

バングラデシュ人民共和国

バングラデシュ国
ハオール地域水資源管理に係る
情報収集・確認調査
ファイナルレポート

平成25年12月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

南ア
JR(先)
14-004

バングラデシュ人民共和国

バングラデシュ国
ハオール地域水資源管理に係る
情報収集・確認調査
ファイナルレポート

平成25年12月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

外貨交換レート: USD 1.0 = BDT 77.8 = JPY 99.7

(2013年9月)

1 序論

1.1 調査の目的

調査の目的は、以下の通りである。

- 1) 「ハオール地域開発マスタープラン (M/P)、2014 年 4 月」等のメグナ川上流域ハオール地域の水資源管理に関する計画の内容詳細および各種既存データの収集・分析
- 2) 上記の計画において分析がなされていない項目の基礎的な調査・分析
- 3) ハオール地域における洪水対策・河川管理計画の中で JICA が支援すべき事業の提案

1.2 調査対象地域

調査対象地域は、M/P で扱った河川流域（調査に必要な上流および下流地域を含む。ただし、Bangladesh 国(以下「バ」国)領内に限る）であり、その位置を巻頭図に示す。

1.3 ファイナルレポート

このファイナルレポートは、「バ」国において 2012 年 11 月～2013 年 11 月に行った第 1 次～第 4 次現地調査を含む調査の結果を網羅してとりまとめている。

2 調査対象地域の概要

2.1 自然条件

2.1.1 自然地理および地盤標高

調査対象地域の自然地理は、特に数種類の土質による土質材料と地形の組み合わせによって分類される。調査対象地域は、ハオール地域を形成している 7 つの県(シュナムゴンジ(Sunamganj)県、ホビゴンジ(Habiganj)県、ネトロコナ(Netrakona)県、キシホルゴンジ(Kishoreganj)県、シレット(Sylhet)県、モウルビバザール(Moulvibazar)県、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県：「北東地域」)にまたがっている。また、調査対象地域は図 2.1.1(2 章 P-2-3)に示す様に国際連合食糧農業機関(FAO)によって作成された「バ」国の農業環境ゾーン分類の内、11 の自然地理ユニットが分布している。これらのユニットは北部及び東部山麓平野、北部及び東部丘陵、シレット盆地、東部スルマ-クシヤラ氾濫原、旧ブラマプトラ氾濫原、新ブラマプトラ、ジャムナ氾濫原、ブラマプトラ-ジャムナ氾濫原、旧メグナ河口氾濫原、マドプール地域、メグナ川中流氾濫原及びアクアラ台地に分類される。

調査地域は「バ」国の他の地域に比べて標高の低い地域であり、標高 5m (PWD)以下の土地が実際にメガラヤ丘陵地帯まで広がっている。調査地域の約 25%は標高 5m 以下となっており、50%が標高 8m 以下となっている。

2.1.2 気象

「バ」国の北東地域は全域が北回帰線よりも北側に位置し、その気象は亜熱帯モンスーンに支配されている。この亜熱帯モンスーンは、インド洋からベンガル(Bengal)湾を経由する北東方向に卓越する湿気が多い気団とインド領内のアッサム(Assam)/メガラヤ(Meghalaya)/トゥリプラ(Tripura)地域に位置する急峻で標高の高い丘陵地域との干渉が原因して、「バ」国北東地域に地域性/地形性の強い豪雨をもたらす。この丘陵地域は世界でも有数の豪雨地帯であり、年間平均雨量はおよそ 12,000mm である。

北東地域における気象・水文学的な区分は、一般的に 4-5 月のプレモンスーン期、6-9 月のモンスーン期、10-11 月のポストモンスーン期、12-3 月の乾季に分けられる。

2.1.3 既存河川水系

バラック(Barak)川はアッサム(Assam)地方を流下し、「バ」国とインドの国境付近で分流する。1980 年から 2008 年のデータでは、年間の大部分の時期での分流量は、スルマ(Surma)川約 40%、クシヤラ(Kushiyara)川約 60%となっている。乾季は、分流地点の地形条件からクシヤラ(Kushiyara)川にバラック(Barak)川の約 88%の流量が流下している。これは、スルマ(Surma)川の堆積が進行しているためである。

2.1.4 地盤構造と土質

インド亜大陸は、北上するインドプレートと静止するユーラシアプレートの衝突により白亜紀から形成されている。その後、インドプレートの北西部の一部が破碎され、漸新世の間に海水面下に沈んだ。その後、ベンガル海盆が、ゆっくりとデルタの堆積物で埋められながら沈下する構造盆地として形成され始めた。

調査地域の土質は、季節的に乾燥する地表部では灰色のシルト質粘土や粘土、湿潤な盆地では灰色の粘土である。泥炭はいくつかの湿潤な盆地の中央部を占めている。土壌は泥炭物質を適度に含み、土壌反応は主に酸性である。

ハオール地域の地表の土質は約 74%が粘土～シルト質粘土、21%がシルトで残りが粘土質シルト、砂質シルト、砂から構成されている。

2.2 自然資源

(1) 水資源

M/P には、BWDB 保有のデータ(1960-2009)による解析の結果、メグナ(Meghna)川水系から「バ」国に流入する水量は 162,619 百万 m^3 と報告されている。

また、国際河川であるバラック(Barak)川やメガラヤ(Meghalaya)、トゥリプラ(Tripura)地域の河川群からの流入量はそれぞれ 42,670 百万 m^3 、30,376 百万 m^3 及び 15,716 百万 m^3 である。

(2) 植生

ハオール地域には、丘陵に生育する森林、生活区域の森林、淡水低湿地、低湿地ヨシ域、竹林および市街地・宅地植生などが分布している。ハオール内の植生は、1) Submerged plants 沈水植物、2) Free floating plants 浮遊植物、3) Rooted floating plants 浮葉植物、4) Sedges and meadows カヤツリ

グサ科草本および採草地、5) Floodplain grassland 氾濫原草地、6) Reed swamp 低湿地ヨシ、7) Fresh water swamp forest 淡水低湿地林、8) Crop field vegetation 耕作地植生、9) Homestead vegetation 市街地・宅地植生の9種類に区分される。

(3) 湿原の生態系・生物多様性

メグナ(Meghna)川上流域に広がるハオール内湿原は、生物多様性にとっても優れ、多くの生物を育み、国際的に絶滅が危惧されている数種類の生物も生息するなど、「バ」国のみならず世界的な自然環境保全の観点からも極めて重要な地域である。メグナ(Meghna)川上流地域における生物多様性の点で最も重要な湿原地区は、ハカルキ・ハオール (Hakaluki Haor)、ハイル・ハオール (Hail Haor)、タンガル・ハオール (Tanguar Haor)、パグナー・ハオール (Pagner Haor) である。1999年には、「バ」国政府は同国の環境保護法(1995、2000/2002 改正)に基づいて生態系上重要な地域としてハオール地域では2つのハオール、すなわちハカルキ・ハオール(Hakaluki Haor) (モウルビバザール(Moulvibazar)/シレット(Sylhet)県) およびタンガル・ハオール(Tanguar Haor) (シュナムゴンジ(Sunamganj)県) を公表した。また、タンガル・ハオール(Tanguar Haor)はラムサール条約に登録されている。

(4) 鉱産資源

ハオール地域は広大で緩やかな盆地であり、地盤沈下および地殻変動に起因して形成されている。「バ」国北東部には、地質特性および構造から様々な鉱物およびエネルギー資源が分布している。発見されている鉱産資源としては、天然ガス、原油、石灰岩、白色粘土、ガラス砂、ピート、石炭、砂利および建設材料用の砂(表2.2.4(2章P-2-14)参照)がある。「バ」国における全ガス生産量の90%はハオール地域から得られている。

2.3 社会・経済

(1) 人口分布

「バ」国統計局における2011年の統計資料によれば、ハオール地域が広がる7県(シュナムゴンジ(Sunamganj)県、ホビゴンジ(Habiganj)県、ネトロコナ(Netrakona)県、キショルゴンジ(Kishoreganj)県、シレット(Sylhet)県、モウルビバザール(Moulvibazar)県、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県:「北東地域」)の2011年人口は17.88百万人となっている(BBS, 2012)。

当該地域の世帯数は、3.44百万世帯であり、世帯当たりの人数は5.2人である。平均性別比率(男性:女性)は、97.78:100である(国平均=100:100)。人口密度は、894人/km²で全国平均(976人/km²)より低い。また、当該地域では、人口の14.8%が都市部に居住している。

(2) 土地利用

ハオール地域は、北東地域に位置しており、北東地域の総面積は約20,000km²で、その内55%が農地として利用され、残りは河川、水路、森林、丘陵などである。

北東地域における農家の数は1.68百万戸である。この内、約80%が1haよりも小さい農地しか保有しない小規模、17%は農地1~3haを有する中間レベル、そして残りの3%が3ha以上の農地を保有する大規模農家となっている。大規模農家は、通常その土地を賃貸または農夫を雇用して運営している。

(3) 農業

北東地域における農地面積は 12,000km² である。洪水氾濫水深が 0m~0.9m の範囲になる高地 (F0) および中位高地 (F1) はこの農地の 40% を占めている。一方、氾濫水深が 0.9m~1.8m 以上になる中位低地 (F2) および低地 (F3) は農地の 60% を占める。ハオール地域は、農地の 80% が F3 に区分され、F0/F1 が残りの 20% を占める。

2010 年農業統計年鑑によれば、15,400km² において複数種類の米が耕作された。F3 で収穫された作物のほとんどは、従来 (local) および高収量品種 (HYV) のボロ米であり、収穫率 crop intensity は 133% であった。

ハオール地域は、モンスーン期にほぼ全域で氾濫水深が 0.9m 以上になることから、農地の 80% は一期作となる。HYV ボロ米が主たる作物であり、従来品種のアマン米がそれに続く。

プレモンスーン期のフラッシュフラッドならびにポストモンスーン期の排水不良は、しばしば収穫高を著しく減少させている。

(4) 漁業

ハオール内の湿原は、「バ」国におけるほとんどの淡水魚類の生息の場になっており、ハオール地域内の魚類の生息地は約 9,670 km² と見積もられ、4,300 トン/年の漁獲高がある。この内、73.7% は内水面漁業で、残りが養殖となっている。漁場による漁獲高は、氾濫原 77.9%、ビール 15.6%、河道 3.5%、水路/カール 1.8% となっている。養殖収穫高は、1,136 トン/年で全国の 26.3% を占めている。4,300 トン/年の漁獲高の内、モンスーン期は主として氾濫域から 2,540 トン/年、その他の時期は主として河川、ビール、養殖池から 1,780 トン/年となっている。

「バ」国における内水面漁業の魚獲高の約 20% はハオール地域であり、この分野は同国の経済のみならず地域経済、特に貧困層に対して重要な役割を担っている。

(5) 家畜

メグナ川上流域の主たる家畜は、畜牛、水牛、山羊、羊、鶏、家鴨であり、約 32.68 百万頭/匹が飼われている。畜牛頭数は、「バ」国の 22% を占めている。

(6) 製造業

北東地域における製造業は主に製茶関連であるが、工場や従事者数 (人口の 1.33%) は相対的に小さい。茶畑のほとんどは、シレット地域に位置している。

(7) 電力

電力は「バ」国の成長を支え加速させる要因の一つであるが、ハオール地域では電力供給が大きく不足している。

地方電化庁 (Rural Electrification Board) は「バ」国の農村地域における電力供給を委託されている。2010 年までに電力を供給されている村落は、全 15,374 村中の 6,740 村であった。これは、村落の電化率において全国レベルの 72% に比べて 44% と小さい。

(8) 水供給

ハオール地域におけるほとんどの家屋は、飲料水用に管井戸 (地下水) を利用しているが、50% の家屋は、飲用以外の生活用水を周辺の河川/池の水に頼っている。結果として、安全な水へのアクセスがあるにもかかわらず、ハオールの住民は多くの水に起因する疾病に苛まれている。

(9) 下水設備

「バ」国は MDGs 目標達成への途上にあるが、ハオール地域では貧困による負荷や不十分なインフラ整備のストレスからその全体的な衛生状態は伝染/非伝染病の発生とともに国家目標から遅れている。

また、M/P によればハオール地域における下水設備の水準は、「バ」国の他の地域と比べて劣っている。ハオール地域におけるトイレの使用は 44%である。

(10) 教育

ハオール地域の平均識字率は、「バ」国の 54.8%に対して 38%である。モウルビバザール(Moulvibazar)県が最も高い識字率(42%)を有し、シレット(Sylhet)県 41%、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県 40%、ホビゴンジ(Habiganj)県 37%、キショルゴンジ(Kishoreganj)県 37%、ネトロコナ(Netrokona)県 34%、シュナムゴンジ(Sunamganj)県 33%と続いている。

(11) 保健

ハオール地域の全体的な衛生状態は、伝染/非伝染病の発生とともに国家目標からは遅れている。

マラリア発生の県(ホビゴンジ(Habiganj)、モウルビバザール(Moulvibazar)、ネトロコナ(Netrokona)、シュナムゴンジ(Sunamganj)、シレット(Sylhet))では、2009年に5,345の取扱い件数があった。(DGHS、2010)

ハオール地域の平均乳児死亡率、5歳未満死亡率は、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県を除き1000人当たり57人及び76人であり、これはそれぞれの全国平均49人、64人より高い。ハオール地域における5歳未満平均栄養失調の割合は46%で、全国レベルの43%よりも高い(BDHS、2007)。

(12) 道路輸送

ハオール地域は、プレモンスーン及びモンスーン期の4~6ヶ月の期間水没するため、この期間には LGED が担当する無舗装道路などが水没しポートなしの移動は難しい。このため、水路、道路網がハオールの特性を生かし長年かけて建設されてきた。ハオール地域では、69ウパジラの内、11ウパジラは RHD 道路網と接続されていない状況である。

(13) 内陸舟運

ハオール地域では、主要な輸送手段として内陸の水路が利用される。25内陸舟運ルートがあり全長1,828.8kmを有し、モンスーン期(5月~9月)の舟運に利用されている。しかし、乾季は約1,000kmの水路で内陸船は運航できない状況である。

2.4 洪水被害及び洪水痕跡

ハオール地域内におけるフラッシュフラッドによる洪水被害は、ボロ米に与える被害が最も大きい。それ以外にも潜水堤防の越流による潜水堤防本体への被害、床上及び床下浸水といった直接的な被害のみならず、道路の水没による交通遮断等の間接的な被害がある。

ハオール地域の調査対象であるシレット(Sylhet)県、シュナムゴンジ(Sunamganj)県、ホビゴンジ(Habiganj)県、ネトロコナ(Netrokona)県、モウルビバザール(Moulvibazar)県、キショルゴンジ(Kishoreganj)県、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県の県別のボロ米被害について BBS (ダッカ)

より 2009-10 年のデータを入手した。県別のボロ米の被害額を表 2.4.1(2 章 P-2-22)に示す。また、これ以前のデータは BBS では複数の県から成る Region 単位のデータしか保有しておらず、過去に遡って洪水被害に関して県別の整理は難しい。その他 BWDB、農業省に県別のデータの有無について確認を行ったが、洪水被害データについては保有していない状況である。

3 「ハオール地域開発マスタープラン(M/P)」の検討過程のレビュー

3.1 ワーキング・グループの結成と活動

第 1 次現地調査の開始後、「ハオール地域開発マスタープラン (M/P)」の検討過程のレビュー作業を円滑に効率よく実施するためにワーキング・グループ (WG) を結成した。この WG は、事業の実施機関と想定される BWDB、M/P の策定を委託され実際の作成に携わった CEGIS ならびに調査団で構成された。

WG 会議は、第 1 次現地調査において BWDB 本庁 (ダッカ) で 2012 年 12 月 10・23 日、2013 年 1 月 14 日に計 3 回開催された。調査団は、2012 年 12 月 10 日の第 1 回 WG 会議においてメンバー間で WG に係る共通の理解と情報の共有を図るべく、結成の趣旨、メンバー構成、活動、最終成果などを運営規則を基に説明した。

3.2 M/P の検討過程に関する調査結果

(1) ハオール地域の水資源分野における検討過程

ハオール地域における水資源管理に関連する主要な課題の一つが、4 月中旬から 5 月初旬にかけて始まるプレモンスーン期のフラッシュ・フラッドが引起こす洪水氾濫である。M/P では、ハオール地域の洪水特性ならびに同地域の生態系保全に対する住民の認識を勘案のうえ総合的な構造物対策が策定されている。この対策策定の主な流れを以下に示す。

- 1) 洪水位危険期間と農業活動との関係を踏まえた洪水水深分布図の作成
- 2) 生態系保全にも配慮した新規の水理構造物建設、ならびに適切に洪水位を管理/抑制する既存対策のリハビリによる持続的活用の提案
- 3) 既存潜水堤防の設計諸元の見直し、ならびに既存施設の維持管理改善・強化策の提案
- 4) 現地調査や参加型手法に基づく問題・課題および必要なインフラ施設の整理
- 5) ハオールと近傍河川間の通水機能の維持/改善に向けた浚渫や水路復旧などを含む排水管理の導入

(2) ハオール地域の水資源分野における各優先事業の検討過程

M/P で策定されたハオール地域の水資源管理分野における優先事業 (WR01、WR02、WR03 および WR05 : 以下参照) の検討過程を WG 会議ならびに CEGIS との協議を通して以下のように確認した。

ステップ 1 : M/P 策定の過程で 69 のウパジラで公聴会を開催し、問題/課題や可能な解決策の整理、およびハオール地域において可能性のある事業を拾い出すべく、北東地域洪水防御計画 (FAP 6 : Flood Action Plan 6) の報告書、その他関連資料のレビュー

ステップ 2 : 公聴会の結果を踏まえハオール地域において重要な 15 課題の確認

ステップ3:15の課題を、その解決に向けて下表に示す17の開発分野(DA: Development Area)に再整理

▪ Water Resources	▪ Mineral Resources
▪ Agriculture	▪ Pearl Culture
▪ Education	▪ Power and Energy
▪ Fisheries	▪ Tourism
▪ Forest	▪ Water Supply and Sanitation
▪ Health	▪ Transportation
▪ Housing and Settlement	▪ Social Services
▪ Industry	▪ Biodiversity and wetland
▪ Livestock	

ステップ4:水資源関連の開発分野(DA)について、問題の内容や位置など考慮して次の6事業分野に分類

▪ Flash flood	▪ Drainage congestion
▪ River bank erosion	▪ Poor navigability
▪ Wave erosion	▪ Sedimentation

ステップ5:上記の6事業分野において、その問題・課題の解決に向けて次の事業内容を策定

- (a) リハビリ事業:WR01
- (b) 新規開発事業:WR02
- (c) 河川浚渫事業:WR03
- (d) 居住地保護事業:WR05
- (e) 調査案件

上記のステップ5の後、各優先事業は次のように検討された。

1) WR01:ハオール地域におけるプレモンスーン洪水防御・排水事業

ステップ1:ハオール地域におけるBWDBの既存水関連事業のリスト作成(洪水防御、洪水防御/排水および洪水防御/排水/灌漑事業で、リハビリ候補事業として合計118事業)

ステップ2:BWDBの開発プロジェクトプロポーザル(DPP)/2011に含まれる52リハビリ事業を除く66ハオール事業について関連既存情報の収集

ステップ3:水管理改善事業(WMIP: Water Management Improvement Project, World Bank)の対象事業などを勘案しつつ住民のニーズやBWDB地方事務所の意見などを踏まえて25事業をリハビリ事業の対象として選出

