

No.

バングラデシュ人民共和国

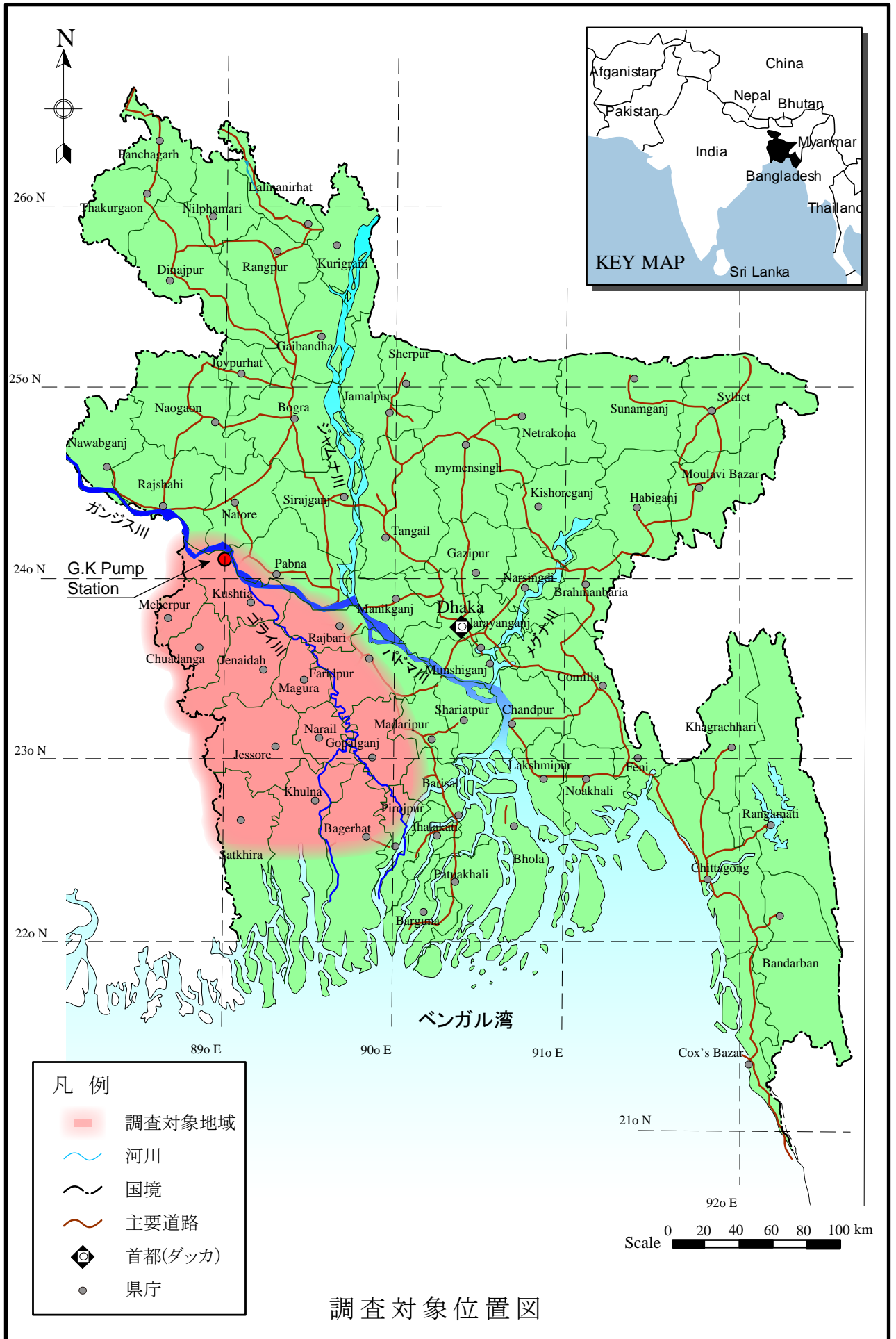
バングラデシュ国
南西部水資源管理に係る
情報収集・確認調査
最終報告書

2010年9月

独立行政法人 国際協力機構

日本工営株式会社
OYO インターナショナル株式会社

| |
|--------|
| 南ア |
| J R |
| 10-015 |



略語一覧表

| 略語 | 英語名称 | 日本語表記 |
|---------|---|--------------------|
| ADB | Asia Development Bank | アジア開発銀行 |
| BADC | Bangladesh Agricultural Development Corporation | バングラデシュ農業開発公社 |
| BARC | Bangladesh Agricultural Research Council | バングラデシュ農業研究協議会 |
| BBS | Bangladesh Bureau of Statistics | バングラデシュ統計局 |
| BIWTA | Bangladesh Inland Water Transport Authority | バングラデシュ水運公団 |
| BMD | Bangladesh Meteorological Department | 気象庁 |
| BRAC | Bangladesh Rural Advancement Committee | バングラデシュ農村振興委員会 |
| BRII | Bangladesh Rice Research Institute | バングラデシュ・コメ研究所 |
| BWDB | Bangladesh Water Development Board | バングラデシュ水開発庁 |
| BWFMS | Bangladesh Water and Flood Management Strategy | バングラデシュ水と洪水管理戦略 |
| CAD | Command Area Development | コマンドエリア開発 |
| CADP-II | Second Command Area Development Project | 第2次コマンドエリア開発プロジェクト |
| DANIDA | Danish International Development Assistance | デンマーク外務省 |
| CDC | Citra Development Centre | チトラ開発センター |
| CPP | Cyclone Preparedness Programme | サイクロン防災計画 |
| DMB | Disaster Management Bureau | 災害管理局 |
| DoE | Department of Environment | 環境局 |
| DoF | Department of Fisheries | 漁業局 |
| DPHE | Department of Public Health Engineering | 公共衛生技術局 |
| DPP | Development Project Proforma/Proposal | 開発プロジェクトプロポーザル |
| DR | Direct Runoff | 有効雨量 |
| DRR | Department of Relief & Rehabilitation | 救援復興局 |
| DTW | Deep Tube Well | 深管井戸 |
| ECC | Environmental Clearance Certificate | 環境許可証 |
| ECNWRC | Executive Committee of the National Water Resources Council | 国家水資源協議会理事会 |
| EIA | Environmental Impact Assessment | 環境影響評価 |
| EIRR | Economic Internal Rate of Return | 経済的内部収益率 |
| EMP | Environmental Management Plan | 環境管理計画 |
| ETcrop | Crop Evapotranspiration | 作物上発散量 |
| ETo | Evapotranspiration | 基準蒸発散量 |
| FAP | Flood Action Plan | 洪水行動計画 |
| FCD/I | Flood Control, Drainage and Irrigation | 洪水制御・排水および灌漑 |
| FCPO | Flood Plan Coordination Organisation | 洪水計画調整局 |
| FD | Forest Department | 林野局 |
| FFWC | Flood Forecasting and Warning Centre | 洪水予警報センター |
| FIRR | Financial Internal Rate of Return | 財務的内部収益率 |
| F/S | Feasibility Study | 可能性調査 |
| GDP | Gross Domestic Product | 国内総生産 |
| GKIP | Ganges-Kobadak Irrigation Project | ガンジスーコバダック灌漑 |

| | | |
|----------|---|----------------------|
| GOB | Government of Bangladesh | プロジェクト バングラデシュ国政府 |
| GRDP | Gross Regional Domestic Product | 地域内総生産 |
| GRR | Gorai River Restoration Project | ゴライ川復旧事業 |
| GWR | Ground Water Recharge | 単位灌漑取水量 |
| GWT | Ganges Water Treat | ガンジス水協定 |
| HDI | Human Development Index | 人間開発指数 |
| HPI | Human Poverty Index | 人間貧困指数 |
| HYV | High Yielding Variety | 高収量品種 |
| IEE | Initial Environmental Examination | 初期環境調査 |
| ITCZ | Inter Tropical Convergence Zone | 熱帯収束帯 |
| IPSWAM | Integrated Planning for Sustainable Water Management | 統合型持続的水管理計画 |
| IWM | Institute of Water Modeling | 水モデリング研究所 |
| IWMP | Integrated Water Management Project | 統合水資源管理事業 |
| Kc | Crop Coefficients | 作物係数 |
| LCG | Local Consultative Group | ドナーグループ |
| LGD | Local Government Division | 地方行政局 |
| LGED | Local Government Engineering Department | 地方政府技術局 |
| LLP | Low Lift Pump | 低揚程ポンプ |
| MC | Main Canal | 幹線水路 |
| MoA | Ministry of Agriculture | 農業省 |
| MoFDM | Ministry of Food and Disaster Management | 食料災害管理省 |
| MoWR | Ministry of Water Resources | 水資源省 |
| NGO | Non-Government Organization | NGO |
| NPDM | National Plan for Disaster Management | 国家災害管理計画 |
| NWMP | National Water Management Plan | 国家水管理計画 |
| NWR | Net Water Rate | 純単位灌漑水量 |
| NWP | National Water Policy | 国家水政策 |
| NWRC | National Water Resources Council | 国家水資源評議会 |
| O&M | Operation and Maintenance | 運用維持管理 |
| PPWP | Pilot Priority Work Program | 優先パイロット事業プログラム |
| PRSP | Poverty Reduction Strategy Paper | 貧困削減戦略文書 |
| PPTA | Project Preparation Technical Assistance | プロジェクト事前技術援助 |
| RAB | Rapid Action Battalion | 緊急活動大隊 |
| RRI | River Research Institute | 河川研究所 |
| SAIWRPMP | Southwest Area Integrated Water Resources Planning and Management Project | 南西地域統合水資源計画・管理事業 |
| SOD | Standing Orders on Disaster | 災害に対する行動規定 |
| SRDI | Soil Resource Development Institute | 土壌資源開発研究所 |
| SRI | System of Rice Intensification | 水稲強化システム |
| SSWRDP | Small Scale Water Resources Development Project | 小規模水資源開発事業 |
| STW | Shallow Tube Well | 浅管井戸 |
| SWMC | Surface Water Modeling Centre | 表流水モデリングセンター |
| TDS | Total Dissolved Solids | 総溶解固形分 |
| TRM | Tidal River Management | 感潮河川河床堆積対策工法 |
| TW | Tube Well | 管井戸 |
| UNDP | United Nations Development Programme | 国連開発計画 |
| UNICEF | United Nations Children's Fund | 国連児童基金 |
| US\$ | United States Dollars | アメリカドル |

| | | |
|-------|---------------------------------------|-------------|
| WARPO | Water Resources Planning Organization | 水資源計画機構 |
| WASA | Water and Sewerage Authority | 上下水道局 |
| WMG | Water Management Group | 水管理グループ |
| WB | World Bank | 世界銀行 |
| WMIP | Water Management Improvement Project | 水管理改良プロジェクト |
| WHO | World Health Organization | 世界保健機構 |

バングラデシュ国

南西部水資源管理に係る情報収集・確認調査

最終報告書

目次

調査対象位置図

略語一覧表

| | | |
|-------|---------------------------|------|
| 1. | 調査の背景と目的 | 1-1 |
| 1.1 | 調査の背景 | 1-1 |
| 1.2 | 調査の目的 | 1-3 |
| 1.3 | 調査対象地域 | 1-3 |
| 1.4 | 調査工程 | 1-4 |
| 1.5 | 報告書の構成および概要..... | 1-4 |
| 1.6 | 調査の方針 | 1-5 |
| 2. | バングラデシュにおける南西部の位置付け | 2-1 |
| 2.1 | 社会・経済 | 2-1 |
| 2.1.1 | 人口..... | 2-1 |
| 2.1.2 | 経済..... | 2-2 |
| 2.1.3 | 社会..... | 2-4 |
| 2.2 | 組織・制度 | 2-10 |
| 2.2.1 | 水セクターに関する組織..... | 2-10 |
| 2.2.2 | 水セクターに関わる計画と企画..... | 2-12 |
| 2.2.3 | 水セクターに関連する政策／指針..... | 2-12 |
| 2.2.4 | 水セクターに関連する規制／法律..... | 2-12 |
| 2.2.5 | 各種手続き | 2-12 |
| 2.2.6 | 水利権..... | 2-15 |
| 2.3 | 物理的特性 | 2-16 |
| 2.3.1 | 地勢..... | 2-16 |
| 2.3.2 | 気象・水文..... | 2-21 |
| 2.3.3 | 河川・洪水..... | 2-30 |
| 2.3.4 | 流砂・堆砂..... | 2-41 |

| | | |
|-------|---------------------------------|------|
| 2.4 | 開発計画 | 2-50 |
| 2.4.1 | 「バ」国政府の基本方針..... | 2-50 |
| 2.4.2 | 土地利用計画・農業開発計画..... | 2-52 |
| 2.4.3 | 水管理計画..... | 2-53 |
| 3. | 水資源管理に係わる問題とその誘因 | 3-1 |
| 3.1 | 水利用 | 3-1 |
| 3.1.1 | 農業..... | 3-1 |
| 3.1.2 | その他の水利用..... | 3-13 |
| 3.1.3 | 既存データを活用した水利用に係わる予備的検討・解析 | 3-15 |
| 3.2 | 水関連災害 | 3-28 |
| 3.2.1 | 河川管理・災害の現況..... | 3-28 |
| 3.2.2 | ゴライ川の河床・河道変動分析..... | 3-32 |
| 3.3 | 水資源の保全 | 3-38 |
| 3.3.1 | 環境の悪化が懸念される地域..... | 3-38 |
| 3.3.2 | 表流水に係わる現況..... | 3-39 |
| 3.3.3 | 地下水に係わる現況..... | 3-41 |
| 3.4 | ステークホルダーへのヒアリングおよびアンケート調査..... | 3-43 |
| 3.4.1 | ヒアリング調査..... | 3-43 |
| 3.4.2 | アンケート調査..... | 3-50 |
| 3.5 | 組織・制度に係わる問題とその誘引..... | 3-51 |
| 3.5.1 | 水利用に関わる組織・制度..... | 3-51 |
| 3.5.2 | 水関連災害に関わる組織・制度..... | 3-51 |
| 3.5.3 | 水資源保全のための組織・制度..... | 3-52 |
| 4. | 南西部の水資源管理に求められる対策..... | 4-1 |
| 4.1 | 政府および他ドナーの計画..... | 4-1 |
| 4.1.1 | 政府の水資源管理計画..... | 4-1 |
| 4.1.2 | 他ドナーの水資源管理計画..... | 4-2 |
| 4.2 | Fault-Tree-Analysis | 4-5 |
| 4.2.1 | 南西部における水資源管理のあり方..... | 4-5 |
| 4.2.2 | Fault-Tree-Analysis の構築..... | 4-6 |
| 4.3 | 水資源管理に係わる問題解決に向けた対策..... | 4-15 |
| 4.3.1 | 水利用のための対策..... | 4-15 |
| 4.3.2 | 水関連災害のための対策..... | 4-18 |
| 4.3.3 | 水資源保全のための対策..... | 4-18 |
| 4.3.4 | 組織・制度面の対策..... | 4-19 |
| 4.4 | 南西部水資源管理のため取り組むべき対策..... | 4-20 |
| 4.4.1 | 対策の統合化規準および条件..... | 4-20 |
| 4.4.2 | 水資源管理に係わる対策の統合化..... | 4-21 |
| 5. | JICA による支援の方向性の検討 | 5-1 |

| | | |
|-------|-------------------------|------|
| 5.1 | 支援対象候補を選定する基準..... | 5-1 |
| 5.1.1 | 整合すべき上位の指針および国家計画等..... | 5-1 |
| 5.1.2 | 本調査で考慮した選定基準..... | 5-2 |
| 5.2 | 支援対象の候補対策の選定と評価..... | 5-3 |
| 5.2.1 | 候補対策の選定..... | 5-3 |
| 5.2.2 | 候補対策の評価..... | 5-5 |
| 5.3 | 支援の方向性 | 5-7 |
| 5.3.1 | GKIP の改修および改善 | 5-7 |
| 5.3.2 | ゴライ川低水路維持..... | 5-9 |
| 5.3.3 | その他 4 つの候補となる統合対策..... | 5-11 |

付表

付図

写真集

添付資料

表 目次

| | | |
|----------|---|------|
| 表 2.1.1 | Division 別の面積、人口、GDP (1999-2000)..... | 2-1 |
| 表 2.1.2 | 南西部調査対象 District の面積、人口、GDP (1999-2000) | 2-2 |
| 表 2.1.3 | 南西部における地域区分..... | 2-2 |
| 表 2.1.4 | 「バ」国の GDP..... | 2-3 |
| 表 2.1.5 | セクター別 GDP 割合と成長率 (実質価格 (1995-96 年基準)) | T-1 |
| 表 2.1.6 | 産業分野別 GDP (実質価格) | T-1 |
| 表 2.1.7 | セクター別名目 GDP の推移..... | T-2 |
| 表 2.1.8 | 対象地域の District 別、セクター別 GDP (1999-2000) | T-2 |
| 表 2.1.9 | 対象地域 GDP の全国に対する割合 (1999-2000) | T-2 |
| 表 2.1.10 | Division 別貧困率..... | 2-5 |
| 表 2.1.11 | 労働雇用セクター..... | 2-6 |
| 表 2.1.12 | 安全な飲料水へのアクセス可能人口..... | 2-6 |
| 表 2.1.13 | 各市の飲料水源..... | 2-7 |
| 表 2.1.14 | 給水栓当たり平均受益戸数..... | 2-7 |
| 表 2.1.15 | 自然災害による作物被害..... | 2-9 |
| 表 2.1.16 | Region 別の作物被害 (2002 年) | T-3 |
| 表 2.1.17 | Region 別作物被害 (2003 年) | T-3 |
| 表 2.1.18 | Region 別作物被害 (2004 年 1/2) | T-3 |
| 表 2.1.19 | Region 別作物被害 (2004 年 2/2) | T-4 |
| 表 2.1.20 | Region 別作物被害 (2005-06 年) | T-4 |
| 表 2.1.21 | Region 別作物被害 (2006-07 年) | T-5 |
| 表 2.2.1 | 水セクターに関連する規制及び法律..... | 2-12 |
| 表 2.3.1 | 調査対象地域の面積..... | 2-16 |
| 図 2.3.2 | 南西部における主要なビール(Beel)及びバオール(Baor)の分布..... | 2-19 |
| 表 2.3.3 | 南西部の月平均気温..... | 2-21 |
| 表 2.3.4 | 南西部での蒸発散高..... | 2-22 |
| 表 2.3.5 | 降雨観測所..... | 2-25 |
| 表 2.3.6 | 南西地域における月平均降雨量..... | 2-27 |
| 表 2.3.7 | ガンジス河及びゴライ川の月平均流量..... | 2-27 |
| 表 2.3.8 | 調査対象地域内のその他流量データの状況..... | 2-28 |
| 表 2.3.9 | Rupsa 川クルナ地点での月平均水位..... | 2-28 |
| 表 2.3.10 | ガンジス河の流況に及ぼすファラッカ堰の影響..... | 2-34 |
| 表 2.3.11 | ゴライ川とガンジス河の水理特性の相違..... | 2-36 |
| 表 2.3.12 | 「バ」国における水関連災害記録 (1990 年以降) | 2-40 |
| 表 2.3.13 | ハーディング鉄道橋におけるガンジス河の月平均水位 (1980-2002) | 2-41 |
| 表 2.3.14 | ハーディング鉄道橋におけるガンジス河の月平均流量 (1980-2002) | 2-41 |
| 表 2.4.1 | 「バ」国の近年の土地利用..... | 2-53 |

| | | |
|----------|---|------|
| 表 2.4.2 | NWMP でのサブ・セクターと実施中/実施予定のプログラム | 2-55 |
| 表 2.4.3 | NWMP でのサブ・セクターと実施中/実施予定の個別プログラム | 2-55 |
| 表 2.4.4 | 南西地域において実施中/実施予定のプログラム | 2-57 |
| 表 2.4.5 | NPDM での財源の分類 | 2-58 |
| 表 3.1.1 | 「バ」国の灌漑方法 | 3-1 |
| 表 3.1.2 | 調査対象地域 (5 Region) の灌漑方法 | 3-1 |
| 表 3.1.3 | ガンジス-コバダック灌漑プロジェクト (GKIP) の概要 | 3-3 |
| 表 3.1.4 | CADP-II レポートによる GKIP の面積 | 3-5 |
| 表 3.1.5 | CADP-II レポートによる GKIP の O&M 予算と灌漑料 | 3-5 |
| 表 3.1.6 | GKIP における現況と計画の作物作付面積の比較 (CADP-II による) | T-6 |
| 表 3.1.7 | GKIP における現況と計画の作物生産量と純便益の比較 (CADP-II による) | T-6 |
| 表 3.1.8 | プロジェクト費用便益フロー | 3-6 |
| 表 3.1.9 | GKIP の小規模灌漑状況 (2008-09 年乾季) | 3-6 |
| 表 3.1.10 | GKIP の小規模灌漑状況 (2008-09 年乾季) | 3-7 |
| 表 3.1.11 | 気象観測所別基準蒸発散量 (ET ₀) | 3-10 |
| 表 3.1.12 | Upazila 別浸透量と Region 別浸透量推定値 | T-7 |
| 表 3.1.13 | 大規模灌漑システムによる米作の単位灌漑水量 | T-8 |
| 表 3.1.14 | 大規模灌漑システムによる小麦、玉ねぎ、ジャート作の単位灌漑水量 | T-9 |
| 表 3.1.15 | 大規模灌漑システムによる豆類、タバコ、サトウキビ作の単位灌漑水量 | T-10 |
| 表 3.1.16 | 管井戸等小規模灌漑による米作の単位灌漑水量 | T-11 |
| 表 3.1.17 | 管井戸等小規模灌漑による小麦、玉ねぎ、ジャート作の単位灌漑水量 | T-12 |
| 表 3.1.18 | 管井戸等小規模灌漑による豆類、タバコ、サトウキビ作の単位灌漑水量 | T-13 |
| 表 3.1.19 | Region 別 作物別 灌漑規模別灌漑面積 | T-14 |
| 表 3.1.20 | クシュティア Region の灌漑需要量 | T-14 |
| 表 3.1.21 | ジョソール Region の灌漑需要量 | T-15 |
| 表 3.1.22 | クルナ Region の灌漑需要量 | T-15 |
| 表 3.1.23 | ファリドプール Region の灌漑需要量 | T-16 |
| 表 3.1.24 | ボリシャル Region の灌漑需要量 | T-16 |
| 表 3.1.25 | 対象地域内の "Region" と "District" の関係 | T-17 |
| 表 3.1.26 | District 別現況灌漑需要量 | T-18 |
| 表 3.1.27 | 作物生産量予測 | 3-12 |
| 表 3.1.28 | District 別 2020 年予測灌漑需要量 | T-19 |
| 表 3.1.29 | 「バ」国における一日一人当たりの水使用量 | 3-13 |
| 表 3.1.30 | 調査対象地域における現況での上水の需要 | 3-14 |
| 表 3.1.31 | 調査対象地域における上水の需要予測 (2020 年時点) | 3-15 |
| 表 3.1.32 | 南西地域で必要となる河川維持流量 | 3-15 |
| 表 3.1.33 | 渇水基準年のガンジス河月平均流量 (ハーディング橋地点) | 3-16 |
| 表 3.1.34 | 渇水基準年の月間降雨量 | 3-17 |
| 表 3.1.35 | 南西部での有効降雨高 | 3-17 |

| | | |
|----------|-------------------------------------|------|
| 表 3.1.36 | 南西部での表流水..... | 3-18 |
| 表 3.1.37 | 南西部での全水資源ポテンシャル..... | 3-19 |
| 表 3.1.38 | 解析に用いる降雨観測所とその適用..... | 3-21 |
| 表 3.1.39 | 南西部での表流水の貯留可能面積..... | 3-22 |
| 表 3.1.40 | 解析に用いる蒸発散高とその適用..... | 3-23 |
| 表 3.1.41 | 渇水基準年のゴライ川月平均流量（鉄道橋地点）..... | 3-23 |
| 表 3.1.42 | 水需給の収支の予備的検討（現況）..... | 3-25 |
| 表 3.1.43 | 予備的水収支解析におけるゴライ川での取水（現況）..... | 3-26 |
| 表 3.1.44 | 水需給の収支の予備的検討（将来）..... | 3-27 |
| 表 3.2.1 | District 別水災害..... | 3-30 |
| 表 3.2.2 | ストークス式による粒径別の沈降速度..... | 3-36 |
| 表 3.4.1 | ヒアリング対象とした WMG..... | 3-44 |
| 表 3.4.2 | 大規模プロジェクトへのヒアリングで得られた主な回答（1/2）..... | 3-45 |
| 表 3.4.3 | 大規模プロジェクトへのヒアリングで得られた主な回答（2/2）..... | 3-46 |
| 表 3.4.4 | ヒアリング対象とした WMG..... | 3-47 |
| 表 3.4.5 | 中規模プロジェクトへのヒアリングで得られた主な回答（1/2）..... | 3-47 |
| 表 3.4.6 | 中規模プロジェクトへのヒアリングで得られた主な回答（2/2）..... | 3-48 |
| 表 3.4.7 | ヒアリング対象とした小規模プロジェクト..... | 3-48 |
| 表 3.4.8 | 小規模プロジェクトへのヒアリングで得られた主な回答..... | 3-49 |
| 表 3.4.9 | アンケート調査結果のまとめ（1/4-4/4）..... | T-20 |
| 表 4.4.1 | 対策の統合化..... | 4-22 |
| 表 5.2.1 | 候補にするべき対策の選定..... | 5-3 |
| 表 5.2.2 | 候補となる統合化された対策の基準への効果・寄与..... | 5-5 |
| 表 5.2.3 | 統合対策の評価..... | 5-6 |
| 表 5.3.1 | 想定される支援の内容..... | 5-8 |

