

## 5.人口急増地域の持続的な流域水政策シナリオ -モンsoon・アジア地域等における地球規模水循環変動への対応戦略- ガンジス川流域における水質保全対策の評価

下水処理研究室 室長 南山 瑞彦  
研究官 平出 亮輔  
研究員 桜井 健介

### 1. はじめに

アジアを中心とした地域では、急激な人口増加や都市化による水問題や、人間活動による水循環の変動などの問題が進行している。このため、アジアの特徴を有する流域を対象として、様々な水問題解決のための政策シナリオを提示することを目的として、山梨大学砂田教授を研究代表者としたチーム型研究(科学技術振興機構:CRESTタイプ)を実施している。特に、当研究室では、ガンジス川流域を対象とし、水質問題に重点をおいた水政策シナリオを提示するための調査を行っている。

ガンジス川は、ヒマラヤを最上流として、中国、インド、ネパールを通り、最終的にバングラディッシュで海流に流れ込む、総延長 2,524km、流域面積 1,086 千km<sup>2</sup>の大国際河川である。その流域面積の大部分はインドであり、全体の約 8 割を占める。インドにおけるガンジス川は、国民の約 4 割がその流域に生活しており、流域人口は 4 億 9 千万人にもなる。河川水の利用用途は、上水、農業用水の供給だけでなく、宗教上重要な河川として、人々は聖なる川での沐浴を行っている。しかし、近年の急激な人口増加により、ガンジス川への汚水、廃棄物などが増加し、河川の水質汚濁が問題化してきている。特に、病原微生物などの水系伝染病を引き起こす汚染に関しては、河川との接触が多いインド国民にとって、大きな社会問題となっている。

この問題を解決するには、水質問題に重点をおいた水政策シナリオが必要である。シナリオ作成にあたり、現地住民の生活様式や河川の水質汚濁状況、汚濁源、原単位などの基礎データを十分に収集することが必要である。しかし、インド政府によると、シナリオ作成のための基礎となる汚濁負荷源のデータが整理されていないとのことであった。このため、現地における汚濁負荷源の基礎的な調査が必要である。ガンジス川流域があまりに広範囲であるため、本研究では、大きな負荷源として代表的なニューデリー(周辺地域含む)を対象として詳細な調査を行い、基本となるデータを整備することとした。



図-1 ガンジス川流域の概略図

表-1 ヤムナ川の水質分析結果

### 2. ガンジス川の水質汚濁状況

ニューデリーには、ガンジス川の支流であるヤムナ川が流れている。乾季のニューデリー近郊のヤムナ川の水質汚濁状況を調査した。ニューデリーの都市部上流域のパラ(Palla)付近のヤムナ川は、都市の汚濁物が河川に流入する前であるため、水が透きとおりと、良好な状態であった。しかし、都市部通過後は、水が黒くにごり、ゴミが流下しており、都市部

項目	地点	上流		下流		
		Palla	Majhaoli	Shergarh	Vrindavan	
		25/2/05	26/2/05	26/2/05	26/2/05	
	採水日時	12pm	12pm	3pm	5pm	
SS	mg/L	120	257	247	230	
DO	mg/L	8.2	-	7	7.3	
pH		7.4	7.5	7.2	7.3	
T-BOD <sub>5</sub>	mg/L	3	51	11	7	
T-COD <sub>Cr</sub>	mg/L	10	173	37	26	
T-N	mg/L	5.5	30	22.3	20.5	
KJ-N	mg/L	0.1	25	3.4	3.7	
PO4-P	mg/L	0.4	14	5	5	
NH4-N	mg/L	0.1	25	3.2	3.6	
NO2-N	mg/L	0.4	<0.01	0.9	1.8	
NO3-N	mg/L	5	5	18	15	
大腸菌群数	MPN法	MPN/100ml	27	4.26E+05	5.42E+04	3.49E+03
	平板培養法	cfu/ml	<1	1.80E+03	4.10E+02	1.60E+02
糞便性大腸菌数	MPN法	MPN/100ml	7	4.26E+05	2.60E+03	1.20E+02
	平板培養法	cfu/ml	<1	1.80E+03	4.60E+02	1.10E+01

汚濁の影響を強く受けていた。特に都市部から約 40km 下流のマジョーリ (Majholi) 付近では、河川から硫化水素臭が発生していた。しかし、その 80km 下流のシェルガル (Shergarh)、さらにその先 26km 下流のプリンダヴァン (Vrindavan) においては、水は黒いものの、臭気はマジョーリに比べかなり弱く感じられた。これら 4 箇所はやムナ川の水質調査の結果を表-1 に示す。上流部<sup>パ</sup>ラでは、BOD が 3mg/L で、水質が比較的良好であった。一方、ニューデリー通過後の水質は悪く、大腸菌群数も高い値を示しており、生活排水の影響がうかがえた。下流部の中では、マジョーリからプリンダヴァンに向かって河川が流下するにしたがい BOD、COD、NH<sub>4</sub>-N、大腸菌群数、糞便性大腸菌群数が低くなる傾向にあり、沈殿・自然浄化の効果がうかがえた。