ステップ4:BWDB本庁および水分野の専門家内の協議を経て上記25事業(表3.2.2(3章P-3-4)参照)をWR01の事業群として設定

2) WR02:ハオール地域におけるプレモンスーン洪水防御・排水事業、第2期

ステップ1:公聴会で得られた住民の要望やこれまでに提案された案件を踏まえて、WR02について39事業を新規に策定

ステップ2:M/P策定に参画する専門家の知見、意見、経験に基づいて、39事業の中で31の事業が妥当性があるものとして選定

ステップ3:BWDB本庁および水分野の専門家内の協議を踏まえて上記31事業(表3.2.3(3章P-3-7)参照)を最終的にWR02の事業群として設定

3) WR03:河川浚渫・居住地開発

ステップ1：BWDB が 2011 年にカルニクシヤラ(Kalni-Kushiya)川の浚渫事業を開発事業として開始したことから、M/P ではスルマ-バウライ-ゴラウトゥラ(Surma-Baulai-Gorautra)水系を浚渫計画の対象として選定

ステップ2：ハオール地域における浚渫河川として可能性の高い河川を整理するべく北東地域水管理計画（FAP6）、その他関連資料をレビュー

ステップ3：スルマ-バウライ-ゴラウトゥラ(Surma-Baulai-Gorautra)水系のスルマ(Surma)、ラクティ(Rakti)、バウライ(Bauli)川およびカトカル(Katakhal)水路から合計 125km 区間を浚渫区間として選定

ステップ4：現地調査、公聴会ならびに Bangladesh 水運公団 (BIWTA) /BWDB 地方事務所の知見などを踏まえ選定した表 3.2.4(3 章 P-3-14)に示す 125km 区間の有用性を確認

ステップ5：上記の 125km 区間について、ダッカにおける BIWTA ならびに BWDB、退職高官、水関連専門家による議論を通して M/P の浚渫河川群として確定

4) WR05: ハオール地域の村落における波浪防御事業

ステップ1：衛星写真および現地踏査を踏まえて、大きな浸水深を持つハオール地域の浸食居住地域を整理

ステップ2：波浪の挙動、強度、期間、規模、浸食作用を受けやすい地域などの情報を収集し、さらに現地踏査を通して住民が実際に行っている防御対策などを整理

ステップ3：ハオール地域の様々な地域の関係者から解決策などを聴取するべく、またグリーンベルト開発/新規居住用プラットフォームの位置や既存防御策（護岸や防波壁など）を確認・整理するべく公聴会を開催

ステップ4：波浪被害を受けやすい地域や可能な防御策などについて、BWDB 地方事務所と協議を行い事務所の知見、経験、考え、意見などを整理

ステップ5：BWDB 本庁および水分野の専門家内の協議を踏まえて表 3.2.5(3 章 P-3-15)に示すように位置および対策を最終的に WR05 の事業として選定

(3) M/P 策定の過程で使用されたデータおよび分析結果のレビュー

前述するように、広大なハオール地域の水資源分野における各優先事業 (WR01、WR02、WR03、WR05) において、その事業を構成するサブプロジェクト群の選定においては、実施の重要性、緊急性も慎重に吟味するべく様々な関連データ・情報が使用された。

しかし、選定されたサブプロジェクトの設計は、M/P レベルとして、主として次に示す事項にもとづいて行われている。

- 1) 既存の類似水関連事業で採用された主要対策構造物の設計
- 2) 旧 BWDB 高官や水分野専門家の経験および教訓

サブプロジェクトの設計は、最新の河川横断や構造物計画地点の地盤・土質についてのデータ/情報を取り入れておらず、また洪水氾濫解析や河床変動解析により検証していないことが指摘された。このため、本調査の目的を達成するべく、本調査で行った河川縦横断・地形測量、地盤調査・土質調査、水理解析（洪水氾濫、河床変動）ならびに河川構造物等調査の成果を踏まえて、基本的な技術面からの吟味も加えて優先事業の健全性や必要性について検討・確認することが重要となった。

4 現地調査

4.1 河川縦横断測量

河川縦横断測量は以下の検討に必要となるため実施した。

- 流出解析および氾濫解析
- 土砂収支解析および河床変動解析
- 構造物対策（堤防、護岸、浚渫）

BWDB の河川形態担当部署(River Morphology Circle)は、「バ」国 30 河川の測量を実施している。その結果を洪水予報およびデータ処理担当部署(Flood Forecasting and Processing Circle: FFPC)がチェックを行い、FFPC のデータベース内に河川横断測量の結果として保管されている。

BWDB の実施した測量結果については、経年変化の面から使用可能な断面は数断面あるものの、横断測量のための左右岸の杭位置に関する情報の信頼性に欠けるため、BWDB の測量結果は使用しないものとした。

調査対象地域の河川横断のデータは、IWM が実施している 2 つの調査報告書から利用可能である。

また、河川縦横断測量は、現地業者に委託して実施した。現地業者は、JICA ガイドラインに基づき入札を実施し Al-Mayeda Survey Consultants を選定した。実施した河川横断測量は 168 断面である。

4.2 地形測量および地盤・土質調査

4.2.1 地形測量

通常、地形測量はプロジェクトサイト決定後に実施するが、プロジェクト地域がハオール地域内に位置する事から雨季前に現地作業を終了させねばならない。それゆえ、優先プロジェクトサイトの選定前に地形測量を開始する必要がある。

ハオールプロジェクトの測量対象地域は、フラッシュフラッドの頻度が高く、かつボロ米の一期作しか行われていない地域が広く分布している。このため、フラッシュフラッドによって被害が発生した場合、他の時期に栽培する作物がないため農民にとってのインパクトが非常に大きいシュナムゴンジ(Sunamganj)、ホビゴンジ(Habiganj)、ネトロコナ(Netrakona)、キシオルゴンジ(Kishoreganj)、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)の 5 県を対象とし、この県内に M/P で提案されているプロジェクトを対象に地形測量を実施した。

修復プロジェクトに関して WMIP では、M/P で提案している 4 プロジェクトに対して修復プロジェクトを実施しているため地形測量の対象ハオールプロジェクトは 12 プロジェクトになる。

一方、M/P にて提案された新規ハオールプロジェクトは、66 のウパジラで実施した公聴会を通じて出された水資源および水管理に関する問題点を考慮している。さらに、これらにかかる BWDB

の現場事務所および本庁での議論を通じて 26 の新規ハオールプロジェクトが選定されており、地形測量の対象とした。

地形測量は JICA ガイドラインに準じた入札手続きを通して選定された現地業者の Al-mayeda Survey Consultants に委託して実施した。

4.2.2 地盤調査・土質調査

現地再委託業務として行う地盤調査・土質調査は、図 4.2.3(4 章 P-4-9)に示す 10 ハオール事業地域において実施した。この事業地域は、新規建設 6 候補事業と既存リハビリ 4 候補事業に分けられる。地盤調査・土質調査の主な項目は、1) コア・ボーリング、2) ダッチ・コーン・テスト、3) 不攪乱試料の室内土質試験、4) 築堤材料の室内土質試験、5) 乾湿繰り返し試験、6) 河床材料試験である。

本調査で利用できる堤防、樋門等の基礎地盤ならびに築堤材料に関連する既存の主なデータ・情報は以下に示す通りである。

- 1) 「Bangladesh国地質図、縮尺 1:1,000,000」、Bangladesh地質調査所、2001 年
- 2) 「水関連インフラ施設の持続可能な開発のための能力開発プロジェクト・フィージビリティ調査（パート 1）報告書、JICA 技術協力プロジェクト、2012 年 1 月」に記述される北部インド国境近くのハオール地域内 2 ヶ所（ネトロコナおよびシュナムゴンジ県）の土質試験結果（物理試験、圧密試験、強度試験）
- 3) Bangladesh水資源開発庁（BWDB）が運営・管理しているハオールプロジェクトで建設されたゲート施設のボーリングにおける標準貫入試験結果。

また、M/P では、基礎地盤ならびに築堤材料の調査は実施されていない。

以上を踏まえ、支援検討プロジェクトに係る以下の評価を目的とした地盤調査および土質試験を実施した。

- (a) 構造物（堤防、樋門）基礎の安定性（沈下、パイピング）
- (b) 堤防建設材料
- (c) 繰り返される浸水に対する潜水堤防の耐久性

調査の項目と数量は以下の通りであり、調査結果を附録 4-2 に示している。

調査項目・数量

調査項目	調査位置			備考	
	既存ハオール事業地区	新設ハオール事業地区	調査事業地区合計		
地盤調査	ボーリング調査	4事業地区 ^{*1}	6事業地区 ^{*1}	10	樋門計画地点
	ダッチコンテスト	—	6事業地区 ^{*2}	6	潜水堤防計画地点
土質試験					
基礎地盤	物理試験	4事業地区 ^{*3}	6事業地区 ^{*2}	10	
	圧密試験				
	強度試験				
築堤材料	締固試験	—	5事業地区 ^{*4}	5	
	強度試験				
	強度変化試験	—	1事業地区 ^{*4}	1	

(注)

調査位置は、ハオールプロジェクト地区から以下のように選定する。

*1 図 4.2.3 参照

*2 ボーリング調査6事業地区

*3 ボーリング調査4事業地区

*4 ボーリング調査6事業地区から選定

4.3 既存河川および農業施設の調査

4.3.1 データ収集およびレビュー

既存河川および農業施設は主に堤防、護岸、潜水堤防、樋門、樋管、農業用の用・排水路である。ハオール地域で 118 のハオールプロジェクトが実施され BWDB が維持管理を行っている。

構造物に関する既存情報

構造物に関する情報をダッカ及び現地にて収集したが、BWDB 実施予定案件の内の 2007 年に完了している 37 ハオールプロジェクトの F/S に関連した構造物情報のみ入手可能であった。表 4.3.2(4 章 P-4-14)に既存 37 ハオールに関する諸元を示す。

現地踏査の際に BWDB の現地事務所から既存ハオールプロジェクトの竣工図の入手を試みたが、これらの竣工図の保管場所が不明との事で収集出来なかった。更に M/P でも修復対象構造物、その修復範囲について記述しているが、修復の必要な位置についての情報がなく、構造物の形式、諸元及び損傷を受けている場所の確認等に関して施設の調査を通じて情報を収集する必要があった。

また、ハオールプロジェクト以外でも、洪水防御・排水プロジェクトが実施されており、その中で堤防 (Full Embankment) や樋門、可動堰、ポンプ場が建設されている。

2007 年における河川構造物の洪水被害

河川構造物に関する洪水被害を調査している情報について調査したが、河川構造物の洪水被害として調査したものは、BWDB による 2007 年の調査のみであった。表 4.3.3(4 章 P-4-21)に 2007 年の各構造物に対する被害額調査結果を示す。他の年についての洪水被害状況調査はなされておらず、構造物に関する洪水被害額についてはない状況である。

維持管理の担当組織

樋門の運用は、Sluice Committee が担当しているが、樋門完成後に BWDB 現場事務所の Executive Engineer と住民側としてウプジラの議長、Ward のメンバーが協議をして住民側がこの Committee を設立する。基本的な運用ルールはあるが、実際には毎年の気象水文現象が異なるため、ゲートの開閉については Sluice Committee と BWDB 現場事務所が協

議をして決定し、BWDB の指示の下、Sluice Committee がゲートの開閉を行う。

一方、ハオールプロジェクトに含まれていない水門については Sluice Committee を設立せずに、Union Committee 等に BWDB 現場事務所が依頼し水門の鍵を預けている。ゲートの運転時には、BWDB の現場事務所より依頼している Union Committee 等にゲート開閉の指示を直接出している所もある。

4.3.2 調査対象地域

水管理に関連する既存施設（潜水堤防、堤防、護岸、樋門、堰等）はハオール地域と河川に建設されているため、現地調査の対象は、1)既存ハオールプロジェクト、2)河川施設とした。

4.3.3 調査項目

以下の項目について現地調査を実施した。

- 設計図、設計条件/設計基準の収集およびレビュー
- 潜水堤防の過去の洪水による越水および被害、排水施設の形式および問題
- 構造物の被害、誤動作の主な原因
- 運用および維持管理の状況
- ハオール地域の機能

4.3.4 調査結果

(1) 樋門

多くの樋門が維持管理の問題で機能していない状況である。樋門の維持管理責任は BWDB の現地事務所にあるが、十分な予算措置が行われず通常の維持管理が出来ない状況にある。

施設調査対象ハオール内の樋門は 60 か所あるが、31 か所の樋門は完全に運転できない状況であり、6 か所の樋門は幾つかのゲートが損傷を受けており完全に機能を維持している状況ではない。また、Sukajuri Bathai sub-project では樋門は良い状況にあるが、農民と漁民との間の対立で使用されていない状況にある。

一方、運転は樋門のステークホルダーによる Sluice committee によって行われる。樋門が壊れておらず、運転できる場所では、BWDB の現場事務所と連絡を取り合い運転しており、コミッティはよく機能している。

(2) 堤防（潜水堤防も含む）

施設調査対象ハオール内で堤防(Full embankment)258km、潜水堤防 175km が建設されている。これらのうち、数百 m 単位での損傷を受けている場所は少ないが、数 m~数十 m 単位で損傷を受けている場所は非常に多い。

堤防の損傷は、天端の越流、法面の浸食と人的な堤防の破壊である。特にこの人的な堤防の破壊については、現地にて周辺もしくは BWDB 現場事務所からの聞き込みによると 1)舟運の確保、2)水田からの排水出口をつくるため、3)灌漑用水を直接川から取るため、4)漁業のためハオール内に水を引き込みたいといった理由で行われている。

(3) 水路

施設調査対象ハオール内の排水路延長は 241km あるが、現在、多くの水路で堆砂により通水能力もしくは貯留機能が低下している。これは、水不足と排水の両方の問題を引き起こしている。

(4) 洪水痕跡

既存ハオールプロジェクト地域の住民や BWDB 現地職員から洪水に関する情報を収集した。29 ハオールの構造物調査において、住民に過去どの程度の高さまで洪水が来たかを聞いた所、表 4.3.7(4 章 P-4-37)に示す結果であった。最低 1.5m、最大 4m と幅が広い結果である。これは、調査対象のハオールがディープハオールに近いものと、ディープハオールの外周の氾濫原に位置するハオールとの違いと考えられる。

5 水文・水理解析

5.1 データ収集とレビュー

データの状況は以下のとおりである。

- 北東地域の水位観測所は 46 箇所設置されている。これらのデータは BWDB で入手可能であり、2012 年 3 月まで更新されている。
- 北東地域の流量観測所は 27 箇所あり、BWDB が管理している。これらのデータは 2012 年まで更新されており、BWDB で入手可能である。
- 北東地域の雨量観測所は 45 箇所ある。このデータは BWDB が管理しており、2012 年 3 月まで更新され入手可能である。
- 北東地域の蒸発量観測所は 3 箇所ある。このデータは BWDB が管理しており、2012 年 3 月まで更新され入手可能である。
- 北東地域の気温の観測所は、4 箇所あり、バングラデシュ気象局 (BMD) が管理している。

BWDB と BMD による一連のデータは、長期間であり十分であると考えられる。雨量データは、水理解析を実施するにおいて不十分と考えられる。雨量は、一日 3 回手動で計測され、地形の変化する地域や気候が変わる地域等の主要な観測地点を網羅して計測されているわけではない。

雨量、もしくは流量曲線がない流域の下流端における洪水波形は近隣の流域の降雨量、流域の植生カバー率、土壌、物理特性から結果を参照して推定した。

5.2 水理解析

IWM は、「表流水シミュレーションモデルプログラム：フェーズ II(SWSMP II: Surface Water Simulation Modeling Programme Phase-II)、1992 - 1996」において開発された全体モデルと 6 つの地域モデルを保有している。この内、北東地域モデル (North East Regional Model: NERM) が本調査地域をカバーしている。このモデルは、水文モデル (降雨・流出モデル、NAM モデル) と動的水理解析モデル (河川、水路、氾濫域) で構築され、NAM モデルが動的水理解析モデルの入力値である流量を算定するモデルである。

水文モデルの出力は、動的水理解析モデルである NERM への入力を考慮し、標準入力の間隔である 3 時間の時間ステップになっている。

5.3 洪水流出解析

5.3.1 概説

(1) プレモンスーン期

「バ」国におけるプレモンスーン期は、通常4月から5月の期間である。この季節の降雨による最も重要な影響は、河岸と自然堤防を頻繁に越流し、収穫期の農産物（Boro 米）に甚大な被害を与えるフラッシュフラッドによるものである。

(2) モンスーン期

モンスーン期は、プレモンスーン期の直後に始まり、9月/10月頃まで続く。モンスーン期間は、いくつかの地域が水深5mになるなど、ハオール地域の大部分は水没する。

モンスーン期の降雨は、プレモンスーン期ほど降雨強度は強くはないが、降雨継続時間が長く流域の広い範囲に降り、ハオール地域に流出する。

5.3.2 水位シミュレーションモデル(動的水理解析モデル)の適用

(1) NERM

前述するように、IWMが保有している北東地域モデル（NERM）が本調査地域をカバーしている。このモデルは、水文モデル（降雨・流出モデル、NAMモデル）とその算出流量を入力値とする動的水理解析モデル（河川、水路、氾濫域モデル）で構築される。入力データは、下流端境界水位としてバイラブバザール(Bhairab Bazar)の水位も用いている。

ハオール地域では、雨季の洪水氾濫が上流インド領内からの洪水流出と地域内の直接降雨による流出などが重なりあって発生することから、全集水域内の降雨流出解析から洪水流量と洪水位を求め、降雨量の確率計算を基に確率洪水位を求めることは難しい。本調査では、観測水位に基づいて同定したNERMで算出する洪水位を使用して確率洪水位を算出する方法を適用している。

(2) NERMの検証

NERMの解析結果の重要なアウトプットは、既存ハオール事業のリハビリテーションおよび新規ハオール事業の潜水堤防設計および一部堤防(Full Embankment)に対応する設計水位を決定する事にある。

このため、モデルの検証としてプレモンスーン期およびモンスーン期の各年の最高水位における、実測水位と計算水位の関係を照査した。

下表にシミュレーション水位を用いたプレモンスーン期の10年確率水位と回帰式による実測水位の比較を示す。

プレモンスーン期における10年確率水位のシミュレーション水位と実測水位の比較

観測所	シミュレーション(EL.m)	実測 (EL.m)	差異	
			A-B	A/B
Bhairab Bazar	A 2.86	B 2.45	0.41m	1.17
Itna	4.52	3.86	0.66m	1.17
Sunamganj	6.95	7.30	0.35m	0.95
Sylhet	9.92	10.20	0.28m	0.97

注)実測水位は、図5.3.7に示す回帰式を用いてシミュレーションの10年確率水位から算出している。

出典：JICA調査団

シュナムゴンジ(Sunamganj)およびシレット(Sylhet)はシミュレーション水位が実測と比べ低い値となっているが実測の差異が3から5%と小さい。

一方、バイラブバザール (Bhairab Bazar)の実測水位は下流で合流するパドマ(Padma)川や旧ブラマプトラ(Old Brahmaputra)川の影響を受けており水理現象を複雑としているため、17%程度の差異が発生している。しかしながら、シミュレーションの水位が高いと言う事は設計水位についても現状よりも厳しい条件となっている。また、イトナ(Itna)でも実測水位はディープハオールの氾濫現象が複雑である事や、バイラブバザール (Bhairab Bazar)からの背水の影響がある事から、17%程度の差異が出ている。これらの、水理的に複雑な状況を鑑みると設計水位算定のためのモデルとして良い適合性を示していると言える。

5.3.3 再現期間に相当する水位標高

バイラブバザール(Bhairab Bazar) の1980-2010年の31年間の水位を、最新の河川横断を考慮したNERMモデルを用いて、流出解析を行い各主要地点の水位をシミュレーションで求めた。この計算結果を基にこれら4地点のプレモンスーン期およびモンスーン期における年最高水位の確率頻度分析を行った

