure 3 Rainfall in 1999

Table 1 Village name and observation date(2002)

District	Village	Number (date, time)	Number
Mymensingh	Boyra	33 (Oct.23,Nov.2,Nov.6,10~12)	77
	Digharkand	12 (Oct.28,10~12)	
	SalaKander	12 (Oct.29,10~12)	
	Char Ishardia	10 (Oct.30,10~12)	
	Roghunath	10 (Oct.31,10~12)	
Jessore	Dohakula	12 (Oct.24,10~12)	24
	Talbania	12 (Oct.24,15~17)	
Magura	Colhgepara	15 (Oct.26,15~17)	15
Syhet	Bahhi (Telikal Haor)	6 (Oct.19,10~12)	6
Netrakona	Madan (Koyar Haor)	3 (Oct.22,10~12)	3
Total number			125

Table 2 Average of water quality (total number of ponds:116)

	T(°C)	pH	EC(μS/cm)	DC(m)	DO(ppm)
Average	27.5	7.4	237	0.32	4.1
Minimum	26.4	7.0	98	0.23	2.0
Maximum	29.8	8.1	319	0.43	7.6

Table 3 Average value of water quality analyzed at BINA laboratory (number of pond:34)

	DC(m)	SS(mg/l)	COD(ppm)	T-P(ppm)	TH
The average value of Digharkanda (12)*	0.33.	662	32.5	3.4	45.0
The average value of Salakanda (12)	0.34	633	26.2	0.6	41.3
The average value of Char Ishardi (10)	0.46	629	12.5	0.2	15.0
Total average	0.37	641	27.8	1.5	34.9
Minimum	0.14	10	1.0	0.2	10.0
Maximum	2.00	2,100	100.0	2.0	50.5

* : Number of samples

合流地点の標高は約 3m である。合流後の名は Padma で、この川はダッカの南で北東から流下してきた Meghna 川と合流して Meghna 川となり、ベンガル湾に注ぐ。Meghna 川の標高はほぼゼロである (Shmsul,1997)。バングラデシュは国土の 50% が標高 7m 以下の低平地で、農村の中や周辺には数多くの池がある。それらは、一般的に、河川と繋がっておらず、各々が独立している。その水源は雨季の洪水、雨水、水田あるいは家庭からの排水である。機能する池の数は時間とともに変化する。というのは、雨季には、水は十分あるが、乾季には、水深が浅くなる。そして、乾季の終わりには干上がってしまう。また、これらの池は養魚場を兼ねている場合が多く、牛糞などを投入し、プランクトンを大量に増殖させているので、見

た目にも水質は良くない。魚は乾季における農家の大きな収入源である。これらの池には所有者がおり、必ずしも、誰でも自由に使えるものではない。問題は、名目上は養魚場であっても、池は、周辺住民の洗濯場、水浴場、食物洗い場および牛の体の洗い場でもある場合が多いことにある。すなわち、池は人間と魚と家畜との共同生活の場である。

調査地の降水量

次章で述べるように、本研究で調査した池 116 ヶ所の池のうち、77 の池が Mymensingh district にあるので、最初に Mymensingh district の 2001 年の降水量と蒸発量

[2]を Fig. 2 に示す。Fig. 2 によると 2001 年の Mymensingh district の年間降水量は 1820mm、蒸発量は 1232mm である。降雨は主に雨季に降るので、雨季には降雨量は蒸発量よりもはるかに多いが、逆に乾季の 11 月から 3 月までは降雨量はほとんどなく、蒸発量が降雨量を大きく上回る。たとえば、11 月から翌年の 1 月末日までの蒸発量は 18.8cm、2 月末日には 25.5cm、3 月末日には 38cm となる。したがって、浸透量を無視して、蒸発量のみによる池の水深の減少を考えると、10 月末日に水深 40cm の池は、乾季の終わりにはほとんど干上ることになる。また、水深が浅くなるにつれ、汚濁物質は濃縮され、水質は一層悪化する。それにも拘らず、多くの住民が生活用水として池の水を使っている。筆者らの質問に、池の使用目的を養魚と答えた池でも、次の日の調査で、そこを通過する時に、住民が水浴しているのを見るのは度々であった。自分たちの使用している池が干上がると、住民は水を求めて、他の池へ洗濯や入浴に行く。したがって、乾季の終わりには、住民は雨季が一日も早く来ることを期待する。筆者らは雨季が終わり、乾季の始まろうとする気候の変わり目の 2002 年 10 月中旬から約一ヶ月間にわたり、農村住民が生活用水として使用している池の水質を調査した。本年は例年になく、4 月に多く雨があったものの、雨季には水深が 2m もあったろう池も、20cm ~ 80cm に低下していた。なお、池の大きさは約 30m × 40m のものが多かった。