図 目次

| | | |
|---------|---|------|
| 図 1.1.1 | 3 大国際河川（ガンジス河、ブラマプトラ(ジャムナ)川およびメグナ川） 流域図..... | 1-1 |
| 図 1.3.1 | 調査対象地域..... | 1-3 |
| 図 1.4.1 | 調査工程..... | 1-4 |
| 図 2.2.1 | 環境評価の主たる手順..... | 2-14 |
| 図 2.3.1 | 調査対象地域の標高..... | 2-17 |
| 図 2.3.2 | 南西部における主要な Beel 及び Baor の分布..... | 2-20 |
| 図 2.3.3 | 「バ」国の年平均蒸発散高..... | 2-23 |
| 図 2.3.4 | 「バ」国の年平均雨量等降雨曲線..... | 2-24 |
| 図 2.3.5 | 降雨観測所位置図..... | 2-26 |
| 図 2.3.6 | 南西地域における水位及び流量の観測地点..... | 2-29 |

| | | |
|----------|---|------|
| 図 2.3.7 | 「バ」国の主要河川..... | 2-31 |
| 図 2.3.8 | 河川システム模式図..... | 2-32 |
| 図 2.3.9 | ガンジス河の水位..... | 2-34 |
| 図 2.3.10 | ゴライ川測量位置図..... | 2-37 |
| 図 2.3.11 | 分流量より 3km 下流の河床経年変化..... | 2-38 |
| 図 2.3.12 | 分流量より 115km 下流の河床経年変化..... | 2-38 |
| 図 2.3.13 | ガンジス河の河床材料の粒度分布図 (2007 年 5 月時点) | 2-43 |
| 図 2.3.14 | SS-1a 地点における浮遊砂濃度と水深の関係 | 2-43 |
| 図 2.3.15 | 2007 年に実施したサンプリング調査の位置..... | 2-44 |
| 図 2.3.16 | ガンジス河及びゴライ川分流量付近..... | 2-45 |
| 図 2.3.17 | ガンジス河の 1978 年から 2002 年の河床高の変遷 (横断測線 No.G13; GK Intake 近く、ハーディング鉄道橋から約 2 km 下流) | F-1 |
| 図 2.3.18 | ガンジス河の 1978 年から 2002 年の河床高の変遷 (横断測線 No.G12;ハーディング鉄道橋から約 7 km 下流) | F-1 |
| 図 2.3.19 | ガンジス河の 1978 年から 2002 年の河床高の変遷 (Talbaria 地点付近、横断測線 No.G11;ハーディング鉄道橋から約 13 km 下流) | F-2 |
| 図 2.3.20 | ガンジス河及びゴライ川分流量付近での河岸及び砂州の変遷 (1973~1999) | 2-46 |
| 図 2.3.21 | GKIP 位置図..... | 2-47 |
| 図 2.3.22 | GKIP 取水路呑口 (横断測線 No.I13) での堆砂 (2007 年雨季) | 2-48 |
| 図 2.3.23 | GKIP 取水路付近でのガンジス河河岸 (右岸側) の変遷..... | 2-48 |
| 図 2.4.4 | 水政策に関わる組織制度の概要..... | 2-57 |
| 図 3.1.1 | 対象 Region の灌漑方法別面積割合 | 3-2 |
| 図 3.1.2 | GKIP 灌漑面積(ha)の推移..... | 3-6 |
| 図 3.1.3 | 米の生産量と改良品種による生産量率の推移..... | F-2 |
| 図 3.1.4 | 米の作期、品種別収量の推移..... | F-3 |
| 図 3.1.5 | 米の栽培面積とその改良品種率の推移..... | F-3 |
| 図 3.1.6 | 調査対象地域の水系概略図..... | 3-20 |
| 図 3.1.7 | 水収支解析モデル図..... | 3-21 |
| 図 3.2.1 | 1998 年洪水による被災地域..... | 3-29 |
| 図 3.2.2 | ゴライ川分流量の堆砂のイメージ..... | 3-32 |
| 図 3.2.3 | ゴライ川分流量での 1977 年から 1999 年にかけての河岸線の変遷..... | 3-32 |
| 図 3.2.4 | ゴライ川横断図 No.RMGM02 (分流量から 3km 下流) | F-4 |
| 図 3.2.5 | ゴライ川横断図 No.RMGM06 (分流量から 12km 下流、鉄道橋付近) | F-4 |
| 図 3.2.6 | ゴライ川横断図 No.RMGM10 (分流量から 30km 下流、Khoksha 地点近く) | F-5 |
| 図 3.2.7 | ゴライ川横断図 No.RMGM17 (分流量から 65km 下流、Khoksha 地点近く) | F-5 |
| 図 3.2.8 | ゴライ川横断図 No.RMGM22 (分流量から 90km 下流) | F-6 |
| 図 3.2.9 | ゴライ川横断図 No.RMGM28 (分流量から 115km 下流) | F-6 |
| 図 3.2.10 | ゴライ川横断図 No.RMGM35 (分流量から 135km 下流) | F-7 |

| | | |
|----------|--|------|
| 図 3.2.11 | ゴライ川横断図 No.RMGM42 (分流点から 170km 下流) | F-7 |
| 図 3.2.12 | ゴライ川河床の縦断図 (2008) | 3-35 |
| 図 3.2.13 | ゴライ川クシュティア地点における流量と流砂量の関係, 1998 (IWM)..... | 3-37 |
| 図 3.3.1 | 環境の悪化が懸念される地域..... | 3-39 |
| 図 3.3.2 | 乾季のピーク時の塩分濃度分布..... | 3-40 |
| 図 3.3.3 | 砒素濃度が基準値を上回る井戸水が出る井戸数の割合 | 3-42 |
| 図 4.1.1 | Fault-Tree (利水-1) | 4-11 |
| 図 4.1.2 | Fault-Tree (利水-2) | 4-12 |
| 図 4.1.3 | Fault-Tree (水関連災害) | 4-13 |
| 図 4.1.4 | Fault-Tree (保全) | 4-14 |
| 図 4.3.1 | GK 取水路への沈砂地の設置案..... | 4-15 |
| 図 5.1.1 | 対「バ」国国別援助計画目標体系図..... | 5-1 |
| 図 5.1.2 | NWMP の全体目標 | 5-2 |
| 図 5.2.1 | 支援対象候補となる統合対策..... | 5-4 |

外貨交換レート

本調査で採用した外貨交換レートは下記の通りである。

US Dollar (US\$) 1.00 = Bangladeshi Taka 69.45 = Japanese Yen (Y) 88.48

(2010年6月)

1. 調査の背景と目的

1.1 調査の背景

バングラデシュ国（以下、「バ」国）はガンジス河、ブラマプトラ（ジャムナ）川およびメグナ川という3大国際河川の下流域に位置し、南端をベンガル湾に接する。総面積 147,570 万キロの国土は東部丘陵地域を除く国土の大半が低平地となっている。西北から東南にかけて、おおよそ国土を分断するかたちで流れるガンジス河の北側を流れる河川はブラマプトラ、メグナ両河を含め、やがてこの大河に合流する支川を構成するが、南側には大小 300 を超える独立した河川が直接ベンガル湾に注いでいる。いずれもモンスーンの影響を顕著に受けている。「バ」国は災害多発国でもあり、主要な災害としては、洪水・浸水、サイクロン、高潮、干ばつ、河岸浸食、竜巻、砒素汚染、塩水遡上、地震等が挙げられる。更に、近年では気候変動による影響も危惧されてきており、海面上昇による海岸浸食や塩水遡上、乾季の河川流量の減少、雨季の河川流量の増大等への対策が求められている。資源に恵まれず災害の頻発する同国は、アジアの中でも最も経済的に後れた国の一つに数えられ、2007-2008 年の一人当たり国民総生産は 400 ドル台に留まっている。こうした中、災害の主要因ともなっている水資源の適切な開発と管理は、「バ」国の発展にとって極めて重要な政策である。1987 年と 1988 年に発生した未曾有の大洪水災害の後に、多くのドナー・国際機関の支援により「洪水行動計画（Flood Action Plan: FAP）」が策定された。その後、「バ」国政府は、水利用や水資源保全にも配慮した水政策の基本理念を示す「国家水政策（National Water Policy: NWP）」を 1999 年に公表した。続いて 2004 年には NWP の実現を図る「国家水管理計画（National Water Management Plan: NWMP）」を策定した。NWMP は水セクター全般の開発を網羅する計画であり、25 年間の長期に亘る水資源の最適な管理のための基本計画を示したものである。

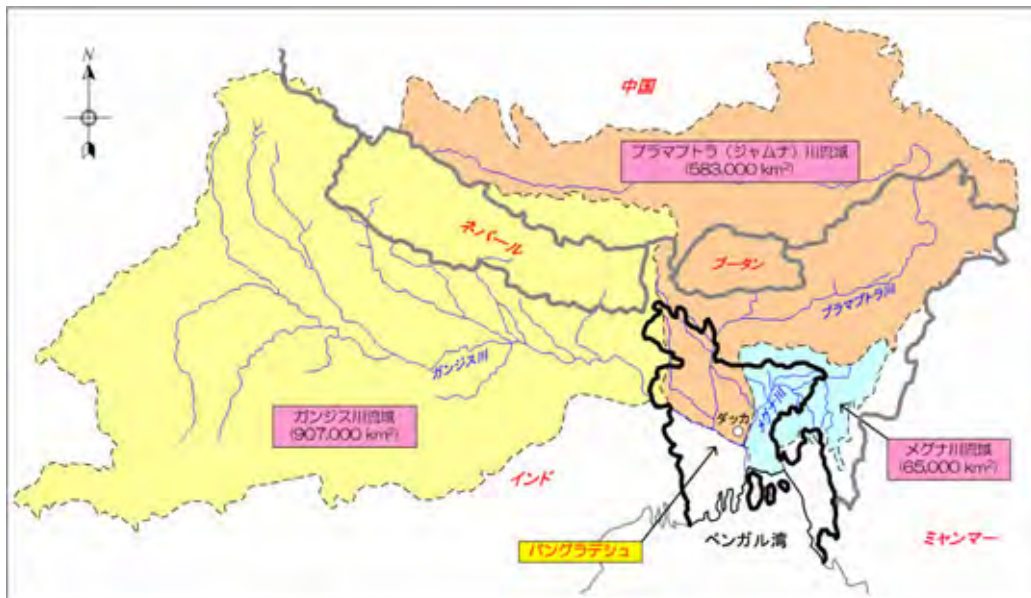


図 1.1.1 3 大国際河川（ガンジス河、ブラマプトラ(ジャムナ)川およびメグナ川）流域図

このような状況を受け、各ドナー・国際機関はこれまでも水分野において積極的な支援を展開してきた。世界銀行（World Bank: WB）は FAP 策定に中心的な役割を果たすとともに、2005 年に水資源支援戦略を発表し、洪水対策や「バ」国政府機関であるバ

ングラデシュ水開発庁(Bangladesh Water Development Board: BWDB)、水資源計画機構(Water Resources Planning Organization: WARPO)等の能力強化に向けた支援を実施してきている。アジア開発銀行(Asia Development Bank: ADB)は2003年に水セクターロードマップを発表し、法整備、中央・地方政府の構造改革、河岸浸食対策といった支援に加え、受益者(住民)による参加が重要であるという認識の下、地方部を対象とした小規模水資源開発事業(Small Scale Water Resources Development Project: SSWRDP)にも積極的に取り組んでいる。

「バ」国南西部(Southwest Region)は、総面積40,450 km²がガンジス河中流部の南、南北に流れる下流部ではその西に位置し、西側をインド、南はベンガル湾に接している。本調査の対象地域は、このSouthwest Regionのうち東側と海岸一帯を除く部分で、おおよそ16,400 km²を占める。2005～2006年の統計によれば、国家総人口の19%にあたる26.4百万人がこの地域に居住した。鉱物資源に恵まれない地域ではあるが、全体に肥沃で低平な地形は耕作に適し、特に水田が発達している。同期間のこの地域の米の生産は5.7百万トンで同国総生産量の22%を占める。こうした活発な農業生産により地域内総生産(Gross Regional Domestic Product: GRDP)は707,000百万タカで一人当たりGRDP 407ドルは工業、サービス業の盛んなダッカ、チッタゴンに続き第3位である。農業生産のGRDPへの寄与率が30%強であることはこの地域の発展が、食料の自給のみならず国の健全な経済社会の発展に重要な役割を果たすものとして注目に値する。実施中のパドマ橋が完成すると首都ダッカとの時間距離は大幅に短縮され、地域の重要さが増すと共に飛躍的な発展が期待されている。また、この地域はインド東部に楔形に割り込んでいて、分かれたインドを結ぶ回廊に位置する。橋の開通は今でも頻繁なインドの物資輸送を大幅に活性化するであろう。この地域の経済的、社会的安定は「バ」国-インド間の国際関係改善に少なからぬ寄与をするものと思われる。

その一方で、経済が農業に大きく依存するということは、とりもなおさず経済が自然災害に対して脆弱であることをも意味する。特に洪水や浸水によって長時間冠水すると稲をはじめとする作物に大きな被害が及ぶ。逆に、旱害もこの地域の経済にたびたび打撃を与えてきた。近年サイクロンが強大化して高潮が発生したための塩害もたびたび報じられている。特に収穫を前にしてサイクロンに襲われた場合、水、風、塩による直接的な被害に加えて、農民の受ける精神的打撃も無視できない。

この地域の主要な水源はガンジス河であるが、1976年インド領内でファラッカ堰が建設された。堰は乾季の流量を流域変更する目的であるから「バ」国領内の流量は減少し様々な問題を起している。ガンジス河の流量の減少は、派川となって南西部を流れるゴライ川へも多大な影響を及ぼしている。流量減少に伴う掃流力の低下は河道内の堆積を加速し、乾季の断流を招いている。さらに堆砂は流積を狭め、乾季における河川流量の大幅な減少に繋がるという悪循環に陥り、極端に低平な同地域においては各地でそれが沿岸部からの塩水遡上を引き起こす原因の一つとなっている。また、約40年前に建設されたガンジス-コバダック灌漑プロジェクト(Ganges-Kobadak Irrigation Project: GKIP)は、同地域で最も大規模な灌漑施設であり、同じくガンジス河から取水しているが、同様に導水路の堆砂の問題を抱えている。約140,000 haの灌漑施設(特に水路)は老朽化が著しく、修復が急務となっている。

こうした中、現在では「バ」国政府は貧困削減戦略文書(Poverty Reduction Strategy

Paper: PRSP II, 2009-2011) 改訂案においても、農業、災害対策、気候変動対策、食料の安全保障等を重点課題としており、また 2009/2010 年度の開発セクター予算においても、農業生産力の向上や南西部開発を重視する方針を示している。

我が国は、これまで無償資金協力による沿岸部のサイクロンシェルター建設や全国をカバーする気象レーダー建設を中心とした支援を実施してきたが、今後は統合的な水資源管理の視点を踏まえた河川管理能力強化に係る支援も重視している。南西部は、国の安定した経済発展を支える地域として、経済インフラ整備による農業生産力の向上や、給排水システムによる生活水準の向上が期待されている。しかしながらこの地域は乾季にはガンジス河の流量減に起因する表流水の減少、塩水遡上の被害を受け、逆に雨季には排水不良による浸水に脅かされている。現在でもサイクロンの被害を最も受けやすい地域であり、今後、気候変動によってサイクロンの強大化や海面の上昇が進むと被害が増幅するものと心配されている。

1.2 調査の目的

本調査は、南西部の水資源管理を効果的、効率的なものとするため、JICA の将来的な支援の方向性を検討するために必要となる情報を収集し分析することを目的として実施する。すなわち、水資源管理に係わる課題を抽出し、その情報を収集分析することにある。なお、以下3つは重要課題として認識されている。

- (1) ゴライ川における堆砂・河床変動
- (2) GKIP のリハビリテーション
- (3) クルナ市周辺の広域的な表流水源の確保と水需給調整

1.3 調査対象地域

「バ」国の行政における南西部地域 (Southwest Region) は 24 の District で構成されるが、特記仕様書は調査対象地域に関して、ゴライ川周辺とその西側、クルナより南を除くと規定した。従って、調査の対象地域は以下のとおりである。

メヘルプール、チュアダンガ、ジェナイダ、マグラ、ジョソールおよびノライル District の全て、またクシュティア、ラジバリ、フォロドプール、ゴパルガンジ、バゲルハット、シャトキラ、ピロジプールおよびクルナ District の一部。



図 1.3.1 調査対象地域

図 1.3.1 は調査対象地域内の District の配置を示す。調査対象地域は南西部地域の中の 14 District にまたがり、おおよそ 16,400 km² を占める。

1.4 調査工程

本調査団は6名の団員から構成された。調査は平成22年3月19日に始まり、同7月19日に終了した。団員の氏名、担当業務等の調査工程を図1.4.1に示す。

| 担当業務 | 氏名 | 2009年度 | | | 2010年度 | | | | |
|----------------|---------|--------|---|---|--------|---|---|---|---|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 総括/流域水資源管理 | 高柳 則男 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| 河川計画 | 我妻 康弘 | | ■ | | | | | | |
| 水文・水理(水利) | 山下 直樹 | | | | ■ | ■ | ■ | | |
| 水文・水理(流砂) | 金 海生 | | | | ■ | | | | |
| 灌漑計画 | 倉内 隆 | | | ■ | ■ | ■ | | | |
| 組織・制度/コミュニティ支援 | マハブ・レジャ | | ■ | | ■ | ■ | | | |

図 1.4.1 現地調査工程

1.5 報告書の構成および概要

本最終報告書の構成と概要を以下に示す。

第1章では、南西部地域の重要性に鑑みた調査の背景と目的、調査対象地域、特に南西部地域の中の位置付けを示した。

第2章では、対象地域が含まれる南西部の社会経済的特性および水資源に係わる物理的特性を収集したデータおよび情報から明らかにした。

第3章では、地域の水資源の賦存量を収集データから推定し、本調査を通じて収集した情報を基に地域の水資源管理に係わる現状および将来の問題を明らかにした。その上で、そうした問題を惹起している原因や誘因について分析の結果を示した。水資源管理に係わる問題点やその原因は、水利用、水に起因する災害および水資源の保全という水資源管理の使命別に検討した。尚、収集した情報の中にはヒアリング調査やアンケート調査によるものもある。

第4章では、まず「バ」国政府や他の援助グループが取り組んでいる水資源管理計画を記述した。次に第3章の記述を受けて、Fault-Tree-Analysisを適用して水資源管理の診断を試みた。問題毎にそれを生ずる原因を示し、原因を取り除くあるいは緩和するのに有効な方法や行動を表示した。方法や行動は各専門家の知見に照らして具体的な対策として案出した。さらに案出した対策を統合化することで「バ」国が取り組むべき水資源管理の統合対策としてまとめた。いくつかの対策の夫々の効果を統合する事によって、ひとつ、場合によっては複数の問題を解決しようとするもので、統合対策の実施こそが統合水資源管理の実現である、と考えている。

第5章では、第4章で述べた政府あるいは他ドナーの計画のうち実施の可能性が高いものに関しては統合対策と対比して、JICAの協力を必要としない課題と判断した。支援を必要としないものを除いた統合対策をJICAの支援の対象候補とし、効果や貢献度の面から評価した。評価にあたり、わが国の国別援助計画、JICAの課題別指針および「バ」国の国家水政策との整合性も重視した。その評価の結果に関しては、予備的な考察としてMulti-Objective-Analysisを実施することで補足評価した。結論として「GK灌漑の修復と拡張」および「ゴライ川の低水路維持」が高い優先度の対策と

して選定された。極めて初歩的な予見ではあるが、案件形成時の参考として環境や社会に対する影響も記述した。

なお、報告書本文中の図表や写真で数ページに亘るものなど分量の多いものは、第5章の後の「付表」、「付図」、「写真集」に掲載している。また、その他の参考資料は巻末に添付している。

1.6 調査の方針

調査は対象地域における水資源管理の状況を総合水資源管理の考えに基づいて調査した。つまり水資源管理が対象とすべき、水利用、治水、水資源保全の全ての面から、また面的には、対象地域全般に亘って調査を行った。更に支援の方向性を検討するにあたっては、調査によって明らかになった個々の対策を統合化することで効率化を図り、いわゆる統合水資源管理を指向した。調査期間を考慮して情報収集を以下の方法で行うこととした。

- 1; 政府機関の職員やドナーグループとの面談
- 2; 既存調査報告書やデータ
- 3; ヒアリング調査とアンケート調査
- 4; 現場踏査による確認

このようにして収集した情報を分析することで水資源管理に係わる問題点とその誘引を明らかにし、考えうる対策を明らかにした。統合化した対策のうち、すでに実施中もしくは計画中のものを援助の対象からはずし、候補とすべき対策を抽出した。抽出された候補を多方面から評価して優先順位を評価した。対策を選定し、その概要とその優先順位を検討することで、将来的支援のための主要な情報が得られるものと考えた。

2. バングラデシュにおける南西部の位置付け

2.1 社会・経済

2.1.1 人口

(1) 「バ」国の人口と統計資料

「バ」国の人口センサスは10年ごとに実施されており、最新の調査は2001年に行われた。センサスによる数字は修正されることがあり、統計年報の年次により微妙な違いが見られることがある（例えば、2004～2008年々報）。センサスの実施されていない年の人口は推定値となるが、とくに次回の2011年センサスまでの間の年（2010年など）については国際機関のものを含め様々な異なった推定値が存在している。将来の予測値についても国際機関のものを含めて様々な異なった予測値が存在する。

バングラデシュ統計局（Bangladesh Bureau of Statistics: BBS）によると、2010年では約1億5千万人（人口密度1,020人/km²）、2020年で1億7千万人（1,150人/km²）、2030年で1億9千万人（1,290人/km²）と予測されている。農村人口は2019年にピークに達しその後減少し、その割合は2020年では64%、2030年では55%と予測されている。

「バ」国の行政区分は、最上位の地方行政単位であるポリシャル、チッタゴン、ダッカ、クルナ、ラジシャヒ、シレット、ロングプールの7Division（管区）、その下の64 District（=Zila、県）から構成されており、Districtが地方行政の実質的な機能を持っている。対象地域はクルナ Divisionの全10 District、ダッカ Divisionの一部3District、ポリシャル Divisionの一部1 District、合計14 Districtから成っている。

統計年報で District 別 GRDP が掲載されているのは、2004年、2005年（内容は2004年と同じ）までで以降の年報には記載がなく、1999-2000年のデータが収集できた最新のものである。（BBSへの問い合わせによると、この年以降の District 別 GRDP は計上していないとのことである。） District 別 GRDP データを含む2004年年報に基づき作成した表2.1.1に示すように、1999-2000年の「バ」国の人口は約1億3千万人、人口密度は879人/km²であった。「バ」国は後発開発途上国の中で世界最大の人口を擁し、都市国家など小面積国家を除けば世界最大の人口密度を持つ。

表 2.1.1 Division 別の面積、人口、GDP (1999-2000)

| Division | 面積 (km ²) | 人口 (百万) | 人口密度 (人/km ²) | 名目GDP (百万 Tk.) | 一人当たり GDP Taka | GDP成長率 US\$ (4年平均%) |
|-----------------------|--------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| 1 ポリシャル | 13,297 | 8.92 | 671 | 137,247 | 15,383 | 5.17 |
| 2 チッタゴン | 33,771 | 25.3 | 749 | 458,657 | 18,128 | 5.11 |
| 3 ダッカ | 31,119 | 40.12 | 1,289 | 894,697 | 22,303 | 5.28 |
| 4 クルナ (全国に対する割合、%) | 22,274 (15.1%) | 15.36 (11.8%) | 690 | 274,647 (11.6%) | 17,875 | 5.54 |
| 5 ラジシャヒ | 34,513 | 31.81 | 922 | 482,716 | 15,174 | 5.81 |
| 6 シレット | 12,596 | 8.25 | 655 | 122,776 | 14,886 | 4.95 |
| 計 バングラデシュ | 147,570 | 129.76 | 879 | 2,370,740 | 18,269 | 5.36 |

(出典) "2004 Statistical Yearbook of Bangladesh", Dec. 2005, BBS

注： Division 別の人口を示す最新の統計年鑑は2004年版。この時点では6Divisionに分割されている。

(2) 南西部の人口

南西部の調査対象地域における 18 District の面積、人口、GRDP を表 2.1.2 に掲げる。対象地域の 1999-2000 年の人口は 2,650 万人で全国の 20.4% を占め、面積は 23.1% の 34,100 km²、人口密度は 777 人/km² で全国平均 879 人/km² の 88% である。

表 2.1.2 南西部調査対象 District の面積、人口、GDP (1999-2000)

| Division | District | 面積 (km ²) | 人口 (百万) | 人口密度 (人/km ²) | 名目GDP (百万 Tk.) | 一人当たり GDP | | GDP成長率 (4年平均%) | 一人当たり GDPの順序 |
|----------------|------------|--------------------------|------------|------------------------------|-------------------|-----------|------|-------------------|-----------------|
| | | | | | | Taka | US\$ | | |
| ボリシャル | Barisal | 2,791 | 2.64 | 946 | 37,916 | 14,377 | 286 | 5.40 | 41 |
| | Jhalokati | 758 | 0.80 | 1,055 | 10,265 | 12,883 | 256 | 4.17 | 52 |
| | Pirojpur | 1,308 | 1.26 | 963 | 17,149 | 13,638 | 271 | 4.61 | 47 |
| ダッカ | Faridpur | 2,073 | 1.80 | 868 | 25,040 | 13,933 | 277 | 5.10 | 48 |
| | Gopalganj | 1,490 | 1.25 | 839 | 16,866 | 13,457 | 267 | 4.92 | 51 |
| | Madaripur | 1,145 | 1.27 | 1,109 | 15,942 | 12,545 | 249 | 6.06 | 64 |
| | Rajbari | 1,119 | 1.01 | 903 | 14,266 | 14,188 | 282 | 5.36 | 45 |
| | Shariatpur | 1,181 | 1.13 | 957 | 14,617 | 12,936 | 257 | 5.45 | 59 |
| クルナ | Bagerhat | 3,959 | 1.72 | 434 | 29,017 | 16,839 | 335 | 6.15 | 19 |
| | Chuadanga | 1,158 | 0.98 | 846 | 16,310 | 16,699 | 332 | 5.83 | 18 |
| | Jessore | 2,567 | 2.55 | 993 | 47,454 | 18,588 | 369 | 5.19 | 9 |
| | Jhenaidah | 1,961 | 1.65 | 841 | 26,713 | 16,218 | 322 | 5.08 | 20 |
| | Khulna | 4,395 | 2.53 | 576 | 58,467 | 23,135 | 460 | 5.51 | 5 |
| | Kushitia | 1,621 | 1.81 | 1,117 | 29,958 | 16,546 | 329 | 5.62 | 17 |
| | Magura | 1,049 | 0.87 | 829 | 13,799 | 15,827 | 315 | 5.54 | 27 |
| | Meherpur | 716 | 0.59 | 824 | 10,022 | 16,865 | 335 | 5.93 | 16 |
| | Narail | 990 | 0.75 | 758 | 12,263 | 16,249 | 323 | 4.65 | 21 |
| | Satkhira | 3,858 | 1.91 | 495 | 30,645 | 16,077 | 320 | 6.01 | 25 |
| ゴライ川系 | | | | | | | | | |
| 東岸 (ボリシャル・ダッカ) | | 11,865 | 11.16 | 941 | 152,061 | 13,626 | 271 | 5.13 | 51 |
| 西岸 (クルナ) | | 22,274 | 15.36 | 690 | 274,647 | 17,875 | 355 | 5.55 | 18 |
| 対象地域 | | 34,139 | 26.52 | 777 | 426,709 | 16,090 | 320 | 5.37 | 32 |
| (対全国 %) | | 23.1 | 20.4 | 88.3 | 18.0 | 88.1 | 88.1 | 100.1 | |
| バングラデシュ | | 147,570 | 129.76 | 879 | 2,370,740 | 18,269 | 363 | 5.36 | |

(出典) Basic data are from "2004 Statistical Yearbook of Bangladesh", Dec. 2005, BBS

(3) 地域区分

「バ」国の農業に関する統計では、「Region」という区分でデータを整理している場合がある。本報告書においても、そのデータを引用するに際しては、「Region」という地域区分を用いることとした。表 2.1.3 に南西部における地域区分を示す。

表 2.1.3 南西部における地域区分

| Division | Region | District |
|----------|---------|----------------------|
| ダッカ | フォリドプール | ラジバリ、フォリドプール、ゴバルガンジ |
| クルナ | クシュティア | クシュティア、メヘルプール、チュアダンガ |
| | ジョソール | ジェナイダ、マグラ、ジョソール、ノライル |
| | クルナ | バゲルハット、シャトキラ、クルナ |
| ボリシャル | ボリシャル | ピロジプール |

出典: "Yearbook of Agricultural Statistics of Bangladesh, 2006", BBS

2.1.2 経済

(1) 国内総生産 (Gross Domestic Product: GDP)

2008-09 年の GDP (名目暫定値) は 6.15 兆タカ、一人当たり GDP (名目) は 42,638 タカ (=621 ドル)、近年の実質年成長率は 5.9~6.6% である (下表参照)。

表 2.1.4 より、調査対象地区の 1999-2000 年の GRDP は 4,267 億タカ、一人当たり GDP は 16,090 タカ、320 ドルで、全国平均の 88%であったと推定される。4 年平均の GRDP 成長率は、5.37%で全国平均と大差ない。

表 2.1.4 「バ」国の GDP

| 項目 | 単位 | 2004/05 | 2005/06 | 2006/07 | 2007/08 | 2008/09* |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 名目 GDP | 10 億タカ | 3,707 | 4,157 | 4,725 | 5,458 | 6,149 |
| 人口 | 百万人 | 137.0 | 138.8 | 140.6 | 142.4 | 144.2 |
| 一人当たり名目 GDP | タカ | 27,061 | 29,955 | 33,607 | 38,330 | 42,638 |
| 為替交換率 | タカ/US\$ | 61.39 | 67.08 | 69.03 | 68.60 | 68.66 |
| 一人当たり名目 GDP | US\$ | 441 | 447 | 487 | 559 | 621 |
| 実質 GDP** | 10 億タカ | 2,670 | 2,847 | 3,030 | 3,217 | 3,407 |
| 実質 GDP 年成長率 | % | 5.96 | 6.63 | 6.43 | 6.19 | 5.88 |