プロットングポジションは、「バ」国ではChegadayevプロットがFAP25で用いられており、ここでもChegadayevプロットを採用した。また、確率分布関数は、Flood Hydrology Study (FAP25, 1992)において設定されたガイドラインに従い流量データの統計分析において対数正規分布(Log Normal Distribution)が推薦されており、これに準拠し対数正規3母数(modified maximum likelihood method,(修正最尤法))を採用した。

適合度の検定として1標本Kolmogorov-Smirnov検定を用いる。この手法は経験分布を帰無仮説で指定された累積分布関数と比較、例えば正規分布や一様分布関数の検定に用いられる。また、参考値として日本の河川砂防技術基準で提案されているSLSC (Standard Least Square Criterion)も算定した。

各観測所における確率水位は、下表に示すとおりである。

各観測所における確率水位 (プレモンスーン期)

(単位: EL.m)

年	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
2	2.42	3.56	5.49	7.30
5	2.70	4.18	6.45	9.01
10	2.86	4.52	6.95	9.92
20	3.00	4.85	7.23	10.50

出典: JICA 調査団

各観測所における確率水位 (モンスーン期)

(単位: EL.m)

年	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
2	5.88	6.41	7.96	10.44
5	6.34	6.82	8.25	10.77
10	6.60	7.05	8.40	10.95
20	6.80	7.30	8.55	11.11

出典: JICA 調査団

各地点における適合度の検討結果を下表に示す。

対数正規分布に対する検定（プレモンスーン期）

	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
(1) Kolmogorov-Sminov 検定				
$D\sqrt{n}$	0.30	0.44	0.37	0.34
Z	1.36	1.36	1.36	1.36
(2) SLSC 値	0.029	0.033	0.034	0.031

出典: JICA 調査団

対数正規分布に対する検定（モンスーン期）

	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
(1) Kolmogorov-Sminov 検定				
$D\sqrt{n}$	0.54	0.41	0.71	0.71
Z	1.36	1.36	1.36	1.36
(2) SLSC 値	0.039	0.034	0.043	0.058

出典: JICA 調査団

5.4 土砂収支および河床変動解析

5.4.1 データ収集およびレビュー

北東地域で収集された堆積土砂のデータは、総合的な土砂解析に使用するには量的にも質的にも乏しい。堆積土砂に関する大部分の情報は FAP6 のものであり、追加の堆砂のサンプルは CEGIS や IWM によって実施された河川形態に関する調査や堆砂モデルから得られた。しかし、堆積土砂データのほとんどは河床材料と、わずかな浮遊砂であり、掃流砂のサンプルはない状況である。

5.4.2 土砂収支

北東地域の土砂収支に関するこれまでの検討は、主として FAP6 の土砂解析に基づいたものであり、BWDB や表流水モデリングセンター (SWMC : IWM の前身) の河床堆積物データや浮遊土砂濃度データ、および FAP6 時の新たな調査結果を使用している。FAP24 の河川調査プロジェクトでは、アップパーメグナ(Upper Meghna)川のバイラブバザール(Bhairab Bazar)で 1994 年～1996 年に流量と流送土砂量を観測している。この観測結果は、他の機関がそれまでに行ったものと比べて、良好なデータと考えられている。本調査では、この FAP24 のデータ、解析結果を利用し、BWDB と SWMC の観測データを使用した FAP6 の土砂収支との比較を行った。

FAP24 の観測結果に基づくバイラブバザールでの年間平均浮遊土砂負荷量は 5 百万トン/年であり、これは FAP6 で見積もられていた量の 1/3 より小さい。5 百万トン/年のうち 80% がウォッシュロードで、残りがそれ以外の浮遊砂である。FAP24 の観測結果によるこのバイラブバザール地点の見積結果が正しく、各支川からの流出土砂量が FAP6 による見積量 (24.5 百万トン/年) と同程度と考えると、シレット盆地への全堆砂量は 20 百万トン/年となる。この量は、FAP6 で見積もられていた量 8 百万トン/年の 2.5 倍である (図 5.4.1 参照)。

5.4.3 河床変動解析

数世紀にわたってハオール地域の河川はその流路を変更してきた。スルマ(Surma)川、クシヤラ(Kushiyara)川の歴史的な流路の変更は CEGIS が保有する古地図、1910～1930 年に実施された地形

調査、2010年の衛星写真から読み取られたネットワーク状の河道から、図 5.4.3 の様な移動が M/P に示されている。

北東地域における流路の変化は、数百年規模のものだけではなく、数十年レベルでも起こっている。最近の衛星写真からは 2 つの河道の変化が確認できる。一つは、クシヤラ(Kushiyara)川沿いアジュミルゴンジ(Ajimirganj)の下流で起こったものである。クシヤラ(Kushiyara)川の流路の変化が、スルマ(Surma)川の水位の上昇の原因となり、スルマ(Surma)川から西のゴラウトラ(Gorautra)川に向けた新たな流路ができる原因となった。

6 洪水対策および河川管理のレビュー

6.1 洪水対策の計画規模および計画降雨

6.1.1 洪水防御レベル

標準設計マニュアルは 1995 年に BWDB によって作成された。洪水防御レベルについては、このマニュアルの中で規定されている。

河川堤防

堤防に対する洪水の生起確率は以下の値を採用する。

- 農業被害が卓越している場合、20 年確率洪水
- 人的、資産、施設への被害が卓越している場合 100 年確率洪水。一般的に、ジャムナ(Jamuna)川、パドマ(Padma)川、メグナ(Meghna)川の堤防はこの確率で設計されている。

潜水堤防

ハオール地域の潜水堤防は 5 月 31 日までのプレモンスーン期の 10 年確率洪水で設計する事となっているが、BWDB 設計担当部局では 5 月 15 日までとしている

洪水防御レベルに関するレビュー

ハオール地域のフラッシュフラッドによる洪水被害の主たるものは、ボロ米であるため治水安全度を設定する上で、ボロ米への被害が大きな要因となる。一方、利水において灌漑用水を検討する場合の利水安全度は「バ」国では一般的に 5 年確率を用いている。利水においても、渇水の場合収量が減少し農民の収入減少に繋がる。この様に、治水においても利水においても農業への被害が大きいため、治水安全度は、利水安全度と同等もしくはそれ以上とすべきと考えられる。

図 6.1.1(6 章 P-6-3)に示す各主要地点の各確率年に対する水位上昇が、10 年確率水位付近を境界に水位上昇が鈍化傾向を示す。また、潜水堤防の目的はプレモンスーン期の洪水防御であり、非常に短い期間(雨季開始時期から 5 月中旬~下旬まで)が対象となっている事から、Full Embankment と同程度(20 年確率)の確率年を設定する必要はないと考えられる。

これより、潜水堤防の治水安全度はプレモンスーン期の 10 年確率に設定している事は妥当と判断する。

6.1.2 計画対象降雨

北東地域の分割流域における降雨分布と流出に関するデータが不足しており、また大量の降雨があるインド国境より上流には利用可能な降雨データが無い。さらに流域下流端の地形に基づく水位-流量曲線とこれから計算される洪水波形も十分ではない。

NERM の水文解析モデルの結果から、降雨データによる河川流量の計算は現況のデータ状況では精度が低いことを示している。したがって、構造物の設計に必要な確率水位の算定に対しては、通常の洪水対策計画における計画降雨を適用することは、現在の降雨データ状況からは得策ではない。

このため、潜水堤防の設計水位を定めるためには、確率水位を重視し、実測水位および解析水位から面的な水位を求めることが得策と考える。

6.2 危険水位による洪水管理

「バ」国の河川では危険水位を設定し、その水位を基に洪水管理を実施している。危険水位は、これ以上水位が上昇するとどこかで浸水被害が発生する可能性のある水位を意味しており、無堤の場合年平均洪水水位、築堤の場合は設計洪水水位の若干低い水位が設定されている。スルマーバウライ(Surma-Baulai)川沿いには7地点設定されている。

6.3 M/P における提案

M/P における水資源戦略の中で、洪水及び河川管理に関する項目として、(1) 洪水管理、(2) 排水改良、(3) 護岸、(4) 既存スキームに対する維持管理を挙げており、各項目について以下に示す。

(1) 洪水管理

洪水管理の目的は、1) 農業作物（ボロ米）をプレモンスーンの洪水から守る。2) モンスーン期の水中の生態系を維持する事である。提案構造物は、1) 堤内地に水を引き込む構造物、2) 潜水堤防の整備、3) Full Embankment の整備、4) バイパス水路の建設、5) 機械化施工、6) フラッシュフラッド予測モデルの構築である。

(2) 排水改良

ポストモンスーン期の稲の作付（ラビ及びボロ米）を速やかに開始するための排水改良であり、1) ハオール内の主要河川のリハビリテーション及び2) ハオール内の排水路網の再構築である。

(3) 護岸

河岸侵食は、ハオールだけでなく「バ」国の全ての河川での問題であり、護岸事業の重要性を示している。

(4) 既存スキームに対する維持管理

既存スキームの維持管理上の問題は、1) 予算不足、2) 資機材（車両、コンピュータ、燃料等）供給不足、3) 要員不足、4) 維持管理作業の質の悪さ、5) 不十分なモニタリング及び 6) 管理、O&M

マニュアルが整備されていないといった状況である。このため、1)上位機関からの十分な資金供与、2)十分な資機材供給、3)O&Mの活動に対する十分な要員の投入を提案している。

6.4 日本の河川計画手法の適用性

(1) 計画基準点もしくは主要地点の設定

「バ」国で現在危険水位を設定している地点を基に設定可能と考えられる。

(2) 河川の重要度、計画規模の設定

「バ」国でも河川の重要度、守るべき資産を考慮し計画規模の設定基準があるため、それを優先すべきである。

(3) 降雨（群）の適用

「バ」国の気象水文資料の状況から、降雨を用いた河川流量の計算は精度が低いことから、実績降雨(群)、計画降雨(群)は適用出来ない。

(4) 基本高水流量、計画高水流量

「バ」国の実測流量について利用可能なデータが乏しいため、確率処理によって基本高水流量を評価する事が難しい。また、承認された水位-流量曲線が得られないため、河川計画の基本となる指標は、水位を採用せざるを得ない。

(5) 施設配置計画

ハオール内を流れるスルマ-バウライ(Surma-Baulai)川の河道は、ディープハオール内で安定しておらず、かつモンスーン期には一面巨大な氾濫湖となるため、日本での河川計画の適用は困難である。

ディープハオールの上、下流においては河道の移動も大きくなく、連続堤の配置も可能であり、日本の施設配置計画手法を適用する事は可能であるが、既存堤防の線形を十分考慮する必要がある。

7 ハオール地域の洪水対策および河川管理計画における構造物対策

7.1 洪水対策および河川管理計画に係る基本事項の設定

(1) 対象流域

ディープハオールを流域内にもつスルマ-バウライ(Surma-Baulai)川を対象とする。

(2) 治水上の主要地点

治水上の主要地点は危険水位設定地点を参考に決定した。スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川の上流から 1) シレット(Sylhet)、2) シュナムゴンジ(Sunamganj)、3) イトナ(Itna)、4) バイラブバザール(Bhairab Bazar)とした。但し、プレモンスーン期とモンスーン期ではディープハオール内での状況が異なるため、モンスーン期ではイトナ(Itna)を主要地点から外すものとする。

(3) 治水安全度(計画規模)の設定

日本の基準では河川の重要度についてA～E級まで分類し計画規模のレンジを提示している。

一方、「バ」国の設計ガイドラインにおいて潜水堤防および堤防(Full embankment)の設計洪水水位をプレモンスーン期の10年確率水位、通年での20年もしくは100年確率水位としている。

「バ」国での計画規模は、河川の重要度、資産状況を考慮した考え方を採用している。また、計画規模は各国の政策的な要素も含まれるため、本調査では「バ」国の基準を採用する。

(4) 主要地点の計画高水位の設定

計画高水位は、上述の流出解析及び氾濫解析の結果から以下の様に設定する。

主要地点における計画高水位

主要地点	プレモンスーン(EL.m)	モンスーン(EL.m)
Bairab Bazar	EL. 2.86m	EL.6.80m
Itna	EL. 4.52m	-
Sunamganj	EL. 6.95m	EL.8.55m
Slyhet	EL. 9.92m	EL.11.11m

出典：JICA 調査団

7.2 洪水対策および河川管理計画における構造物対策の検討

7.2.1 プレモンスーン洪水防御・排水事業

農業生産活動でボロ米1期作のみの地域(Sunamganj 県、Netrakona 県、Habiganj 県、Kishorganj 県、Brahmanbaria 県)を対象に、既存ハオールプロジェクト24プロジェクトをリハビリ対象プロジェクトとし、新規プロジェクトはM/Pでの提案プロジェクトの26プロジェクトを対象とした。

評価指標として、経済効果をみるため年平均被害面積期待値相当を直接工事費で除した値を採用したが、さらに地盤高と計画水位の関係、工事に際して現地での対応事務所が上記5県とならないもの、水理的な検討結果を考慮した。

プレモンスーン洪水防御・排水事業として、リハビリ15プロジェクト、新規22プロジェクトの合計37プロジェクトを提案する(下表参照)。位置図を次頁に示す。

提案プロジェクト

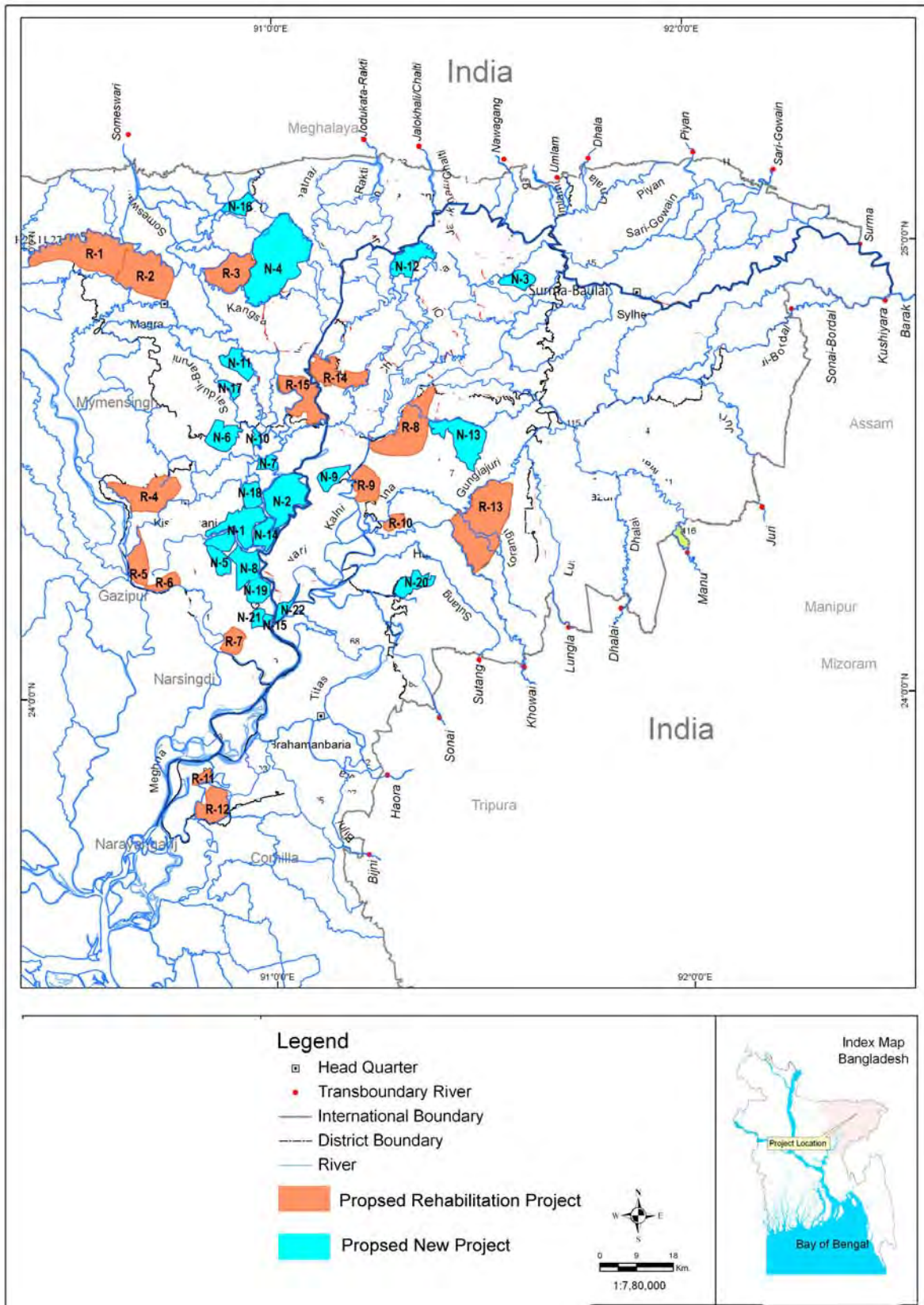
(1) リハビリプロジェクト

No.	Name of Project	Annualized Benefit B	Cost (mil. BDT) C	B/C	Rank	Remark
R-1	Dampara Water Management Scheme	1,166.5	32.0	36.496	9	M/P提案事業
R-2	Kangsa River Scheme	1,148.6	4.6	248.163	3	M/P提案事業
R-3	Singer Beel Scheme	359.6	7.9	45.793	7	M/P提案事業
R-4	Baraikhali Khal Scheme	767.8	6.2	123.842	5	M/P提案事業
R-5	Alalia-Bahadia Scheme	134.6	17.0	7.912	12	M/P提案事業
R-6	Modkhola Bhairagirchar sub-project Scheme	166.5	16.3	10.231	11	M/P提案事業
R-7	Ganakhalli Sub-scheme	154.1	0.3	494.123	2	M/P提案事業
R-8	Kairdhala Ratna Scheme	757.9	1.1	677.758	1	M/P提案事業
R-9	Bahira River Scheme	273.3	113.6	2.405	15	M/P提案事業
R-10	Aralia Khal Scheme	99.8	5.5	18.295	10	M/P提案事業
R-11	Chandal Beel Scheme	104.2	25.8	4.032	14	M/P提案事業
R-12	Satdona Beel Scheme	187.6	34.7	5.413	13	M/P提案事業
R-13	Gangajuri FCD sub-project	1,368.4	36.2	37.840	8	優先順位が高く、プロジェクトの効果も大きいため対象案件とする
R-14	Kaliajuri polder #02 scheme	410.6	5.0	81.515	6	優先順位が高く、プロジェクトの効果も大きいため対象案件とする
R-15	Kaliajuri polder #04 scheme	399.3	2.7	148.241	4	優先順位が高く、プロジェクトの効果も大きいため対象案件とする

(2) 新規プロジェクト

No.	Name of Project	Annualized Benefit B'	Cost (mil. BDT) C	B'/C	Rank	Remark
N-1	Boro Haor Project (Nikli)	479	236.9	2.022	1	
N-2	Naogaon Haor Project	667	380.3	1.754	2	
N-3	Jaliar Haor Project	114	95.4	1.198	3	
N-4	Dharmapasha Rui Beel Project	1,286	1,119.5	1.148	5	
N-5	Chandpur Haor Project	70	58	1.191	4	
N-6	Suniar Haor Project	118	149	0.796	6	
N-7	Badla Haor Project	85	135	0.629	7	
N-8	Nunnir Haor Project	207	350	0.592	9	
N-9	Dakhshiner Haor Project	180	289	0.623	8	
N-10	Chatal Haor Project	43	111	0.387	10	
N-11	Ganesh Haor Project	117	312	0.375	11	
N-12	Dhakua Haor Project	228	620	0.367	12	
N-13	Mokhar Haor Project	451	1,444	0.313	13	
N-14	Noapara Haor Project	141	566	0.250	14	
N-15	Dulapur Haor Project	29	198	0.145	16	
N-16	Bara Haor (Kamlakanda)	164	1,002	0.164	15	
N-17	Bansharir Haor Project	27	238	0.115	18	
N-18	Korati Haor Project	123	962	0.128	17	
N-19	Sarishapur Haor Project	10	101	0.103	19	
N-20	Shelnir Haor Project	10	324	0.032	21	
N-21	Kuniarbandh Haor Project	7	217	0.033	20	
N-22	Ayner Gupi Haor	3	329	0.009	22	