### 3. ニューデリーにおける負荷量原単位調査

#### 1) 調査方法

近年、都市部の人口急増に伴う生活排水の増加が問題となっている。このため、大きな汚濁負荷源として都市部の調査を行ったが、インドでは貧富の差が大きく、その生活様式が全く違うため、高・中・低所得者層それぞれの汚濁負荷源の調査を行った。その他、都市部以外の生活排水として農村部、主要な産業として多数存在し、負荷の高い排水を生成する牛舎 (搾乳用) の調査を行った。本年度は、昨年度の現地調査時に調査が十分に行えなかった排出源である以下の地域に関して、現地の状況確認及び負荷量原単位調査を行った。調査箇所は以下のとおりである。

- ① 都市部 下水道整備地区 高所得者居住地区生活排水・・・2 箇所
- ② 都市部 下水道整備地区 低所得者居住地区生活排水・・・2 箇所
- ③ 農村部 下水道未整備地区 ニューデリー周辺集落 ……2 箇所
- ④ 牛舎 ……2 箇所

現地視察では、サンプリング箇所の決定、現地住民・関係者へのヒヤリングを行い、基礎的な情報を収集した。水質分析に関して、①、②、③の生活排水調査は、各地点において 24 時間調査を行った。試料採取は 2 時間に 1 回、12 時間で 1 つのコンポジットサンプル (流量比で混合) を作成し、水質分析を行い、水量測定 (1 回/時間) も行った。牛舎排水である④は、朝夕の 2 回、牛舎内の清掃を行う以外に排水が出ないため、清掃時にコンポジットサンプルを作成し、水質測定を行い、水量は使用水量を計測した。

#### 2) 調査地域の状況と採水箇所

##### ① 都市部 下水道整備地域 高所得者居住地区生活排水

ニューデリー内のゴルフ・リンクス地区 (Golf Links Colony) とジョル・バー地区 (Jor Bagh Colony) の高所得者居住地の調査を行った。両地区とも、地区内に入ると数箇所の小さな公園があり、公園を中心にその周りに家が立ち並んでいた。地区内入口、各家の玄関前に警備員が常駐していた。収入は 20~30 万 Rs (約 50~75 万円) /月であり、世帯人員は 7 人程度であり、その他雇い人が数名おり、家主の家の裏側の路地に面した家で生活しているとのことであった。原単位調査のための採水は、ゴルフ・リンクス地区では 5 世帯 (45 人)、ジョル・バー地区では 16 軒 (75 人) が接続している下水管において行った。



写真-1 高所得者居住区

## ② 都市部 下水道整備地区 低所得者居住地区生活排水

デリー内のラジュビルナガル (Raghuvirnagar) とサリマルバー (Shalimarbagh) の2地区で調査を行った。収入は 0.2～1.4 万 Rs (0.5～3.5 万円) /月であり、主に小売商人、運転手、工場労働者等の職業に従事しているとのことであった。3～4階建ての建物が立ち並んでおり、数多くの住民が密集して生活していた。この地区の貸家は、都市部の中では最低ラインにあたる。原単位調査のための採水は、ラジュビルナガルでは16棟(平均4階建てで各階に2～3世帯)、サリマルバーでは12棟(3階建てで、平均5～6世帯)が接続している下水管において行った。なお、この地区は低所得者の中でも比較的所得が高めの住民が住む地区である。



写真-2 低所得者居住区

## ③ 農村部 下水道未整備地区 ニューデリー周辺集落

ニューデリーの北にあるラトプル・チャテラ村 (Latpur Chatera Village) とニューデリーの南にあるミュージェリ村 (Mujeri Village) で調査を行った。収入は 0.3～1.6 万 Rs (0.75～4 万円) /月であり、基本的に農業を行っており、都市用の花、小麦、マスタードの実、野菜等を作っているとのことであった。水は地下水を利用しており、農業にも利用している。トイレは、腐敗槽がある家庭が若干あるものの、基本的には腐敗槽はない。生活排水は、村内の路地の端に簡易の側溝があり、そこに垂れ流され、村の隅にあるため池に流下、地下浸透で処理される。汚水池が村に隣接しており、しかも付近のハンドポンプで地下水を利用する場合もあるため、住民の衛生状態は良くないと思われた。なお、村内にはほぼ放し飼いで牛が数頭飼育されていた。原単位調査のための採水は、村の側溝で行った。