注： * = 暫定値。 ** = 基準年 1995/96

出典： BBS ウェブサイト http://www.bbs.gov.bd/na_wing/GDP_2008_09.pdf

(2) GRDP

表 2.1.1 において 1999-2000 年の Division 別 GRDP を比較すると、クルナ Division はダッカ、チッタゴン両 Division の次、第 3 位に位置している。クルナ市は人口 84 万人 (2007) でダッカ、チッタゴンに次ぐ「バ」国第 3 の都市であり、南西部地域の商工業の中心地である。南方約 60 km にある国内第 2 の海港であるモングラ港は、同国最大のチッタゴン港とともに海運の重要拠点となっている。クルナ Division は東パキスタン時代にはジュート工業の中心地として外貨獲得に貢献していた。なおクルナ Division の GRDP は 7 Division 中第 3 位ではあるが、全国平均には届いていない。この Division では、イスラム時代のモスクやシュンドルボン湿地が世界遺産に登録されている。クシュティアにはアジアではじめてノーベル賞を受賞したラビンドラナート・タゴールが執筆活動をしていた家が保存されているなど文化的遺産が存在する。表 2.1.2 で対象地域の一人当たり GDP を見ると、ゴライ川水系東岸 (ダッカ Division の一部とボリシャル Division の一部) では全国平均の 75%であるのに対し、西岸 (クルナ Division) では全国平均の 98%と大きな差がある。東岸では人口密度は西岸より高いが、クルナのような商工業地があまり発展していないからであると考えられる。

(3) パドマ橋建設計画

現在、ガンジス河とジャムナ川の合流点から下流には橋梁が無く、移動にはフェリーが利用されている。パドマ橋建設計画の F/S は、JICA により 2003 年 5 月～2005 年 3 月に実施されたが、マワとジャンジラを結ぶ橋長 5.58 km の架橋、取付道路、河川工事および同橋の影響地域への企業や工場の誘致などの前提条件により、経済的内部収益率 (Economic Internal Rate of Return: EIRR) は 14.80%、財務的内部収益率 (Financial Internal Rate of Return: FIRR) は 10.56%になると評価されている。この計画による開発効果は次の項目とされている。

- フェリーサービスに替わり橋梁を利用することにより、ダッカと同国南西部との車両走行時間の短縮
- 通常交通及び誘発交通の増加
- 国際回廊アジアハイウェイ A-1 ルートの整備による国際物流の円滑化及び人民交

流の促進

- フェリーサービスに替わって橋梁を利用することによるパドマ川渡河のフェリー事故犠牲者の削減
- 河川護岸施設を整備することにより、川道の安定化及び洪水被災の削減
- 第2の港湾であるモングラ港のアクセス向上

(4) セクター別 GDP

「バ」国のセクター別 GDP を見ると、表 2.1.5 (付表) に示すように 2005-06 年以降第 2、3 次産業の実質年成長率がそれぞれ 6~9% 台、6% 台で、第 1 次産業の 3~4% 台を上回っている。これにより第 1 次産業のシェアは 21% 程度に低下しているが、依然として「バ」国にとって重要なセクターであることに変わりはない。各セクター GDP の内訳は表 2.1.6 (付表) のとおりで、農作物は全体の約 12% を、製造業が 17%、商業が 14%、運輸業が 10% を占めている。表 2.1.7 (付表) に名目 GDP の推移を掲げる。

対象地域の District 別、セクター別 GDP は、表 2.1.8 (付表) に示すとおりでノライル、マグラでは、第 1 次産業が 40% を越えており、第 2 次産業はそれぞれ 12%、14% と低い値である。クルナは第 1 次産業が 21% と低く、第 3 次産業が 55% と対象地域では最も高い。第 2 次産業のシェアが比較的高いのは、クシュティア (24%)、ジョソール (23%)、メヘルプール (21%)、クルナ (21%) である。表 2.1.9 (付表) に示すとおり対象地域全体では、第 1、2、3 次産業の割合は、それぞれ 31、19、47% で、全国の 25、24、47% に比べ第 1 次産業のシェアが大きいことに特徴がある。全国に対する対象地域の GDP 割合は 13% であるが、セクター別でみると第 1、2、3 次産業はそれぞれ 19、12、16% であり、農業を中心とした第 1 次産業で特に「バ」国に貢献しているといえる。

つまり、対象地域はダッカ、チッタゴンに次いで一人当たりの GRDP が高く、その生産が国際的な経済変動に影響されにくい第 1 次産業に支えられている。このため、南西部は今後の「バ」国の安定した経済発展にとって極めて重要な地域であるということが分かる。

2.1.3 社会

(1) 貧困

Division 別、農村・都市部別の貧困率を表 2.1.10 に示す。クルナ Division は、ポリシャル、ラジシャヒの次に貧困率、最貧困率が高く、2005 年の貧困率が 46%、最貧困率 32% で、全国平均の 40%、25% に比べてそれぞれ 6%、7% 高い。2000 年から 2005 年にかけて全国平均は貧困率、最貧困率ともに 9% 向上しており、各 Division も概ね貧困率が改善されているが、クルナの貧困率とポリシャルの最貧困率は約 1% 増えている。増加率はわずかであるが、増加中の人口の絶対数で見ると少なくない貧困層人口の増加となり、クルナとポリシャルの両 Division の停滞を表しているものと解釈でき、改善策の必要性を示唆している。

表 2.1.10 Division 別貧困率

(人口割合、CBN法、%)

| Division | 2000年 | | 2005年 | | 2000～2005年の変化 | |
|------------|-------|------|-------|------|---------------|-------|
| | 最貧困率 | 貧困率 | 最貧困率 | 貧困率 | 最貧困率 | 貧困率 |
| Barisal | 34.7 | 53.1 | 35.6 | 52.0 | 0.9 | -1.1 |
| 農村 | 35.9 | 55.1 | 37.2 | 54.1 | 1.3 | -1.0 |
| 都市 | 21.7 | 32.0 | 26.4 | 40.4 | 4.7 | 8.4 |
| Chittagong | 27.5 | 45.7 | 16.1 | 34.0 | -11.4 | -11.7 |
| 農村 | 30.1 | 46.3 | 18.7 | 36.0 | -11.4 | -10.3 |
| 都市 | 17.1 | 44.2 | 8.1 | 27.8 | -9.0 | -16.4 |
| Dhaka | 34.5 | 46.7 | 19.9 | 32.0 | -14.6 | -14.7 |
| 農村 | 43.6 | 55.9 | 26.1 | 39.0 | -17.5 | -16.9 |
| 都市 | 15.8 | 28.2 | 9.6 | 20.2 | -6.2 | -8.0 |
| khulna | 32.3 | 45.1 | 31.6 | 45.7 | -0.7 | 0.6 |
| 農村 | 34.0 | 46.4 | 32.7 | 46.5 | -1.3 | 0.1 |
| 都市 | 23.0 | 38.5 | 27.8 | 43.2 | 4.8 | 4.7 |
| Rajshahi | 42.7 | 56.7 | 34.5 | 51.2 | -8.2 | -5.5 |
| 農村 | 43.9 | 58.5 | 35.6 | 52.3 | -8.3 | -6.2 |
| 都市 | 34.5 | 44.5 | 28.4 | 45.2 | -6.1 | 0.7 |
| Sylhet | 26.7 | 42.4 | 20.8 | 33.8 | -5.9 | -8.6 |
| 農村 | 26.1 | 41.9 | 22.3 | 36.1 | -3.8 | -5.8 |
| 都市 | 35.2 | 49.6 | 11.0 | 18.6 | -24.2 | -31.0 |
| 全国 | 34.3 | 48.9 | 25.1 | 40.4 | -9.2 | -8.5 |
| 農村 | 37.9 | 52.3 | 28.6 | 43.8 | -9.3 | -8.5 |
| 都市 | 20.0 | 35.2 | 14.6 | 28.4 | -5.4 | -6.8 |

出典： "Statistical Yearbook of Bangladesh 2008", BBS

注： CBN 法=Cost of Basic Needs Method

「貧困プロファイル」バングラデシュ人民共和国、2007年10月、JBIC（現 JICA、<http://www.jica.go.jp/activities/issues/poverty/profile/pdf/bangladeshfr.pdf>）では、都市部を除く近年の低下傾向とともに成長における不平等が認識されるようになったことを指摘している。不平等度の拡大傾向の理由として、農村部でも都市部でも非農業所得による成長が見られたが資金を持たない最貧困層にはそれらの恩恵が届かなかったこと、政府による最貧困層への基礎的サービスが供与されていないこと、農村部から流入する人口に対応する都市の雇用機会がないことを掲げている。

(2) 雇用

「バ」国の一般民間労働力は、表 2.1.11 に示すように 1999-00 年の 4,070 万人から 2005-06 年の 4,950 万人増加した。両年の失業率は 4.3% で変わらないが、失業人口は 180 万人から 210 万人に増加した。農林水産業セクターの雇用は 51.3% から 48.1% に低下したが、依然として最大のセクターで重要であり、1999-00 年の 2,000 万人から 2005-06 年には 2,280 万人に増加している。

表 2.1.11 労働雇用セクター

(百万人)

| | 1999-00 | 2002-03 | 2005-06 |
|---------------|---------|---------|---------|
| 民間労働力 | 40.7 | 46.3 | 49.5 |
| 男性 | 32.2 | 36.0 | 37.4 |
| 女性 | 8.5 | 10.3 | 12.1 |
| (%) | 21.0% | 22.3% | 24.4% |
| 就業労働力 | 39.0 | 44.3 | 47.4 |
| 男性 | 31.1 | 34.5 | 36.1 |
| 女性 | 7.9 | 9.8 | 11.3 |
| 失業人口 | 1.8 | 2.0 | 2.1 |
| 男性 | 1.1 | 1.5 | 1.2 |
| 女性 | 0.7 | 0.5 | 0.9 |
| 失業率 | 4.3% | 4.3% | 4.3% |
| 男性 | 3.4% | 4.3% | 3.4% |
| 女性 | 7.8% | 4.9% | 7.0% |
| 非民間労働力 | 33.5 | 34.5 | 35.1 |
| 男性 | 6.2 | 5.2 | 5.7 |
| 女性 | 27.3 | 29.3 | 29.4 |
| 家事 | 25.4 | 24.9 | 24.2 |
| 男性 | 1.5 | 0.5 | 0.4 |
| 女性 | 23.9 | 24.4 | 23.8 |
| 学生 | 5.0 | 6.3 | 6.5 |
| 男性 | 3.1 | 3.4 | 3.7 |
| 女性 | 1.9 | 2.9 | 2.8 |
| その他非就業 | 3.0 | 3.2 | 4.4 |
| 男性 | 1.5 | 1.2 | 1.6 |
| 女性 | 1.5 | 2.0 | 2.8 |
| 若年労働力(15-29歳) | 14.5 | 19.0 | 17.8 |
| 男性 | 10.4 | 13.5 | 13.2 |
| 女性 | 4.1 | 5.5 | 4.6 |
| 対民間労働力(%) | 35.6% | 41.0% | 36.0% |
| 男性 | 32.3% | 37.5% | 35.4% |
| 女性 | 48.0% | 53.4% | 38.0% |
| セクター別雇用 | | | |
| 農林水産業 | 20.0 | 22.9 | 22.8 |
| 非農林水産業 | 19.0 | 21.4 | 24.6 |
| (%) | 48.7% | 48.3% | 51.9% |

通常の定義にしたがい、そして15歳以上の人を対象に

出典 : 1. Labour Force Survey (LFS), 2002-03, BBS
2. LFS, 2005-06, report

(3) 上水給水

安全な飲料水へのアクセスが可能な人口は、下表に示すように2000年に農村部で96%、都市部で95%に達したが、全国の管井戸の22%が砒素汚染にさらされていることが明らかになり、2005年には農村部77%、都市部71%に落ち込んだ。2007年にはそれぞれ84%、86%まで回復している。

表 2.1.12 安全な飲料水へのアクセス可能人口

| | | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 |
|----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 農村 | (%) | 78 | 82 | 96.3 | 77 | 77 | 84 |
| 都市 | (%) | 76 | 80 | 95 | 71 | 71 | 86 |

出典 : “Millennium Development Goals Needs Assessment & Costing 2009-2015 Bangladesh”, July 2009, Planning Commission, GoB

各種の管井戸 (Tube Well: TW) は全国で約 7 百万ヶ所設置されていると推定され、その設置者の 78%は個人、18%が公共衛生技術局 (Department of Public Health Engineering: DPHE)、4%が NGO である。2006 年には都市部で 71%が安全な給水可能とされているが、そのうちパイプラインによるものは 39%で残りの 32%は手押しポンプによる TW によるものである。

各市の飲料水源を見ると、下表のように市営上水道網が発展しているのは、ダッカ市のみ (92%) である。市営システムは 6 市全体で 61%を占めるが、クルナ市の場合はずいぶん 2% (11 ヶ所のみ) であり、6 市の中で極端に少なく、給水区域数の 98%が TW である。6 市を比較すると、クルナ市は公共水道化が最も遅れていると考えられる。

表 2.1.13 各市の飲料水源

| 市 | 市営上水道(%) | TW (%) | 他水源(%) | 給水栓数 |
|-------|----------|--------|--------|-------|
| ダッカ | 92.3 | 6.5 | 1.2 | 4,966 |
| チッタゴン | 28.7 | 65.2 | 6.1 | 1,814 |
| クルナ | 2.1 | 97.9 | 0.0 | 520 |
| ラジシャヒ | 12.8 | 87.3 | 0.0 | 641 |
| シルヘット | 36.3 | 62.8 | 0.9 | 756 |
| ポリシャル | 15.6 | 84.4 | 0.0 | 351 |
| 上記の全市 | 61.1 | 37.0 | 1.9 | 9,048 |

出典： 表 2.1.12 と同じ

各市の給水区域当たり受益戸数別割合を次表に掲げる。クルナ市は給水戸数が一戸のみの給水栓が 38% (6 市中最高) と比較的多いのが特徴といえる。また、一給水栓によって賄われる地域を示す給水区域の受益戸数が 2~10 戸の区域が少なく、11~30 戸の割合は比較的多い。

表 2.1.14 給水栓当たり平均受益戸数

(%)

| 戸/給水栓 | 1 戸 | 2 - 5 | 6 - 10 | 11 - 20 | 21 - 30 | 30 以上 | 計 |
|-------|------|-------|--------|---------|---------|-------|-------|
| ダッカ | 1.4 | 19.6 | 45.8 | 21.7 | 4.7 | 6.8 | 100.0 |
| チッタゴン | 24.2 | 24.4 | 23.7 | 15.7 | 3.9 | 8.0 | 100.0 |
| クルナ | 38.1 | 4.8 | 4.8 | 28.6 | 23.8 | - | 100.0 |
| ラジシャヒ | 8.7 | 20.9 | 34.9 | 28.6 | 4.4 | 2.4 | 100.0 |
| シルヘット | 1.0 | 6.5 | 20.3 | 45.9 | 20.3 | 5.9 | 100.0 |
| ポリシャル | - | 26.1 | 14.5 | 43.5 | 8.7 | 8.7 | 100.0 |
| 上記の全市 | 4.5 | 19.6 | 40.9 | 22.7 | 6.8 | 6.8 | 100.0 |

出典： 表 2.1.12 と同じ

(4) 災害

2002年から2006-2007年の暴風雨、洪水、竜巻、サイクロンなどによる全国の作物別被害量は表 2.1.15 に掲げるとおりである。この期間内では2004年の洪水、豪雨、鉄砲水による被害量が最も大きく、米は合計178万トン、ジュート5.0万トン(27万bele)、夏野菜4.9万トン、サトウキビ10.7万トン、バナナ3.0万トン、その他野菜等10.3万トン、合計212万トンの被害が計上されている。これに次ぐ被害は2002年に発生し、合計47万トン、そのうち米が44万トンで、2003年は計12万トン、そのうち米が9万トンであった。

同期間の対象 Region 毎の作物別被害面積と被害量を表 2.1.16~2.1.21 (付表) にそれぞれ示す。

2002年

7、8月の過剰降雨と洪水による対象地域のアウス米被害量は3.4万トンで全国の65%と高く、とくにフロリダプール Region では全国の40%を占め、ジョソール、クルナが続く。対象地域のアマン米被害はジョソールを中心に全国の19%を占めた。3月~5月頃の風害でクシュティアのバナナやジョソール、クルナの野菜、豆類が被害を受けている。

2003年

ジョソール、フロリダプールで被害が出ている。

2004年

対象地域内でもとくにジョソール Region で被害が大きかった。4月の暴風雨によるボロ米(乾季米)の被害は、対象地域では発生しなかった。7月の洪水、過剰降雨によるアウス米(雨期前期米)被害量は全国の7%で比較的小さかった。しかし、7月~11月の洪水、過剰降雨によるアマン米(雨期後期米)の被害は甚大で、対象地域は18万ha、47万トンに被害を蒙り、全国の被害面積の37%、被害量の49%を占めた。とくにジョソール Region だけで面積は24%、被害量は36%を占め被害が集中している。中でも高収量品種(High Yielding Variety, HYV)のアマン米では、対象地域は全国の被害面積の64%、被害量68%に達しており、ジョソール Region は全国の面積の52%、被害量の56%と半分以上の被害を受けている。野菜・豆類等の被害も、夏野菜を除きジョソールに被害が集中している。

2005-06年

4月の暴風、竜巻でジョソールにボロ米とバナナの被害が出ている。

2006-07年

9月の潮津波、竜巻でクルナのアマン米が8.1千トン(全国の70%)、ジョソールの穀物、野菜等に被害が出た。

ただし、Year Book は2007年版までが出版されていることから、2007年以降の被害については詳細を確認できなかった。

表 2.1.15 自然災害による作物被害

(トン、ただしジュートはbale)

| 年 自然災害 作物 | 2002 | | | 2003 | | | 2004 | 2005-06 | 2006-07 |
|-----------------|-------------------|--|----------------|-------------------|------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 洪水/ 豪雨/ 鉄砲水 | サイクロン /雷・暴風/ 暴風雨/ 竜巻/高潮 ・潮津波 | 計 | 洪水/ 豪雨/ 鉄砲水 | サイクロン /雷・暴風/ 暴風雨/ 計 | 計 | 洪水/ 豪雨/ 鉄砲水 | サイクロン /雷・暴風/ 暴風雨/ 計 | サイクロン /雷・暴風/ 暴風雨/ 計 |
| アウス (ローカル) | 13,770 | | 13,770 | 10,460 | | 10,460 | 49,420 | | |
| アウス (HYV) | 38,260 | | 38,260 | 21,320 | | 21,320 | 101,170 | | |
| アウス計 | 52,030 | | 52,030 | 31,780 | | 31,780 | 150,590 | | |
| 直播アマン | 57,930 | | 57,930 | 33,800 | | 33,800 | 263,390 | | |
| ローカル直播アマン | 12,360 | | 12,360 | 870 | | 870 | 114,310 | | 1,124 |
| アマン (HYV) | 61,600 | | 61,600 | 9,210 | | 9,210 | 576,800 | | 10,477 |
| アマン 計 | 131,890 | | 131,890 | 43,880 | | 43,880 | 954,500 | | 11,601 |
| ポロ (ローカル) | | | | | 20 | 20 | 86,940 | | |
| ポロ (HYV) | | 247,760 | 247,760 | | 15,590 | 15,590 | 410,280 | 35,129 | |
| ポロ 計 | | 247,760 | 247,760 | | 15,610 | 15,610 | 497,220 | 35,129 | |
| アマン 苗床 | 11,260 | | 11,260 | | | | 175,010 | | |
| 合計 | 195,180 | 247,760 | 442,940 | 75,660 | 15,610 | 91,270 | 1,777,320 | 35,129 | 11,601 |
| ジュート | 135,750 | | 135,750 | 14,950 | | 14,950 | 273,260 | | |
| 小麦 | | | | | | | | | 151 |
| Khesari | | | | | | | | | 279 |
| Rape & Mustard | | | | | | | 48 | | 14 |
| 乾期香辛料 | | | | | | | 939 | | |
| 夏野菜 | | 1,115 | 1,115 | 7,741 | | 7,741 | 48,531 | 56 | |
| 冬野菜 | | | | 4,804 | | 4,804 | | | |
| トウモロコシ | | 20 | 20 | | | | 4,010 | 170 | |
| Masur | | 875 | 875 | | | | | | 77 |
| カボチャ | | 56 | 56 | | | | | | |
| Lady's Finger | | 7 | 7 | 20 | | 20 | | | |
| Betel Leaves | | 8 | 8 | 47 | | 47 | 7,475 | | |
| キュウリ | | 92 | 92 | | | | | | |
| バナナ | | 2,504 | 2,504 | 886 | | 886 | 29,949 | 48 | |
| パパイヤ | | 14 | 14 | 4,492 | | 4,492 | 128 | | 8 |
| 落花生 | | 107 | 107 | | | | | | |
| マンゴ | | | | 5,338 | | 5,338 | | | |
| Mashkalai | | | | 173 | | 173 | 26 | | |
| Patal | | | | 38 | | 38 | 5,812 | | |
| サトウキビ | | | | 5,410 | | 5,410 | 106,678 | | |
| Chichinga | | | | 45 | | 45 | | | |
| Karala | | | | 63 | | 63 | 325 | | 8 |
| Dundul | | | | 53 | | 53 | | | |
| Jhinga | | | | 56 | | 56 | 139 | | |
| Chalkumra | | | | 60 | | 60 | 144 | | |
| ジャガイモ | | | | | | | 977 | | 85 |
| トマト | | | | | | | 15,440 | | |
| Lalsak | | | | | | | 1,136 | | 33 |
| Radish | | | | | | | 221 | | |
| 乾期落花生 | | | | | | | 231 | | |
| サツマイモ | | | | | | | 1,290 | | |
| 生姜 | | | | | | | 43 | | |
| 雨期香辛料 | | | | | | | 3,260 | | |
| 青の他の野菜 | | | | | | | 50,776 | | |
| Palong Sak | | | | | | | 20 | | |
| Til | | | | | | | 221 | | |
| 豆類 (pulses) | | | | | | | 1,313 | | |
| Bringal | | | | | | | 6,446 | | |
| カリフラワー | | | | | | | 192 | | |
| Turmeric | | | | | | | 791 | | |
| Water guard | | | | | | | 551 | | |
| Barbati | | | | | | | 53 | | 1 |
| 豆類 (Beans) | | | | | | | 168 | | 28 |
| Rabi Bringal | | | | | | | 1,061 | | |
| Arum | | | | | | | 168 | | |
| Danta | | | | | | | 64 | | |
| Gram | | | | | | | | | 4 |
| Motor | | | | | | | | | 11 |
| 玉ねぎ | | | | | | | | | 59 |
| Lausak | | | | | | | | | 30 |

出典: データは "Yearbook of Agricultural Statistics of Bangladesh 2006", July 2008, BBS

注: ジュート 1 bale = 0.1814369 トン

(5) 社会指標等

国連開発計画 (United Nations Development Programme: UNDP) の「人間開発報告書 2007/08 年」より抜粋した「バ」国のデータを以下に掲げる。

- 人間開発ランク： 中位
- 人間開発指数 (Human Development Index: HDI) 2005 年： 0.547
- 出生時平均余命 2005/2006/2007 年： 63.1/65.5/66.6 歳
- 成人識字率(15 歳以上) 1995-2005 年/2006 年： 47.5%/53.7%
- 複合初等・中等・高等教育総就学率： 56.0%
- 就学者学歴率： 1～5 級 54.7%、6～9 級 29.0%、中高 13.4%、大学以上 2.9%
- 購買力平価で計算した一人当たり GDP 2005 年： PPP 2,053 ドル
- 平均余命指数： 0.635
- GDP 指数： 0.504
- [購買力平価で計算した一人当たり GDP の順位] - [HDI 順位]： 0
- 合計特殊出生率： 2000-2005 年 3.2 人、2006 年 2.41 人、2007 年 2.39 人
- 5 歳未満乳幼児死亡率 (1,000 人当たり) 2005/2006/2007 年： 50/45/43
- 人間貧困指数 (Human Poverty Index: HPI-1)： 93 位、40.5%
- 出生時 40 歳まで生き残れない確率 2000-2005 年： 16.4%
- 15 歳以上成人識字率： 1995-2005 年 52.5%、2006 年 53.7%
- 5 歳未満低体重児 1996-2005 年： 48%
- 貧困所得レベル以下の人口： 1 日 1 ドル以下 1990-2005 年 41.3%
1 日 2 ドル以下 1990-2005 年 84.0%
国家貧困レベル 1990-2004 年 49.8%
- 1 歳児免疫付与率：対結核 2005 年 99%、対はしか 2005 年 81%
- 飲用補水剤と途切れない給食を受ける 5 歳未満下痢症幼児：
1998-2005 年 52%
- 避妊普及率 (15-49 歳の既婚女性) 1997-2005 年： 58.3%
- 熟練衛生職員の看護がある出産 1997-2005 年： 13%
- 内科医 (人口 10 万人当たり)： 26
- 改良衛生設備利用人口 1990/2004 年： 20%/39%
- 改良水源利用人口 1990/2004 年： 72%/74%
- 栄養不良人口： 1990/92 年 35%、2002/04 年 30%
- 出生時低体重乳児 1998-2005 年： 36%

「バ」国は南アジア諸国の中では乳児死亡率、乳幼児死亡率ともに、スリランカに次いで低い。また、助産婦の立会の下での出産数はスリランカに次いで低い。女子の初等教育就学率は 86%と男子を上回り、女性の就業者比率も 67%と周辺諸国に比べて高い。反面、成人女性の識字率は 31%と周辺諸国と比べても低い。

2.2 組織・制度

2.2.1 水セクターに関する組織

水セクターには 40 を超える省庁や協会があり、そのうち 35 は中央政府とつながりがある。これらは、全体計画を策定する組織、計画を実行する組織、水に係る組織、

水供給サービスに関係する組織の4つに分類される。

(1) 全体計画を策定する組織

- 国家水資源評議会 (National Water Resources Council: NWRC) : 省庁間の調整も含めた水政策の決定、内閣に対する水政策の提言を実行する最も上位の組織であり、首相がその長を務める。
- 水資源省 (Ministry of Water Resources: MoWR) : 水資源全般が所掌範囲である (灌漑の推進、水資源保護、表流水と地下水の利用と河川管理など)。
- 国家水資源協議会理事会 (Executive Committee of the National Water Resources Council: ECNWRC) : NWRC を支援するために 1997 年に設立され、水資源省大臣が長を務める。
- 水資源計画機構 (WARPO) : マクロレベル (全国規模) の水資源政策の策定及び各事業の実施状況のモニタリングなどを所掌する。

(2) 計画を実行する組織

- バングラデシュ水開発庁 (BWDB) : 当初、東パキスタン水資源/電力開発局の水部門として 1959 年に設立された。1972 年に BWDB として再構成され水資源開発を所掌することになった。2000 年の BWDB 法によれば、すべての開水路と河川に関する流水管理、地下帯水層、水管理組織運営指針の設計、施策に基づく費用の徴収、集金、プロジェクトの請負と契約締結を実施することとなっている。また、水資源管理組織の構成、水路の浚渫や掘削、河川改良、浸食抑制、沿岸堤の建設と維持管理も実行する。加えて、洪水・早魃の予報を所掌する。
- 地方政府技術局 (Local Government Engineering Department: LGED) : 小規模水資源開発事業 (1,000ha より小さい規模) の実施を所掌する。
- バングラデシュ農業開発公社 (BADC) : BADC は 1961 年に設立され、機械化した小規模灌漑の導入に先駆的な役割を担った。
- 公共衛生技術局 (DPHE) : 地方およびダッカとチッタゴン郊外の上下水設備の整備を所掌する。

(3) 水に関連する組織

- バングラデシュ水運公団 (Bangladesh Inland Water Transport Authority: BIWTA) : 国内の 2,400 km の水路を管轄する。
- 漁業局 (Department of Fisheries: DoF) : 漁業開発を管轄する。
- 林野局 (Forest Department: FD) : 森林管理計画を管轄する。
- 災害管理局 (Disaster Management Bureau: DMB) : 洪水、早魃などの早期警戒システムの開発を担当する。