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

提案プロジェクト位置図

7.2.2 河川浚渫事業

ディープハオールでは、雨季の終わりから乾季にかけてボロ米の作付けを開始するため、ポストモンスーン期には水路、樋門経由で速やかに河川へ内水排除を行う必要があり、河川水位を早く低下させる事が求められる。一方、中小洪水時には氾濫を防ぐため河川の流下能力の確保も求められる。さらに、スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川は舟運が盛んなため、舟運のための最低水深の確保も併せて求められる。これらの要求に対して、M/P では 5 区間の浚渫を提案している(図 5.4.4(5 章 P-5-32)参照)。

- 1) スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川のダルマパッシャ(Dharampasha)から下流区間
- 2) カトカル水路(Katkhal Channel)
- 3) スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川のチャタック(Chatak)からシュナムゴンジ(Sunamganj)間
- 4) カナルガット(Kanalgaht)から上流国境地点まで
- 5) ジャドゥガタ(Jadugata)川

以下の理由により優先的に実施すべき浚渫対象区間として 3 区間(上記 1)~3)の区間) が考えられる。

- 4)の区間についての「バ」国の期待は、スルマ-バウライ川への分流量の増加であり、これに対して浚渫の効果が低い。
- 5)の区間については、流入土砂が多いため頻繁に維持浚渫を実施する必要があるが、「バ」国の現状の維持管理費を鑑みると継続的に維持浚渫を実施する事が難しい。

以上の事から、スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川の現状を考慮すると

- 1) ダルマパッシャ(Dharampasha)から下流区間
- 2) カトカル水路(Katkhal Channel)
- 3) チャタック(Chatak)からシュナムゴンジ(Sunamganj)間

が、浚渫をすべき対象区間と考えられる。

JICA 支援実施事業としての実施可能性

上記 1)-3)が優先的に浚渫すべき区間であるが、これを JICA 支援事業として提案する事は、以下の理由から難しい。

- 維持浚渫は「バ」国の資金によって実施する必要がある。しかし上記区間を、数年に 1 回程度の頻度で維持浚渫を実施するための予算確保が、現状の維持管理を見る限り難しいため、持続性の確保の観点からそぐわない。

8 洪水対策構造物の計画・設計

8.1 既存構造物に関する現状と妥当性評価

8.1.1 プレモンスーン期構造物対策

(1) 既存構造物に関する現状

モンスーン期に巨大な氾濫湖となるディープハオールエリアにおいて、モンスーン期を対象とした治水対策のための構造物対策は実施せず、プレモンスーン期におけるフラッシュフラッド対策のための潜水堤防建設及び内水排除のための水路と樋門が主要な構造物対策となっている。このように、現在まで潜水堤防によるプレモンスーン期の洪水防御の考え方に基づいて構造物対策が実施されてきた。

しかしながら潜水堤防の現状は、越水による部分的な損傷や人為的な潜水堤防のカット（農業用水を引き込むためやボートによる運搬路の確保等）により、潜水堤防が完全に機能している状況にはない。

水路についてもモンスーン期に運ばれた土砂の堆積や水路側壁の侵食による堆砂等により水路の排水のための通水能力低下及び乾期当初にため池的な貯留を行うための容量不足の状況が発生している。

水路の下流端に設置されている樋門が全体の約半数は機能していない状況であり、内水排除や利水のための貯留およびフラッシュフラッド時の外水の流入防止といった目的が果たせない状況にある。

一方、今までモンスーン期の始めに河川水位上昇と併せて潜水堤防内の水位を上昇させるため樋門を使っていたが、現在 BWDB においてコースウエイを試験的に Khaliajuri polder-4 Project で建設中である。

現在建設中であり、建設後の試験運用結果によっては、コースウエイの提案もあり得るが、現時点では有効性に関する結果が出ていないため、本調査における提案は控えるものとする。

(2) 既存構造物に関する妥当性評価

妥当性の評価にあたっては、計画面、設計面、施工面、維持管理面から妥当性を評価する。

1) 計画面

既存構造物に関して、プレモンスーン期の 10 年確率洪水対応の潜水堤防を配し、かつ内水排除や乾期の利水用水を確保するための水路及びその下流端に樋門を配置する計画は、妥当と判断される。但し、上流から下流まで流域一貫した治水計画がないため、これを作成する必要がある。その上で、ディープハオール内の開発（潜水堤防）においても基準点の水位を越えない様に、その仕様を定めていく必要がある。

2) 設計面

設計面では、設計ガイドラインが制定されており、潜水堤防の計画規模(プレモンスーン期の 10 年確率対応)、安定計算等については、それに従って検討する事になっている。設計ガイドラインは BWDB の技術者、有識者によって検討がなされ作成されている。ガイドライン中の検討手法に関しては、他国の基準（主に USBR が多く使われているが）を参考に検討しガイドラインとして

採用されている。しかし、堤体材料に関しては現場で設計の粒土分布の材料が得られない場合、現地材料を最大限使用してしまうため、設計時点で十分な材料調査が必要であろう。

3) 施工面

潜水堤防の復旧において、締固めがなされておらず、単に人力で近傍の土質材料を盛立てただけの状況が判る。このため、浸水による堤体材料の局所的な耐久性の低下は早い。また、設計では堤体材料の粒径分布も示されているが、それに従っていないケースもある（ブレンドするための材料入手が難しいため）。この様に、施工において、設計通りの構造物が作られておらず、設計時点よりも、耐久性の小さい潜水堤防が建設されていると考えられる。

4) 維持管理面

維持管理に関しては、BWDB の維持管理予算不足が大きな問題となっている。現時点での構造物の維持管理に関しては妥当とは言えず、これをどの様に改善していくかが大きな課題である。

現在の状況が改善されない限り、リハビリ事業及び新規事業を実施しても、数年～十数年後には現在と同様な問題が発生すると考えられる。

8.1.2 モンスーン期構造物対策

(1) 既存構造物に関する現状

既存ハオールプロジェクトは、ディープハオールエリア内に構造物が建設されているもの以外にも、氾濫原と呼ばれる地域に建設されているハオールプロジェクトもある。この場合の構造物は、堤防（Full Embankment）、場合によっては潜水堤防との組み合わせ、水路、樋門が一般的である。

堤防に関しては、侵食により堤防がダメージを受けているケースや、当初の余盛不足により現時点で天端標高が設計標高より低いケース、人為的なカットがある。

水路についてもやはり長期間の利用による水路内の堆砂があり問題となっており、樋門についても、操作できない樋門が多く存在している。

(2) 既存構造物に関する妥当性評価

1) 計画面

ハオール内の全体の治水計画というものはないが、水理的、環境的、社会的観点から、ディープハオール内のモンスーン期を対象とした構造物対策は行っていない（洪水との共生）。氾濫原では、堤防(Full Embankment)を建設し、2期作以上の作付けが可能となる様な事を考えている。一方、インド国境付近のスルマ-バウライ(Surma-Baulai)川とカルニ-クシヤラ(Karni-Kushiyara)川に挟まれた地域では内水排除の問題があり、これに対しては樋門や排水機場を建設している。この様に、洪水対策として必要な構造物対策は考えられており施設の投入はなされているが、M/P においても具体的な河川管理計画は提示されていないため、ハオール地域全体での河川管理計画が必要であり、それに基づいて各構造物の妥当性が議論される必要がある。

2) 設計面

設計に際しては、設計ガイドラインにおける堤防の設計洪水位(20年確率水位)を基に設計されている。この解析も北東地域モデルをベースに検討する事となっているため、各堤防の水位設定については妥当であると考えられる。また、安定計算等の計算手法についても妥当である。但し、上述の様に築堤材料に関する調査が十分なされていない状況である。

3) 施工面

ディープハオールの外側に位置する氾濫原におけるプロジェクトでは、ハオールエリアをも守る様に輪中堤が建設されているが、上述の通り材料、締固め度等の問題があり、材料、含水比、締固め度等の十分な管理が必要と考える

4) 維持管理面

維持管理面に関しては、プレモンスーン期でも述べている様な改善が必要であり、現時点の維持管理が今後も続くようであれば、大きな問題である。

8.1.3 耐久性の観点における既存潜水堤防の設計施工上の課題

本調査で実施した土質調査、BWDB への聞き取り調査、視認調査を総合すると、堤防の耐久性に関する課題として、(1)材料の不良、(2)施工の不良、(3)表面保護の不足の3点が挙げられる。

(1) 材料の不良

堤防の材料は、細粒分（0.075mm 以下）が多すぎると乾燥によるひび割れとそこから生じる侵食による劣化しやすい。また、細粒分（0.075mm 以下）が少なすぎると透水性が高くなり、漏水による損傷を受けやすくなる。したがって、堤防に求められる機能、耐久性を確保するために、日本では、通常細粒分（0.075mm 以下）の含有率が 15%～50%程度の材料が使用されるが、本調査で実施した新規 5 ハオールプロジェクト 15 ヶ所の築堤材料によると、0.075m 以下の細粒分の含有率は概ね 90%以上と極めて細かく、ひび割れや侵食の起こりやすい材料と言える。また、細粒分が多すぎる材料は施工性が悪く、締固めにくい材料である。

(2) 施工の不良

潜水堤防の締固め工事は、図面に 7.0kg ランマ転圧が注記される形で発注されているが、締固度に関する規定はされていない。また、Design Circle の経験からモンスーン期の水没に十分な耐性を得るためには 90%程度の締固度が必要との意見があり、大型重機による施工が必要となる。

日本の堤防においては、通常、平均締固度 90%で規定されることが多く、上記の感覚は妥当と言えよう。施工時の含水比調整については、特にマニュアルやスペックではより規定さておらず、留意事項の一つである。

(3) 表面保護の不足

既存堤防の状況から、潜水堤防の天端舗装、植生による法面保護が表面保護に有効であることは明らかである。BWDB の Design Circle としては、当然ながら斜面保護および天端舗装を行うことで、耐久性が向上することは理解しているが、予算上の制約により現段階でこのような表面保護は実施されていないとのことである。

既存の潜水堤防あるいは潜水道路で、舗装および 1:2 より緩い勾配の斜面として植生保護を与えることで、耐久性がかなり増すことが期待できる。一方、斜面勾配を急にし、保護工をしない場合には明らかに盛土の劣化が著しい。

(4) 堤防に係る BWDB 設計マニュアル

BWDB は、“Standard Design Manual Volume-I: Standard Design Criteria”を発行しており、堤防に関しては「7.0 Design Criteria for Embankment」に記載がある。しかしながら、築堤材料の粒度構成、締固度、含水比調整などに関する事項はマニュアルには記載されていない。

締固めに関しては前述のように、図面の Note の中で 7.0kg ランマ転圧が指示されているが、締固度に関する言及は無い。粒度構成についても図面の Note の中で指示されているが、砂以上の粗粒分が非常に少なく「0%」が許容されている。現地材にはほとんど砂分が無いことから、実際の築堤材料も砂の含有率は 0%に近い。このため、水没と乾燥の繰り返しによりひび割れや浸食による劣化を招く。

8.2 洪水対策構造物の標準的な概略設計の提案

8.2.1 既存構造物設計のレビュー

(1) ゲート施設の状況

レギュレーター（樋門）は、幅 1.5m×高さ 1.8m の標準形状のゲートを使用し、門数を増やすことで所要の排水機能を確保している。しかし、現地調査の結果、約半数の既存ゲート施設が機能していないことが判明した。原因は、パーツの盗難、紛失、損壊および設備全体の腐食である。

いずれもメンテナンスが全く行われていない状況で、グリースやボルトの増し締めさえ行われていない。住民によると、グリースやボルトの増し締めといった簡単なメンテナンスも BWDB の担当であり、自ら進んで日々のメンテナンスをするものはいない。

(2) コンクリート構造物の状況

比較的健全なコンクリート施設も多いが、半数はコンクリートの劣化や破損の問題を抱えている。

レギュレーターの図面によると、コンクリートの要求性能として 28 日強度 20N/mm² とのみ記載されているが、現場練りのため、最低限の品質管理もなされていない可能性がある。コンクリート配合、品質管理の標準化が必要である。

レギュレーターの設計図面では、鉄筋のかぶりが規定されているが、現地ではコンクリートが剥離し、むき出しの鉄筋が腐食している状況がしばしば確認された。これはかぶりの小ささとモルタル量の不足に原因があるものと思われる。

また、デッキスラブの巻上機固定部のコンクリートが欠けている事例が比較的多く見られた。巻上機を支えるプレートとボルトの位置にコンクリートのせん断破壊が考慮されていないなど、細部の配慮を欠いた設計施工が見られる。

8.2.2 構造物の標準的な概略設計

(1) 潜水堤防設計に関する考察

- BWDB の Standard Design Manual では、潜水堤防の高さは 10 年確率水位＋余裕高 0.3m としており、本調査でもそれに従う。
- また、潜水堤防の天端幅はマニュアルで 4.3m としているものの、実際には 3.6m で設計されている例が多い。これはコスト削減のためと思われるが、点検や補修で車両が通行する際に、路肩部への影響を考えると、天端幅は 4.3m が妥当である。
- 地質調査の結果、表層からの軟弱層（粘土地盤：N=4 相当以下）の厚さは概ね 5m 以内である。圧密試験に基づく沈下解析の結果、想定される堤防高（4m 以下）では残留沈下はほとんどない結果となった。既存図面では余盛 15cm の規定が多く、十分な値と判断される。

- ダッチコーン試験の結果、ごく一部で見られる軟弱層を除き、貫入抵抗値は 0.8MPa 以上（粘着力 26.7kN/m² 以上相当）である。堤防および基礎地盤を含めたすべり計算の結果、粘着力 23kN/m²（貫入抵抗値 0.7MPa 相当）であれば、盛土勾配 1:2.0 以上で安定条件（安全率 1.2）を満足する。軟弱層の場合は、堤防高 2.0~2.5m 以上で線形を変更する等による対策が必要である。実施段階では、少なくとも 500m 程度毎および地形上留意すべき位置でボーリング調査を行い、軟弱層の有無を確認すべきである。
- 築堤材料はコスト面、技術面から近傍での現地調達とならざるを得ないが、局所的な耐久性低下やメンテナンス頻度を低減するために、95%の締固度を目標とすることが望まれる。

(2) レギュレーター的设计案に関する考察

現在の標準的なレギュレーターは引き上げ式ゲートを有する樋門形式の堤防横断構造物である。樋門の通水能力や操作台の高さといった基本事項は、BWDB の Design Manual に従って定める。

また、レギュレーターに関する現状の課題を考慮すると、設計やコンクリート品質といった基本的な事項の強化が必要である。

レギュレーターの品質、維持管理に関する改善提案

改善項目	必要な対策項目
設計およびコンクリート品質の向上	<ul style="list-style-type: none"> - 最大骨材径、分級、粒度範囲に関する標準化 - 配合（骨材量、セメント量、水量）の標準化 - スランプ値の規定 - 工事中の品質管理手法の確立（骨材試験、スランプ値での品質管理） - 骨材径に応じた鉄筋のかぶりの見直し - 構造計算の実施とゲート操作荷重の考慮 - 設計段階での維持管理方法、予算の提案（DPP への記載）

9 ハオール地域における非構造物洪水対策

9.1 既存の非構造物対策の現況と妥当性評価

非構造物対策は、遊水地、堤防、浚渫、放水路などの洪水施設による対策ではなく、知識、制度、合意などにより洪水の負の影響を軽減し、従来の工学的施策に対して経済的で生態系に優しい代替案となる。

典型的な非構造物対策は、早期警報システムの設置、土壌/土地利用規制・管理、保険、防災意識の啓発、公共情報の提供などであり、洪水関連災害の緩和に寄与する。しかし、全ての非構造物対策があらゆる状況に効果的であるとは限らず、いくつかの構造物対策に複数の非構造物対策を併用することで洪水リスク管理上高い効果が期待される。ハオール地域においては人的被害よりも作物の洪水被害が主な問題であり、そこに重点を置いた資産被害の軽減を政府および NGO により実施することとなる。ハオール地域では種々の非構造物対策が実践されており、それらの対策にかかるハオール地域の現況、実施中および計画中の活動を整理・分析して評価し、更なる対策の可能性/必要性について整理した。その検討対象としては、(1) 河川エリアの開発規制、(2) 洪水予警報システム、(3) 警報の伝達、(4) 簡易警報システム、(5) 地域防災計画 ((a) 避難計画、(b) ハザードマップ作成、(c)洪水避難所設置、(d)防災意識の啓発、(e)種子および食物銀行、

(f)作物保険が含まれる)、(6) 生計の多様化 ((a)米の品種の多様化 (b)作物の多様化、(c)雇用の多様化、および(d)市場へのアクセス改善)、(7) 生活環境の耐水化 ((a) 家屋の床上げ、(b) 宅地や市場のための高床プラットフォームの建設)、(8) 参加型水資源管理がある。

この検討の結果、ハオール地域に適切な非構造物洪水対策は、(1) 地域防災計画、(2) 生計の多様化、(3) 生活環境の耐水化、および (4) 参加型水資源管理である。これら 4 対策を十分な計画の下で実施すれば、ハオール地域における洪水被害の軽減に大いに寄与するものと考えられる。

9.2 洪水対策として効果的と考えられる非構造物対策

前述に示す 4 つの非構造物対策について、実施中および計画中の事業について整理・分析し、さらなる事業の実施可能性／必要性を検討した。この結果、6 つの候補案件が抽出された。これらはいずれの対策も洪水被害軽減に寄与するものであるが、全てが JICA 支援に適したものではなく、このうち JICA 支援事業として効果的と考えられる案件は以下の通りである。

- NSM-1 : 利用者に配慮した洪水避難所兼市場の計画および実施
- NSM-2 : 種子・食物銀行の調査
- NSM-3 : フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた作物の多様化および市場へのアクセス改善
- NSM-4 : ビール (beel) 漁業の普及

本調査では、これら 4 案件の事業位置、目的、主な活動、受益地/受益者、実施機関、JICA 支援の緊急性を整理し、NSM-3 と NSM-4 は、実施の緊急性が高いと判断している。なお、JICA の支援には適さないとされる案件も「バ」国により実施されることが望まれる。

10 結論と提言

ハオール湿地帯開発庁 (BHWDB) は、今後 20 年間のハオール地域における包括的な開発計画として「ハオール地域開発マスタープラン (M/P)」を 2012 年 4 月に策定した。この M/P は今後のハオール地域への具体的な JICA 支援の実施にあたって上位計画となるものである。しかし、M/P は現状・課題分析および参加型プロセスなどを通して地域住民のニーズやその重要性・緊急性を反映する優先事業等を取りまとめているものの、事業実施による上下流地域への影響に関する水理解析やその他技術面からの十分な吟味・検証は実施されていない。本調査は、このことを踏まえ、ハオール地域における今後の JICA 事業形成・実施のベースとなる本 M/P のレビュー及び補完的な基礎的調査を行い、当該地域における洪水対策・河川管理計画の中で JICA が支援すべき優先度が高い事業として、以下の構造物・非構造物対策を提案している。