Fig. 3 に 1999 年の Syhlet district, Jessore district, Mymensingh district での降水量を示す。それによると Syhlet district の年間降水量は 3334mm、Mymensingh district で 2174mm、Jessore district で 1468mm と南に行くほど降水量は減少していくのがわかる。

水質試験

水質試験は現地試験と室内試験とに分かれる。以下、簡単に試験項目について説明する。

1 現地試験

現地ではまず、GPS により採水位置を確認し、116 ヶ所の池で計器により電気伝導度(EC)、pH、透明度(DC)、溶存酸素(DO)、水温(T)などの測定を行った。なお、採水の水深は水面下 10cm とした。現地試験は原則として午前としたが、27 ヶ所の池については時間の都合上、やむをえず午後となった。

2 室内試験

採取した 34 のサンプルについて、懸濁物質(SS)、生物化学的酸素要求量(COD)、全リン(T-P)、大腸菌群、および 10 種のイオンを室内実験で求めた。

水質調査場所

水質調査地は Table 1 に示すように Mymensingh district の Boyra, Digharkand, Salakander, Char Ishardia, Roghunath の各集落、Jessore district の Dohakula, Talbania 集落、および Magura district の Colhgepara 集落内の池、Syhlet district の Compaminganji Thana にある Telikhal Haor と Netrakona district の Madan Upasila の Koyar Haor などの水質調査を行った。その合計は 125 ヶ所である。

水質試験結果と考察

1 集落内の池の水質

調査したほとんどの池の水面は褐色あるいは緑色であった。これから植物プランクトンが多く存在することが推定された。

116 ヶ所の池の EC、pH、DO と T の平均値、ならびに、その最小、最大値を Table 2 に示す。Table 2 の水質のうち、pH および EC は日本の河川の値と大差ないが、DC が 0.32m と非常に小さいのが特徴的である。DO は 4.14ppm であった。116 ヶ所の池のうち、89 個の池は午前に、残りの 27 個の Talbania と Colhgepara 村の池は午後に測定した (Table 1)。午後に測定した池の pH と DO の平均値を求めるとそれぞれ 8.0、6.9ppm であった。他方、午前に測定した池の pH は 7.2、DO は 3.2ppm で、午後に測定した pH と DO は午前のそれよりもかなり高い値を示した。これは池に存在する植物プランクトンによる炭酸同化作用の影響によると考えられる。

なお、116 ヶ所の池について、大腸菌群数を共立化学の型式 TPR-CG を用いて測定したところ、24 時間後には全ての試験紙は真っ赤に変色し、大腸菌群を確認することが出来なかった。これは池の水が大腸菌群によって汚染されていることを示している。つぎに、34 のサンプルについて BINA (Bangladesh Institute of Nuclear Agriculture) の実験室で分析した SS、COD、T-P および硬度 (TH) の測定値の平均値を Table 3 に示す。Table 3 から、SS は 10mg/l から 2,100mg/l と広い範囲に分布するが、平均値は 641mg/l であった。COD も 12.5 ~ 32.5ppm と高く、有機物が多いことを示している。T-P も非常に高い値である。また、Char Ishardia の水の TH は 15 で硬水と軟水の間の水であるが、その他の 2 集落の池の TH は 20 以上の硬水であった。

さらに、34 個の測定値を基に、SS と DC、COD と DC、SS と COD について、それぞれ、直線式、対数式、指数式および累乗近似式と、その寄与率 R^2 を求めた。その