(4) 水関連調査研究機関

- 河川研究所 (River Research Institute: RRI) : 1977 年にバングラデシュ水資源開発委員会の水理研究所から分離して設立された。1989 年に WB と UNDP の援助により、フォリドプールに 35 ha の敷地に研究所を有している。
- 水モデリング研究所 (Institute of Water Modeling: IWM) (表流水モデリングセンター (Surface Water Modeling Centre: SWMC) : SWMC は 1990 年に設立され、1997 年に政府管轄の組織となった。デンマーク外務省 (Danish International Development Assistance: DANIDA) とデンマーク水理研究所の支援を受けている。2002 年に IWM と改名された。

- バングラデシュ農業研究協議会 (Bangladesh Agricultural Research Council: BARC)
- バングラデシュ・コメ研究所 (Bangladesh Rice Research Institute: BRRI) : 1973 年設立され、新しいコメの品種開発と灌漑および水管理を担当している。
- 土壌資源開発研究所 (Soil Resource Development Institute: SRDI)

2.2.2 水セクターに関わる計画と企画

- i) 1964 年 マスタープラン：現在の BWDB の前身組織が洪水管理、排水と灌漑に関する大規模プロジェクトを策定した。
- ii) 国家水政策 1 (1986)、国家水政策 2 (1991) : 国家水政策 1 (NWP1) は水資源と水需要について予測した。第 2 段階は NWP1 をアップデートしたものである。
- iii) 洪水行動計画 (FAP)、1989-90 : 1987 年と 1988 年の大洪水をきっかけに、国際的な支援が行われた。その中で地域研究と洪水時行動計画の研究が洪水計画調整局 (Flood Plan Coordination Organisation: FCPO) によって行われた。
- iv) バングラデシュ水と洪水管理 (Bangladesh Water and Flood Management Strategy: BWFMS)、1995 : 水セクターの政策文書となった。
- v) 国家水管理計画 (NWMP)、2004 : 「バ」国のすべての水資源や水供給サービスに関する開発や管理を計画している。

2.2.3 水セクターに関連する政策／指針

- 国家環境政策 (1994)
- 国家林業政策 (1996)
- 国家エネルギー政策 (1998)
- 国家漁業政策 (1998)
- 国家安全な水供給と下水設備政策 (1998)
- 国家農業政策 (1999)
- 産業政策 (1999)
- 水管理への参加指針 (2000)
- 沿岸部政策 (2005)

2.2.4 水セクターに関連する規制／法律

水セクターに関連する規制及び法律を表 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 水セクターに関連する規制及び法律

| 年 | 法律／条例の名称 | 監督省庁 | 課題 |
|------|-----------------|--|---------------------------|
| 1876 | 灌漑法 | BWDB | 灌漑開発における種々の側面 |
| 1952 | 堤防と排水法 | BWDB | 堤防の建設、維持と管理 |
| 1972 | バングラデシュ水と電力開発局令 | BWDB | 表流水、地下水資源の調整を BWDB に割り当てる |
| 1983 | 灌漑の水配分法令 | BWDB/BADC | 灌漑と排水のための水配分の賦課 |
| 1985 | 地下水管理法令 | 地方行政局 (Local Government Division: LGD) | 灌漑を管理するための井戸設置 |
| 1992 | 水資源計画法 | WA RPO | WARPO の設立 |
| 2000 | BWDB 法 | BWDB | すべての水を管理する法的な枠組みを提供 |

2.2.5 各種手続き

(1) 環境影響評価 (Environmental Impact Assessment: EIA) 手続き

洪水管理・排水及び灌漑(FCD/I)は、環境影響評価のガイドラインに従って実行されている。ガイドラインの名称は「Guidelines for Environmental Assessment of Water Management (Flood control, Drainage and Irrigation) Projects, WARPO, Ministry of Water Resources, February, 2005」である。水関連事業を実施する者、例えば BWDB はまず初期環境調査 (Initial Environmental Examination: IEE) 報告書を作成して環境局 (Department of Environment: DoE) の審査を受ける必要がある。IEE に続いて DoE は事業を分類する。事業者は分類に応じた EIA を作成して DoE の認可を得る必要がある。環境影響評価の実行者は「他国の法規、手引きに示された関係する指導内容に必ず従わなければならない。これは二国間援助あるいは国際援助機関についても同様である」とされている。

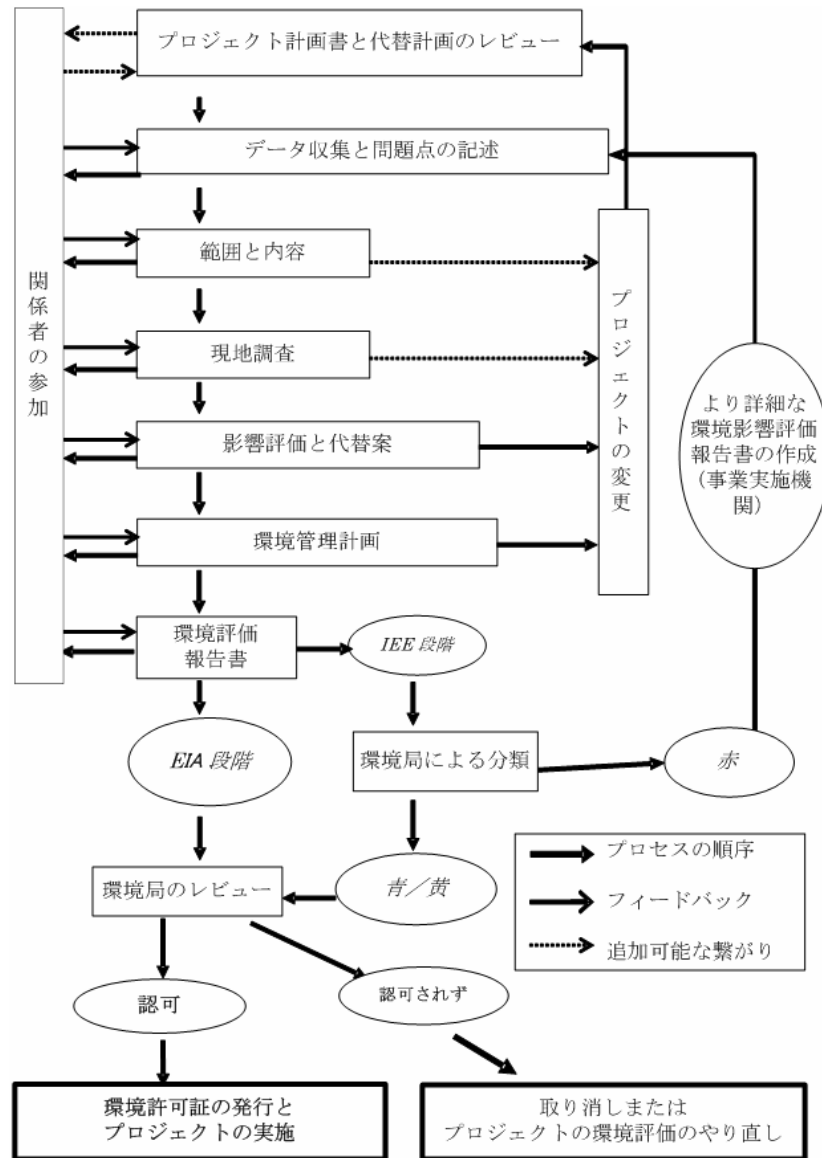
関係機関は次のとおりである。

- ・ WARPO の環境部門：報告の評価を行い、水資源セクター間の調整を実施。
- ・ 環境局：最終的に環境許可証 (Environmental Clearance Certificate: ECC) を発行する。

環境局はすべてのプロジェクトを赤、黄 A、黄 B、青の 4 つに評価分類する。FCD/I プロジェクトは基本的に赤分類とされ、次の文書の提出を要求される。

- 初期環境調査 (IEE)
- 環境影響評価 (EIA)
- 環境管理計画 (Environmental Management Plan: EMP)

小規模なプロジェクト (1,000 ha 以下) では、予備調査の段階で IEE の提出を要求される。EIA 実施手順の要点を図 2.2.1 に示す。



(2) 土地収用

協力にあたり、環境評価とともに、しばしば支障となるのが土地収用の問題であり、組織制度についての調査の中で注目すべき課題である。国有地はすべて法律“Acquisition and Requisition of Immovable Property Ordinance II (1982)”が適用される。保証金は登録事務所に登記される直近 12 ヶ月の価格の平均値と 50%の追加金額が基本となる。

(実態として、登録事務所に申請された価格が実際の金額の 1/3 程度と大変低いことがわかった。土地利用で払わなければならない税金を下げるため意図的にやっている)

保証金は土地所有権を保全するものではないので、プロジェクトを実行するにあたり、所有者が土地を無償で提供することとなる。これはプロジェクトの進行を遅らせる原因の一つとなっている。

プロジェクトを推進するドナーは、保証金をその地域で登録料や政府税金と同様な市

場価格で算定するように指導している。

支払は次のように行われている。

- 政府（地域委員）は 1982 法による保証金を土地所有者に代わって支払う。
- 残った金額（すなわち市場価格から政府が支払った金額を差し引いたもの）はプロジェクト基金から支払われる。プロジェクトの査定諮問チームが金額を査定する。

政府は諮問委員会を組織して法律の改定を進めている。新しい法律は国会に送られ、採決待ちである。関係するドナーは新しい法律 “National Policy on Involuntary Resettlement and Rehabilitation, 2010.” に同意している。

2.2.6 水利権

水利権の取り扱いについて、「バ」国独自の政策がある。政府は水資源を 100%保有している。国家水政策とバングラデシュ水利法（草案）の中の関係する条項を下記に示す。

国家水政策では 4.3 節（水利権とその配分）で次のように記されている。

「水の利用権利は個人の所有物ではなく、国家のものである。政府は水利権を公平な配分と効果的な開発と利用を保証するためにこの権利を確保している。」

更に

「地下水や表流水に対する民間投資に対して、安全で説得力があり、実行可能な水利権に限り、政府は水利権を個人やコミュニティ組織に与えることができる」

「表流水の権利を行使する際には、水上交通を維持することが必要最小限の条件とされる。」

2008 年の水利法（草案）第三章の 14 項（所有権）には次のように述べられている。

「国家はすべての水と水資源に関する唯一の所有権を持っている。それらは次のものを含んでいる。

- a) すべての種類の表流水、すなわち、河川、水路の流れ、ため池と湖を含む。
- b) 泉や自然の水道（みずみち）にあらわれる定常的あるいは間歇的な水
- c) 隠れた水源あるいは地下水
- d) 海水

一方で自然水を利用する権利について、本法は次のように示している。

「水利権は次の目的のため水辺で水を利用するすべての人に対して自動的に付与される。」

- a) 手で運搬可能な容器による水の近隣利用および
- b) 水浴や洗濯、家畜への水やり、小船や小型船舶による運送。

2.3 物理的特性

2.3.1 地勢

(1) 地形

ガンジス河の土砂運搬作用により形成されたガンジスデルタは、インド及び「バ」国に跨り、世界最大のデルタとも云われている。その「バ」国領部分のほとんどは、大クシュティア圏、大ジョソール圏、大フォリドプール圏、大クルナ圏、大バリサル圏、大パトゥカリ圏からなり面積は約 40,450 km²であり、「バ」国の国土面積 (147,000 km²) の約 28%を占める。地域の四辺をインド国境、ガンジス河、メグナ川下流及びベンガル湾に周囲されている。

調査対象地域が所在する県の面積を表 2.3.1 に示す。本業務における調査対象地域は、ゴライ川周辺及びその西側、またクルナ市より北側であり、NWMP に定義される水文的地域区分の「南西部」のうち、クルナ市以北となる。つまり、北緯 22° 47' から北緯 24° 8'、東経 88° 34' から 90° 00' の範囲内にある。本調査対象地域の面積は、表 2.3.1 に示すとおり約 16,363 km² となり、わが国の利根川流域に相当する。

表 2.3.1 調査対象地域の面積

単位：km²

| 県名 | 県全体の面積* | 調査対象の面積** |
|-----------|---------|-----------|
| Kushtia | 1,621 | 1,621 |
| Meherpur | 716 | 716 |
| Chuadanga | 1,177 | 1,177 |
| Jhenaidah | 1,950 | 1,950 |
| Rajbari | 1,119 | 600 |
| Faridpur | 2,073 | 700 |
| Magura | 1,049 | 1,049 |
| Jessore | 2,570 | 2,570 |
| Narail | 990 | 990 |
| Gopalganj | 1,490 | 1,490 |
| Satkhira | 3,858 | 1,000 |
| Khulna | 4,395 | 1,000 |
| Bagerhat | 3,959 | 1,000 |
| Pirojpur | 1,308 | 500 |
| Total | 28,275 | 16,363 |

注： 黄色の部分：本調査で想定する対象地域の面積

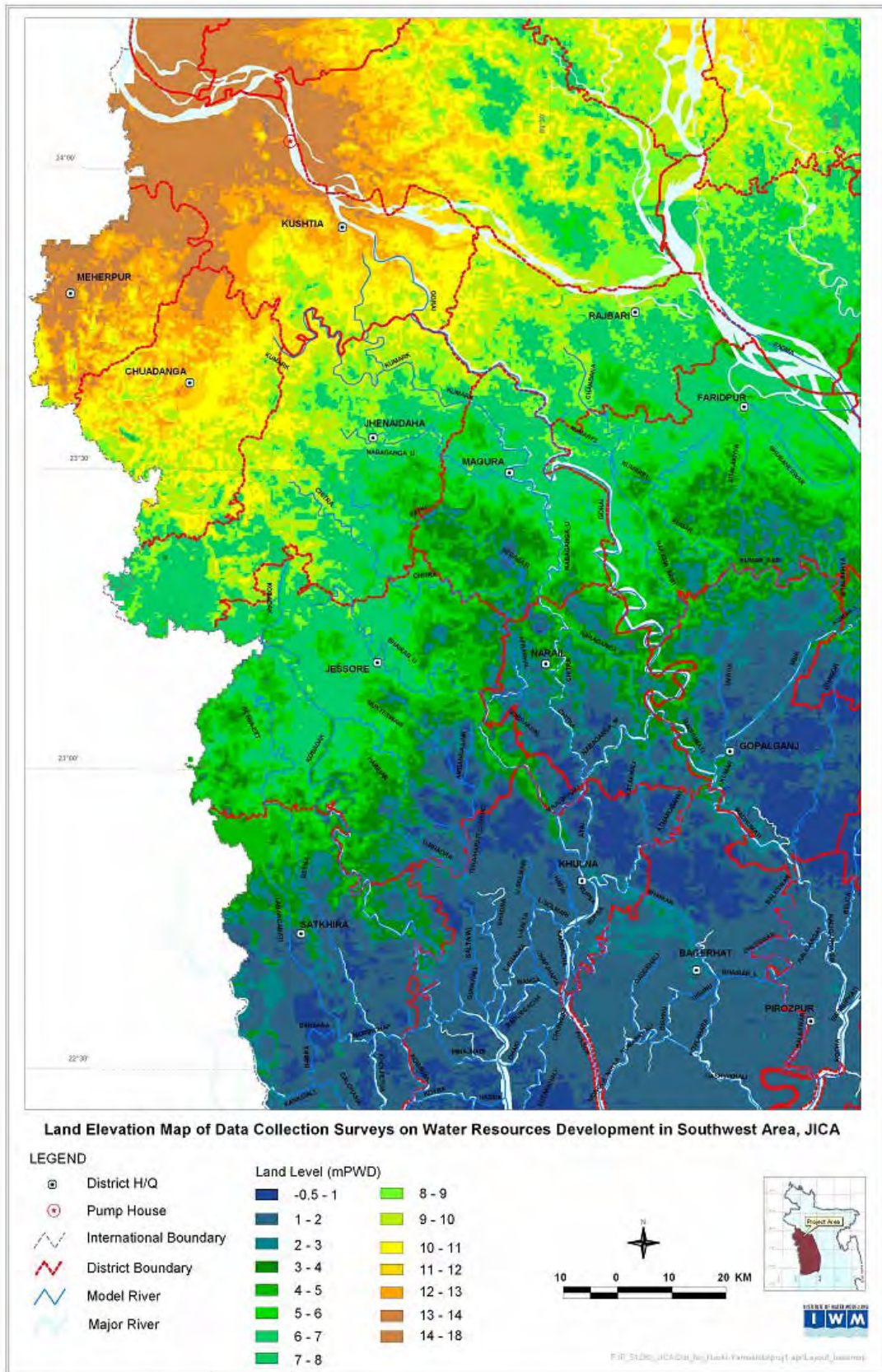
出典： *： Statistical Yearbook of Bangladesh 2008

**： JICA 調査団

図 2.3.1 に示すとおり、当該地域の地表面の海拔標高は約 0.5～18 m 程度¹であり、ガンジス河のインド国境と接する地点からゴライ川の流下する方向へおおよそ沿うように南南東へ向けて緩やかに傾斜している。

三角州の特性として極めて低平で、平均標高は海拔 5.5 メートル、東北部の一部には 0 メートルの地域もあり、ブラマプトラとの合流点上下流は人工の堤防でガンジス河の洪水から守っている。この部分を除くと、対象地域の北端、つまりガンジス河右岸沿いは自然堤防が発達しており、ガンジス河の溢水を防ぐには十分な働きをしてきた。

¹ 海拔標高 (MSL) + 0.46 (m) = 公共事業基準標高 (mPWD)



出典： GIS Unit, IWM

図 2.3.1 調査対象地域の標高

(2) 地質

当該地域表層部の地質は、主に三角州シルトで構成されていると云われる。地域北部には三角州サンド、中央部及び東部には粘土やPEATが分布している。三角州であることもあり、表土はシルト-細砂に厚く覆われていて礫は皆無に等しい。

当該地域地中部の地質は十分には把握されていないと云われる²。いくつかの文献によると、沖積層の厚さは約 100 m 程度で、その上層が主にシルト、下層が砂層により構成されるのが一般である。

シルト、細砂の層は 100~200 m に及び、その下に不透水層が現れる。中央部、東部には一部粘土が露出している地域もあり、陶器の原料となっている。表土は比較的肥沃で、米、小麦、ジュートその他野菜類のほかマンゴー、バナナ、ジャックフルーツ等の果樹が広く栽培されている。水源は GKIP のようにガンジス河の水を取り入れているものもあるが多くが天水と管井戸による不圧地下水に頼っており、乾季にはかれる所も少なくない。浅い不圧地下水は多くの地域で鉄および砒素に汚染されていて飲料水に適さない井戸も多い。

(3) 河道の変遷

かつては多くのガンジス河の派川がこの地域を潤していたが、ガンジス河が運んできた流砂が堆積し、その入り口を閉ざした。この地域で唯一残っていたゴライ川も 1976 年にインドにファラッカ堰が建設され、雨季の終わりから乾季にかけて大量の水を転流消費するようになると、ガンジス河の流量は大幅に減じ、ゴライ川は掃流力を失い、洪水期に河道に流入した土砂は下流に流される事無く堆積して、河床高を上げ、最近では乾季のガンジス河とは全く断絶した状態にある。

(4) ビール(Beel)及びバオール(Baor)

当該地域には、数多くのビール(Beel)と呼ばれる湖沼がある。ビール(Beel)は窪地や蛇行河川のナチュラル・ショートカットにより残された三日月湖状のもの、人工的な浚渫によるものなどがある。規模の大きいものをバオール(Baor)とも呼ぶ。対象地域では Marjat Baor (図 3.3.1 に位置、写真集の写真 1 にその風景をそれぞれ示す) が重要な自然環境と認識されている。調査団が現地にて確認したところ、Marjat Baor の湖水は漁業にのみ利用されているとのことであった。

調査対象となる県における主要なビール(Beel)及びバオール(Baor)の県別の個数と面積を表 2.3.2 に示す。図 2.3.2 に南西部における主要なビール(Beel)及びバオール(Baor)の分布を示しているが、標高の低い南側ではビール(Beel)やバオール(Baor)の数が少ないことが分かる。

² JICA, The Study on the Groundwater Development of Deep Aquifers for Safe Drinking Water Supply to Arsenic Affected Areas in Western Bangladesh, Final Report Book1, Dec. 2002 より

表 2.3.2 調査対象となる県における主要なビール(Beel)及びバオール(Baor)の個数と面積

| 県名 | 個数 | 面積 (km ²) |
|-----------|-------|-----------------------|
| Kushtia | 171 | 11.07 |
| Meherpur | 118 | 7.22 |
| Chuadanga | 203 | 16.57 |
| Jhenaidah | 460 | 23.20 |
| Rajbari | 198 | 8.57 |
| Faridpur | 290 | 12.88 |
| Magura | 244 | 7.95 |
| Jessore | 282 | 68.72 |
| Narail | 153 | 16.82 |
| Gopalganj | 220 | 29.85 |
| Satkhira | 74 | 5.89 |
| Khulna | 34 | 46.85 |
| Bagerhat | 62 | 8.28 |
| Pirojpur | 7 | 1.09 |
| Total | 2,516 | 264.96 |

注： 黄色の部分: 県全体での個数と面積 (調査対象地域に在るのはこの一部)

出典： IWM

(5) 環境・社会

対象地域はベンガル湾からのサイクロン被害を受けることはあっても、それは海岸地帯ほど甚大ではなく農業生産を中心に、安定した経済発展を遂げてきた。クルナ市を中心に、ジョソール、シャトキラ、クシュティア、ゴパールガンジ、バゲルハット等の都市域が点在し国道によって結ばれている。バゲルハットには 15 世紀半ばに建設された回教モスク群があり世界遺産に登録された。また、クルナの南、海岸地帯には世界最大級のマングローブ林、シュンドルボンがあり同じく世界遺産となっていて、ベンガル虎をはじめとする自然の揺籠と称されている。



出典： IWM

図 2.3.2 南西部における主要なビール(Beel)及びバオール(Baor)の分布

2.3.2 気象・水文

(1) 気象

1) 年間の気候

調査対象地域は亜熱帯モンスーン気候帯に位置し、年間の気候は冬季（11月～2月）、夏季（3月～5月）、モンスーン季（6月～9月）、ポストモンスーン季（11月～2月）に区分される。沿岸部にはサイクロンが毎年のように来襲し、その時期はモンスーン季前後の5、6月及び10、11月に集中する。

年間降水量の80%が6月から9月の南西モンスーン期に集中する。この地域は熱帯集束帯の通過する北限となっており、7月にはモンスーンと重なり局地的な豪雨を見ることもある。

2) 気温

当該地域では、4つの気象観測所において気温が観測されている。表2.3.3に各観測所における月平均気温を示す。気温は4地点ともに4月、5月が高く、12月から2月にかけては比較的低くなる。

表 2.3.3 南西部の月平均気温

単位：℃

| 月 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Faridpur | | | | | | | | | | | | |
| Ave. | 28.4 | 28.8 | 28.6 | 28.3 | 28.6 | 28.6 | 27.3 | 23.3 | 19.2 | 18.1 | 20.8 | 25.7 |
| Max. | 33.9 | 33.2 | 31.7 | 31.0 | 31.0 | 31.3 | 30.8 | 28.1 | 24.9 | 24.3 | 27.6 | 32.4 |
| Min. | 22.9 | 24.3 | 25.5 | 25.7 | 26.2 | 25.9 | 23.8 | 18.5 | 13.4 | 11.9 | 13.9 | 18.9 |
| Jessore | | | | | | | | | | | | |
| Ave. | 30.0 | 30.2 | 29.4 | 28.8 | 28.9 | 28.9 | 27.6 | 23.4 | 19.4 | 18.7 | 21.5 | 26.5 |
| Max. | 36.2 | 35.3 | 32.8 | 31.8 | 31.8 | 32.3 | 31.8 | 29.4 | 26.5 | 25.9 | 29.0 | 33.6 |
| Min. | 23.7 | 25.1 | 25.8 | 25.9 | 25.8 | 25.5 | 23.3 | 17.3 | 12.2 | 11.2 | 13.9 | 19.4 |
| Khulna | | | | | | | | | | | | |
| Ave. | 29.5 | 30.0 | 29.4 | 28.8 | 28.9 | 29.1 | 28.1 | 24.6 | 20.8 | 20.0 | 22.7 | 27.2 |
| Max. | 34.7 | 34.4 | 32.5 | 31.4 | 31.5 | 32.1 | 31.8 | 29.6 | 26.7 | 26.2 | 29.2 | 33.5 |
| Min. | 24.3 | 25.6 | 26.3 | 26.1 | 26.2 | 26.1 | 24.4 | 19.5 | 14.6 | 13.5 | 16.1 | 20.9 |
| Satkhira | | | | | | | | | | | | |
| Ave. | 29.7 | 30.3 | 29.6 | 28.8 | 28.9 | 28.9 | 27.9 | 24.0 | 20.0 | 19.2 | 22.2 | 26.9 |
| Max. | 35.0 | 34.9 | 33.1 | 31.7 | 31.8 | 32.0 | 31.9 | 29.6 | 26.6 | 26.0 | 28.9 | 33.3 |
| Min. | 24.3 | 25.6 | 26.1 | 26.0 | 26.0 | 25.8 | 23.8 | 18.2 | 13.4 | 12.4 | 15.5 | 20.5 |

注： Max.及び Min.は月平均気温の最高値、最小値を示す。

出典： JICA, The Study on the Groundwater Development of Deep Aquifers for Safe Drinking Water Supply to Arsenic Affected Areas in Western Bangladesh, Final Report Book1, Dec. 2002

3) 蒸発散高

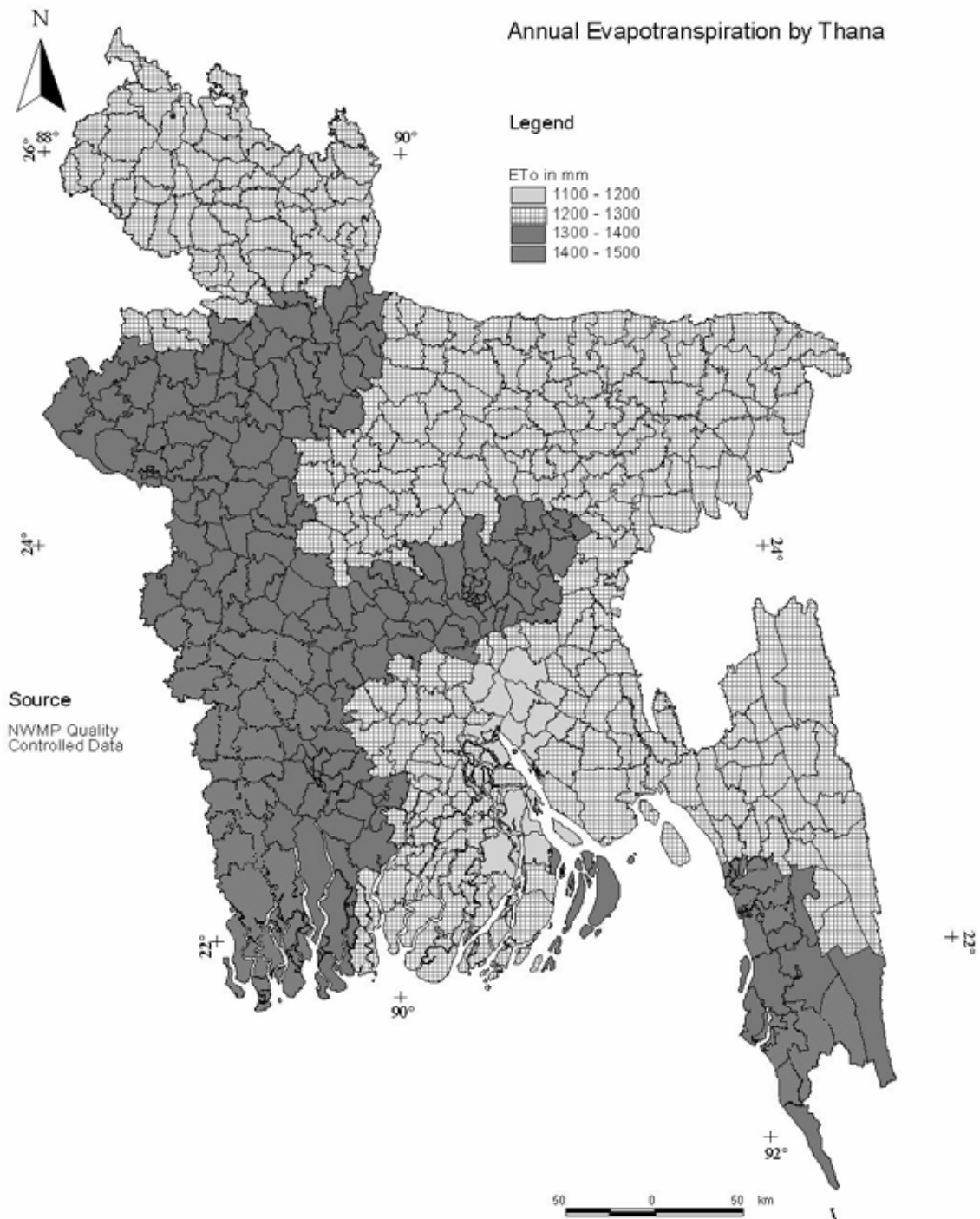
調査対象地域内の蒸発散高については、フォリドプール、ジョソール、クルナの3地点でペンマン法を用いて推算されている。表 2.3.4 に南西部での蒸発散高、図 2.3.3 に「バ」国の年平均蒸発散高を示す。表 2.3.4 に示すとおり、当該地域の蒸発散高は、1,336～1,409 mm であり、図 2.3.3 において明瞭などおり、「バ」国内において蒸発散高の多い地域である。