(1) 構造物対策

- ハオール地域におけるプレモンスーン洪水防御・排水事業 (ハオール事業のリハビリ事業ならびに新規建設事業 ; 以下「ハオール事業」)

(2) 非構造物対策

- ▶ フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた作物の多様化および市場へのアクセス改善
- ▶ ビール (beel) 漁業の普及

さらに、本調査では構造物対策について、技術面からの基礎的な検討に重点を置いて事業内容を取りまとめた。このことを踏まえ、本事業の実現に向けて下記の点を提言する。

- (1) ハオール事業を構成するサブプロジェクト群として選定されている 37 案件（リハビリ案件：15、新規建設案件：22）については、上述のように主として技術面の検討から事業を形成した。今後の実施に向けたハオール事業の形成では、経済性および環境・社会配慮の面からの評価も含めたレビュー・事業内容の吟味が求められる。
- (2) ハオール地域では、河川の水位・流量観測が実施されているが、「バ」国の洪水水位による管理体制からの要請もあり人力（目視）による日中（午前 6:00～午後 6:00）の水位観測が基本になっている。今後の当該地域における水資源管理では河川流水の量的な把握も取り込んだ管理も重要になることから、自記水位計を利用した水位観測ならびに「水位 流量曲線」の整備を推奨する。
- (3) 潜水堤防や樋門など洪水施設の計画における設計洪水水位は、現在、水位の確率評価に基づいて設定されているが、今後の土地利用や河床/河道などの変化を考慮すると水位評価による計画から、洪水対策上の基準点において高水流量を決定し、流量を基本に設計洪水水位を設定した計画の取り込みも望まれる。
- (4) 本調査では、約 8,500km²を有する広大なハオール地域を対象に IWM が保有する洪水解析モデルを一部改良して水理解析を行い流況を検討している。実施に際しては、事業地域を対象にしたより精緻な水理解析による流況などを確認することを推奨する。
- (5) 地盤調査（ダッチコーン試験）の結果、ごく一部ではあるが軟弱層が確認され、堤防高 2.0～2.5m 以上では押さえ盛土等の対策も必要になる。このため、実施段階では、構造物の詳細設計に反映するべく計画する潜水堤防に沿って 500m 程度毎に、ならびに地形上留意すべき位置などにおいてボーリング調査による軟弱層（特に、ピート層）の有無の確認を提案する。
- (6) ハオール地域では雨季の始まりに、これまで 2 年～3 年に一度の頻度で発生するフラッシュフラッドにより深刻なボロ米被害を蒙っている。この悲惨な被害の現状を踏まえると、当該地域における洪水被害を軽減し、経済活動の活性化と貧困削減・生計向上に大きく資する提案事業の早期実現が強く求められている。この実現に向けて「バ」国政府が予算確保、技術支援の要請など今後にとるべきアクションを遅滞なく実施することを提案する。

略語 (1/2)

略語	英語	日本語
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ADPC	Asian Disaster Preparedness Center	アジア防災準備センター
ASTM	American Society for Testing and Materials	米国試験材料協会
BBS	Bangladesh Bureau of Statistic	バングラデシュ統計局
BDHS	Bangladesh Demographic and Health Survey	バングラデシュ人口及び衛生調査
BDT	Bangladesh Taka	バングラデシュ タカ
BHWDB	Bangladesh Haor & Wetland Development Board	ハオール湿地帯開発庁
BIWTA	Bangladesh Inland Water Transport Authority	バングラデシュ水運公団
BMD	Bangladesh Meteorological Department	バングラデシュ気象局
BRRRI	Bangladesh Rice Research Institute	バングラデシュ稲作研究所
BUG	Beel User Group	ビールユーザーグループ
BWDB	Bangladesh Water Development Board	バングラデシュ水開発庁
CALIP	Climate Adaptation and Livelihood Protection	気候変動及び生計支援プロジェクト
CCTV	Closed Circuit Television	閉回路テレビ
CDM	Comprehensive Disaster Management	総合的災害管理
CDMP II	Comprehensive Disaster Management Programme II	総合的災害管理プログラム II
CEGIS	Center for Environmental and Geographic Information Services	環境地理情報サービスセンター
CFB	Community Food Bank	コミュニティ食物銀行
CNRS	Center for Natural resource Study	天然資源調査センター (NGO)
CRA	Community Risk Assessment	コミュニティリスク評価
DA	Development Area	開発分野
DAE	Department of Agricultural Extension	農業振興局
DCRMA	Disaster and Climate Risk Management in Agriculture	農業における災害および気候リスク管理
DCT	Dutch Corn Test	ダッチコーンテスト
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DG	Director General	総局長
DGHS	Directorate General of Health Services	衛生サービス総局
DPP	Development Project Proposal	開発プロジェクトプロポーザル
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
FAO	Food and Agriculture Organization	国際連合食糧農業機関
FAP	Flood Action Plan	洪水アクションプラン
FFPC	Flood Forecasting and Processing Center	洪水予報及びデータ処理センター
FFWC	Flood Forecasting and Warning Center	洪水予警報センター
FTRA	Fast Tracked Risk Assessment	ファーストトラックリスク評価
GDP	Gross Domestic Production	国内総生産
GOB	Government of Bangladesh	バングラデシュ政府
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Centers River Analysis System	水理技術センター 河川解析システム
HILIP	Haor Infrastructure and Livelihood Improvement Project	ハオール施設及び生計向上プロジェクト
HYV	High Yield Variety	高収量品種
IDM	Introduction to Disaster Management	災害管理入門
IFAD	International Fund for Agricultural Development	農業開発国際基金
IRRI	International Rice Research Institution	国際稲作研究所
IVR	Mobile Phone Instant Voice Response	携帯インスタントボイス応答
IWM	Institute of Water Modelling	バングラデシュ水モデル研究所
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LGED	Local Government Engineering Department	地方政府技術局
M/P	Master Plan	マスタープラン
MDGs	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
NERM	North East Region Model	北東地域モデル

略語 (2/2)

略語	英語	日本語
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
NWMP	National Water Management Plan	国家水管理計画
O&M	Operation and Maintenance	運用および維持管理
PCM	Public Consultation Meeting	公聴会
PWD	Public Works Datum	公共事業基準点標高
POPI	People's Oriented Program Implementation	ポピ (NGO 団体の名称)
RHD	Bangladesh Roads and Highways Department	バングラデシュ道路・高速道路局
RRAP	Risk Reduction Action Plan	リスク削減アクションプラン
SCBRMP	Sunamganj Community Based Resource Management Project	シュナムゴンジコミュニティーベース資源管理プロジェクト
SLSC	Standard Least Square Criterion	最小二乗基準
SSWRDP	Small Scale Water Resources Development Project	小規模水資源開発事業
SWMC	Surface Water Modeling Center	表流水モデリングセンター
SWSMP II	Surface Water Simulation Modeling Programme Phase-II)	表流水シミュレーションモデルプログラム：フェーズ II
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	国際連合教育科学文化機関(ユネスコ)
USBR	United States Bureau of Reclamation	米国内務省開拓局
WG	Working Group	ワーキンググループ
WMA	Water Management Association	水管理組合
WMCA	Water Management Cooperative Association	水管理協力組合
WMIP	Water Management Improvement Project	水管理改善事業

ファイナルレポート

目次

調査対象地域位置図		
要約		
略語		
		頁
第1章	序論	1-1
1.1	調査の背景	1-1
1.2	調査の目的	1-2
1.3	調査対象地域	1-2
1.4	調査スケジュール	1-3
1.5	ファイナルレポート	1-3
第2章	調査対象地域の概況	2-1
2.1	自然条件	2-1
2.1.1	自然地理および地盤標高	2-1
2.1.2	気象	2-4
2.1.3	既存河川水系	2-5
2.1.4	地質構造と土質	2-9
2.2	自然資源	2-12
2.3	社会・経済	2-14
2.4	洪水被害および洪水痕跡	2-22
第3章	「ハオール地域開発マスタープラン (M/P)」の検討過程のレビュー	3-1
3.1	ワーキング・グループの結成と活動	3-1
3.2	M/Pの検討過程に関する調査結果	3-1
第4章	現地調査	4-1
4.1	河川縦横断測量	4-1
4.1.1	データ収集およびレビュー	4-1
4.1.2	河川縦横断測量	4-3
4.2	地形測量および地盤調査・土質調査	4-4
4.2.1	地形測量	4-4
4.2.2	地盤調査・土質調査	4-9
4.3	既存河川および農業施設の調査	4-12
4.3.1	データ収集およびレビュー	4-12
4.3.2	調査対象地域	4-24

	頁
4.3.3 調査項目	4-26
4.3.4 調査結果.....	4-26
第5章 水文・水理解析.....	5-1
5.1 データ収集およびレビュー.....	5-1
5.2 水理解析	5-7
5.3 洪水流出解析	5-11
5.3.1 概説.....	5-11
5.3.2 水位シミュレーションモデル（動的水理解析モデル）の適用	5-11
5.3.3 再現期間に相当する水位標高.....	5-19
5.4 土砂収支および河床変動解析.....	5-25
5.4.1 データ収集およびレビュー.....	5-25
5.4.2 土砂収支.....	5-26
5.4.3 河床変動解析.....	5-27
5.4.4 スルマ - バウライ川の浚渫計画	5-30
第6章 洪水対策および河川管理のレビュー.....	6-1
6.1 洪水対策の計画規模および計画対象降雨	6-1
6.1.1 洪水防御レベル.....	6-1
6.1.2 設計対象降雨.....	6-4
6.2 危険水位による洪水管理.....	6-4
6.3 M/Pにおける洪水対策および河川管理計画の提案.....	6-5
6.4 日本の河川計画手法の適用性.....	6-6
第7章 ハオール地域の洪水対策および河川管理計画における構造物対策.....	7-1
7.1 洪水対策および河川管理計画に係る基本事項の設定	7-1
7.2 洪水対策および河川管理計画における構造物対策の検討.....	7-5
7.2.1 概説.....	7-5
7.2.2 プレモンスーン洪水防御・排水事業.....	7-6
7.2.3 河川浚渫事業.....	7-21
第8章 洪水対策構造物の計画・設計.....	8-1
8.1 既存構造物に関する現状と妥当性評価.....	8-1
8.1.1 プレモンスーン期構造物対策	8-1
8.1.2 モンスーン期構造物対策.....	8-5
8.1.3 耐久性の観点における既存潜水堤防の設計・施工、維持管理上の課題.....	8-6
8.2 洪水対策構造物の標準的な概略設計の提案	8-10
8.2.1 既存構造物設計のレビュー.....	8-10
8.2.2 構造物の標準的な概略設計	8-11

	頁
第 9 章	ハオール地域における非構造物洪水対策..... 9-1
9.1	既存の非構造物対策の現況と妥当性評価..... 9-1
9.1.1	洪水被害のパターンと非構造物対策..... 9-1
9.1.2	既存の非構造物対策と妥当性の評価..... 9-2
9.2	効果的と考えられる非構造物洪水対策..... 9-8
9.2.1	ハオール地域で考えられる非構造物洪水対策事業..... 9-8
9.2.2	JICA 支援事業として効果的と考えられる非構造物洪水対策..... 9-12
第 10 章	結論と提言 10-1

表 目 次

	頁
表 2.1.1	メグナ川水系の地域別流域面積..... 2-5
表 2.1.2	国際河川 2-5
表 2.1.3	クシヤラ川およびスルマ川の期別流量..... 2-8
表 2.1.4	メガラヤ地域の河川期別流出量..... 2-8
表 2.1.5	トゥリプラ地域の河川期別流量..... 2-8
表 2.1.6	地域毎の期別流量..... 2-9
表 2.1.7	地域毎の期別流量比率..... 2-9
表 2.2.1	ハオール地域に係る水収支（1960-2009） 2-12
表 2.2.2	県別自然森林区域..... 2-13
表 2.2.3	動物相、植物相の範囲..... 2-13
表 2.2.4	ハオール地域の鉱産資源..... 2-14
表 2.3.1	2011 年における県別人口、人口密度、性別比率 2-15
表 2.3.2	2011 年における県別都市化率..... 2-15
表 2.3.3	北東地域の農地..... 2-17
表 2.3.4	農作物収穫高..... 2-18
表 2.3.5	HYV ボロ米の被害 2-19
表 2.3.6	作物別の収益..... 2-19
表 2.3.7	県別教育機関数..... 2-21
表 2.4.1	近年における洪水被害の特徴..... 2-22
表 2.4.2	各年の「バ」国の浸水面積..... 2-23
表 2.4.3	フラッシュフラッドによるボロ米の被害 2009-2010..... 2-24
表 3.2.1	調査案件の整理 3-3
表 3.2.2	M/P で提案されたりハビリ事業 WR01 のハオール事業..... 3-4
表 3.2.3	M/P で提案された新規ハオール事業：WR02..... 3-7
表 3.2.4	M/P で提案される浚渫計画..... 3-14
表 3.2.5	M/P のハオール地域村落波浪防御事業..... 3-15
表 4.1.1	調査対象地域の河川横断測量..... 4-1

	頁
表 4.1.2	2007 年に実施した北東地域モデル検定に使用した河川横断面データ 4-3
表 4.1.3	2011-12 に IWM が測量を実施した河川横断面数 4-3
表 4.1.4	各河川の河川横断面数..... 4-3
表 4.2.1	ハオールプロジェクトの数..... 4-4
表 4.2.2	地形測量対象ハオールプロジェクト 4-5
表 4.2.3	新規ハオールプロジェクト 4-6
表 4.2.4	調査項目・数量..... 4-11
表 4.2.5	調査項目・数量（計画と実績） 4-11
表 4.3.1	既存ハオールプロジェクト修復事業..... 4-13
表 4.3.2	BWDB 実施予定のリハビリ対象事業の一部（37 ハオールプロジェクト）の諸元..... 4-14
表 4.3.3	2007 年洪水による河川構造物の被害状況（BWDB） 4-21
表 4.3.4	対象ハオールプロジェクト..... 4-24
表 4.3.5	構造物調査結果..... 4-27
表 4.3.6	河川構造物調査対象地域..... 4-32
表 4.3.7	ハオールプロジェクトにおける既往最大水深..... 4-37
表 5.1.1	BWDB の水位観測所リスト..... 5-1
表 5.1.2	BWDB の流量観測所リスト..... 5-2
表 5.1.3	BWDB の雨量観測所リスト..... 5-3
表 5.1.4	BWDB の蒸発量観測所リスト..... 5-4
表 5.1.5	BMD の気温観測所リスト..... 5-5
表 5.3.1	プレモンスーン期における 10 年確率水位のシミュレーション水位と 実測水位の比較..... 5-18
表 5.3.2	各地点におけるプレモンスーン期の年最高水位..... 5-20
表 5.3.3	各地点におけるモンスーン期の年最高水位..... 5-20
表 5.3.4	各観測所における確率水位（プレモンスーン期） 5-23
表 5.3.5	各観測所における確率水位（モンスーン期） 5-23
表 5.3.6	対数正規分布に対する検定（プレモンスーン期） 5-24
表 5.3.7	対数正規分布に対する検定（モンスーン期） 5-24
表 5.4.1	「バ」国北東地域にかかる堆砂解析の整理..... 5-25
表 5.4.2	河床材料の平均粒径（D50）データ 5-25
表 5.4.3	FAP6 における浮遊砂採取位置..... 5-25
表 5.4.4	浚渫計画（ハオール M/P） 5-30
表 6.1.1	確率年の違いによる水位差..... 6-3
表 6.2.1	危険水位 6-4
表 6.4.1	日本の河川計画手法適用の可能性..... 6-7
表 7.1.1	主要地点の設定..... 7-2
表 7.1.2	河川の重要度と計画の規模..... 7-2
表 7.1.3	主要地点における計画高水位..... 7-3
表 7.1.4	平均河川幅..... 7-5

	頁
表 7.2.1	既存リハビリ及び新規ハオールプロジェクトの諸元..... 7-7
表 7.2.2	稲作の被害率..... 7-14
表 7.2.3	各プロジェクトの優先順位..... 7-15
表 7.2.4	提案プロジェクト..... 7-19
表 7.2.5	浚渫区間及び浚渫量..... 7-21
表 8.1.1	コーズウェイが計画されているハオールプロジェクト..... 8-3
表 8.1.2	築堤材料の粒度試験、締固試験結果一覧..... 8-7
表 8.2.1	新規プロジェクトのレギュレーター計画..... 8-16
表 8.2.2	レギュレーターの品質、維持管理に関する改善提案..... 8-17
表 9.2.1	「地域防災計画」の事業..... 9-9
表 9.2.2	「生計の多様化」の事業..... 9-10
表 9.2.3	「生活環境の耐水化」の事業..... 9-11
表 9.2.4	「参加型水資源管理」の事業..... 9-11
表 9.2.5	各対策の JICA 支援としての適性の分析結果..... 9-12
表 10.2.1	ハオール事業のグループ分け..... 10-3
表 10.2.2	ハオール事業に係る経済性/優先順位の検討..... 10-4
表 10.2.3	ハオール事業のフェーズ区分..... 10-5
表 10.2.4	想定スケジュール..... 10-7
表 10.2.5	提案プロジェクト全て実施した場合の総事業費..... 10-7

目 次

	頁
図 1.3.1	ハオール地域の区分..... 1-2
図 1.4.1	調査スケジュール..... 1-3
図 2.1.1	自然地理学的地域分類図..... 2-3
図 2.1.2	数値標高モデルによる段彩図..... 2-4
図 2.1.3	メグナ川上流域図..... 2-6
図 2.1.4	メグナ川上流域の年間等雨量線図..... 2-7
図 2.1.5	調査地域の地質図..... 2-11
図 2.3.1	北東地域のハオールとウプジラベースの 2011 年人口..... 2-16
図 3.2.1	水深別洪水氾濫域図（1998 年 10 月洪水）..... 3-18
図 3.2.2	ハザードマップ（フラッシュフラッド）..... 3-19
図 3.2.3	作付体系図..... 3-20
図 3.2.4	土地区分図..... 3-21
図 4.1.1	調査対象地域内の対象河川における BWDB による河川横断測量位置 図..... 4-2
図 4.1.2	河川横断測量実施河川横断位置図..... 4-4
図 4.2.1	ハオールプロジェクトの位置図..... 4-7
図 4.2.2	地形測量対象新規プロジェクト位置図..... 4-8