結果,高い相関が見られたのは, 三者とも累乗近似式であった。そこで, これらの関係図を Figs. 4~6 に, そし

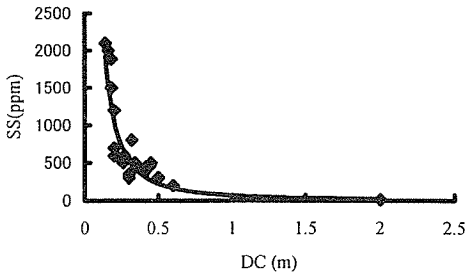


Figure 4: Relation between DC and SS

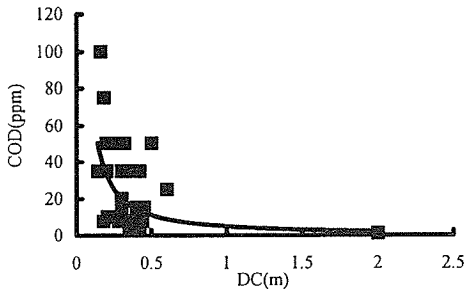


Figure 5: Relation between DC and COD

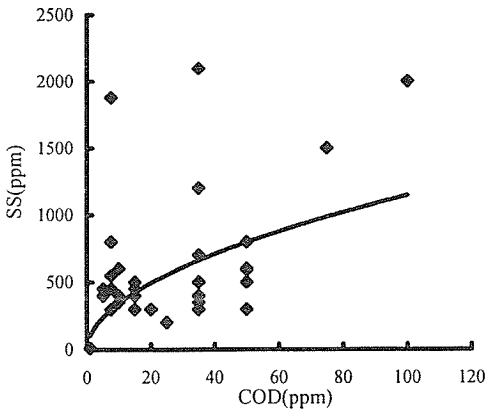


Figure 6: Relation between COD and SS

て, 3者の累乗近似式及び R^2 を以下に示す。

$$SS = 68.1 DC^{-1.69} \quad (R^2=0.81) \quad (1)$$

$$COD = 4.8 DC^{-1.20} \quad (R^2=0.34) \quad (2)$$

$$SS = 102.7 COD^{0.53} \quad (R^2=0.32) \quad (3)$$

3者の中で, 最も高い R^2 は DC と SS の 0.81 であった。

2 鳥取大学での分析

DC が 0.12~0.65m の間で比較的均等に分散した 13 のサンプル水を鳥取大学へ持ち帰り, 帰国後直ちに, 全窒素(T-N)および金属イオン量を測定した。その結果, T-N の平均値は 2.69ppm, その最小, 最大値はそれぞれ 0.74ppm, 4.94ppm であった。つぎに, ICP による分析結果と日本の 10 河川と三湖沼の水質の平均値(A.J.W.)を Table 4 に示す[4]。日本の水質の平均値と筆者らが分析したバングラデシュの水質と比較すると, 鉄 Fe とナトリウム Na 以外は日本の水質の平均値はバングラデシュの値の最大, 最小の間にあり, 両者間の水質に大差はないと推測される。

3 日本の水質基準との比較

ここでは, バングラデシュの池の水質を日本の水質基準と対比してみたい。日本の生活環境の保全に関する環境基準[7]によれば, 湖沼に関する類型 C は工業用水に使う場合, 薬品注入などによる高度あるいは特殊な浄水操作をおこなう必要性のある水, あるいは環境の面からは国民の日常生活において不快を生じない限度と規定されている水である。その水質は pH=6~8.5, COD=8ppm 以下, SS はごみなどの浮遊が見られないこと, DO=2ppm 以上であるとされている。本調査におけるバングラデシュの池の水質は DO 以外はこの基準を満足しない汚染された水である。次に, 窒素, リンについてみる。日本の湖沼の窒素, リンに関する基準によれば, 水質の最も悪い類型 V は水産 3 種 (コイ, フナ等), 工業用水, 農業用水, 環境保全に適応するもので, T-N と T-P は, それぞれ 1ppm 以下, 0.1ppm 以下となっている。バングラデシュの池のリンはこれらの基準をはるかに上回っているものの, 魚は元気に生育している。これから, 日本の水質基準をバングラデシュの魚類に当てはめることは無理なことが推察される。

Haor の水質

Haor とは自然にできた広くて浅い陥没地に水が溜まった氾濫湖のことで, Haor は雨季には海のように広がるが, 乾期には殆んど干上がってしまう。本調査では Syhlet district の Telikhal Haor と Netrakona district の Koyar Haor における水質調査を行った。その結果を, 順を追って説明する。

1 Telikhal Haor

Telikhal Haor は, バングラデシュの北東に位置する Syhlet district の北西にあり, バングラデシュで多く見られる氾濫湖のひとつである。Syhlet district は, バングラ

デシュで最も降水量の多い地方である。ここを Suruma 川と Kusiyara 川の二本の河川が東から西に流れ、これら二本の河川は南流し、Habiganj で合流して Meghna 川となる。本調査時(2002年10月19日)には Haor はほぼ干上がっていた。そこで、Haor 内の Bahni 集落に入り住民の使用している池、井戸水、集落内を流れる小河川、Haor 内を流れる Arai 川および Arai 川が合流する Suruma 川の水質を調査した。また、調査時にスコールがあった