表 2.3.4 南西部での蒸発散高

単位：mm/day

| 月 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 計 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Faridpur | 5.4 | 4.9 | 3.9 | 3.8 | 3.7 | 3.6 | 3.5 | 2.8 | 2.2 | 2.4 | 3.1 | 4.6 | 1,336 |
| Jessore | 6.0 | 5.9 | 4.5 | 3.8 | 3.7 | 3.6 | 3.6 | 2.8 | 2.2 | 2.3 | 3.1 | 4.8 | 1,409 |
| Khulna | 5.1 | 5.1 | 3.7 | 3.6 | 3.4 | 3.8 | 3.6 | 3.0 | 2.5 | 2.5 | 3.3 | 4.5 | 1,342 |
| 日平均 | 5.5 | 5.3 | 4.0 | 3.7 | 3.6 | 3.7 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 2.4 | 3.2 | 4.6 | 1,363 |
| 月平均 (mm/month) | 165 | 164 | 120 | 115 | 112 | 111 | 112 | 87 | 71 | 74 | 90 | 142 | 1,363 |

出典：Motto MacDonald Ltd., MUNICIPAL SERVICES PROJECT, Groundwater Resources & Hydro – Geological Investigations in and Around Khulna City, Final Report, Volume 2 – Annexes I & II, May 2005



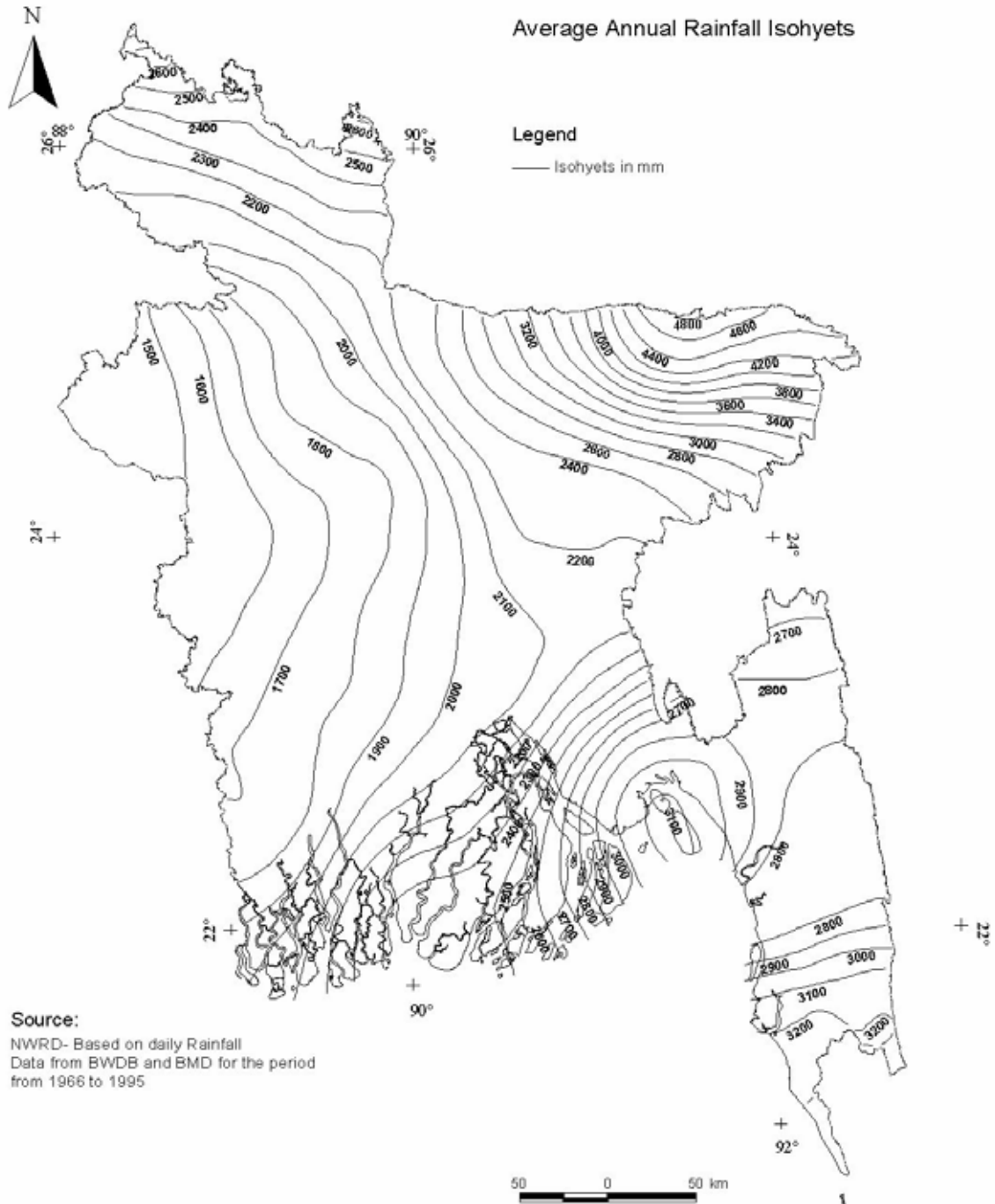
出典：NWMP

図 2.3.3 「バ」国の年平均蒸発散高

(2) 降雨量

1) 年間降雨

当該地域の年間降雨量は、1,600 mm～2,000 mm の範囲にあり、「バ」国内の他地域に比して降雨量が少ない。図 2.3.4 の年平均雨量等降雨曲線が示すとおり、当該地域内の降雨量は沿岸部東側では多く、北西区域では少ない傾向にある。



出典：NWMP

図 2.3.4 「バ」国の年平均雨量等降雨曲線

2) 降雨観測所

降雨観測は BWDB により実施されている。観測機器は手動雨量計で、毎朝 9 時にビンに貯まった雨水の量を読み取り、日雨量として記録しているとのことである。既往調査³によると、手動雨量計は BWDB が所有する工場で製造されている。また、全国 269 箇所の雨量観測所のおよそ半数が周辺の建物や樹木の影響を受ける可能性の高い立地にあるといわれる。その一方で、日本の援助により導入された自動雨量計での観測値と近傍の手動雨量計での観測地を比較したところ、手動雨量計で観測された降雨量は、自動雨量計のものより 5~7%多かったという。それら観測雨量の精度を検証することは、本調査の目的ではなくその確認は行わないが、降雨量データの精度には課題がある。

南西部に所在する降雨観測所を表 2.3.5、その位置を図 2.3.5 に示す。

表 2.3.5 降雨観測所

| 県名 | 観測所 ID | 観測所名 | 観測期間 |
|---------|--------|--------------|-------------|
| クシュティア | R019 | Kushtia | 1961 – Date |
| | R041 | Bheramara | 1961 – Date |
| チュアダंगा | R224 | Chuadanga | 1961 – Date |
| フォリドプール | R406 | Faridpur | 1961 – Date |
| ジョソール | R456 | Jessore | 1959 – Date |
| | R458 | Kaliganj (J) | 1962 – Date |
| シャトキラ | R507 | Kalaroa | 1961 – Date |
| | R518 | Shatkhira | 1961 – Date |
| クルナ | R510 | Khulna | 1961 – Date |
| | R508 | Kaliganj (K) | 1985 – Date |

³ JICA, Feasibility Study for Improvement of Flood Forecasting and Warning Services in the People's Republic of Bangladesh, Final Report, Volume III Supporting Report, Dec. 2003

3) 月平均降雨量

表 2.3.6 に示すとおり、当該地域内においては、クシュティアなどの北部の年降雨量が 1,500mm 程度と最も少ない。フォリドプールなどの東部やクルナなどの南部は地域内では比較的降雨量が多い。

表 2.3.6 南西地域における月平均降雨量

| 月 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 計 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-------|
| Kushtia | 75 | 175 | 247 | 334 | 266 | 236 | 137 | 18 | 9 | 6 | 19 | 21 | 1,543 |
| Bheramara | 76 | 178 | 249 | 295 | 262 | 264 | 114 | 13 | 8 | 8 | 20 | 26 | 1,513 |
| Chuadanga | 81 | 164 | 238 | 320 | 254 | 256 | 128 | 19 | 8 | 9 | 16 | 24 | 1,517 |
| Faridpur | 121 | 225 | 342 | 340 | 295 | 258 | 153 | 36 | 11 | 7 | 23 | 42 | 1,853 |
| Jessore | 69 | 186 | 300 | 356 | 293 | 263 | 142 | 28 | 10 | 13 | 23 | 39 | 1,722 |
| Kaliganj (J) | 84 | 198 | 290 | 358 | 289 | 258 | 116 | 28 | 10 | 12 | 20 | 40 | 1,703 |
| Kalaroa | 61 | 120 | 297 | 314 | 307 | 286 | 128 | 25 | 8 | 11 | 30 | 34 | 1,621 |
| Shatkhira | 83 | 141 | 322 | 371 | 320 | 318 | 147 | 34 | 9 | 17 | 37 | 40 | 1,839 |
| Khulna | 79 | 184 | 333 | 351 | 333 | 258 | 150 | 34 | 11 | 12 | 35 | 50 | 1,830 |
| Kaliganj (K) | 59 | 140 | 280 | 346 | 278 | 276 | 142 | 55 | 3 | 13 | 20 | 33 | 1,645 |

出典：IWM

(3) 流量

1) ガンジス河及びゴライ川の流量

表 2.3.7 にガンジス河ハーディング橋地点及びゴライ川鉄道橋地点の月平均流量を示す。表に示すとおり、ガンジス河の流量のうち、約 1 割程度がゴライ川へ分流している。また、1975 年のインド領ファラッカ堰の建設を境として、乾季流量はガンジス河で約半分、ゴライ川で約 3 分の 1 にまで減少している。

表 2.3.7 ガンジス河及びゴライ川の月平均流量

単位：m³/s

| 月 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ganges R., ハーディング橋地点 | | | | | | | | | | | | |
| 1934~1975 | 2,034 | 2,151 | 4,380 | 17,818 | 38,198 | 36,000 | 17,800 | 7,077 | 4,189 | 3,081 | 2,667 | 2,296 |
| 1975~2009 | 951 | 1,355 | 3,785 | 20,720 | 37,465 | 37,383 | 16,682 | 5,820 | 3,030 | 1,804 | 1,307 | 973 |
| Gorai R., 鉄道橋地点 | | | | | | | | | | | | |
| 1964~1975 | 188 | 254 | 704 | 2,783 | 5,235 | 4,717 | 2,375 | 913 | 490 | 302 | 222 | 162 |
| 1975~2009 | 62 | 101 | 443 | 2,382 | 3,963 | 3,859 | 2,081 | 610 | 254 | 132 | 83 | 63 |

出典：IWM 他

2) 調査対象地域内のその他流量データ

図 2.3.6 に南西地域における水位及び流量の観測地点を示す。地域内の河川のほとんどが潮汐の影響を受けることもあり、水位の観測が実施されていても流量の整理までなされている地点は限られている。BWDB 及び IWM のデータベースを調査したところ、観測流量が入手可能な地点は Kumar 川上流部の Garaganj 地点のみである。当該地点では、毎年雨季のみに 10 数回程度の流量観測が実施されている。

また、*Magura* 及び *Bardia* 地点では、IWM が作成した流出モデル (NAM model をベースに作成されたもので、South West Region Model (SWRM) と呼ばれている) により、2007 年 2 月から 2009 年 9 月までの 30 分間隔の計算流量を整理している。しかし、当該地点では観測流量が整理されておらず、計算流量の確実な検証は困難である。表 2.3.8 に調査対象地域内のその他流量データの状況を整理する。

表 2.3.8 調査対象地域内のその他流量データの状況

| 河川名 | 地点名 | データの種類 | 期間 | 最大流量 (m ³ /s) | 最小流量 (m ³ /s) |
|--------------|------------------|--------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Kumar R. | Garaganj | 観測流量 | 1978.3 – 2003.9 | 255.0 | 0.0 |
| Nabaganga R. | Magura | 計算流量 | 2007.2 – 2009.9 | 99.6 | 0.0 |
| | Bardia Nabaganga | 計算流量 | 2007.2 – 2009.9 | 4,602.4 | 0.0 |

注：図 2.3.6 中の各観測地点名を緑丸で囲んだ

出典：IWM

(4) 感潮河川の水位

南西部の河川のほとんどが水位に潮位の影響を受ける感潮河川であり、満潮時には流向が逆になる区間が多い。ルプシャ川のクルナ地点での観測水位を表 2.3.9 に示す。表に示すとおり、河川水位は干潮時と満潮時には 2m の差があるが、雨季と乾季とでは、水位差は 1 m 程度と小さい。

表 2.3.9 ルプシャ川のクルナ地点での月平均水位

単位：mPWD

| 月 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 干潮時 | -0.25 | -0.01 | 0.34 | 0.73 | 0.97 | 0.98 | 0.70 | 0.31 | -0.02 | -0.26 | -0.38 | -0.40 |
| 満潮時 | 1.75 | 1.91 | 2.08 | 2.31 | 2.46 | 2.45 | 2.21 | 1.88 | 1.61 | 1.44 | 1.46 | 1.57 |

出典：IWM



出典：IWM

図 2.3.6 南西地域における水位及び流量の観測地点

(5) 水質

1) 表流水

河川水質は BWDB が主体的にモニタリングしているが、その観測数、頻度は極めて限られている。調査団はガンジス河ハーディング橋地点での水質データを入手した。観測期間は 2002 年 6 月から 2008 年 11 月までで、調査項目は濁度、pH、DO、塩分濃度、総溶解固形分 (Total Dissolved Solids: TDS)、電導度、鉄分、塩化物である。この他、南西地域では表流水の塩分濃度が観測されている。

2) 地下水

「バ」国全土では 700 万本の井戸が掘られているといわれているが、地下水の水質を定期的にモニタリングしている井戸はごく限られているといわれている。井戸水の水質は DPHE の各地の試験所が実施しており、「Development of Deep Aquifer Database and Preliminary Deep Aquifer Map (First Phase), Mar. 2006」では、それらのデータを収集して砒素、鉄分、塩化物、マンガンについて全国的な濃度分布を整理している。

浅井戸の塩分濃度は十分には把握されていない⁴。また、BWDB は井戸の水位を観測しているのみである。

2.3.3 河川・洪水

(1) 河川

1) 「バ」国の主要河川

「バ」国の大部分は、ガンジス河（「バ」国でパドマ（ポッダ）川とも呼ぶ。あるいはジャムナ川と合流後にパドマ（ポッダ）川と呼ぶ）、ジャムナ川、メグナ川によって造られた氾濫原である。三大河川は国外に源を發し、西からガンジス河、北からジャムナ川、東からメグナ川が流入し、「バ」国の中心部を貫いてベンガル湾に注ぐ（図 2.3.7）。

そのうち、ガンジス河は、流域面積約 100 万 km²（うち約 4%が「バ」国内に）、総延長約 2,200 km、平均流量約 11,000 m³/s で、ヒマラヤ山脈の南斜面に源を有する。そのガンジス河は、*Chapai Nawabganj* でインドから「バ」国に流入し、「バ」国内でジャムナ川、メグナ川と順次合流して最後はメグナ川となってベンガル湾に注ぐ河川である。

⁴ 2010 年 5 月 18 日、砒素汚染の軽減技術に係わる JICA 専門家からの聞き取り

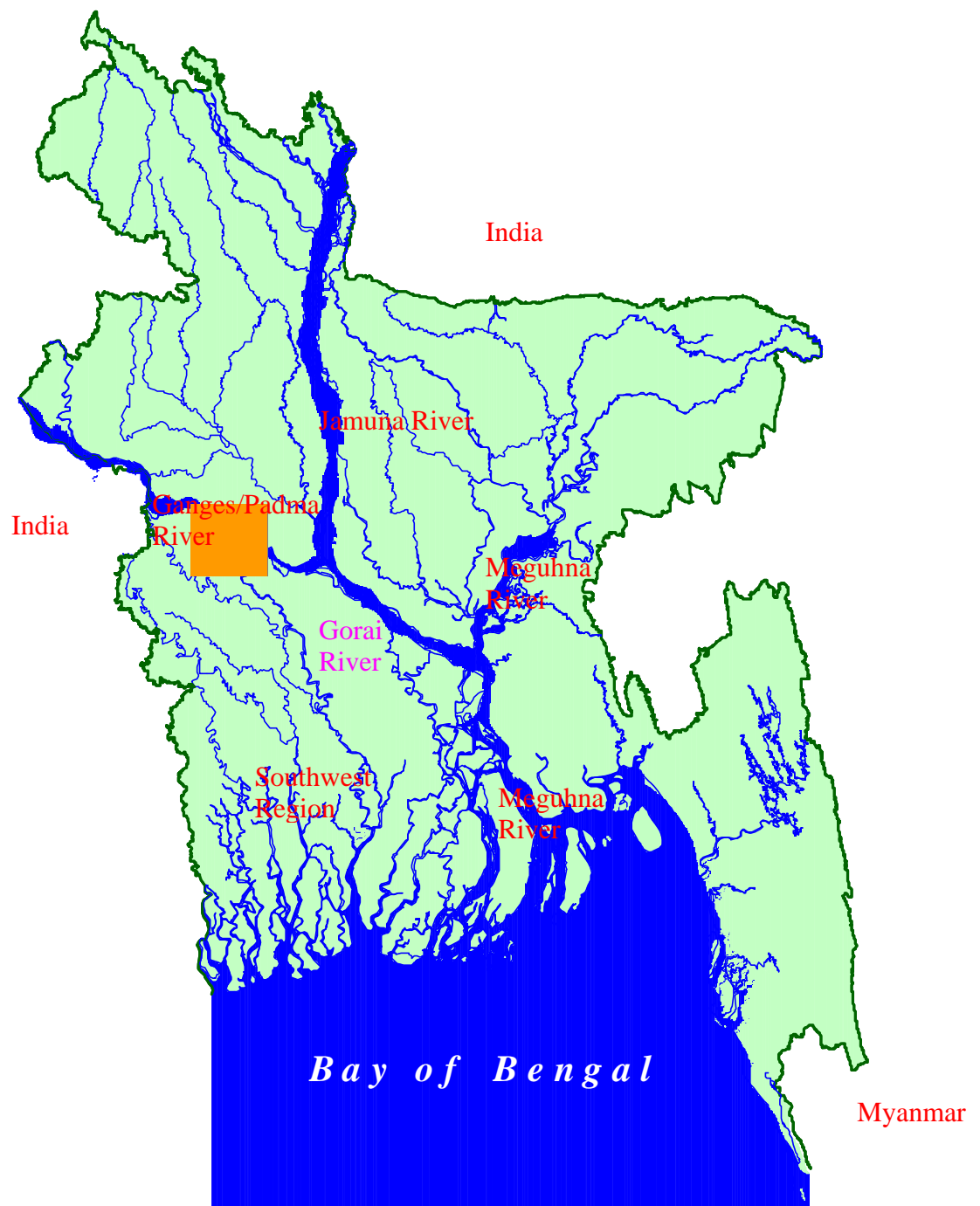


図 2.3.7 「バ」国の主要河川

2) 対象地域の河川システム

対象地域において最も重要な河川はガンジス河である。対象地域がガンジスデルタにあることから分かるように、地域最大の表流水源である。次に影響の大きいのがゴライ川で、ガンジス河から分流した後、他の河川と流域の争奪を繰り返しながら、対象地域の半分ほどに表流水を送っている。ゴライ川は途中でマドウマテイ川、バレスワール川とその名を変えてベンガル湾に注いでいる。

ゴライ川の西側で、はじめ西北から南東に向かって流れやがて南に向きを変えるのがマタバンガ川である。その名はナバガンガ川に代わり、最後はプサール川となってベンガル湾に注いでいる。対象地域の一番西側を流れているのがコバダック川で、北から南に流れて最後はマクマード川と名前を変えて同じくベンガル湾に注いでいる。このうちマタバンガ川もかつてのガンジス河の分流であった。堆砂によって早くに縁が切れてしまったが、今でも、雨季にガンジス河の水位があがると、分流することもある。衛星写真の痕跡をみるとコバダック川も、元々はガンジス河の派川であったらしいが、近年は雨期にもガンジス河と繋がる事無く、専ら自流域からの流出が河川水となっている。前述のガンジス河の右岸が自然堤防となって標高が高いため、この地域からガンジス河に流れ出る、いわゆるガンジス河の支川は存在しない。以下に各河川について少し詳細に記述する。図 2.3.8 は、調査対象地域の主要河川を模式的に示したものである。

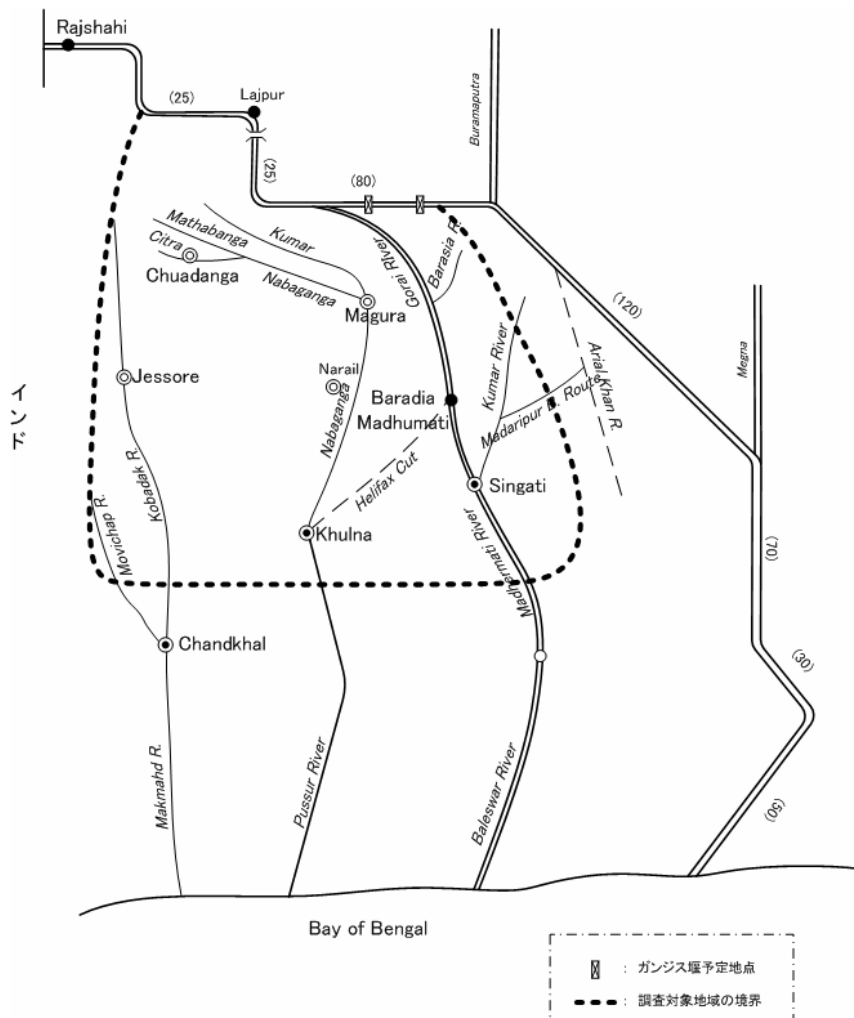


図 2.3.8 河川システム模式図

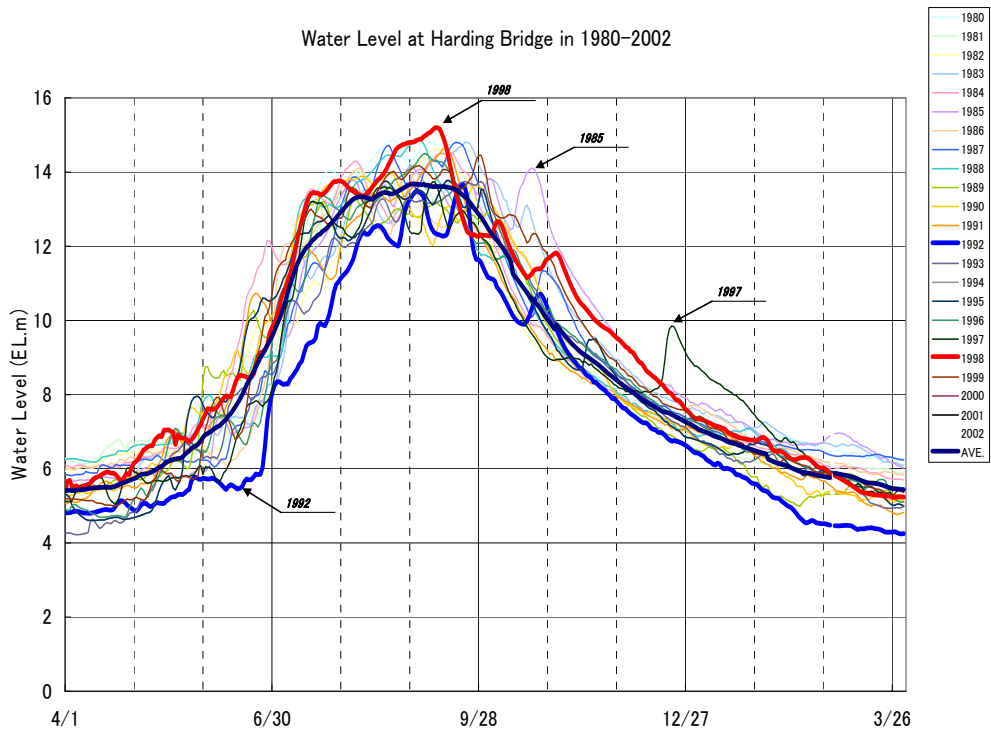
3) ガンジス河

ヒマラヤ・アンナプルナの南斜面から流れ出たガンジス河（現地名パドマ河）はやがてインドを経て、「バ」国との国境河川となり、最後は「バ」国領内を貫流してベンガル湾に注ぐ。全長 2,200 km のうち、「バ」国領を貫流しているのは最下流の約 400 km である。領内に入って約 130 km は蛇行を繰り返しながら概ね南東に流れてブラマプトラ川と合流する。合流後さらに 120 km 南東に流れてメグナ川と合流し、その直後に流向を南に転じて約 150 km 下ってベンガル湾に注ぐ。メグナとの合流後はメグナ川と呼ばれる事も多い。ブラマプトラ川との合流点の約 80 km 上流、タルバリアにおいてゴライ川を分流する。

ゴライ川の分流点の約 25 km 上流でガンジス河は大きく蛇行し、それまでの東西向きの流れはほぼ直角に曲がり真南を向く。河道の痕跡によれば、かつてこの曲がり、ほぼ 45 度の角度で東南に向いていた。つまりゴライ川の向きに一致していた。言い方を変えるとガンジス河の流れはゴライ川の入り口を直撃していたと考えられる。しかし、この曲がりにおける洗掘がすすむと、流れの中心は、河岸の極めて安定したハーディング鉄道橋地点を中心にして、タルバリアの数キロ上流で右岸を洗掘する方向に流れており、このためゴライ川分流点を堆積傾向に導いているものと思われる。今日曲がりの左岸には護岸が施され、洗掘は収まったものの、滞筋の方向には変わりはない。