	頁
図 4.2.3	土質調査位置図..... 4-9
図 4.3.1	BWDB 実施予定のリハビリ対象事業の一部 (37 ハオールプロジェクト) の位置図..... 4-17
図 4.3.2	Manu 堰およびポンプ場位置図 4-19
図 4.3.3	現地調査を実施したハオールプロジェクト位置図..... 4-25
図 4.3.4	現地調査位置図..... 4-29
図 5.1.1	気象水文観測所位置図..... 5-6
図 5.2.1	水文モデル (NAM-IWM) キャリブレーション結果 (1/2) - (2/2)..... 5-9
図 5.3.1	水位流量のキャリブレーション結果 (1/2) - (2/2)..... 5-13
図 5.3.2	Bhairab Bazar 水位観測所の観測記録およびシミュレーション水位..... 5-15
図 5.3.3	Itna 水位観測所の観測記録およびシミュレーション水位..... 5-16
図 5.3.4	Sunamganj 水位観測所の観測記録およびシミュレーション水位..... 5-16
図 5.3.5	Sylhet 水位観測所の観測記録およびシミュレーション水位..... 5-17
図 5.3.6	モデル照査地点位置図..... 5-17
図 5.3.7	5 地点の実測水位とシミュレーション水位の関係..... 5-19
図 5.3.8	標本 X の累積分布と標本 X の確率密度関数の累積分布の概念図 5-22
図 5.3.9	プレモンスーン期の年最高水位の対数正規分布..... 5-23
図 5.3.10	モンスーン期の年最高日水位の対数正規分布..... 5-24
図 5.4.1	北東地域の土砂収支 (FAP6) 5-27
図 5.4.2	河川調査プロジェクト (FAP24) で測定されたバイラブバザール地点でのアップパーメグナ川の浮遊砂濃度 (1994-1995) 5-27
図 5.4.3	シレット盆地の最深部方向に向けた河道の変遷..... 5-28
図 5.4.4	ハオールマスタープランにおいて提案されている浚渫区間..... 5-32
図 5.4.5	FAP6 で提案されている浚渫区間..... 5-33
図 5.4.6	舟運目的のために計画されている浚渫区間..... 5-34
図 5.4.7	チャタム-シュナムゴンジ間のスルマ川河床縦断 (2008 年) および舟運に必要な浚渫位置..... 5-35
図 5.4.8	ジャマルゴン-ジバイラブバザール間のアップパーメグナ川河床縦断と舟運に必要な浚渫位置..... 5-35
図 6.1.1	プレモンスーン期の確率年と洪水水位の関係..... 6-3
図 6.2.1	危険水位設定位置図..... 6-5
図 6.4.1	日本における治水計画フロー..... 6-6
図 7.1.1	スルマーバウライ (Surma-Baulai) 川縦断図..... 7-3
図 7.1.2	スルマーバウライ (Surma-Baulai) 川流下能力..... 7-4
図 7.1.3	スルマーバウライ (Surma-Baulai) 川河川幅..... 7-5
図 7.2.1	シレット (Sylhet) 盆地の最深部方向に向けた河川の変遷..... 7-6
図 7.2.2	リハビリプロジェクト位置図..... 7-12
図 7.2.3	新規プロジェクト位置図..... 7-13
図 7.2.4	Tanguar Haor 地域における流水の流入および流出..... 7-17
図 7.2.5	提案プロジェクト位置図..... 7-20

	頁
図 7.2.6	バラック (Barak) 川とスルマ-バウライ (Surma-Baula) 川およびカルニクシヤラ (Kalni-Kushiyara) 川の位置関係..... 7-22
図 8.1.1	乾湿繰り返し試験による締固度ごとの強度 (局所的耐久性) 低減 8-8
図 8.2.1	圧密試験結果に基づく軟弱層の厚さ、堤防高と沈下量の関係 8-12
図 8.2.2	基礎地盤の粘着力と円弧すべり安全率との関係 (堤防高 4.0m の場合) 8-12
図 8.2.3	盛土材の粘着力と円弧すべり安全率との関係 (堤防高 4.0m、盛土勾配 1:2 の場合) 8-13
図 8.2.4	締固め試験結果 (一軸圧縮強度と間隙比の関係) 8-14
図 8.2.5	レギュレーター標準図 (縦断面) 8-15
図 8.2.6	レギュレーター標準図 (平面) 8-15
図 10.2.1	ハオール事業のフェーズ分け 10-6
図 10.2.2	提案プロジェクト位置図..... 10-8

写真 目 次

	頁
写真 5.4.1	クシヤラ川の河道変化 (アジュミルゴンジ Ajmirganj 下流) 5-29
写真 5.4.2	スルマ川の河道変化 (カリムガンジ Karimganj 東方) 5-29
写真 9.1.1	新規プラットフォームの建設 (1/2) (シュナムゴンジ県ニキリ・ウパジラ) 9-7
写真 9.1.2	新規プラットフォームの建設 (2/2) (シュナムゴンジ県ニキリ・ウパジラ) 9-7

附 録

附録 3-1	ワーキンググループ運営規則
附録 3-2	議事録
附録 4-1	BWDB による河川横断データ
附録 4-2	地盤調査・土質試験結果の分析
附録 4-3	構造物調査
附録 4-4	写真位置図
附録 5-1	NERM 流域分割図
附録 5-2	計算水位による確率評価の妥当性の検討
附録 7-1	新規プロジェクトの影響
附録 7-2	プロジェクトマップ
附録 7-3	被害率の算定
附録 9-1	Assessment of Present Situation and Appropriateness regarding Existing Non-structural Flood Measures

第1章 序 論

1.1 調査の背景

Bangladesh (以下、「バ」国) は、総流域 172 万 km²にも及ぶガンジス(Ganges)川(パドマ(Padma)川)、ブラマプトラ(Brahmaputra)川(ジャムナ(Jamuna)川)、メグナ(Meghna)川の3つの国際河川が流れ込むデルタ地帯に位置しており、国土全体の約 90%が標高 10メートル以下の平坦な地形であり、河床勾配も非常に緩いことから、年間降水量の 80%以上が集中する雨季には毎年河川の許容量を超えて洪水が発生し、年平均で国土の 20%以上が浸水する。

「バ」国は、1999年に国家水政策(National Water Policy)、2004年にはその実行計画である国家水管理計画(National Water Management Plan)を策定し、洪水を押さえ込むのではなく洪水との共生を図り、洪水適応型の環境を整備するという洪水対策の方向性を明確に打ち出している。洪水被害の軽減なしに「バ」国の安定した成長は見込めないが、洪水によって同国の肥沃な土壌が保たれているという一面もあることから、水資源の適切な開発と管理によっていかに洪水との共生を図るかが「バ」国の最重要課題の一つである。

国際協力機構(JICA)は 2009年から 2010年にかけて実施した防災セクター協力準備調査(プログラム形成)を踏まえて、洪水対策・統合的水資源管理が必要な3大河川のうち、特にメグナ(Meghna)川に支援の重点を置くこととしている。「バ」国の北東部に位置するメグナ(Meghna)川の上流域には、ハオールと呼ばれる標高 3~5mの低湿地帯が広がっており、雨季には約 8,500 km²の盆地全体が水没するが、このハオールの湛水が人口約 1,600万人を有する首都ダッカへの洪水抑制に重要な役割を果たしているともいわれている。メグナ(Meghna)川上流域は乾季には食糧基地として、雨季には豊富な漁場として経済を支えているが、毎年雨季の始まりにインド領内の世界的な多雨地帯でもある山岳地域から流入する河川水により発生するフラッシュ・フラッド(鉄砲水)や、雨季の間の長期間に渡る湛水によって流域全体に大きな被害が発生している。当地域では古くから潜水堤防などの治水施設が建設されてきてはいるが、現在でも水害は頻繁に発生していることから、流域全体を視野に入れた洪水対策が必要とされている。

ハオール地域については、ハオール湿地帯開発庁(BHWDB)が調整機関として設立され、今後 20年間のハオール地域の包括的な開発計画として「ハオール地域開発マスタープラン(Master Plan of Haor Area: M/P)」が 2012年4月に策定された。17セクターにわたる包括的な計画であるが、適切な水資源管理のためには、フラッシュ・フラッド対策、波浪侵食対策、排水改善、灌漑施設整備、農漁業振興等が不可欠であり優先度が高い事業であるとしている。

今後のハオール地域への具体的な支援の実施にあたっては、この M/P が上位計画となるものであるが、M/P においては一定程度の水文解析も含めた現状・課題分析を行い参加型プロセスにより地域住民のニーズを反映して優先事業等を取りまとめているものの、事業実施に伴う上下流地域への影響等については水理解析による十分な検討が実施されていない。

こうした背景から、本調査は、ハオール地域における今後の JICA 事業形成・実施のベースとなる M/P の内容のレビュー及び策定過程にかかる追加的な情報収集を行うとともに、M/P を補完する基礎的な調査を実施するものである。

1.2 調査の目的

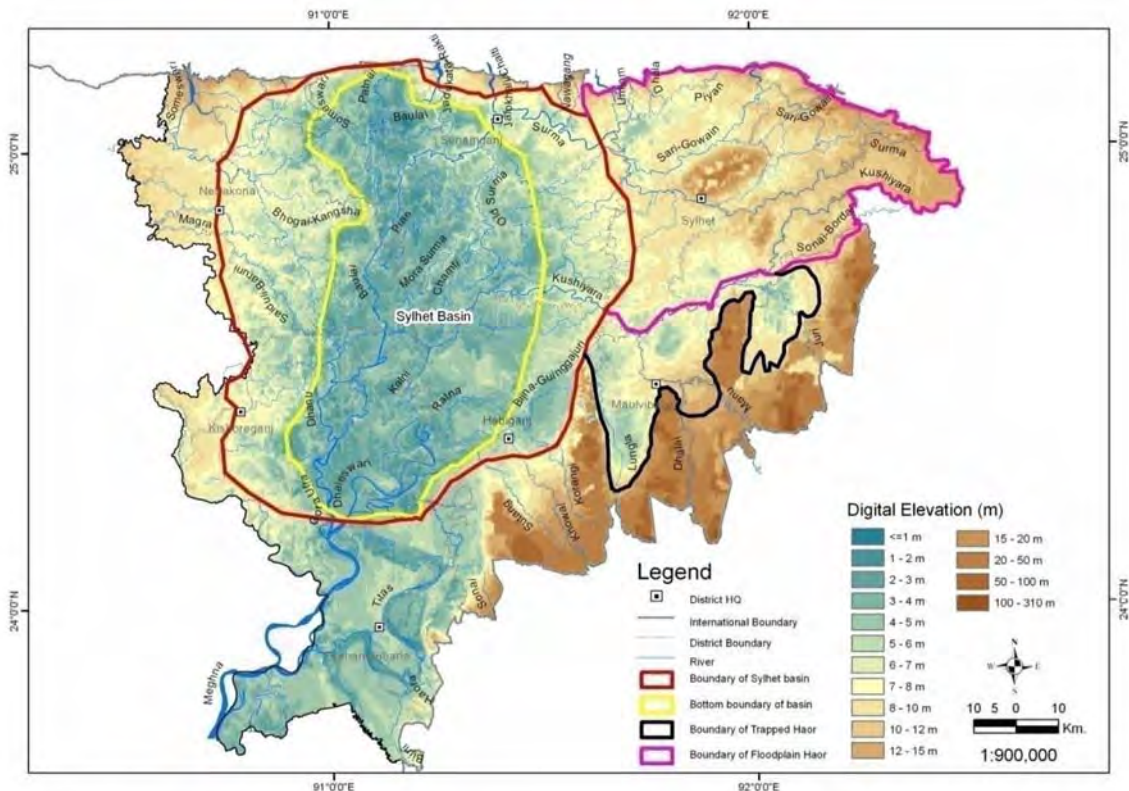
調査の目的は、以下の通りである。

- 1) M/P等のメグナ(Meghna)川上流域ハオール地域の水資源管理に関する計画の内容詳細および各種既存データの収集・分析
- 2) 上記の計画において分析がなされていない項目の基礎的な調査・分析
- 3) ハオール地域における洪水対策・河川管理計画の中で JICA が支援すべき事業の提案

1.3 調査対象地域

調査対象地域は、M/P で扱った河川流域である（調査に必要な上流および下流地域を含む。ただし、「バ」国領内に限る）。

調査地域には、ハオールと呼ばれる湿地が位置している。水文的かつ生態学的に特異な性質を有するハオールは、大きな椀の形をした洪水氾濫原の窪地である。373ヶ所のハオールが、シュナムゴンジ(Sunamganj)、ホビゴンジ(Habiganj)、シレット(Sylhet)、モウルビバザール(Maulvibazar)、ネトロコナ(Netrakona)、キショルゴンジ(Kishoreganj)およびブラフモンバリア(Brahamanbaria)の7県（以下、「北東地域」）に位置し、1.99百万ヘクタールの広さを持ち、19.37百万人の人々が暮らしている。ハオール地域は、図 1.3.1 に示すように、大きく(1)シレット盆地ハオール(Sylhet Basin Haor)地区（赤線）、(2)氾濫原内ハオール(Floodplain Haor)地区（紫線）、(3)閉塞型ハオール(Trapped Haor)地区（紺線）に区分され、シレット盆地ハオール地区の中央部には平坦で広大な低標高地域（黄線）が分布する。



出典：”Master Plan of Haor area, Water Resources , Ministry of Water Resources, April 2012”

図 1.3.1 ハオール地域の区分

1.4 調査スケジュール

調査期間は2012年11月から2013年12月までの14ヶ月であり、調査の全体スケジュールを図1.4.1に示す。

	Year													
	2012		2013											
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Work in Bangladesh	■		■				■		■		■		■	
Work in Japan	■			■				■		■			■	■
Reports	▲ IC/R				▲ P/R			▲ IT/R				▲ DF/R		▲ F/R

Notes:

IC/R=Inception Report PR/R=Progress Report IT/R=Interim Report DF/R=Draft Final Report F/R=Final Report

出典：JICA 調査団

図 1.4.1 調査スケジュール

1.5 ファイナルレポート

このファイナルレポートは、「バ」国において2012年11月～2013年11月に行った第1次～第4次現地調査を含む調査の結果を網羅してとりまとめている。

第2章 調査対象地域の概況

2.1 自然条件

2.1.1 自然地理および地盤標高

(1) 自然地理

調査対象地域の自然地理は、特に数種類の土質による土質材料と地形の組み合わせによって分類される。調査対象地域は、ハオール地域を形成している7つの県(シュナムゴンジ(Sunamganj)県、ホビゴンジ(Habiganj)県、ネトロコナ(Netrakona)県、キショルゴンジ(Kishoreganj)県、シレット(Sylhet)県、モウルビバザール(Moulvibazar)県、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県:「北東地域」)にまたがっている。また、調査対象地域は図 2.1.1 に示す様に国際連合食糧農業機関(FAO)によって作成された「バ」国の農業環境ゾーン分類¹の内、11 の自然地理ユニットが分布している。これらのユニットは北部及び東部山麓平野、北部及び東部丘陵、シレット(Sylhet)盆地、東部スルマ-クシヤラ(Surma-Kushiyara)氾濫原、旧ブラマプトラ(Old Brahmaputra)氾濫原、新ブラマプトラ(Brahmaputra)、ジャムナ(Jamuna)氾濫原、ブラマプトラ-ジャムナ(Brahmaputra-Jamuna)氾濫原、旧メグナ(Old Meghna)河口氾濫原、マドプール(Madhpur)地域、メグナ(Meghna)川中流氾濫原及びアクアラ(Akhaura)台地に分類される。これらのユニット中、重要な6つのユニットについて、以下に概要を示す。

1) 北部及び東部山麓平野

北部及び東部山麓平野は北部及び東部丘陵の裾野から広がる緩傾斜部に位置しており、北部山麓平野の境界部では主に沖積扇状地を形成している。インドとの国境付近の河川及びサムスワリ(Someswari)、ジャドゥカタ(Jadukata)、ジャルカリ(Jalukhali)、ピアイン(Piyain)川はこの地域に沖積扇状地を発達させた。また、インド領内のトリプラ丘陵から流れ込んでくるコワイ(Khowai)、モヌ(Manu)、スタン(Sutang)、ダライ(Dhalai)、ジュリ(Juri)川といった幾つかの急勾配河川によって調査地域の東部地域に氾濫原を形成している。

2) 北部及び東部丘陵

北部及び東部丘陵はジャマルプール(Jamalpur)、シェルプール(Sherpur)、シレット(Sylhet)県の北側境界に点在し、調査地域の東部に位置する背斜構造の上に位置している。これら丘陵は第三紀の固結及び未固結の砂岩、シルト岩、頁岩から形成されており、傾斜は主に急傾斜であるが、起伏は急な起伏から穏やかな起伏へと変化している。

3) シレット(Sylhet)盆地

シレット(Sylhet)盆地は広大な低地に横たわる碗の形状の窪地であり、モンスーン期には水深の深い氾濫原となる。この地域の主な特徴はかなり高い割合で浸水している大きな碗型の窪地という事である。

この地域は、200年前にブラマプトラ(Brahmaputra)川が流路を変更し、砂の供給が無くなったため、現在の窪地は主に地質学的な変化によって形成された。この広大な低標高地域の中の洪水氾濫地域の中で、タングア(Tangua)、シャニール(Shanir)、マティアン(Matian)、カアルチール(Karcher)、カルナー(Kalner)ハオールといった浸水深の深いハオールを形成している。ハ

¹国際連合食糧農業機関によって作成された「バ」国の農業環境ゾーン分類
http://www.fao.org/fileadmin/templates/faobd/img/Agroecological_Zones.jpg 参照

オールは水路の自然堤防によって分けられており、排水能力が非常に小さい。これらのハオールの最低標高は 2m(PWD)^2 以下であり、ハオールの最低標高に溜まった水は一年中排水されない。また、川に近接した堤防が急速な排水を妨げており、モンスーン期後にこの地域で洪水が発生しても、すぐには排水されない。この盆地のかなりの地域では、乾季の大部分もしくは乾季中継続して、湿潤状態になっている。

4) 東部スルマ-クシヤラ(Surma-Kushiyara)氾濫原

東部スルマ-クシヤラ(Surma-Kushiyara)氾濫原は、シュナムゴンジ(Sunamganj)、ホビゴンジ(Habiganj)、シレット(Sylhet)、モウルビバザール(Moulvibazar)県の一部に位置しており、この氾濫原は非常に広大な低地となっている。この地域は氾濫時の水深は浅いが、局地的な豪雨と近隣の丘陵からの早い出水による水位の急上昇が発生する。この地域には、ガンギアジュリ(Gungiajuri)、ハイル(Hail)、カワディギ(Kawadighi)、ハカルキ(Hakaluki)、ドウブリアリ(Dubriary)、ダミール(Dhamrir)、パタルクリ(Patharchuli)、ジルカール(Zilkar)ハオールといった、主要なハオールがある。

5) オールド・ブラマプトラ(Old Brahmaputra)氾濫原

オールド・ブラマプトラ(Old Brahmaputra)氾濫原は、調査地域の西部に分布しており、約 200 年前にマドゥプール(Madhupur)地域の東から西にブラマプトラ(Brahmaputra)川の流路が変更した後に残された地域である。他のユニットとの境界にはシルトローム、シルト質粘土ロームが分布し、低地には粘土が広く分布している。北側及び東側のユニットの境界付近の低地では、近接する山麓平地やシレット盆地から粘土が供給される。また、近接する河川や氾濫原の水位が高いため、排水不良となり内水氾濫による洪水を引き起こす。