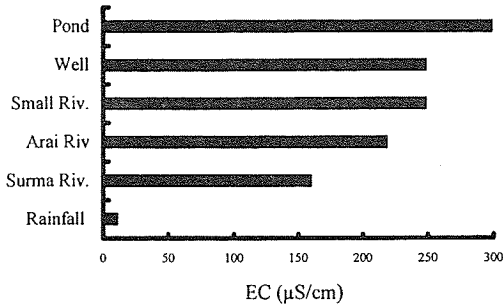


Figure 7 EC in Telikhar Haor, Syhlet

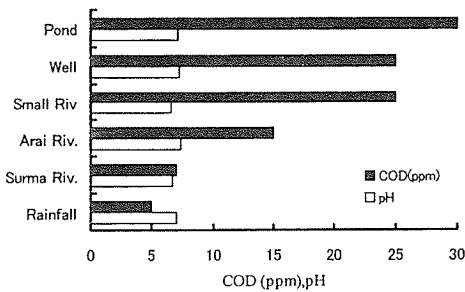


Figure 8 COD and pH in Telikhar Haor, Syhlet

ので、雨水をも採水し、分析した。その結果を Fig. 7 と 8 に示す。Fig. 7 から池の EC が一番高く、ついで井戸水、小河川、Arai 川、Surma 川、雨水の順になっている。また、Fig. 8 から、池の COD が最も高く、井戸水、小河川、Arai 川、Surma 川、雨水の順に小さくなっているのがわかる。分析数が少ないので、断言できないが、これら 5 種類の水のうち、雨水が最も安全な水である。他方、井戸水は高い EC と COD 値を示している。測定した井戸は 1 本なので、これも断言はできないが、井戸水といえども生活に利用する場合には、前もって水質試験を行う必要があると考える。

2 Koyar Haor

Netrakona district の Madan にある Koyar Haor の中の 3 点で水質を測定した。その結果、pH は 6.9、EC は 87µS/cm と池の水と変わらないが、透明度は 0.15m と非常に小さ

かった。いま(2)式に DC=0.15 を代入して COD を求めると、COD=47ppm をえる。城戸[3]は 2000 年 8 月に Hail と Hakaruli Haor の水のバックテストを行い、COD=5~22ppm、T-P=0.02~0.15 をえた。筆者らの測定した Haor と同列には扱えないが、Koyar Haor も雨季になると滴水になり、COD=47ppm の水も薄められ半分以下になると推定される。また、2000 年にバングラデシュ西部の Bahgmara Thana の Beel で測定した水の pH は 8.2、EC は 102µS/cm と普通の水の値であったが、DC は 0.5m と低い値であった。2001 年 8 月にバングラデシュの東南に位置する人造湖の Kaptai 湖内の 3 点で測定した値の平均値は pH=6.9、EC=95µS/cm、DC=1.5m であった。DC=1.5m は筆者らがバングラデシュで測定した値の中で最高値であった。

結 論

以上をまとめると、次のとおりになる。

- 1) 池は有機物で汚染されており、かつ、大腸菌群数も多く存在することが推定された。
- 2) 生活用水を池に頼るのではなく、河川水、雨水や池水の浄化水に切り替えられるならば、住民の健康状態も改善されると考える。

筆者らは、現在、池や河川の汚濁水の浄化に取り組んでおり、近い将来その成果を報告の予定である。

謝辞:本研究は平成 14 年度科学技術研究費(基盤研究(B)(2))(京都大学防災研究所 岡太郎教授代表)の補助を受けて行ったことを記し、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] Badiur,R., et al., 2000 Statistical Yearbook of Bureau of Statistics, Planning Division, Government of the People's Republic of Bangladesh, (2002):p.39
- [2] BINA Annual Report: Records of Climatologically Observations Station, Bangladesh (2002)
- [3] 城戸由能(2002):平成11年度~平成13年度科学研究費補助金研究成果報告書(代表岡太郎, 京都(2002) pp.181-188
- [4] 国立天文台:理科年表 丸善,東京(1998)p.663
- [5] Shamsul,A:Jahan Atlas, Jahan Printing & Color Process Ltd.,(1997) p.10
- [6] UNICEF Progotir Pathey, Achieving the goals for Children in Bangladesh, October (1999)p.5
- [7] 吉田勲ら:農学における環境科学, 鳥取大学農学部, 鳥取(2000)pp.122-124