河道の安定しているハーディング鉄道橋地点では 50 年間以上水位観測、流量観測が続けられてきた。したがってこの地点での水位流量曲線も設定されていてガンジス河を代表する一つの水文観測点となっている。この地点の年最大日平均流量は 8 月もしくは 9 月に生起し、その 80 年間の平均は $39,000\text{m}^3/\text{s}$ である。この地点での日内変動は極めて小さいので、これをもって尖頭流量の平均と考えている。1998 年に既往最大洪水 $79,500\text{m}^3/\text{s}$ を記録し、その生起確率は 100 年と推定された。一方、年最小日平均流量の平均は $1,900\text{m}^3/\text{s}$ で、最小日平均流量は 4 月もしくは 3 月に生起する。

図 2.3.9 はガンジス河のハーディング鉄道橋地点における 4 月から翌年の 3 月まで、つまり一水文年の水位を 23 年間重ねて描いたものである。オレンジ色の線は、既往最大洪水が発生した 1998 年 4 月から 1999 年 3 月のもので、水位が 15 m を越えたことを示す。また、青い太い線は最渇水年であった 1992 年の水位を示す。



出典： Ebara Co., Nippon Koei Co., Ltd., Hydraulic Study for Intake Canal Improvement for Ganges-Kobadak Project, Apr. 2009

図 2.3.9 ガンジス河の水位

インド領内のガンジス河本川にファラッカ堰が建設され1976年に操業を開始すると、乾季流量がインド領内に転流され、ハーディング鉄道橋地点の流況に少なからぬ影響を与えている。この事を定量的に示す資料が「Ebara Co., Nippon Koei Co., Ltd., Hydraulic Study for Intake Canal Improvement for Ganges-Kobadak Project, Apr. 2009」に示されている。以下にその一部を流用して表示する。

表 2.3.10 ガンジス河の流況に及ぼすファラッカ堰の影響

| データ | 流量 (m ³ /s) | | 流量の有意差検定 (T-Test) |
|--------------|------------------------|-----------|-------------------|
| | 1945/1972 | 1980/2002 | |
| 平均月流量 (4月) | 2,080 | 854 | 高度に有意 |
| 水位 | 6.84 | 5.57 | |
| 平均最小日流量 (4月) | 1,940 | 708 | 高度に有意 |
| 水位 | 6.72 | 5.36 | |
| 平均月流量 (8月) | 39,341 | 36,969 | 有意ではない |
| 水位 | 13.48 | 13.32 | |

出典： Ebara Co., Nippon Koei Co., Ltd., Hydraulic Study for Intake Canal Improvement for Ganges-Kobadak Project, Apr. 2009

上記の表は1945年から1972年までの4月の平均流量の平均が2,080 m³/sであったのに対して、1980年から2002年までの平均が854 m³/sであったことを示す。二つのグループの平均値間の差が偶然生じた物とは考えられず、この差を生ずる特別な原因があることを示唆する。一方、洪水期である8月の平均流量には有意な差は認められず、このぐらゐの差は、年毎のバラツキにも生じているこ

とを示している。つまり、乾季にはインド領内への転流のため、下流への放流が減っているが、雨季には堰で転流する事無く、そのまま放流している事を暗示する。

ファラッカ堰は「バ」国に対して重大な影響を及ぼしているが、1996年12月12日に堰の操作に関する二国間協定が締結された。しかしながら協定に盛り込まれた乾季の責任放流量は、堰完成後の流量を規準として決められていて、「バ」国にとって満足できるものではない。特に、流量が減り水位が下がったため、ガンジス河からの取水や分流に多大な影響がでている。この問題を解決するために、政府はガンジス河のゴライ川分流点下流に堰を設けて乾季水位を押し上げる計画を策定している。現在、様々な調査が進められていて、堰計画地点は2案にまで絞られている。図2.3.1に計画予定地点を示した。

雨季のガンジス河の流砂量は大きく、降雨の状況と上流の流域状況に左右されるものの、平均的に1,000mg/lぐらいと考えられている。一方乾季には10mg/l以下に減少する。土砂はネパール・インドの斜面崩壊、河岸の洗掘流出および堆砂の二次、三次移動によって生産されている。前述の「Ebara Co., Nippon Koei Co., Ltd., Hydraulic Study for Intake Canal Improvement for Ganges-Kobadak Project, Apr. 2009」によれば、対象地域での流砂の平均粒径は0.02 mm、河床材でも平均粒径は0.1 mmである。

4) ゴライ川

ゴライ川は対象地域最大のガンジス河からの分流河川であり、地域にとって古くから最も重要な表流水源となってきた。分流点はガンジス河の右岸で、河口より約250 kmのタルバリア村である。分流当初はゴライ川という名前であるが、途中マドウマテイ、カリガンガと名前を変え、最後バレスワールとなってベンガル湾に注ぐ。全長約432 kmのうちゴライ、マドウマテイ川が対象地域を流れ、それぞれ186 km、34 kmである。全流域面積は6250 km²、うち対象地域内の流域面積はおおよそ5,200 km²である。

ガンジス河からの分流直後から約10 kmは川幅が1.5~2.5kmあり、10万分の4という緩い勾配もあって、ゆっくりと流れる。これは10kmより下流で川幅が800 m前後となり、狭窄し堰上がったためである。洪水期には3,500 m³/s以上の流量となるが断面平均流速が1.5 m/sを越える事は稀である。このため、15 kmを越えたあたりから河道は激しく蛇行し、曲がりの外周部は流速が2.5 m/sを越える所も少なくない。そこでは洗掘が進み、蛇行が促進されている。中には自然短絡が起こり、半月湖が残されている箇所もある。20世紀初頭のヘリファックス水路によってゴライ川の水がナバガンガ川に一部流域変更されるようになった。一方、もう一つのガンジス河分流であるアリアルカーンの河川水は、マダリプール・ビール・ルートからクマール川を通じてマドウマテイ川に流入している。そのほかにも流域の争奪は活発で、自然な流域変更は多岐にわたり、河川は網状に分離結合している。

洪水期のタルバリアにおけるガンジス河の平均的水位は、ハーディング橋地点から0.4 m下がり、標高約13.3 m +PWDをピークとする。また、乾季には5.1 m +PWDまで下がる。ゴライ川では、分流点の約10 km下流に鉄道橋があり、

水位観測とともに流量観測も実施されていて、水位流量曲線が利用できる。洪水期である 8 月の平均流量は、ガンジス河の約一割、 $3,960\text{m}^3/\text{s}$ である。1989 年以降、乾季の 12 月半ばから 4 月一杯は上流部が断流し、ガンジス河からの流入が途絶えるため、流量はゼロとなる。

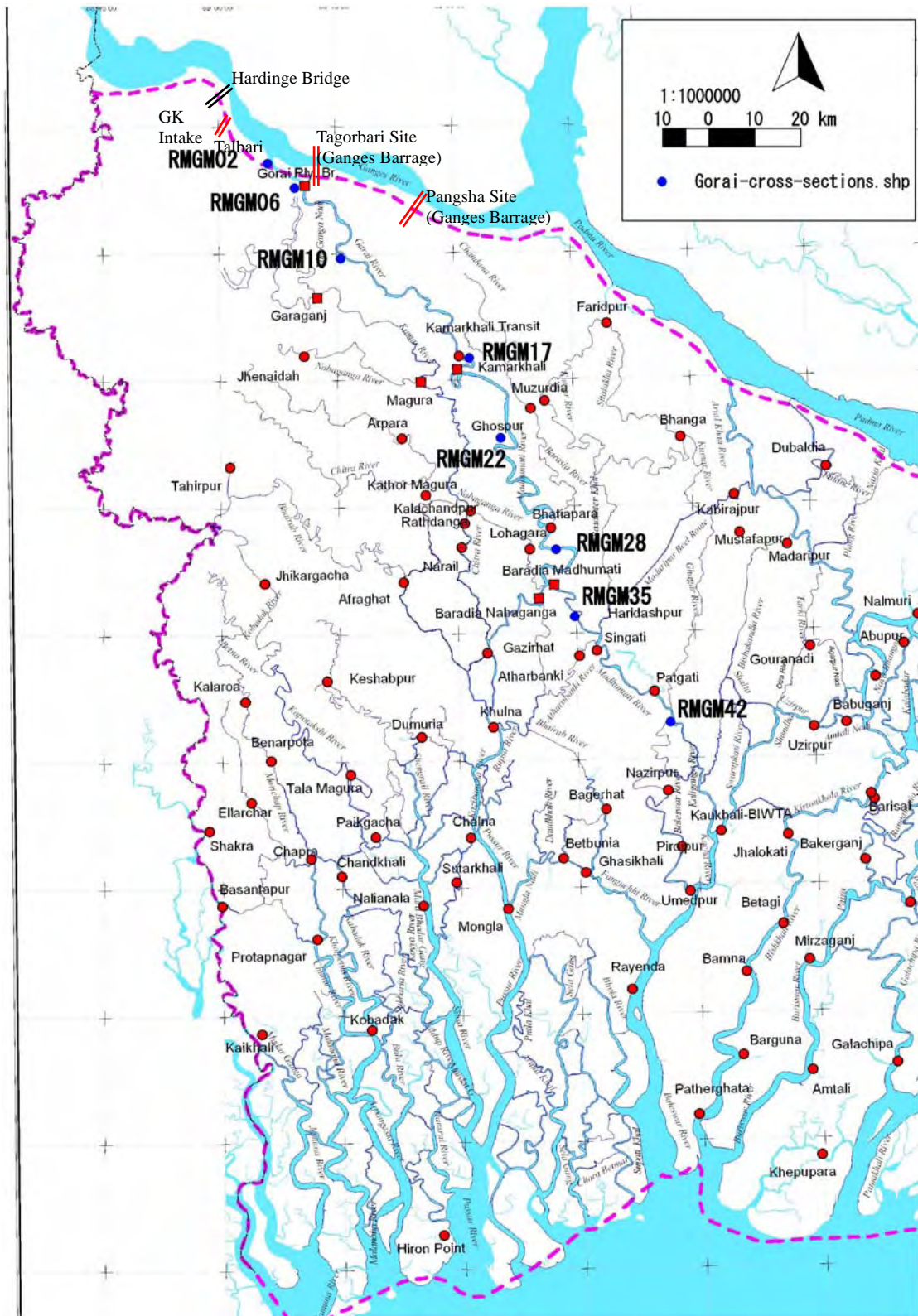
1976 年のファラッカ堰の操業以来、ゴライ川の乾季分流量は年々減少し、1989 年以降 12 月から 4 月にかけて断流するようになった。1995 年以降断流は毎年生じるようになり、1998 年、1999 年および 2000 年の 3 年間 Pilot Priority Works としてオランダ、ベルギーの援助で浚渫を行った。しかしながら、2000 年に優先パイロット事業プログラム (Pilot Priority Work Program: PPWP) が終了するとともに断流は継続している。2010 年 3 月に現場踏査を実施した際にも完全に断流していて BWDB が低水路を確保するための浚渫を行っていた。断流は 5 月末の現地踏査時にも解消していなかったが、6 月半ばには通水していた。断流のメカニズムは、雨季に高濃度の流砂を含むガンジス河の水がゴライ川に流入し、流入後急速にその流速を落として堆砂が進む事による。堆砂を起こす水理特性について下表に示す。

表 2.3.11 ゴライ川とガンジス河の水理特性の相違

| 項目 | ガンジス河 | ゴライ川 |
|----------------|-----------|-----------|
| 8 月の流速 | 2.5m/sec | 1.5m/sec |
| 9 月の流速 | 2.7m/sec | 1.5m/sec |
| 河幅 1 km あたりの流量 | 10,000CMS | 2,000CMS |
| 河床勾配 | 0.05/1000 | 0.04/1000 |

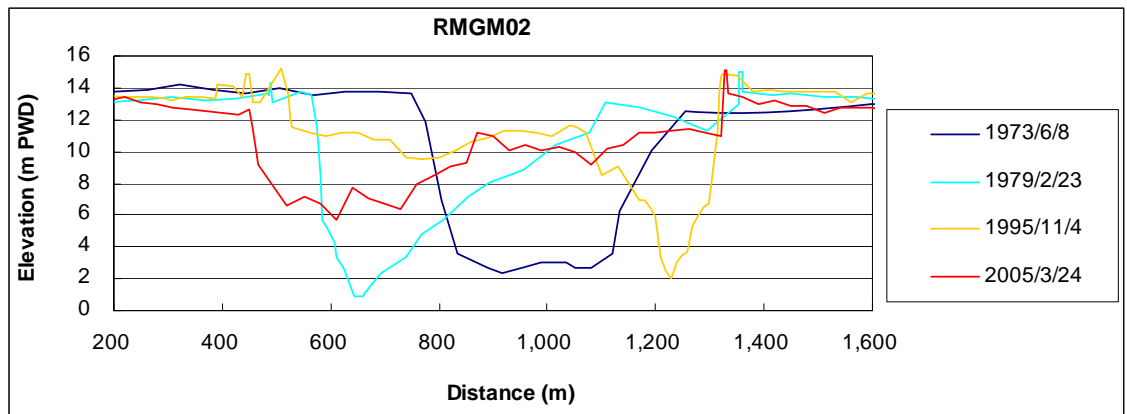
つまり、洪水期に $1,000\text{ mg/l}$ もの流砂を運んできたガンジス河の流れは流速が 2.5 m/s からゴライ川に入った途端、 1.5 m/s に下がり一挙に掃流力を失う。それは主に、川幅 1 km あたり、約 $10,000\text{ m}^3/\text{s}$ も流れていたものが、 $2,000\text{ m}^3/\text{s}$ に減少する、あるいは相対的にそれだけ川幅が広がる事による。このため、一雨季に溜まる砂の量は莫大で、入り口近くでは約 5 メートルの高さに堆積する。堆砂は下流に行くに従って順次減少するが、堆砂区間は約 30 km にも及ぶ。ゴライ川の敷き高は掃流力により洗掘を受け、雨季の盛りには標高 $2.0\text{ m}+\text{PWD}$ になるが、掃流力が減少する雨季の終わりには標高 $7.0\text{ m}+\text{PWD}$ になる。一方乾季のガンジス河の水位は $5.0\text{ m}+\text{PWD}$ であるから、完全に断流した状態になる。近年、ガンジス河の乾季流量は減少し、ゴライ川への分流量が減っているため、入り口近傍の河床高は年々上昇している。ゴライ川においては、図 2.3.10 に示す位置で 1973 年から河川横断測量を不定期的に実施している。この測量データによって、ゴライ川の河道形状の経年変化を確認できる。図 2.3.11 にゴライ川分流点から 3 km 地点の経年変化を示す。

ゴライ川は、本川は元より分流してジュソール、ノライル、クルナ、バゲルハット、ゴパルガンジ、ピロジプールなどの地域の各種用水や維持用水の役割を担っていて表流水や地下水の塩水化を抑える働きもしている。従って、その断流はこの地域に重大な影響を及ぼす。また、その一方で、雨季には高濃度の土砂流を地域一体に拡散させる一因ともなっている。



出典：IWM

図 2.3.10 ゴライ川測量位置図

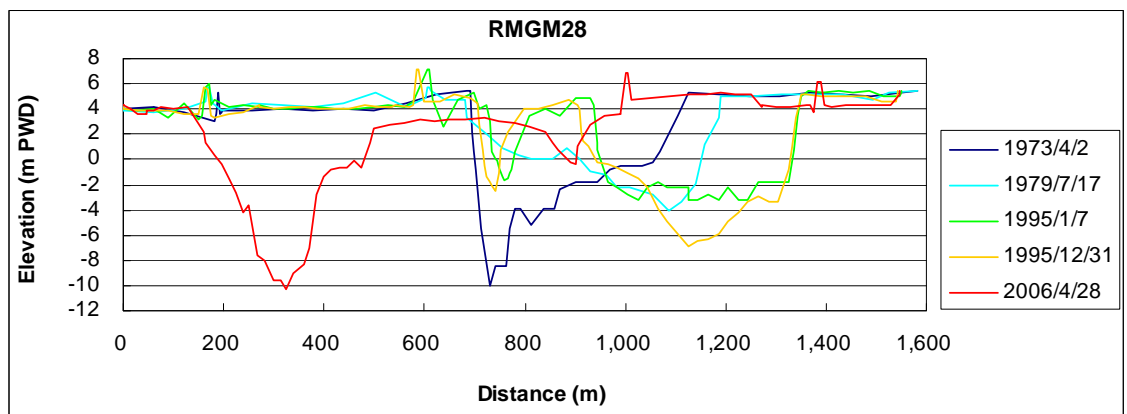


出典：Gorai River Restoration Project

図 2.3.11 分流点より 3 km 下流の河床経年変化

紺色の線で示した断面はファラッカ堰が操業を始める以前の 1973 年における雨季が始まる直前の測量結果である。この時の敷高は 2.0+PWD でガンジス河の水は分流可能であった。一方 2005 年の乾季の終盤の断面で敷き高は 6.0+PWD。ガンジス河からの分流は期待できない。1979 年には断面の低標高の部分が細くなり、通水能力は著しく減少しているが、まだ、断流には至っていない。黄色の線で示したのは 1995 年雨季の終わりで、低標高部分が極端に細くなり、通水能力が小さいから入ってきた砂は容易に堆積する。

図 2.3.12 は入り口から 115 km 下流の河川断面の経年変化を示している。この中で、水色で示した 1979 年の断面は 7 月の半ば、つまり雨季の前半であり、必ずしも比較するのに適当とはいえないが、その他の断面はほぼ乾季のものと考えてよい。これらの断面から判断するに、この地点では年々洗掘の傾向にあり、2006 年には流れの中心が大きく左岸によっている事を示す。これだけの資料では必ずしも妥当な判断にはならないかもしれないが、上流で堆積した分が下流に洗掘を生じている可能性がある。



出典：Gorai River Restoration Project

図 2.3.12 分流点より 115 km 下流の河床経年変化

5) マタバンガ川

マタバンガ川（位置関係は図 3.3.7 参照）は元々ガンジス河の派川であったが、分流点が堆砂によって早くに断流した。今は源流をインドに求める独立した川として対象地域のほぼ中央を最初南東に流れて、やがてその方向を南に転ずる。マグラに至る以前に、左岸の支流クマール川と合流し、ナバガンガ川とその名を変えナライルの北で右岸の支流チトラ川と合流する。クルナ市を通過した後、プスール川と名を変えてベンガル湾に注いでいる。その全長 411 km で全流域は 9,860 km² である。そのうち 7,100 km² が調査対象地域に属する。

流域は平坦であり、したがって河川の平均勾配も 0.05/1,000 と緩い。上流部の河川断面はU字形で、マグラより上流では勾配も 0.1/1,000 の区間もあり、一部に河岸の洗掘がみられる。川道はほぼ自然河川を維持している。雨季には高強度の降水によって洪水が生じる。本川からの溢水はマグラ等局所的であるが、本川の水位が高くなるため排水不良を生じ、浸水はほぼ毎年広範囲で生じている。一方乾季は降水量が極端に減り、1月から4月までは毎年流量ゼロとなる。クルナのやや北から南にかけて東のゴライ川、西のコバダック川の支流と流域争奪を繰り返し、網状河川となっている。ゴライ川と各所でつながっていることから、少なからぬ流砂が進入する。

6) コバダック川

現在、コバダック川（位置関係は図 3.3.7 参照）は独立した川であって、ガンジス河の分流とは考えられていない。航空写真等によってわずかに分流水路の痕跡は判読できるものの、季節に関わらず完全に独立した川となり、対象地域の西端を南北に流れている。コバダック川の全長は 354 km、全流域面積は 7,032 km² であり、そのうち対象地域に属するのは 4,200 km² である。現在の源流はメヘルプールにあり、その区間では勾配が 1/1,000 だが、全体の平均勾配は 0.1/1,000 である。流域は総じて、降水量の少ない地域に属するが高強度のモンスーン性降雨と熱帯収束帯（Inter Tropical Convergence Zone: ITCZ）の対流性降雨がメヘルプールで重なると、チュアダング等に洪水を生ずることがある。上流部の河川断面はU字形で、一部に河岸の洗掘がみられる。河道は下流域に築堤がみられるものの、ほぼ自然河川を維持している。本川からの溢水はチュアダング等局所的であるが、本川の水位が高くなるため排水不良を生じ、浸水はほぼ毎年広範囲で生じている。排水不良は流速を落とし、自流域から流出した土砂を堆積させる。また、ナバガンガ川と同様に漂砂の影響を受けるから、各支川や排水路の堆砂は進み、排水能力は一層低下する。こうして洪水、浸水被害が日常化している。一方乾季は降水量が極端に減り、1月から4月までは毎年流量ゼロとなる。南部では東を流れるナバガンガ川の支流と流域争奪を繰り返し、網状河川となっている。

(3) 洪水

対象地域における治水は、洪水、浸水、旱害、河岸浸食、堆砂およびサイクロンに伴う高潮である。「バ」国においては災害を横断的に管理している機関は食料災害管理省（Ministry of Food and Disaster Management: MoFDM）である。同省の下、災害管理局が中心となって災害管理を行っている。気象関連の災害については、この他にバン

グラデシュ気象局(Bangladesh Meteorological Department: BMD), 洪水予警報センター (Flood Forecasting and Warning Centre: FFWC) が警報の発令等に関わっている。

「バ」国には気象局のほか、水資源計画機構 (WARPO) にも水文気象のデータベースが構築されているが、災害履歴を一括して資料整理をしている部署は無く、災害年報も出版されていない。災害の記録は、大きな災害が発生する都度、被害等が個別に記録保管されている。

「バ」国に被害を及ぼした著名な洪水は 1974 年、1998 年及び 2007 年に発生している。この時ブラマプトラ川、メグナ川は両岸に氾濫し、ガンジス河はブラマプトラ川との合流直後に右岸側で氾濫した。著名な旱魃は 1989 年に発生し、この時、ガンジス河は最低水位を記録した。サイクロンによる人的被害の最大は 1991 年に発生しており、約 1390 万人が被災している。表 2.3.12 はこうした個別の記録から 1990 年以降の災害についてまとめたものである。旱害、塩害、堆砂は含まれていない。また洪水は厳密な意味での浸水を含むものと思われる。

表 2.3.12 「バ」国における水関連災害記録 (1990 年以降)

| 年 | 種類 | 被害 | | |
|------|------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| | | 被災者数 (1,000 人) | 被災家屋数 (1000 軒) | 被災農地面積 (1,000H a) |
| 1990 | 洪水・河岸浸食 | 1,383 | 14 | 38 |
| 1990 | サイクロン | 1,016 | 75 | 1,711 |
| 1991 | 洪水・河岸浸食(3) | 11,285 | 340 | 1,221 |
| 1991 | サイクロン(2) | 13,919 | 855 | 145 |
| 1993 | 洪水・河岸浸食 | 11,560 | 294 | 779 |
| 1994 | 洪水・河岸浸食 | 553 | 19 | 55 |
| 1994 | サイクロン | 422 | 52 | 24 |
| 1995 | 洪水・河岸浸食(3) | 11,285 | 340 | 1,221 |
| 1995 | サイクロン | 306 | 22 | 3 |
| 1996 | 洪水・河岸浸食 | 8,107 | 218 | 404 |
| 1996 | サイクロン | 81 | 16 | |
| 1997 | 洪水・河岸浸食 | 5,009 | 13 | 168 |
| 1997 | サイクロン(2) | 2,016 | 51 | 17 |
| 1998 | 洪水・河岸浸食 | 5,712 | 980 | 1,423 |
| 1999 | 洪水・河岸浸食 | 4,338 | 138 | 151 |
| 2000 | 洪水・河岸浸食 | 3,245 | 437 | 14 |
| 2002 | 洪水・河岸浸食 | 1,950 | 116 | 321 |
| 2003 | 洪水・河岸浸食(2) | 7,875 | 109 | 373 |
| 2007 | 洪水・河岸浸食 | 13,344 | 82 | 891 |
| 2007 | サイクロン | 8,923 | 565 | 743 |
| 2009 | サイクロン | 3,928 | 243 | 77 |

注：括弧は回数を示す。数値は合計。

出典：MoFDM の記録から作成した。

(4) 治水

治水事業は主として BWDB が所管している。主に河川堤防、輪中堤、防潮堤のほか水制工や護岸工の計画、設計施工および排水路の浚渫を行ってきた。最近では感潮河川河床堆積対策工法（Tidal River Management: TRM）と称して海から上がってくる砂を遊砂池で捕捉し、河川での堆砂を減じる事で河道の維持を図る事業も実施している。築堤は規模が小さい場合（裨益地が 1,000 ha 以下の場合）は LGED に委ねられている。

2.3.4 流砂・堆砂

(1) ガンジス河

ガンジス河では、乾季と雨季の水位差が大きい。ハーディング鉄道橋地点で洪水年には 9m 以上、非洪水年でさえも 8 m 程度であり、雨季と乾季の流れ環境および流砂特性に大きな差がある。ガンジス河の最大流量は 1998 年の 76,000m³/s（最高水位 15.19m + PWD）であり、洪水年と非洪水年のピーク流量比は約 2.5 倍である。12 月後半から 6 月前半までにハーディング鉄橋地点の水位が 8m + PWD 以下で低く、歴史的最低水位は 4.22m + PWD で 1993 年に発生した。1975 年に完成したインドのファラッカ堰によりガンジス河状況が変化し、特に乾季に流量の低下が顕著となっていた。現在、1996 年に締結したインド、「バ」国間のガンジス水協定（Ganges Water Treat: GWT）の実施により、状況は改善されている。月間水位、流量変化を表 2.3.13、2.3.14 に示す。

南西部地域では、低平地が多く、ガンジス河等河川の増水による氾濫のほか、雨季に内水排除不能による氾濫や、異常潮位（ベンガル湾に特有な自然現象）による背水氾濫が多発している。加えて、サイクロンによる被害も度々受ける。

表 2.3.13 ハーディング鉄道橋におけるガンジス河の月平均水位 (1980-2002)

| | Apr. | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Feb | Mar | MIN | MAX | AVE. |
|-----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| Min | 4.22 | 4.68 | 5.44 | 7.56 | 11.27 | 9.71 | 8.51 | 7.03 | 6.43 | 5.40 | 4.48 | 4.24 | 4.22 | 11.27 | 6.58 |
| Mean anual min. | 6.48 | 6.60 | 7.28 | 9.96 | 12.98 | 12.68 | 10.36 | 8.84 | 7.88 | 7.28 | 6.96 | 6.61 | 6.48 | 12.98 | 8.66 |
| Average | 6.61 | 6.92 | 8.38 | 11.84 | 13.68 | 13.55 | 11.64 | 9.51 | 8.31 | 7.55 | 7.15 | 6.80 | 6.61 | 13.68 | 9.33 |
| Mean anual max. | 6.78 | 7.39 | 9.93 | 13.26 | 14.21 | 14.22 | 13.02 | 10.35 | 8.85 | 7.89 | 7.37 | 7.03 | 6.78 | 14.22 | 10.03 |
| Max | 8.14 | 8.72 | 12.77 | 14.36 | 15.04 | 15.19 | 14.75 | 12.07 | 10.30 | 9.51 | 9.08 | 8.56 | 8.14 | 15.19 | 11.54 |

注：インドのファラッカ堰操業後の観測

表 2.3.14 ハーディング鉄道橋におけるガンジス河の月平均流量 (1980-2002)

| | Apr. | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Feb | Mar | MIN | MAX | AVE. |
|-------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Min | 267 | 393 | 622 | 2,910 | 11,600 | 12,600 | 4,910 | 2,620 | 1,520 | 842 | 374 | 261 | 261 | 12,600 | 3,243 |
| Mean monthly min. | 708 | 960 | 1,703 | 6,953 | 25,943 | 24,814 | 8,883 | 4,017 | 2,617 | 1,416 | 997 | 722 | 708 | 25,943 | 6,644 |
| Average | 853 | 1,328 | 3,524 | 19,093 | 36,886 | 38,790 | 16,748 | 5,949 | 3,558 | 2,131 | 1,205 | 879 | 853 | 38,790 | 10,912 |
| Mean monthly max. | 1,042 | 2,125 | 6,588 | 31,536 | 47,938 | 51,762 | 29,229 | 9,004 | 4,850 | 2,701 | 1,480 | 1,074 | 1,042 | 51,762 | 15,777 |
| Max | 1,890 | 5,990 | 17,300 | 45,400 | 69,200 | 75,800 | 52,000 | 23,600 | 17,700 | 11,100 | 2,500 | 2,240 | 1,890 | 75,800 | 27,060 |

注：インドのファラッカ堰操業後の観測

ガンジス河は、河道に大きな砂州が点在し、蛇行と複列砂州の複合型河川である。ガンジス河の氾濫原が主に細砂やシルト（易浸食性材料）で形成されており、河道（河床）は、限られた耐浸食箇所を除き、河岸浸食、砂州移動により時間的、空間的に常に変動している。耐浸食箇所は一部構造物、護岸設置場所（例えば、ハーディング鉄道橋とその護岸）のほか、粘土が主体の粘性材料で形成された河岸である（写真集の写真 2,3）。

「バ」国内のジャムナ川合流までのガンジス河は、平均水面勾配が 5/100,000 程度、河床材料は主に細砂で、ハーディング鉄道橋地点（図 2.3.10 を参照されたい）の平均粒径は約 0.15mm 程度⁵、下流ほど細くなる。図 2.3.14 に 2007 年 5 月にサンプリングしたハーディング橋付近の河床材料の分析結果を示す。河床材料の平均粒径は 0.1～0.25mm 程度となっていた。

また、7～9 月の浮遊砂濃度は 500～1,000 ppm 程度を中心に変化し、浮遊砂による河床変動が活発である。一方、乾季での土砂輸送はわずかであり、浮遊砂濃度は数 ppm で低い。2007 年 5 月 13 日に行ったサンプリング調査では、ハーディング鉄道橋地点で浮遊砂濃度は 10 ppm 程度しかなかったことが判った。その時のガンジス河流量は 1,000 m³/s 程度であった⁶。2007 年雨季の浮遊砂濃度のサンプリング調査結果を図 2.3.13 に示す。浮遊砂濃度は 200～1,300 ppm の範囲にあった。前記河床材料のサンプリング場所および浮遊砂のサンプリング場所は図 2.3.15 を参照されたい。

洪水時のガンジス河は流速が 2 m/s 以上にも達し、洪水氾濫災害とともに河道（河床、砂州）変動・河岸浸食による被害が甚大である。1984～1993 年には、河岸浸食によって年平均 87km² の土地が流失し、50 km² が影響を受けた。このため、河川構造物（橋梁、フェリー乗り場、堤防など）は不安定な状態にある。これらの構造物の設置に際しては、流路は常に変動していると考えておく必要がある。仮にそれら土地の厚さ 10 m の土層が流失したとして計算すると、総ボリュームが約 10 億 m³ となり、これはメグナ川からベンガル湾に流入する土砂の推定総量に相当する。このことから、「バ」国においては、土砂問題のほとんどが河岸浸食に起因されると言っても過言ではない。

ハーディング鉄道橋地点での通過土砂量は年間約 5.5 億トンと言われ、そのうち約 2 億トンが砂（主に細砂）で、残りはシルトと粘土である¹。

⁵ Environment and GIS Support Project for Water Sector Planning, Riverine Chars in Bangladesh ---environmental dynamics and management issues, 2000

⁶ Ebara Corporation and Nippon Koei Company, Ltd., Hydraulic Study for Intake Canal Improvement, Urgent Rehabilitation of Pumping Station of GK Irrigation Project for Sustaining Rural Economic Development, Apr. 2009.