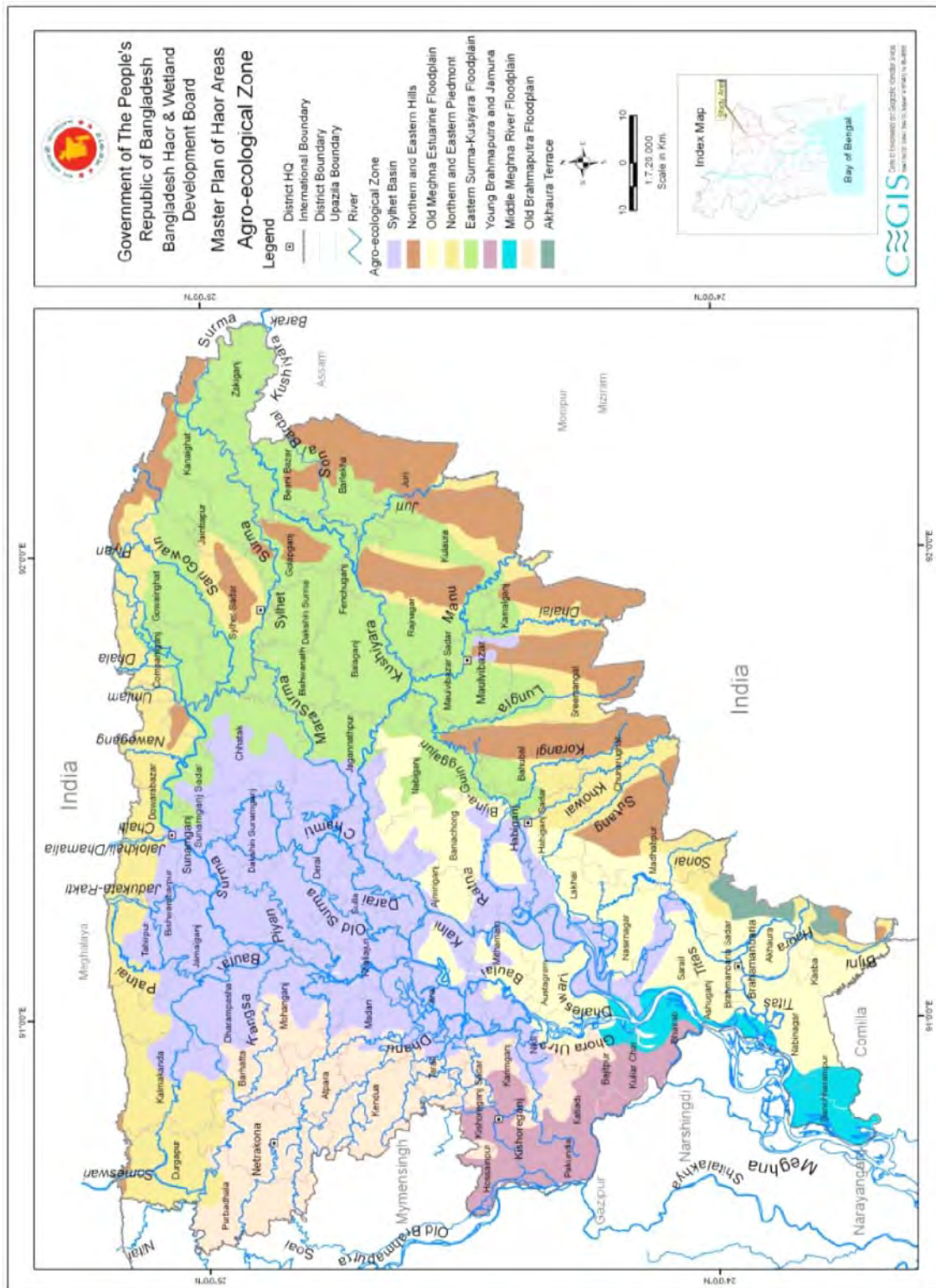
6) オールド・メグナ(Old Meghna)河口氾濫原

オールド・メグナ(Old Meghna)河口氾濫原は、キシオルゴンジ(Kishorganj)、ホビゴンジ(Habiganj)県の一部を含み、調査地域の南側に位置しており、シルト質土の優勢な土質であり、ほぼ平坦な地形である。

(2) 地盤標高

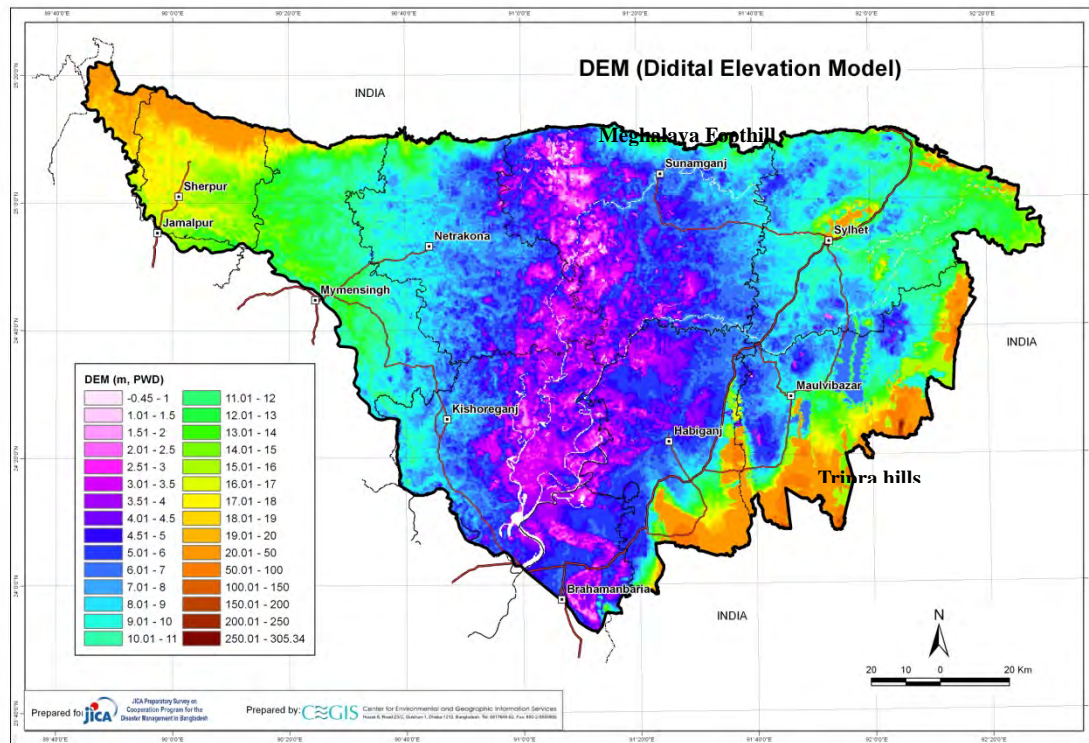
図 2.1.2 に数値標高モデルによる段彩図を示す。図に示される様に、調査地域は「バ」国の他の地域に比べて標高の低い地域である。標高 5m (PWD)以下の土地が実際にメガラヤ(Meghalaya)丘陵地帯まで広がっており、調査地域の約 25%は標高 5m 以下となっており、50%が標高 8m 以下になっている。

² PDW: Public Works Datum (公共事業基準点標高)



注：対象地域内の小さなユニットは図中に含まれていないため、9ユニットしか表示されていない。
 出典：“Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012”

図 2.1.1 自然地理学的地域分類図



出典: CEGIS

図 2.1.2 数値標高モデルによる段彩図

2.1.2 気象

(1) バングラデシュの気象

「バ」国は、雨量の大幅な季別変動、温暖な気温、高湿度などが特徴的である亜熱帯モンスーン気候を有している。国土が平坦な地形であることから、地域的な気候の変化は小さい。季節は、一般に、暑く湿気の多い夏期（3月～6月）、涼しく多量の雨が降るモンスーン期（6月～10月）、そして涼しく乾燥した冬期（10月～3月）に区分される。夏期の最大気温は32℃～38℃の範囲にあり、4月がほとんどの地域で最も暑い。一方、1月は最も寒く、ほとんどの地域で平均最低気温が10℃前後に下がる。

4月から5月にかけてインド亜大陸に発生する暖気が低気圧を誘発し、インド洋から涼しく湿気を伴った風が徐々に吹き始める。これが、6月頃には南西モンスーンとなり通常9月頃まで続く。年間雨量の約80%はこのモンスーン期に記録されている。

(2) 北東地域の気象

「バ」国の北東地域は全域が北回帰線よりも北側に位置し、その気象は亜熱帯モンスーンに支配されている。この亜熱帯モンスーンは熱帯モンスーンと比べてより鮮明に季節を変化させる傾向にある。この亜熱帯モンスーンは、インド洋からベンガル(Bengal)湾を經由する北東方向に卓越する湿気の多い気団とインド領内のアッサム(Assam) / メガラヤ(Meghalaya) / トゥリプラ(Tripura)地域に位置する急峻で標高の高い丘陵地域との干渉が原因して、「バ」国北東地域に地域性/地形性の強い豪雨をもたらし、インド領内丘陵地域の豪雨は北東地域を流れるスルマ(Surma)、クシヤラ(Kushiyra)、モヌ(Manu)、コワイ(Khowai)、ソマシュリ(Someswari)川その他の河川に高流

速の洪水を引き起こしている。この丘陵地域は世界でも有数の豪雨地帯であり、年間平均雨量はおよそ 12,000mm である。

ハオールが位置する北東地域では、このような特異な気象・地形条件が原因して、水文・河川流況の特性が同国の他の地域とは明らかに異なったものになっている。北東地域における気象・水文学的な区分は、一般的に次の通りである。

- プレモンスーン期 (4 月～5 月)
- モンスーン期 (6 月～9 月)
- ポストモンスーン期 (10 月・11 月)
- 乾季 (12 月～3 月)

1) モンスーン期

前述のように、南西モンスーンがベンガル(Bengal)湾から北東地域に湿気を伴う風をもたらし、この時期には多量の雨が降る。この時期が雨季と考えられている。

2) プレモンスーン/ポストモンスーン期

プレモンスーン期 (4 月～5 月) の雨量は、南西部の 490mm から北東部の 1,290mm まで地域によって異なる。この時期の降雨強度の強い雨に起因するインド領内からのフラッシュフラッドは、河川越流や農地への氾濫などを引き起こして収穫期を迎える穀物への被害リスクを高めており、同国経済への影響も深刻な課題となっている。一方、ポストモンスーン期 (10 月・11 月) の雨は散発的であり、南西部で 170mm、北東部で 320mm 程度である。

2.1.3 既存河川水系

「バ」国北東部の流量の大部分は、インド領内からの流入であり、インド領内の流域を含むメグナ(Meghna)川上流の水系を図 2.1.3 に、メグナ川(Meghna)上流流域の等雨量線図を図 2.1.4 に示す。

「バ」国北東部へ供給される水量と土砂量の多くは、アッサム(Assam) (バラック(Barak))、メガラヤ(Meghalaya)とトリプラ(Tripura)地域の河川から流入している。メグナ(Meghna)川流域の大部分は、インド領内にあり、ハオール地域は流域全体の 35% にすぎない。表 2.1.1 は、メグナ(Meghna)川水系の流域面積とその比率を示し、表 2.1.2 には地域別国際河川を示す。

表 2.1.1 メグナ川水系の地域別流域面積

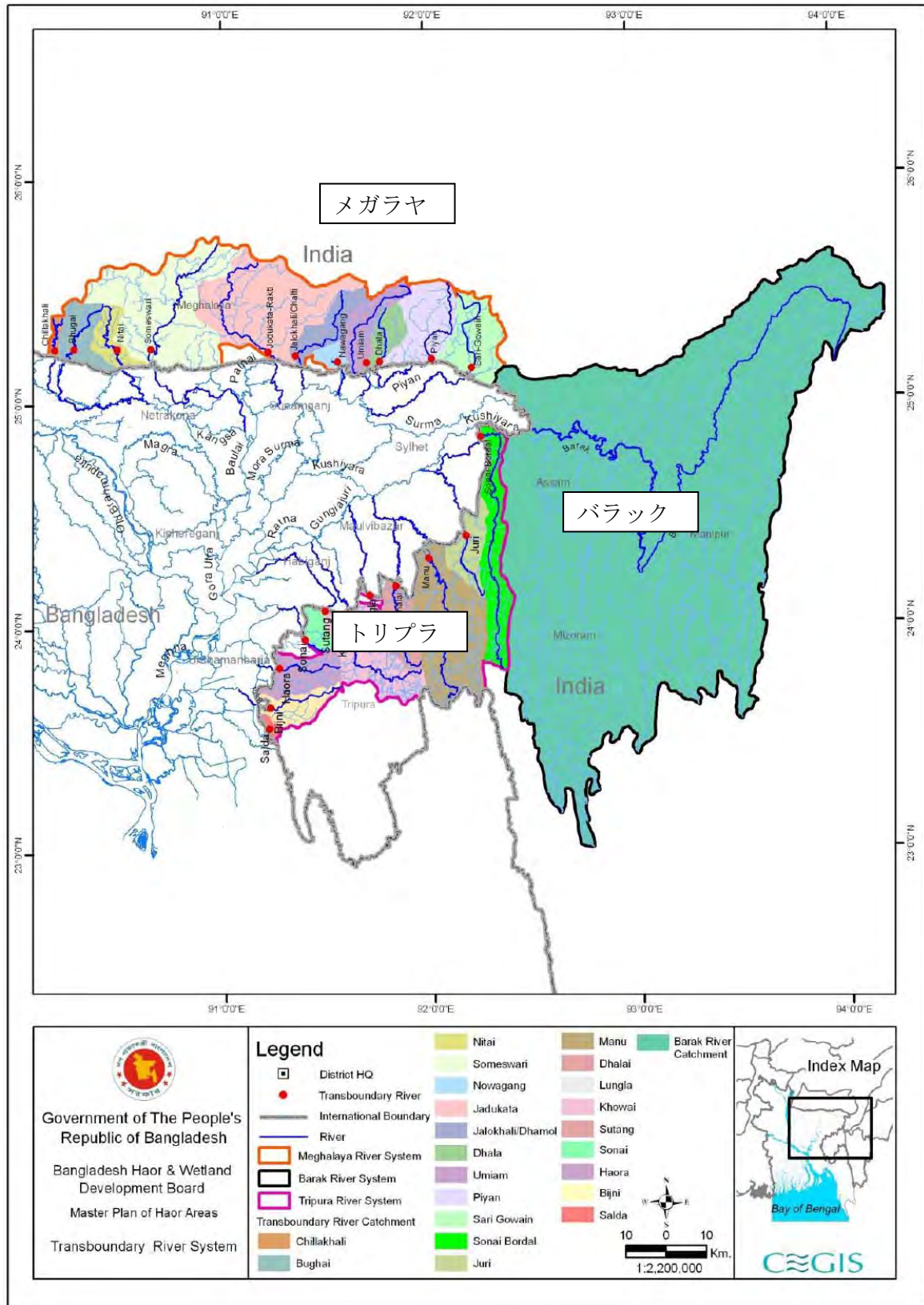
地域	面積(km ²)	全体に占める割合(%)
Meghalaya	9,904	15
Tripura	7,434	11
Barak	26,165	39
Bangladesh	23,137	35
Total	66,640	100

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"により調査団作成

表 2.1.2 国際河川

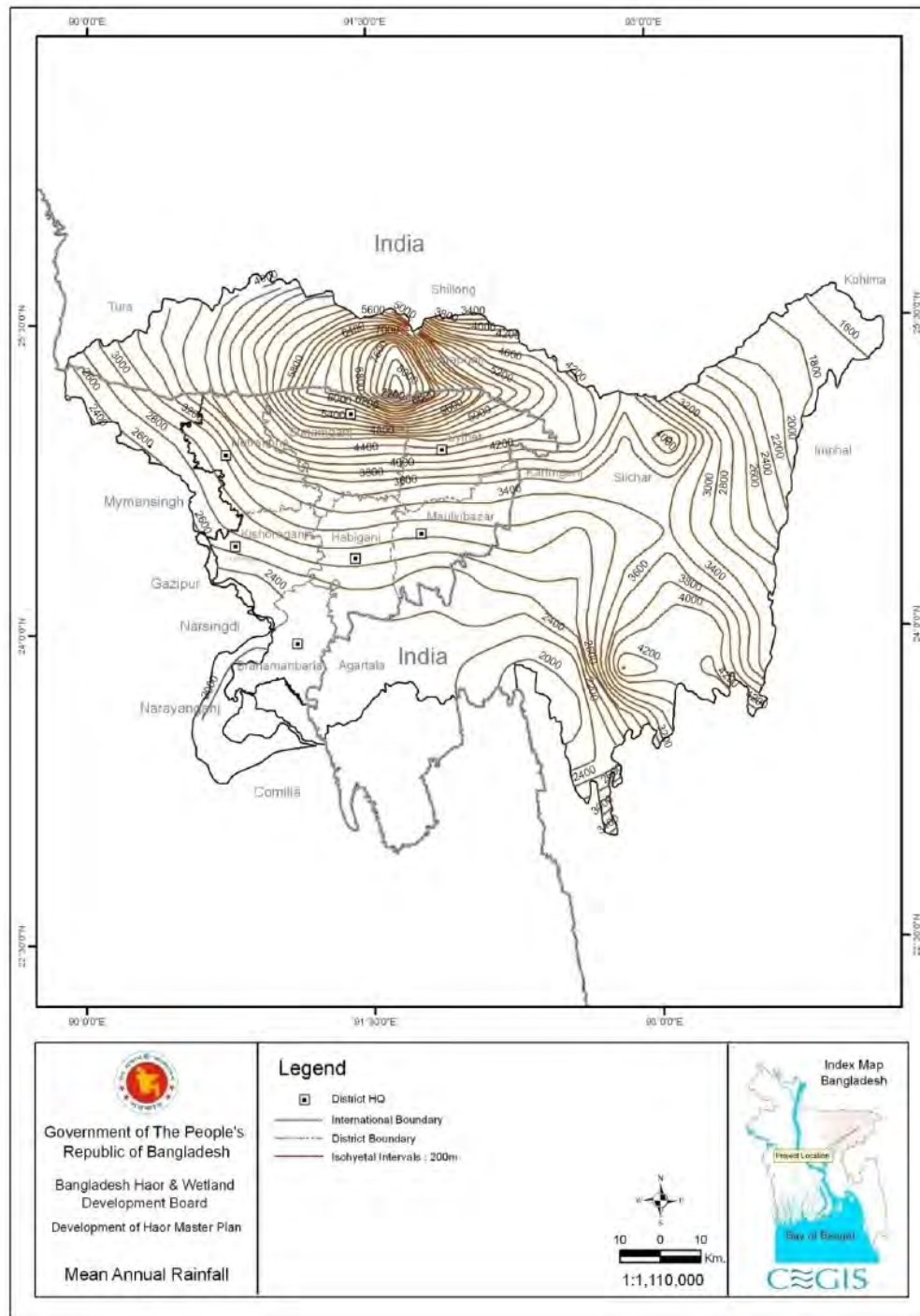
地域	河川名
Meghalaya	Nitai, Someswari, Jadukata, Jalokhali/Dhomali, Dhala, Piyan, Sari-Gowain
Barak	Surma, Kushiya
Tripura	Lungia, Khowai, Sutang, Haor, Dhalai, Manu, Sonai-Bordal

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"



出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

図 2.1.3 メグナ川上流域図



出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

図 2.1.4 メグナ川上流域の年間等雨量線図

バラック(Barak)川はアッサム(Assam)地方を流下し、「バ」国とインドの国境付近で分岐する。1980年から2008年のデータでは、年間の大部分の時期での分流量は、スルマ(Surma)川約40%、クシヤラ(Kushiyara)川約60%となっている。乾季は、分岐地点の地形条件からクシヤラ(Kushiyara)川にバラック(Barak)川の約88%の流量が流下している。これは、スルマ(Surma)川の堆積が進行しているためである。クシヤラ(Kushiyara)川とスルマ(Surma)川に分流量を表2.1.3に示す。

表 2.1.3 クシヤラ川およびスルマ川の期別流量

(単位:百万 m³)

河川名	観測所名	プレモンスーン	モンスーン	ポストモンスーン	乾季	年間流量
Kushiyara	Sheola	3,670	16,172	3,459	1,111	24,412
Surma	Kanairghat	2,416	13,345	2,056	146	17,963
計		6,086	29,518	5,515	1,257	42,376

(注) 1965年～2007年データによる、

出典: BWDB

メガラヤ(Meghalaya)地域では、ソマシュリ(Someswari)川で約23%、ジャドゥカタ(Jadukata)川で約21%の流量を占めている。表2.1.4及び表2.1.5に、メガラヤ(Meghalaya)地域の期別流量とトリプラ(Tripura)地域の期別流量を示す。また、表2.1.6と表2.1.7は、集水地域毎の期別流量及び比率を示す。

表 2.1.4 メガラヤ地域の河川期別流出量

(単位:百万 m³)