写真-3 農村部

## ④ 牛舎

デリー北部にあるバルサワ (Bhalsawa) の牛舎とデリー内南東部にあるマダンプル (Madanpur) の牛舎の調査を行った。基本的には、オーナーが1人おり、数件の牛舎を所有している。オーナーは、1つの牛舎に1人の労働者を雇っており、その労働者は牛舎付近のオーナーの貸家を借り、家族で生活しているとのことである。結果的に、労働者の家族全員で牛の世話をしているとのことであった。収入は、オーナーが5～8千Rs (1.25～2万円) /月、労働者が2～3千Rs (0.5～0.75万円) /月とのことであった。両地域とも、朝夕の2回、毎日搾乳を行うため、搾乳前に牛を水洗いするとのことであった。なお、バルサワでは、日中、牛を牛舎の外に出しているが、マダンプルでは牛を外には出さず、年中牛舎内で飼育しているとのことであった。原単位調査のための採水は、適当な牛舎を1つ選定し、その牛舎の排水溝において行った。

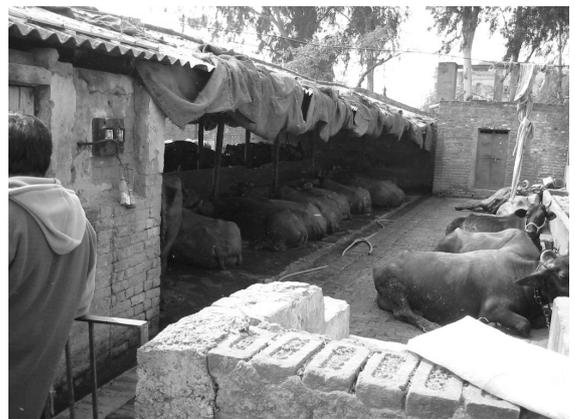


写真-4 牛舎

### 3) 汚濁負荷量原単位

調査結果を表-2 に示す。生活排水に関して、低所得地域のラジュビル・ナガルでの値は、他の値に比べすべての項目で非常に高い値を示した。これは、想定外の排水の流入すなわち、把握していた家庭以外の生活排水が混入した、もしくは、商店街に隣接しているため営業用水が混入した等の可能性があり、正確な使用者数を把握できていない。このため、今回の計算では、把握可能な範囲のみの使用者数で計算したため、1人あたりの汚濁負荷が高くなったと考えられる（表-2 には、参考値として記載しており、「(数値)」で表示した）。その他の都市部の値は、日本の値に比べほぼ同じような値であるものの、各項目それぞれに若干上下した値であり、生活習慣の違いによるものと考えられる。農村部に関しては、すべての負荷量が非常に低い値を示した。今回の調査での農村部の一人当たりの使用水量は平均 27L/日であり、かなり少なかった。これは、農村部では基本的にハンドポンプ式の手動ポンプで地下水を利用しており、蛇口を捻るだけの水道に比べ手間がかかるため、使用水量自体が少ない、日中農作業を行うため家で生

活していない、日中は農作業を行っているため排泄を屋外で行う傾向が強いことが考えられる。

家畜に関しては、日本の値に比べると、BOD 負荷は比較的多かったが、SS 負荷は少なく、窒素やリンの負荷も低い値であった。飼料や飼育環境、牛の種類が違うため、この程度の差が生じたと考えられる。

表-2 汚濁負荷原単位

種類	区分		使用水量	BOD	CODcr	SS	T-N	T-P
			L/人/日	g/人/日	g/人/日	g/人/日	g/人/日	g/人/日
生活排水	日本	流総指針値		58	27(Mn)	45	11	1.3
	高所得	ゴルフリンクス	500	83	219	130	8.4	17.7
		ジヨル・バー	140	27	51	131	8.9	2.2
	低所得	ラジュビル・ナガル	(372)	(150)	(372)	(112)	(50.9)	(24.3)
		サリマル・バー	154	39	102	55	13.1	5.5
	農村	ラトフル・チャテラ	17	3	6	3	2.3	0.9
ミュージエリ		37	10	24	8	2.8	0.9	
家畜	日本(家畜)	流総指針値	45-135	640	530(Mn)	3,000	290	50
	牛舎	ハルサワ	71	875	1,849	1,536	84	9.1
		マダンプル	97	879	1,529	1,099	119	12.5

※流総指針値：流域別下水道整備総合計画調査指針と解説、平成11年版、(社)日本下水道協会

### 5. まとめ

河川の汚濁の現状を把握し、各排出源の汚濁負荷原単位を算出した。その結果、都市部排水が河川へ与える影響がかなり大きいこと、都市部の原単位は日本の値に似ていたが、農村部はかなり低い値であったことを確認した。今後、さらに低所得者、スラムの生活排水や工場排水など、現在までに行っていない汚濁源の調査やさらに精度を上げるための調査を行いながら引き続き現地調査を行い、水質問題に重点をおいた水政策シナリオを提示するための基礎的データの集積を行う予定である。

なお、本研究は CREST：戦略的創造研究推進事業委託研究費により実施されたものである。

### 6. 参考文献

- 1) 中島英一郎、他：ガンガ河流域における水質汚濁調査報告、第 41 回下水道研究発表会講演集 平成 16 年度、pp. 582-584