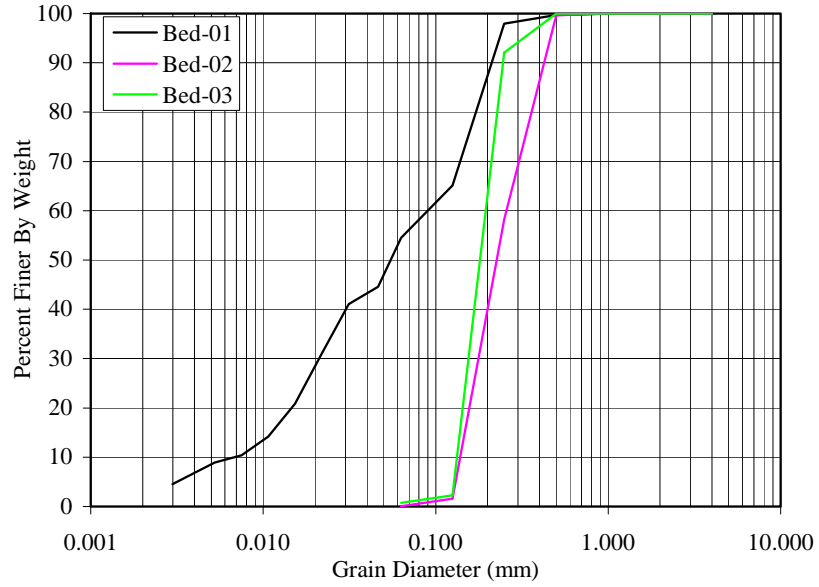


図 2.3.13 ガンジス河の河床材料の粒度分布図 (2007年5月時点)

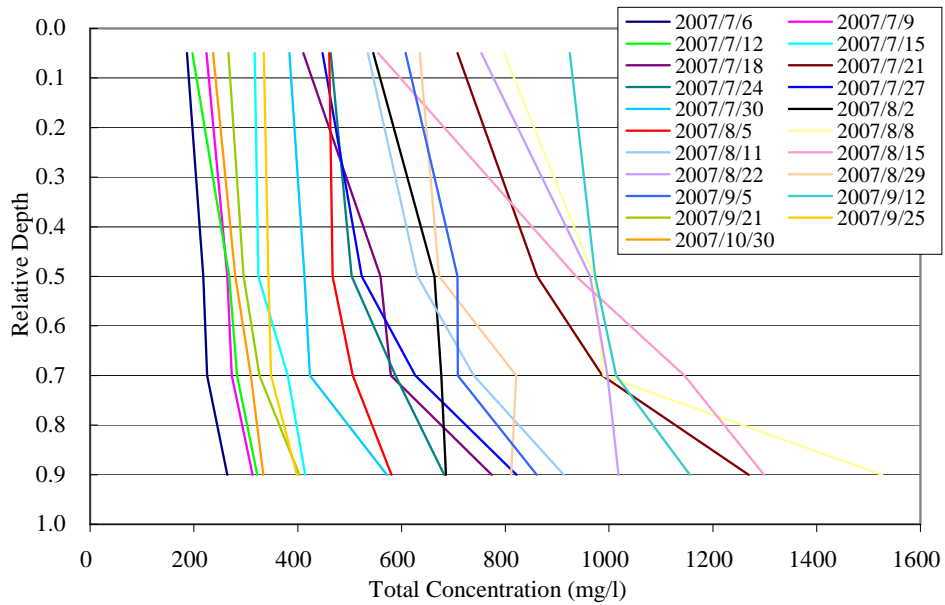


図 2.3.14 SS-1a 地点における浮遊砂濃度と水深の関係

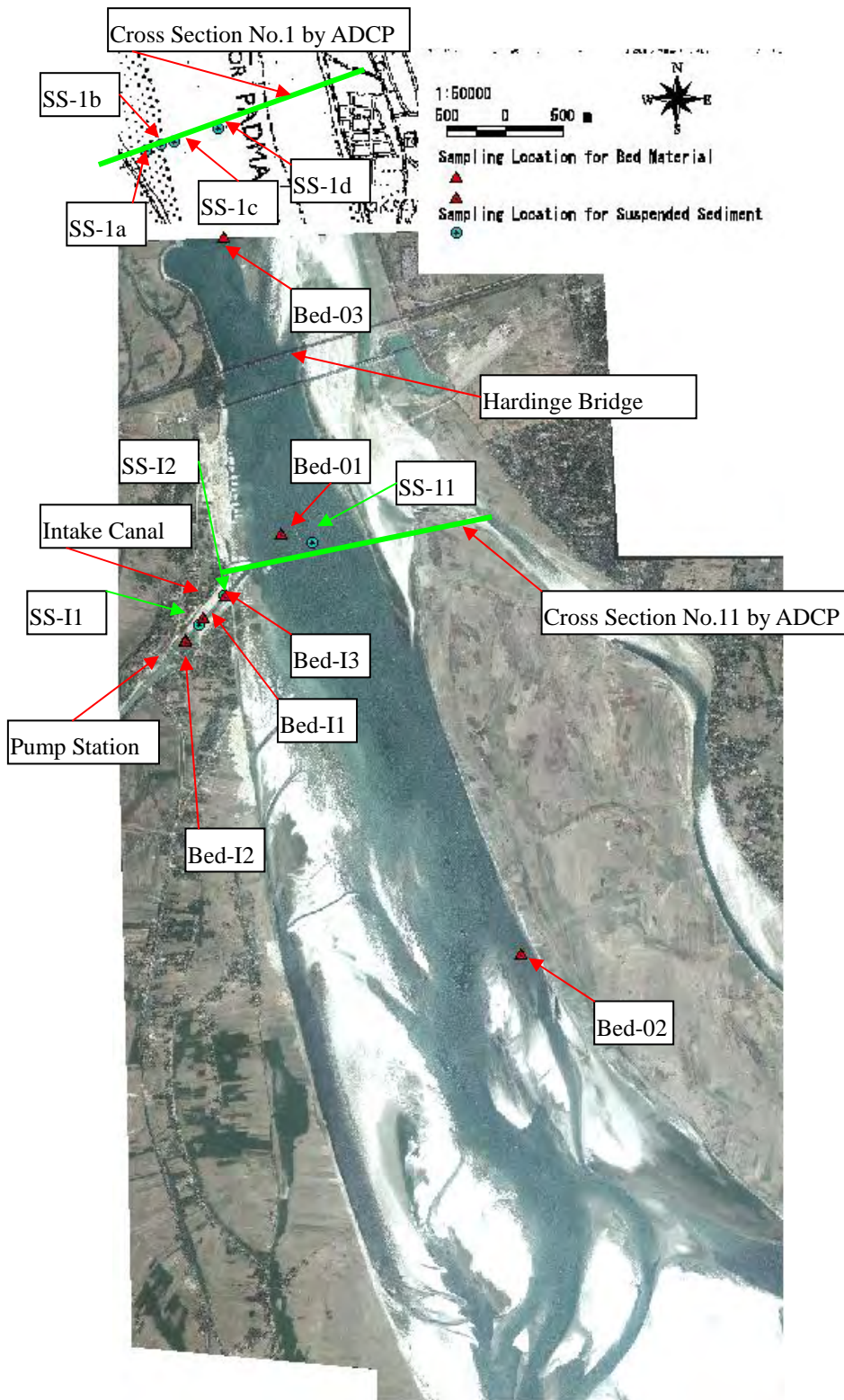


図 2.3.15 2007 年に実施したサンプリング調査の位置

(2) ガンジス河の砂州移動および河岸浸食

ハーディング橋下流約 2km のガンジス河右岸に 14.2 万 ha の灌漑能力を有し、50 年前に完成した GKIP の取水施設 (GK Intake) がある (図 2.3.16)。ゴライ川は、ハーディング鉄道橋から約 13 km 下流の右岸 Talbaria 地点でガンジス河から分派する河川である。図 2.3.16 にハーディング鉄道橋と平行する Paksey 道路橋 (Lalong Sha Bridge と呼ばれる) は 2005 年に日本政府の援助で建設された橋である。

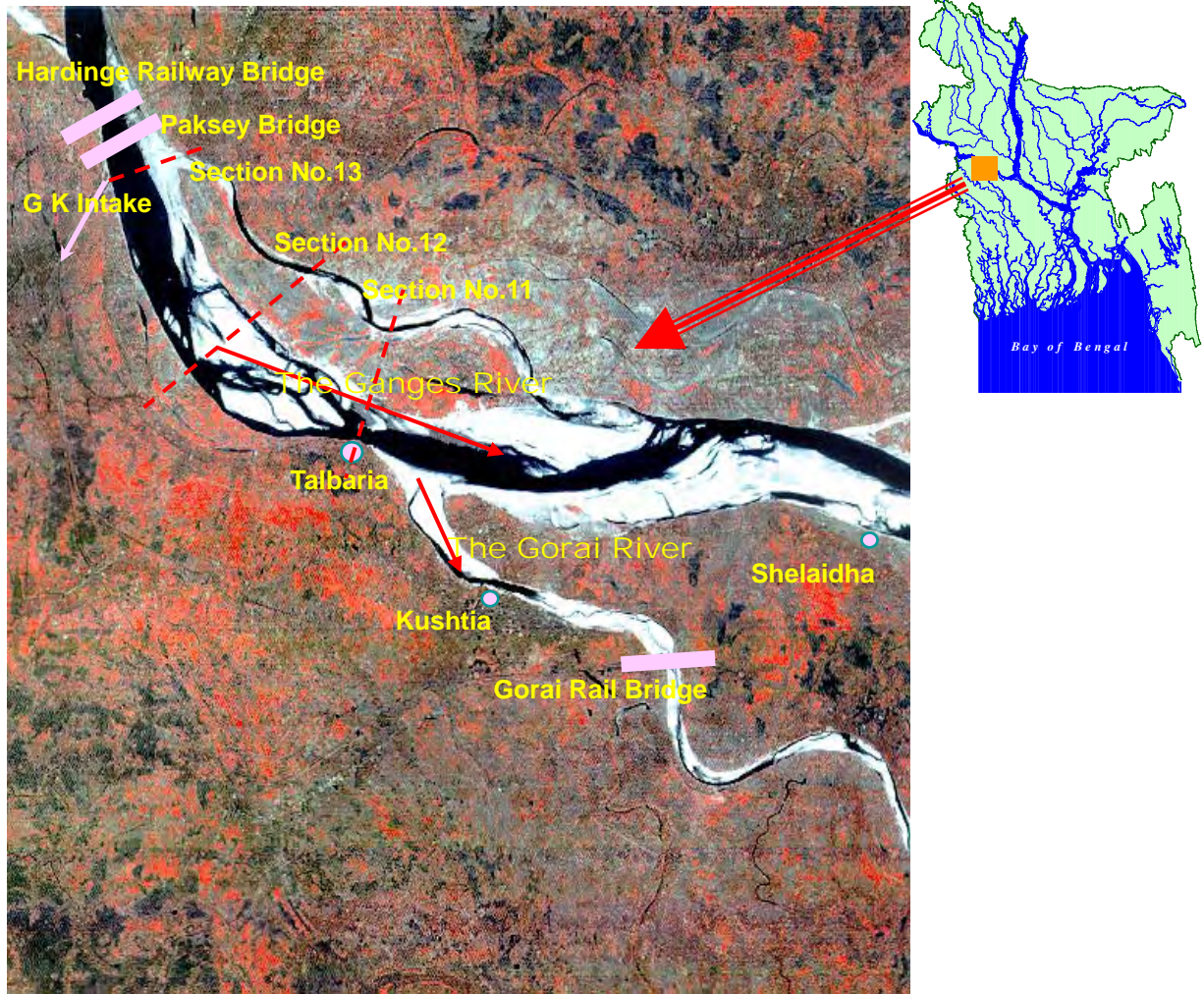


図 2.3.16 ガンジス河及びゴライ川分流点付近

本区間に上流から順に断面 No.13、No.12、No.11（それらの位置は図 2.3.7 を参照）が定期的に BWDB により観測されている。図 2.3.17～2.3.19（付図）は、1978～2002 年期間の観測結果である。なお、測量データに断面杭の位置が明記されておらず、図 2.3.17～2.3.19（付図）に測点の位置が統一されていない。データは相対分析として利用されることが望ましい。

1973 から 1999 年までのガンジス河ハーディング鉄道橋～ゴライ川分流点前後（図 2.3.16）約 30 km 区間の河道変動の衛星画像を図 2.3.20 に示す。衛星画像の図 2.3.20 および断面測量結果の図 2.3.17～2.3.19（付図）によると、ハーディング鉄道橋～GK Intake 区間および右岸の Talbaria 地点、Shelaidha 地点では河道は安定していることがわかる（GK Intake 付近は、1990 年代に施した護岸によって河岸の後退が止められた）。一方、GK Intake～Talbaria 区間の右岸側では、河岸浸食により右岸が大きく後退している。同時に左岸側では、砂州が大きく拡大した。そのため、1973 年にほぼ直線方向に流れたゴライ川への分流が 1990 年代から S 字方向の流入となり、流入部の左岸に流れが集中して河岸浸食が進行した。しかし、ガンジス河の水理、流砂現象は、複雑かつ大規模であるため、人的要因への反応の長期予測は難しく、ガンジス河本川においては大規模な構造物対策は慎重に検討する必要がある。

図 2.3.20 にも見られるように、Talbaria～Shelaidha 区間では、1970 年代後半から 1990 年代前半にかけて、大規模な砂州の変動、移動が起こっていた。近年、左岸寄りの大きな砂州が Talbaria～ゴライ川分流点エリアを通過している。ゴライ川分流点の下流に巨大な砂州が堆積または移動が減速される可能性があると推測できる。そうなると、洪水時にその背水により水位変動への影響で、Talbaria～ゴライ川分流点間に再び砂州の劇的な変動、移動が発生する可能性があると思われる。

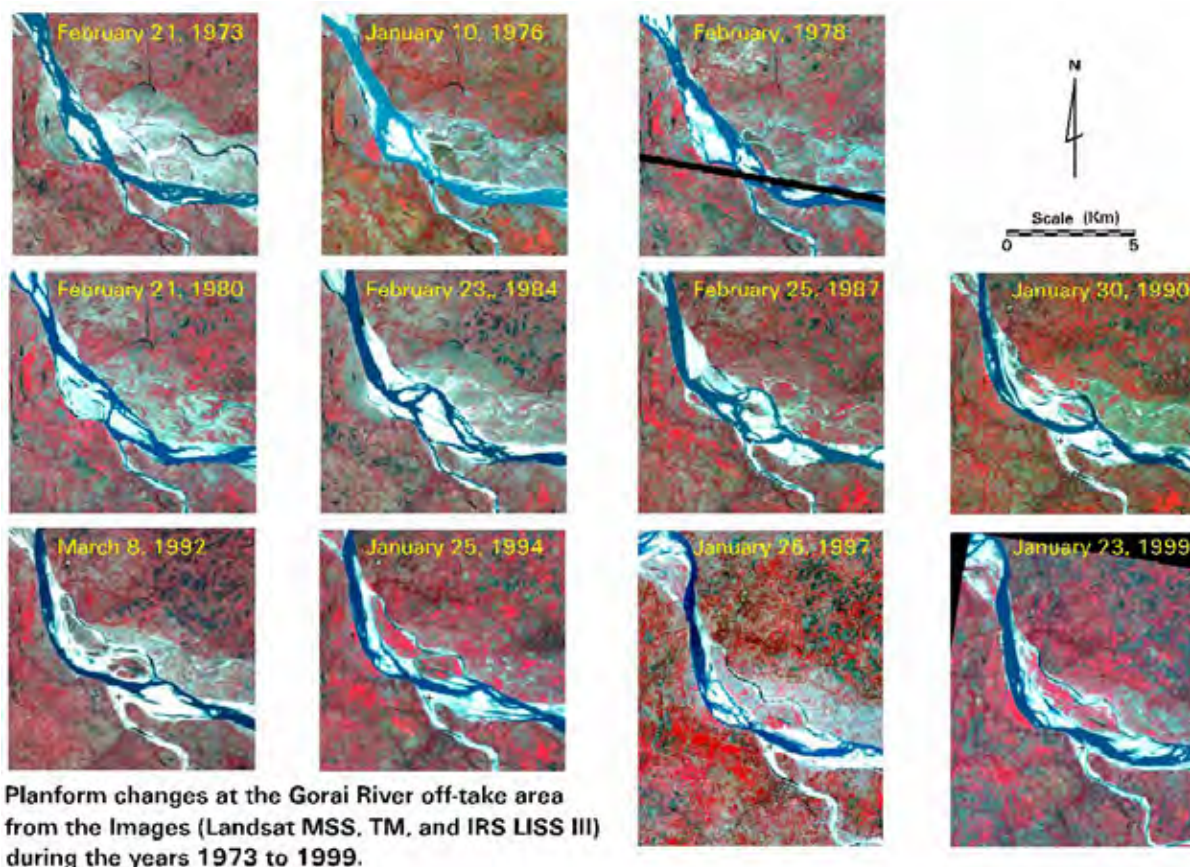


図 2.3.20 ガンジス河及びゴライ川分流点での河岸及び砂州の変遷(1973～1999)

(3) GKIP 取水施設の土砂堆積

以上のような砂州移動や、河床変動は主に浮遊砂の流送が主因であると考えられる。さらに、南西部地域では、浮遊砂の流入により、取水施設の Intake やガンジス河分派河川分流点部の土砂堆積が大量に発生し、乾季での取水または分流が困難な状態となっている。

ガンジス河ハーディング鉄道橋から下流約 2km の右岸側に、GKIP の取水施設がある(図 2.3.21、図 2.3.22、図 2.3.16)。GK 灌漑域の面積は 197,500 ha、そのうち 142,000 ha は灌漑可能の面積である。写真集の写真 4 に取水水路(Intake Canal)、写真集の写真 5 に灌漑水路(Distribution Canal)をそれぞれ示す。

Intake Canal に浮遊土砂の堆積が原因(2007～2009 年のポンプ改修の水理検討で確認されている⁷⁾)で、ガンジス河水位低下の乾季、11 月中旬から翌年 3 月までの 4 ヶ月

⁷⁾ Ebara Corporation and Nippon Koei Company, Ltd., Hydraulic Study for Intake Canal Improvement, Urgent Rehabilitation of Pumping Station of GK Irrigation Project for Sustaining Rural Economic

間に、ガンジス河から取水できなくなる。図 2.3.22 に示されるように、2007 年雨季に 5m 弱の土砂堆積が発生し、10 月末時点で入口の河床高が 8m+PWD 弱までに上昇した。そのため、ガンジス河水位が低下する乾季に取水不能になる。写真集の写真 6 は、2008 年 1 月の Intake Canal である。Intake 入口部の河床が高く、取水が停止していた。取水停止の間、Intake Canal の浚渫を行い、3 月下旬から取水が再開される。この現象は毎年発生し、GKIP の管理者は毎年 20 万 m³ 程度の堆積土砂を浚渫することが余儀なくされている³。

図 2.3.17 (付図) に示されるよう、取水口周辺のガンジス河右岸は河岸浸食により、1978 年から 400 m ほど後退していた。1990 年代に施した護岸(写真集の写真 7, 8)により、取水口周辺のガンジス河河岸は安定した。図 2.3.23 は 1998 年から河道平面形状を表す右岸側河岸線の衛星写真の比較である。

しかし、近年では、GK Intake 前面の砂州が侵食により低下していることが見られた(写真集の写真 9, 10)が、これは対岸(ガンジス河左岸)砂州の拡大(写真集の写真 11, 12)が原因であると推測される。

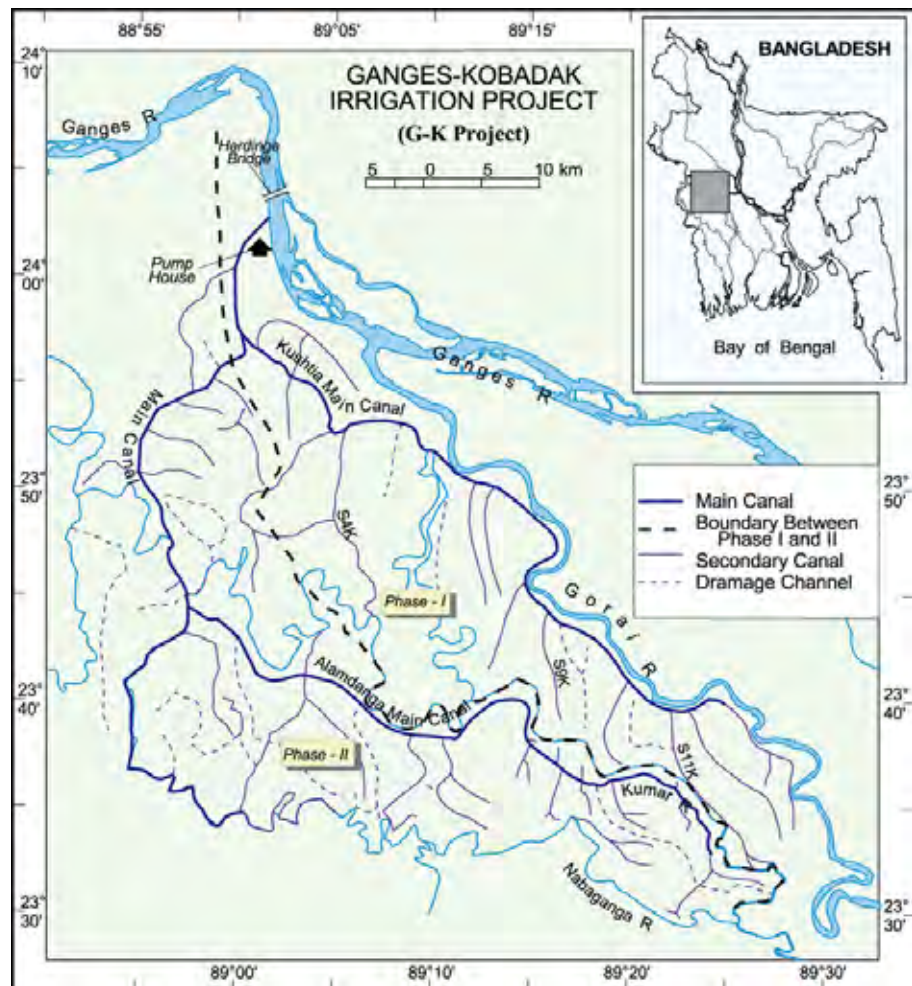


図 2.3.21 GKIP 位置図

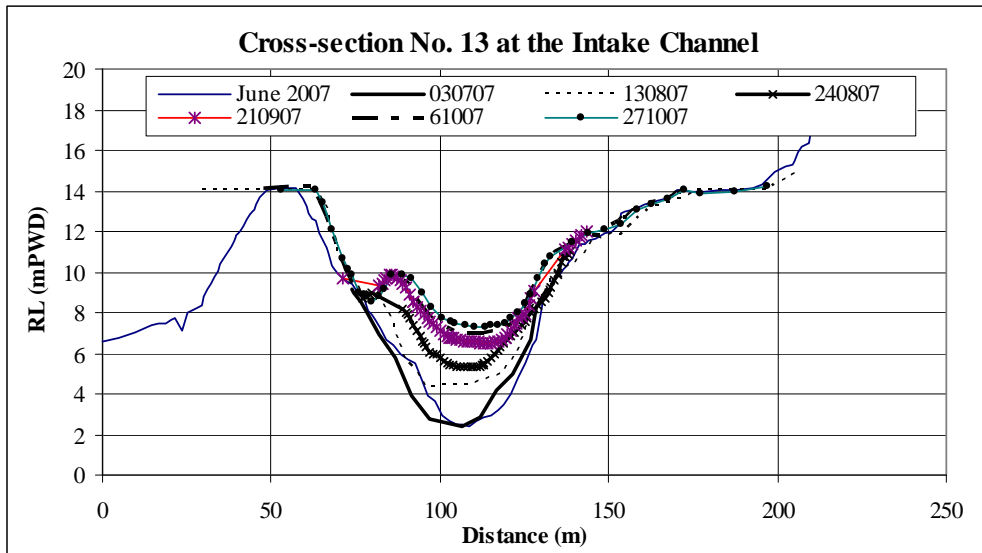
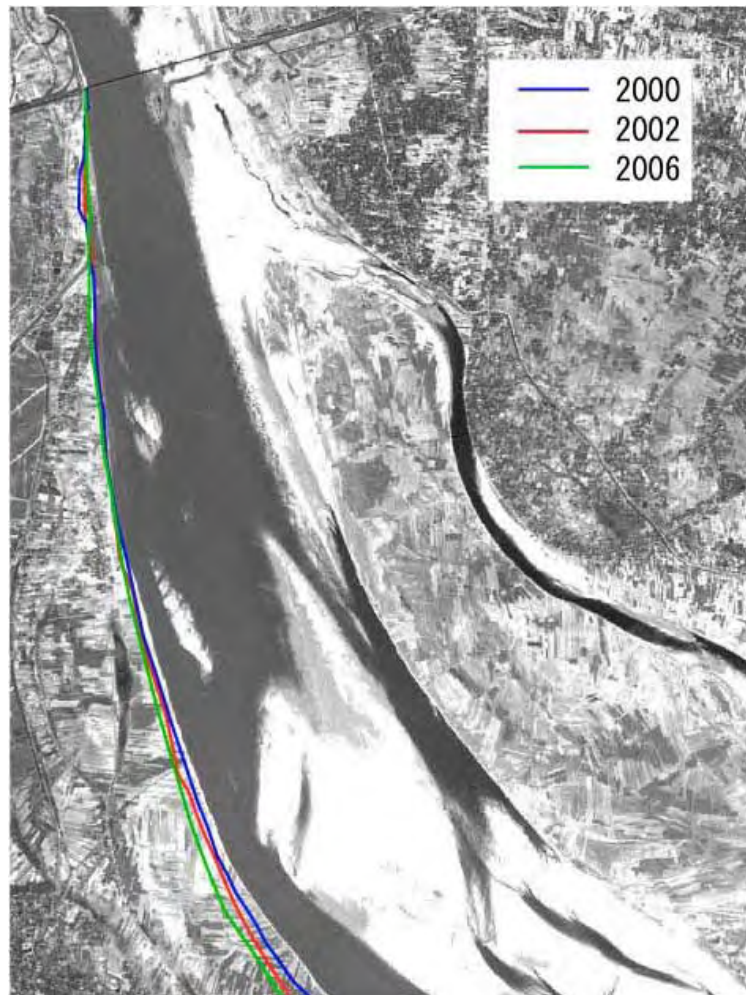


図 2.3.22 GKIP 取水路呑口（横断測線 No.I13）での堆砂（2007 年雨季）



注：写真：1998 年 3 月撮影、青線：2000 年 3 月撮影、赤線：2002 年 2 月撮影、緑線：2006 年撮影

図 2.3.23GKIP 取水路付近でのガンジス河河岸（右岸側）の変遷

(4) 河川分流部の土砂堆積

取水施設の土砂堆積と同様に、ガンジス河の分派河川であるゴライ川の分流点は、浮遊砂の堆積により入口区間の河床が上昇し（図 2.3.11 参照）、近年、乾季に断流状態が続いている。ゴライ川では 1998 年から 2000 年にかけて浚渫が実施され（3 年間で合計約 2,400 万 m³ の土砂が浚渫、除去された⁸）、一旦乾季でも分流できたが、大量の土砂堆積が毎年発生しているため、数年後に再び乾季に断流される状態となった。図 2.3.22 に示されるよう、2005 年に分流点の最深河床高が 6 m+PWD 程度となり、乾季にガンジス河から分流ができない状態にあった。

ゴライ川の河床・河道変動は後の節 3.2.1 にて詳述する。

(5) TRM

一方、南西部沿岸の感潮河川において、河口から上げ潮により遡上する極細砂（主に粘土、細かいシルト）の堆積により河川下流部の河床が高くなり、流域の雨水を排除できなく、堤内地の浸水の長期化などの現象が生じている。河床を掘削するだけでは、問題の解決にはならないという。写真集の写真 13, 14 にコバダック川の掘削現場および再度堆積した河道区間の一部を示す。掘削後一年で 2 m ほどの堆積が生じ、河道は元の状態に戻った。コバダック川はこの場所で幅が元々 500m ほどもあり、ガンジス河からの分派河川であった。上流区間の河道も土砂堆積でガンジス河から断流された。現在、BWDB は、地域の氾濫対策としてコバダック川の再生に努めている。

感潮河川の河床堆積を解決するため、現地では TRM という河川管理対策を BWDB の地方事務所の下で実施している。TRM は民間の知恵から生まれた潮汐河川の河床での堆砂対策工法である。具体的には、土砂堆積の多い河川区間の両岸低平地ビール(Beel)に上げ潮の濁流を引き込み、土砂を抜いた後の水を引き潮とともに河川に戻すことを繰り返し実施することで、河床を洗掘させ、川の流積を確保することである。この過程は数年間をかけて続けられる。

土砂の生産源は海域からの漂砂であるといわれている。実際、河口部に侵食された河岸の土砂や、雨季に河床へ堆積した土砂の可能性もあると考えられる。

TRM は、1998 年からクルナ-ジョソール地区の感潮河川において実施している。現在、実施資金、低平地ビール(Beel)の確保などが問題はあるが、技術的に問題はないと BWDB の担当者は言う。実施場所の濁度、低平地ビール(Beel)の容積、潮汐などに影響されるため、効果が現れにくいところもある。一方で、成功した場所では、TRM を実施することにより、河川の水深が増え、流積が確保されたが、河岸浸食、崩落が活発になったところもある（写真集の写真 16 参照）。

(6) ガンジス河における南西部水資源対策の動き

以上のような氾濫、土砂問題のほか、南西地域沿岸部では河床勾配が緩いため、乾季河川流量の減少により海水の遡上範囲が拡大し塩害をもたらしている。洪水期の土砂の水路への堆積などにより、乾季における南西部水資源不足は更に深刻化している。

「バ」国政府は、乾季における南西地域の水資源の不足を改善するため、ゴライ川分流位置からジャムナ川合流までのガンジス河に堰の建設を計画している。堰の機能と

⁸ BWDB, Bangladesh, Gorai River Re-excavation Project (Pilot Priority Works), April 2001.

して、水の貯留のほか、取水、発電、ガンジス河に依存する南西部地域の塩害防止や砒素除去、生態環境、舟運環境の改善などが検討されている⁹。また、堰構造物を道路橋と兼用することも検討している。

2009年から4年間をかける予定で、F/S および詳細設計が実施されている。2011年3月にF/S、2013年4月に詳細設計が完成される予定としている。堰の建設候補地は現在2つの案があり、それらの位置を図2.3.22に示す。

堰の上流池の目標水位は、上流案の場合では14m+PWD、下流案の場合では12.5m+PWDと暫定している。最終的には、1) 上流への背水、2) インド国境、3) 分流河川分流点、4) 分流量、5) 河岸浸食、6) 堆砂、7) 河床変動、8) 洪水流下などへの影響を考慮して決定される。

堰の建設に併せ、分流河川分流点の制御、護岸など関連施設も設置する必要がある。

フォリドプールにあるRRIにて、堰の建設候補地選定や、構造物配置などを決めるための河川の全体模型実験が、2009年から行われている。5月時点で検証実験が終了した。先行して、ダッカにあるIWMにて水理解析が実施されている。水理解析結果をベースに堰の建設候補地を選定し、模型実験で堰の配置計画を検討する。全体模型のほかに、支川分派部の制御や堰の構造などについて詳細模型を用いた実験も行う予定である。

全体模型試験は水平1:600、鉛直1:80のひずみ模型で、現地材料と同じものを模型河床材料として行われている（写真集の写真17～20）。模型は供給土砂量や水面勾配の調整で検証を行っているが、フルード数相似則を満たしておらず、流況や土砂移動、特に浮遊砂の移動の相似が保証されない可能性があると考えられる。

2.4 開発計画

2.4.1 「バ」国政府の基本方針

(1) 南西部に関連する方針

「バ」国政府の基本方針のなかで本件に関連するものを次に示す。

農業

「バ」国経済を支えるのは農業であり、地方の人口の84%は農業に関わっている。政府は国家の開発計画の中で第一に農業政策を策定した。本政策の目的は農作物の生産増と食糧の安全を保証することにより国家として食糧の自給を実現するというものである。この政策では、環境にやさしく、利益を生みかつ持続可能な農業生産システムの確立を目指している。

農業政策実現のための戦略として以下を考えている。

- ・ 食糧リスクを最小化するために、特定の農産物に過度に頼らないようにする。

⁹ Development Design Consultants Ltd, Bangladesh (DDC) and its Associations, Consultancy Services for Feasibility Study and Detailed Engineering for Ganges Barrage Project, Inception Report (Comprehensive), January 2010.

- ・ 農産物の質を良くし、生産量を増やすという目的のために効果的な灌漑システム開発を順次手がける。
- ・ 自然災害に対処するための非常事態対策

工業

「バ」国政府は経済成長を考慮した政策を進めている。工業分野では今後 10 年間の成長戦略を策定した。その目標として工業分野の生産が GDP の 30~35% を占めることおよび工業分野の労働力が国家の労働力の 35% を占めることと定めた。現在の工業政策は、国内需要を考慮することと輸出品として相応しい製品を生産するという観点で工業化促進を行い、一方では過去うまく行かなかった部門を中止するというものである。また、この政策は経済開発の原動力として PFI を利用することを推薦している。

このための戦略として以下が考えられている。

- ・ 家内工業や中小企業の発展促進
- ・ 農業そのものあるいは農産物加工業の開発促進。また家禽業、酪農業、養羊業などを安定した産業とするための援助
- ・ 環境にやさしい農産物生産のための支援
- ・ 既製服産業、繊維産業は輸出品として貢献しており、その優先度を考慮

南西部

南西部では農業が経済活動の中で最も重要である。この地域の農業生産量（稲の生産量 3.1 トン/ha）は全国平均、約 4 トンよりもかなり少ない、その原因は伝統的な低品質のコメを栽培していること、洪水がこの地域に影響を及ぼしていること、灌漑開発が遅いこと（全国平均は耕作地の 58%、南西部では 38%）である。また、水源の塩水化も生産性の足かせとなっている。

1980 年代の初頭に農産物を市場に開放するという改革が実行された（それまでは政府管理の下で流通していた）。その結果、一部の地域では、民間資本による地下水灌漑や肥料の使用などが行われた。しかし、民間業者の穀粒への参入が少なかったために高品質の種子が農民の手に入りづらかった。

一方、漁業の問題は次のとおりである。池で漁業を行うには稚魚を放たなければならないが、稚魚そのものが少ないあるいは運搬するインフラが不十分であるという問題がある。また、政府が所有する池を貧しい漁民に開放して漁業を行えるようにして欲しいという要求が未だ満たされていない。

農業市場の開放の結果として、民間の農業ビジネスが出現した。例えば穀物の契約農業あるいはタバコのように換金が容易な農産物の生産が行われるようになった。農産物の市場は未だ情報不足や市場インフラが未整備であるためにうまく機能していない。これは農民がもっと参加することと、民間の供給者例えば NGO などの協力がなされれば機能していくと思われる。

「バ」国の水セクターではいくつかの改良計画が実行されてきたが、これらは始まったばかりである。これらの活動を根付かせるためには注意深い支援が必要とされる。南西部では毎年のように洪水やサイクロンが襲い、これらはインフラに相当な被害を与えている。頻発する災害により、人々は災害リスク管理に基づいて、水害に強いインフラの構築の必要性を訴えている。この地域は行政から住民に至るまで組織の改良

が必要とされている。計画を確実に成功させるためには、組織による安定した正常な運営が重要である。

(2) 海外からの援助協力

ADB の援助による南西部の水資源開発計画・事業には次のものがある。

- 地表水資源の増大
- 地表水による灌漑施策の開発
- 新しい洪水管理と排水施策の見直し
- 河川水路の管理

一方、「バ」国政府は、2000 年から 2020 年の間に実施する 4 つの南西部水資源開発計画を提案している。それらは、以下の計画である。

- ゴーラル増大計画
- ガンジス堰建設
- 沿岸部の開発
- これまでの水資源開発計画の見直し

それらのうち、次の計画に実行プライオリティが与えられ、協力してくれるドナーを探している。

- ゴーラル増大計画の F/S 調査
- ガンジス堰建設と関連する内容への投資に関する地域的な予備調査
- シャトキラ、クルナとバゲルハットにおける排水不良に対する詳細調査と F/S 調査

さらに、NWMP の中で 14 の案が計画されていた。それらの目的は、地表水の配分、海運確保のための浚渫、砒素汚染軽減、洪水対策などであり、いずれもドナーの協力を待っている。具体的には次のようなものがあるが、クルナ水供給と配給システム、クルナ洪水対策および新しい表流水による灌漑システムの一部には支援が付き、実施の段階にある。

- クルナ大量水供給と配給システム
- クルナ洪水対策
- 現状の表流水による灌漑システムの効果向上
- 新しい表流水による灌漑システム
- 地方政府レベルの水管理能力の向上
- コミュニティレベルなどの水管理能力の向上

2.4.2 土地利用計画・農業開発計画

(1) 現況土地利用

下表に示すように「バ」国の国土の約 17%は森林で、24%は非耕地である。近年の純耕作地は 54%で約 800 万 ha である。調査対象地区では、2005/06-2006/07 年の平均が森林 19%、非耕地 24%、純耕作地は 51%と推定される。

表 2.4.1 「バ」国の近年の土地利用

| 地目 | 森林 | 非耕地 | 可耕荒地 | 休閑地 | 純耕作地 | 計 |
|-----------------------------|-------|-------|------|-----|-------|--------|
| 国 面積(1,000ha) | 2,489 | 3,583 | 357 | 422 | 7,989 | 14,840 |
| (%) | 16.8 | 24.2 | 2.4 | 2.8 | 53.8 | 100.0 |
| 南西部 (1,000ha) ¹⁾ | 3,108 | 3,926 | 982 | | 8,344 | 16,360 |
| (%) | 19.0 | 24.0 | 6.0 | | 51.0 | 100.0 |

注： 1996/97～2005/06 の平均

1) ; Southwest Region の比率から推定

出典： "Statistical Yearbook of Bangladesh 2008", March 2009, BBS,に基づき換算

(2) 現況農作物作付

近年の全国の合計作付面積は約 141 万 ha で、作付率は 176%である。調査対象地区の作付率は 178%でほぼ全国平均である。対象地区の作付率を Region 別に見て全国平均と比較すると、対象地区南寄りのクルナは 134%とかなり小さく、ポリシャルは 166%でやや小さい。北寄りのクシュティアとジョソールは、それぞれ 202%と 222%で大きい。北寄りには地下水灌漑可能地域である。一方、クルナ市街より南寄りには地下水利用に支障がある地域とされ地下水灌漑が制限されていると推定され、また、エビ養殖池、養魚池が占める面積が大きくなることで低い作付率に影響していると思われる。

(3) 既存灌漑開発計画

1) ゴライ拡大プロジェクト (Gorai Augmentation Project)

ゴライ川がガンジス河から分流する起点に取水工を設置し、下流 30 km 区間を浚渫し、*Kamarkhali* 湾曲部の下流に可動堰を建設して両岸すなわち東西に送水する計画である。新規 FCD=168,000 ha、改修 FDC=139,000 ha、地表水灌漑=186,000 ha の開発ポテンシャルが見込まれている。

2) ガンジス可動堰 (Barrage) に伴う開発

ゴライ取水工、*Kamarkhali* 可動堰、その他の建設により開発可能な面積は、新規 FCD=253,000 ha、改修 FCD=147,000 ha、地表水灌漑=580,000 ha と見積もられ、地下水開発は抑制できるようになる。

3) その他の灌漑開発

- ガンジスーコバダック灌漑プロジェクト (GKIP) は節 3.1.1 に記述する。
- チェンチュリー・ビール(Beel)灌漑修復プロジェクトも節 3.1.1 に記述する。
上記 2)の地表水灌漑地区第 1 期の範囲内に位置している。
- BWDB 小規模プロジェクト

FCD/I サブプロジェクトで *Pathargata* における新規灌漑プロジェクトである。1989 年に IDA 資金で F/S が実施されたが事業実施に至っていない様子である。灌漑方法は上記チェンチュリー・ビール(Beel)灌漑プロジェクトと同様とのことである。

2.4.3 水管理計画

(1) 国家水政策 (National Water Policy: NWP)

1999年、NWPは国レベルでの1) 経済発展、2) 貧困削減、3) 食料の安全保障、4) 公共の健康と安全、5) 生活水準の改善および6) 自然環境の保護を目標として策定された。これらの目標の下、水分野において重要となる16項目（流域管理、水資源計画及び管理、住民参加など）を挙げ、それぞれの計画を示している。

また、小規模な水管理の地方分権を進め、各地の施設運営を中央政府の所管から地方自治体、コミュニティ、民間セクターに移行する計画を掲げている。

NWPでは、水政策に関わる組織制度を図2.4.4のとおりに定めている。

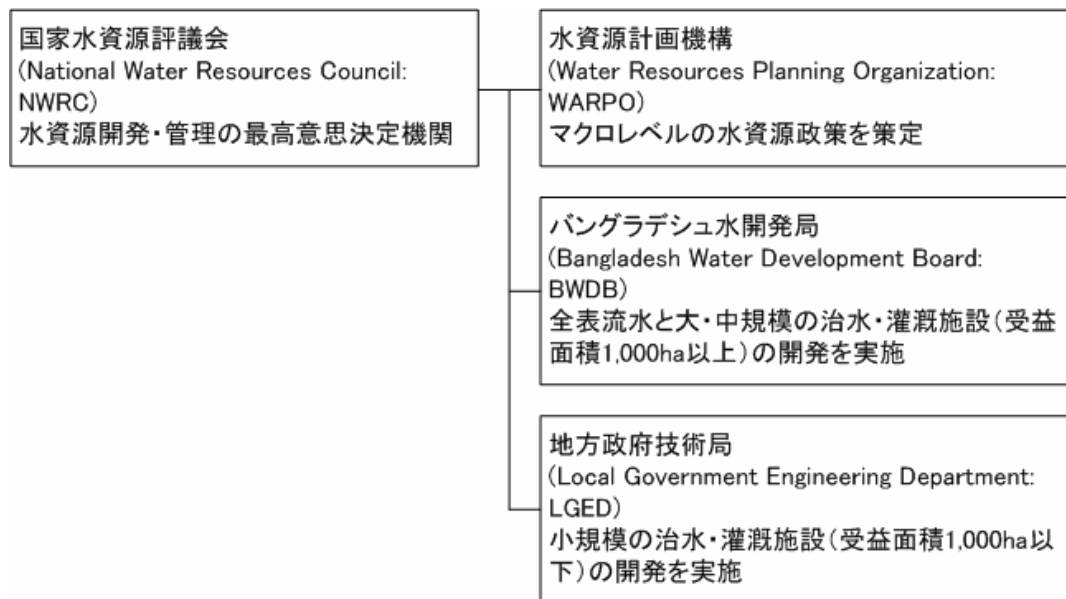


図 2.4.4 水政策に関わる組織制度の概要

出典：NWP

(2) 国家水管理計画 (National Water Management Plan: NWMP)

1) 計画の概要

NWMPは、NWPに示された水政策を実現させる計画として、2001年に策定され、2004年に承認された。

計画を短期（2000～2005年）、中期（2006～2010年）及び長期（2011年～2025年）の3フェーズに分け、実施状況をモニタリングして5年ごとに更新することになっている。2010年7月時点では、WARPOが作成したコンセプトペーパーについて、政府内でコスト面の精査が進められており、更新にはしばらく時間を要するものと見られる。

国内の人口増加、その都市部への集中、近年確認された水源の砒素汚染、気候変化に伴う洪水と旱魃のリスク増大などの社会・自然環境を背景として、以下三つの中心課題を掲げている。

- ・ 「バ」国における水資源の合理的管理及び経験・知見に基づく適切な利用
- ・ 生産、健康、衛生に資する水への公平、安全かつ確実なアクセスによる国民の生活の質向上
- ・ 多目的に利用可能で清浄な水の十分かつ適時の供給および水環境・水生生態系の保全

また、表 2.4.2 に示すとおり、84 個の個別プログラムを 8 つのサブ・セクターにグループ分けして展開中である。

表 2.4.2 NWMP でのサブ・セクターと実施中/実施予定のプログラム

| サブ・セクター | 個別プログラム数 | 主なプログラム (南西部に関連するもの) |
|----------|----------|--|
| 組織開発 | 10 | 水セクターにおける規制・地方分権化の枠組みづくり、治水施設の合理化 |
| 良好な環境の整備 | 13 | 参加型管理モデルの実地実験、水資源管理に係わる研究 |
| 主要河川 | 12 | 地域における河川管理及び改修、Ganges Dependent Area (GDA)における表流水の排水網整備、航行のための浚渫 |
| 地方町村 | 8 | 砒素軽減、地方部における大・小規模水供給システム整備、地方下水整備、大・小規模治水（100 年確率洪水対応） |
| 大都市 | 17 | クルナ水供給・配水システム整備、クルナ洪水防御（100 年確率洪水対応）・排水改善 |
| 災害管理 | 6 | サイクロン・シェルターの整備、鉄道での水害防止、中州での水害防止、地方での旱魃被害防止 |
| 農業及び水管理 | 8 | 非主要作物の増産に向けた水資源管理、既存公共用水域での灌漑スキームの改善、新規の表流水及び井戸水での灌漑スキーム、地方自治体・コミュニティレベルでの水管理改善、治水施設の合理化、開拓・沿岸域の保護及び植林 |
| 環境及び水生環境 | 10 | 国家公害防止計画、水質モニタリング、全国水産マスタープラン、環境面で危機的な区域での総合的湿地管理 |

出典：NWMP

さらに、表 2.4.3 に示すとおり、個別プログラムは 1) 横断的プログラム、2) 国家レベルプログラム、3) 地域プログラムの 3 つに分類される。

表 2.4.3 NWMP でのサブ・セクターと実施中/実施予定の個別プログラム

| 分類 | 概要 |
|---------------|---|
| 1) 横断的プログラム | <ul style="list-style-type: none"> - 各サブ・セクター及び地域に適用 - 組織的枠組みの合理化、地方分権化を促す - コミュニティ参加と民間セクターの役割を重視 - 情報の共有および管理の改善 |
| 2) 国家レベルプログラム | <ul style="list-style-type: none"> - 主要な戦略的課題の解決に臨む - バングラデシュにおける水供給確保のための長期的戦略の研究 - ガンジス河の河川水の最適な利用が最優先事項 - 危機的状況にある環境の早急な管理改善 |
| 3) 地域プログラム | <ul style="list-style-type: none"> - 全域的プログラムと特定地域プログラムに分類 - 特定地域プログラムは一つ二つの地域に限定（ex. サイクロン対策、防潮堤の改修など） |

出典：NWMP

2) NWMP における南西地域の位置づけ

南西地域は、以下の主要課題について緊急的な対応が必要とされている。

- ・ シュンドルボンの保全
- ・ 乾季の河川水取水施設の復旧
- ・ 沿岸部堤防の維持管理
- ・ 沿岸部排水状況の改善
- ・ サイクロン対策の改修
- ・ 既存治水スキームの改良
- ・ 中州（チャー）及び低平地の水害防止

NWMP の“Volume 4, Regional Plans”においては、ゴライ川の乾季流況が悪化し、国際的に貴重なシュンドルボンのマングローブ林へも影響を及ぼしていることが特筆されている。

これらの現状に対して、NWMP の 29 個の個別プログラムが改善効果を挙げるものとして計画されている。このうちの 5 つは南西地域に特定されたものである。特定プログラムはクルナにおける水供給、下水、洪水防御・排水改善及びシュンドルボンにおける水管理である。表 2.4.4 に南西地域におけるプログラムを示す。本調査で得られた情報はあくまでも NWMP に記載されたものであり、実施状況などの現況については確認できていない。

表 2.4.4 南西地域において実施中/実施予定のプログラム

| サブ・セクター | No. | プログラム | 事業予算 ¹⁰ (百万円) |
|--------------------|-----|-----------------------|-----------------------------|
| 特定プログラム | | | |
| 大都市 | 1 | クルナ水供給配水システム | 7,879.0 |
| | 2 | クルナ下水システム | 5,664.0 |
| | 3 | クルナ洪水防御 | 444.0 |
| | 4 | クルナ排水改善 | 3,724.0 |
| 環境及び水生環境 | 5 | シュンドルボン水管理改善 | 250.0 |
| 他地域に跨るプログラム | | | |
| 組織開発 | 6 | 治水施設の合理化 | 348.4 |
| 主要河川 | 7 | 地域における河川管理及び改修 | 4,681.8 |
| | 8 | GDA における表流水の配水 | 7,699.1 |
| 地方町村 | 9 | 都市部における砒素軽減 | 119.7 |
| | 10 | 地方部における砒素軽減 | 323.2 |
| | 11 | 大・小規模水供給・配水システム (町) | 5,553.2 |
| | 12 | 大・小規模水供給・配水システム (地方部) | 11,304.0 |
| | 13 | 大・小規模下水システム (町) | 4,398.4 |
| | 14 | 地方部下水システム | 4,815.2 |
| | 15 | 大・小規模洪水防御 (町) | 1,822.7 |
| | 16 | 大・小規模排水改善 (町) | 8,067.2 |
| 災害管理 | 17 | 国道・地方道その他幹線道路の洪水防止 | 1,046.9 |
| | 18 | 鉄道洪水防止 | 180.7 |
| | 19 | 地方部における旱魃対策 | 227.0 |
| 農業及び水管理 | 20 | 非主要作物の増産に向けた水資源管理 | 67.6 |
| | 21 | 既存公共用水域における灌漑スキームの改善 | 792.0 |
| | 22 | 新規公共表流水による灌漑スキーム | 600.3 |
| | 23 | 地方自治体レベルでの水管理改善 | 1,588.1 |
| | 24 | コミュニティレベルでの水管理改善 | 250.0 |
| | 25 | 既存治水施設の合理化 | 5,754.4 |
| | 26 | 開拓、沿岸域の保護及び植林 | 586.7 |
| | 27 | 国家水産計画 | 804.0 |
| 環境及び水生環境 | 28 | 不特定地域プログラム | 75.0 |
| | 29 | 環境面で危機的な区域での総合的湿地管理 | 117.4 |
| | | 総額 | 79,183.8 |

出典：NWMP, Volume 4, Regional Plans

¹⁰ 2000年時点での価値

(3) 国家災害管理計画 (National Plan for Disaster Management Plan: NPDM, 2008 – 2015)

本計画のドラフト版は、2008年5月、食料災害管理省災害管理局により作成された。国内外における防災及び開発に関する動向を整理した上で、以下6点を目的としている。

- ・ 災害管理の戦略的方向性を国家の優先事項や国際的な取り組みに沿うものとする。
- ・ 災害管理に係わるビジョンや到達点を明確に説明できるものとする。
- ・ 災害管理政策及びプログラムの策定・実施に向けた戦略的方向性と優先事項を示す。
- ・ 政府、NGO、民間セクター間の連携及び十分な調整をとれるプログラムの枠組みを構築する。
- ・ 総合的かつ全ての災害に対するリスク軽減・緊急対応策を有する災害管理を確立する。
- ・ 他省庁、NGO、公共、民間セクターが戦略的到達点及び政府のビジョンの達成にどのように貢献できるものなのかを明瞭に示す。

ここで対象としている災害は、洪水、サイクロン・高潮、竜巻、河岸浸食、地震、旱魃、砒素汚染、塩水遡上、津波、火災、建物倒壊、地すべりである。本計画では、「バ」国内におけるこれらの問題を概説しているが、災害管理・対応の計画としては、サイクロンと津波についてのみ記述されている。

本計画の財源は、表 2.4.5 に示すとおり 4 つに分類されている。

表 2.4.5 NPDM での財源の分類

| 分類 | 概要 |
|----------------------|---|
| 1) 国家的災害対応及び復旧基金 | - 自国資金及び自国・海外からの寄付金による - 用途は災害対応及び復旧目的のみ - 食料・災害管理省が財務省の助言を受けて運用 |
| 2) 国家レベルでの災害リスク軽減基金 | - 災害防止・軽減を目的とする - 食料・災害管理省が財務省の助言を受けて運用 |
| 3) 各セクターでの予算計画 | - 各セクターの開発計画で災害リスク軽減策として策定された活動及びプログラムに関する予算 |
| 4) 県、郡、市町村での災害管理協力資金 | - 災害管理計画のプログラム及び活動の実現に向けた資金 - 国及び自治体からの補助金及び地域での寄付金による - 政府は資金運用に係わるガイドラインを示すこと |

出典：NPDM