河川名	観測所名	プレモンスーン	モンスーン	ポストモンスーン	乾季	年間流量
Nitai	Ghosegaon	104	873	101	29	1,107
Someswari	Durgapur	602	5,270	845	247	6,964
Jadukata	Laurergarh Saktiarkhola	576	5,034	570	218	6,398
Jalokhali/ Dhomali	Muslimpur	261	2,486	268	118	3,133
Dhala	Islampur	383	2,401	247	63	3,094
Piyan	Jaflong(Spill)	542	3,970	371	113	4,996
Sari-Gowain	Sarighat	752	3,346	398	90	4,586
計		3,220	23,380	2,800	878	30,278

(注) 1965年～2007年データによる、

出典: BWDB

表 2.1.5 トゥリプラ地域の河川期別流量

(単位:百万 m³)

河川名	観測所名	プレモンスーン	モンスーン	ポストモンスーン	乾季	年間流量
Lungla	Motiganj	61	147	36	18	262
Khowai	Shaistaganj	311	729	206	127	1,373
Sutang	Sutang Rly. Bridge	102	345	104	58	609
Haora	Gangasagar Rly. Bridge	137	273	74	101	585
Dhalai	Kamalganj	228	665	147	53	1,093
Manu	Monu Rly. Bridge	648	1,784	356	125	2,913
Sonai-Bordal	Jaldhup	868	3,242	682	109	4,901
計		2,355	7,185	1,605	591	11,736

(注) 1965年～2007年データによる、

出典: BWDB

表 2.1.6 地域毎の期別流量

(単位:百万 m³)

地域	プレモンスン	モンスン	ポストモンスン	乾季	年間流量
Barak	6,086	29,518	5,515	1,257	42,376
Meghalaya	3,320	23,380	2,800	878	30,278
Tripura	2,355	7,185	1,605	591	11,736
計	11,661	60,082	9,920	2,725	84,389

(注) 1965年～2007年データによる、

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

表 2.1.7 地域毎の期別流量比率

(単位:%)

地域	プレモンスン	モンスン	ポストモンスン	乾季	年間流量
Barak	52	49	56	46	50
Meghalaya	28	39	28	32	36
Tripura	20	12	16	22	14
計	100	100	100	100	100

(注) 1965年～2007年データによる、

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

2.1.4 地質構造と土質

インド亜大陸は、北上するインドプレートと静止するユーラシアプレートの衝突により白亜紀から形成されている。その後、インドプレートの北西部の一部が破砕され、漸新世の間に海水面下に沈んだ。

その後、ベンガル(Bengal)海盆が、ゆっくりとデルタの堆積物で埋められながら沈下する構造盆地として形成され始めた。

図 2.1.5 に調査地域の地質図を示す。

- 1) 沖積扇状地は調査地域北部のインドとの国境付近に限られ、山間部から平地に移行する地域で局所的に分布している(地質図では若い礫、薄紫色で表示)。
- 2) 調査地中央域(地質図で黄緑色表示)では主に粘土やシルトなどの粘性土で構成され沖積堆積物で形成されている。特に、ネトラコナ(Netrakona)、キショルゴンジ(Kishoreganj) 県の東に位置するダヌ(Dhanu)川やバウライ(Baulai)川の周辺部では、湿地性の粘土および腐植土(ピート)が分布している。このため、非常に軟らかい腐植土が調査地域中央部に普遍的に分布することが想定される。
- 3) 中央地域を取り囲むように、ネトロコナ(Netrakona)、キショルゴンジ(Kishoreganj) 県近郊やシレット(Sylhet) 県南部地域は沖積層のシルトや粘土が分布している。(薄茶色表示)。
- 4) 調査地域西側境界付近は一般に沖積シルトが分布している(くすんだ青色表示)。
- 5) 現河床堆積物は、調査地域内を流れる大きな河川沿いに分布しており、主にシルトや粘土混じりの砂礫から成っており、各所で玉石や礫、砂などが採石されている。

シレット(Sylhet)盆地（図 2.1.2 の薄紫色表示）と呼ばれる調査地域の中央部は、今までに大きな沈下を経験している。この盆地は最近の数百年で 30~40 フィート（10~12m）³沈下した。

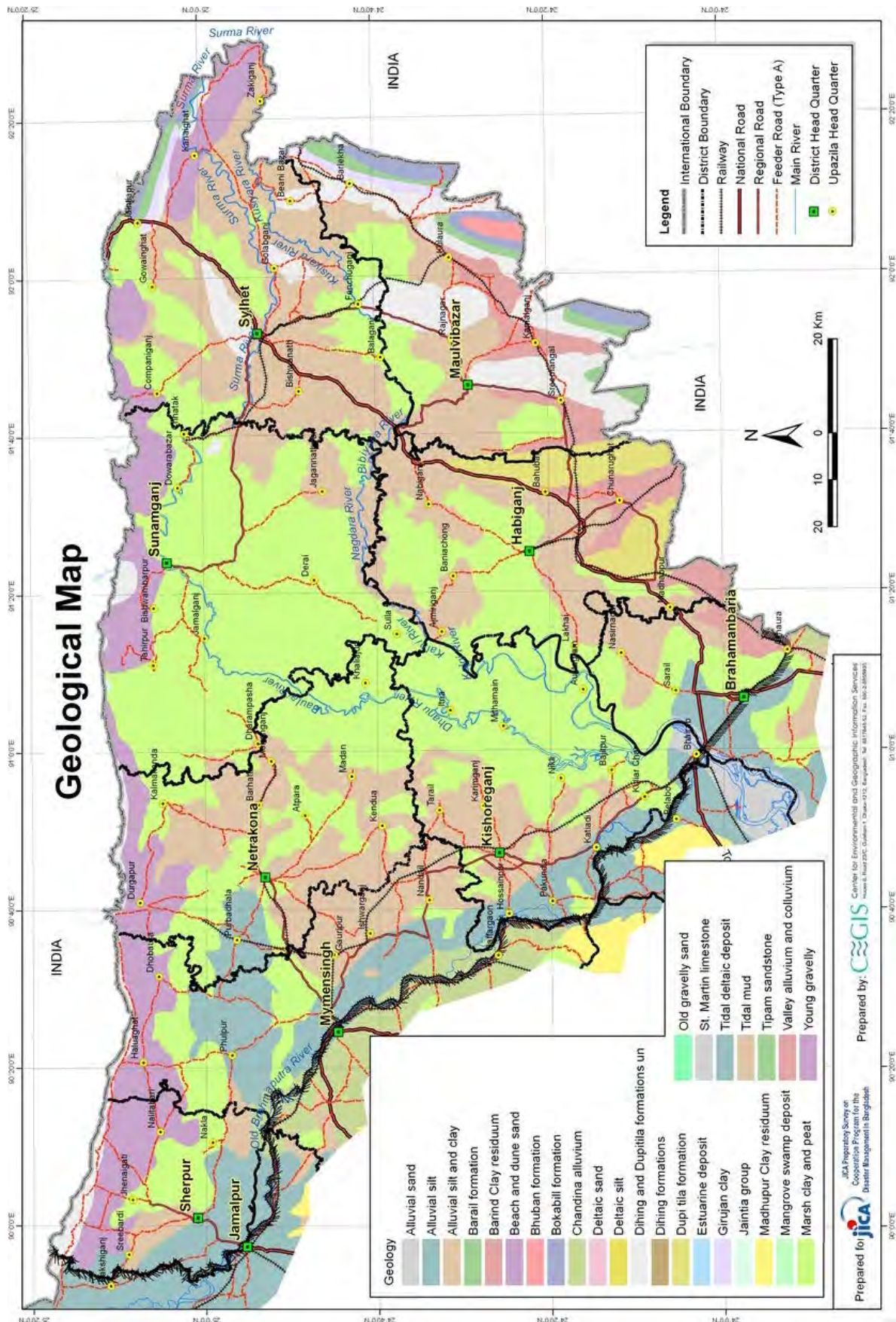
他の地域のデータ⁴も参照し、シレット(Sylhet)盆地が年間 2~4mm 沈下し土の圧密が年間 1~2mm とすると、シレット(Sylhet)盆地の実際の沈下は年間 3~6mm に達することになる。

調査地域の土質は、季節的に乾燥する地表部では灰色のシルト質粘土や粘土、湿潤な盆地では灰色の粘土である。泥炭はいくつかの湿潤な盆地の中央部を占めている。土壌は泥炭物質を適度に含み、土壌反応は主に酸性である。

ハオール地域の地表の土質は約 74%が粘土～シルト質粘土、21%がシルトで残りが粘土質シルト、砂質シルト、砂から成っている。

³ 出典：Master Plan of Haor Area, Volume II Main Report and Annex 1 Water Resources

⁴ MPO (Master Plan Organization) (1985) と FEC (1989)により、Surma Basin の沈下が年間 21mm と報告されている。



出典：Adapted from Geological Map provided by GEGIS

図 2.1.5 調査地域の地質図

2.2 自然資源

(1) 水資源

調査地域は、広大なガンジス(Ganges)・ブラマプトラ(Brahmaputra)・メグナ(Meghna)川流域の一部を成すメグナ(Meghna)川流域に位置している。流域面積約 66,640 km²(インド領内も含む)を有するメグナ(Meghna)川は、全流量をカルニ - クシヤラ(Kalni-Kushiyara)川およびスルマ - バウライ(Surma-Baulai)川水系を通してベンガル(Bengal)湾に流入している。流域面積の約 35% (23,137 km²) が「バ」国内に位置しており、ハオール地域への全流量はインド領内のメガラヤ(Meghalaya)、バラック(Barak)、トゥリプラ(Tripura)地域の河川群から流入してくる。さらに、オールド・ブラマプトラ(Old Brahmaputra)川もインド領内の水を運んでくる。メガラヤ(Meghalaya)、バラック(Barak)、トゥリプラ(Tripura)地域の河川群およびオールド・ブラマプトラ(Old Brahmaputra)川からの全流量はバイラブ・バザール(Bhairab Bazar) (図 5.3.6 参照) においてメグナ(Meghna)川に流入する。バイラブ・バザール(Bhairab Bazar)では、インド領内からの流入量に加え「バ」国領内の降雨による内水もメグナ川に流入する。

M/P では、BWDB 保有のデータ (1960-2009) による解析の結果、メグナ(Meghna)川水系の水量は 162,619 百万 m³ と報告されている。

また、国際河川であるバラック(Barak)川やメガラヤ(Meghalaya)、トゥリプラ(Tripura)地域の河川群からの流入量はそれぞれ 42,670 百万 m³、30,376 百万 m³ 及び 15,716 百万 m³ である。

インドとの国際河川地域および「バ」国内からハオール地域への流入降雨の水量は以下の通り整理できる (表 2.2.1 参照)

- バラック(Barak)川流域：面積 26,165 km²でハオール地域への総流入量の 26%を占める。
- メガラヤ(Meghalaya)地域の河川流域：面積 9,904 km²でハオール地域への総流入量の 19%を占める。
- トゥリプラ(Tripura)地域の河川流域：面積 7,434 km²でハオール地域への総流入量の 10%を占める。
- 「バ」国内の流域：面積 23,137 km²でハオール地域への総流入量の 43%を占める。
- オールド・ブラマプトラ(Old Brahmaputra)川からの流入量：ハオール地域への総流入量の 2%である。

また、インドおよび「バ」国領内からの年間平均流入量の比率は 57% : 43%である。

表 2.2.1 ハオール地域に係る水収支 (1960-2009)

地域	流入量 (百万 m ³)	流入量 (%)
(1) Barak	42,670	26.2
(2) Meghalaya	30,376	18.7
(3) Tripura	15,719	9.7
(4) Brahmaputra	3,532	2.2
(5) インド領からの全流入量 (1+2+3+4)	92,297	56.8
(6) 「バ」国内の流量	69,422	43.2
合計 (5+6)	162,619	100.0

出典：”Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012”に基づき調査団作成

(2) 植生

ハオール地域には、丘陵に生育する森林、生活区域の森林、淡水低湿地、低湿地ヨシ域、竹林および市街地・宅地植生などが分布している。M/Pでは、表 2.2.2 に示すように自然森林区域を整理している。ハオール内の植生は、1) Submerged plants 沈水植物、2) Free floating plants 浮遊植物、3) Rooted floating plants 浮葉植物、4) Sedges and meadows カヤツリグサ科草本および採草地、5) Floodplain grassland 氾濫原草地、6) Reed swamp 低湿地ヨシ、7) Fresh water swamp forest 淡水低湿地林、8) Crop field vegetation 耕作地植生、9) Homestead vegetation 市街地・宅地植生の9種類に区分される。

表 2.2.2 県別自然森林区域

県	自然森林区域(ha)
Sunamganj	7,293
Habiganj	13,153
Netrokona	739
Sylhet	262,832
Maulvibazar	25,142
合計	296,005

出典：“Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012”

(3) 湿原の生態系・生物多様性

メグナ(Meghna)川上流域に広がるハオール内湿原は、生物多様性にとっても優れ、多くの生物を育み、国際的に絶滅が危惧されている数種類の生物も生息するなど、「バ」国のみならず世界的な自然環境保全の観点からも極めて重要な地域である。メグナ(Meghna)川上流地域における生物多様性の点で最も重要な湿原地区は、ハカルキ・ハオール (Hakaluki Haor)、ハイル・ハオール (Hail Haor)、タンガル・ハオール (Tanguar Haor)、パグナー・ハオール (Pagner Haor) である。この湿原には、鳥、爬虫類、哺乳類および両性類など多様な野生生物が共存しており、また湿原植物の宝庫でもある。1999年には、「バ」国政府は同国の環境保護法 (Bangladesh Environment Conservation Act, 1995、2000/2002 改正) に基づいて生態系上重要な地域として、ハオール地域では2つのハオール、すなわちハカルキ・ハオール(Hakaluki Haor) (モウルビバザール(Moulvibazar)/シレット(Sylhet)県) およびタンガル・ハオール(Tanguar Haor) (シュナムゴンジ(Sunamganj)県) を公表した。また、タンガル・ハオール(Tanguar Haor)はラムサール条約に登録されている。ハオール地域における動物相、植物相は表 2.2.3 のように整理される。

表 2.2.3 動物相、植物相の範囲

Flora and fauna	Number of species
Amphibians	9
Birds	257
Mammals	29
Reptiles	40
Fish	141
Free floating plants	11
Anchored plants	38
Suspended plants	5
Rooted plants	20
Emergent species	116
Climbers	5
Swamp plants	8

出典：“Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012”に基づき JICA 調査団作成

(4) 鉱産資源

ハオール地域は広大で緩やかな盆地であり、西側をオールド・ブラマプトラ(Old Brahmaputra)川氾濫原、北側はメガラヤ(Megalaya)台地の丘陵地域、東側はシレット(Sylhet)高標高平原、そして南側はオールド・メグナ(Old Meghna)氾濫原に囲まれている。この盆地は、地盤沈下および地殻変動に起因して形成されている。「バ」国北東部には、地質特性および構造から様々な鉱物およびエネルギー資源が分布している。発見されている鉱産資源としては、天然ガス、原油、石灰岩、白色粘土、ガラス砂、PEAT、石炭、砂利および建設材料用の砂(表 2.2.4 参照)がある。

「バ」国における全ガス生産量の 90%はハオール地域から得られている。

表 2.2.4 ハオール地域の鉱産資源

鉱産資源	天然資源の概要
石炭	組成は、炭素 18.96~39.32%、灰 15-46.16%、水分 0.62~1.44%、ガス状の物質 32.64~48.33%である。
原油	ハリプール(Haripur)及びシレット(Sylhet)で発見された小規模の油田は7年間商用で採掘された。
ガラス砂	ガラス砂はホビゴンジ(Habiganj)、シャジバザール(Shajibazar)、ノアパラ(Nowapara)に分布している。
砂利	砂利は珪岩、花崗岩、角閃岩、玄武岩、砂岩、礫岩等の岩種から成る。
石灰岩	石灰岩は主にシュナムゴンジ(Sunamganj)県、タヒプール(Tahepur)ウパジラのボグリバザール(Boglibazar)、ラルグハット(Laighat)、タケルハット(Takerghat)、バングルグハット(Bhangerghat)の地表近くに分布している。
天然ガス	全体 23 の天然ガスサイトの内 10 サイトがハオール地域にある。
PEAT	PEATはモウルビバザール(Moulvibazar)県のチャタル(Chatal)ビール、シュナムゴンジ(Sunamganj)県のパグラ(Pagla)、デライ(Derai)、シャラ(Shalla)、シレット(Sylhet)県のチャルカイ(Charkai)、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県のカタンガ(Katenga)、ホビゴンジ(Habiganj) 県のムクンダプール周辺で採掘される。
白色粘土	白色粘土の堆積物は、ネトラコナ(Netrakona)県、ドウルガプール(Durgapur)ウパジラのビジョイプール(Bijoypur)、ゴパルプール(Gopalpur)の表層付近に分布している。

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"に基づき JICA 調査団作成

2.3 社会・経済

(1) 人口分布

「バ」国統計局における 2011 年の統計資料によれば、ハオール地域が広がる 7 県(シュナムゴンジ(Sunamganj)、ホビゴンジ(Habiganj)、ネトロコナ(Netrokona)、キシオルゴンジ(Kishoreganj)、シレット(Sylhet)、モウルビバザール(Maulvibazar)、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県)の 2011 年人口は 17.88 百万人となっている(BBS, 2012)。当該地域の年人口増加率は至近 10 年で 1.97%であり、これは全国平均(1.47%)より大きい。

当該地域の世帯数は、3.44 百万世帯であり、世帯当たりの人数は 5.2 人である。人口はシレット(Sylhet)県(3.43 百万人)が最も多く、モウルビバザール(Maulvibazar)県(1.92 百万人)が最も少ない(表 2.3.1 参照)。世帯当たりの人数はシレット(Sylhet)県(5.76 人)が最も多く、キシオルゴンジ(Kishoreganj)県(4.64 人)が最も少ない。平均性別比率(男性:女性)は、97.78:100 である(国平均=100:100)。人口密度は、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県(1,510 人/km²)が最

も高く、シュナムゴンジ(Sunamganj)県（659 人/ km²）が最も低い。調査対象地域の人口密度は、894 人/ km² で全国平均（976 人/ km²）より低い。表 2.3.1 に県別の人口密度、男女の比率も示す。

表 2.3.1 2011 年における県別人口、人口密度、性別比率

県	人口 (百万)	世帯数 (千世帯)	世帯人数 (人)	性別比率 (男 性:女性)	人口密度 (1km ² 当り)
Sunamganj	2.47	440.3	5.6	100.34	659
Habiganj	2.09	393.3	5.3	96.44	792
Netrokona	2.23	479.1	4.6	99.37	798
Kishoreganj	2.91	627.3	4.6	96.80	1,083
Sylhet	3.43	596.1	5.7	101.16	995
Maulvibazar	1.92	361.2	5.3	96.96	686
Brahmanbaria	2.84	538.9	5.3	92.73	1,510
ハオール地域計	17.89	3,436.2	5.2	97.77	894

出典：バングラデシュ国統計局, Bangladesh Population and Housing Census 2011(BBS, 2012)

当該地域では、人口の 14.8%が都市部に居住している。都市化率⁵はシレット(Sylhet)県 (21.94%) が最も高く、キシホルゴンジ(Kishoreganj)県 (16.79%) が次に続いている。シュナムゴンジ(Sunamganj)県が最も低く 10.38%である。国平均の都市化率は 23.3%である。表 2.3.2 に各県別の都市化率を示す。

北東地域（ハオール地域の 7 県）の 2011 年人口のウパジラ(Upazilla)ベースの図を図 2.3.1 に示す。

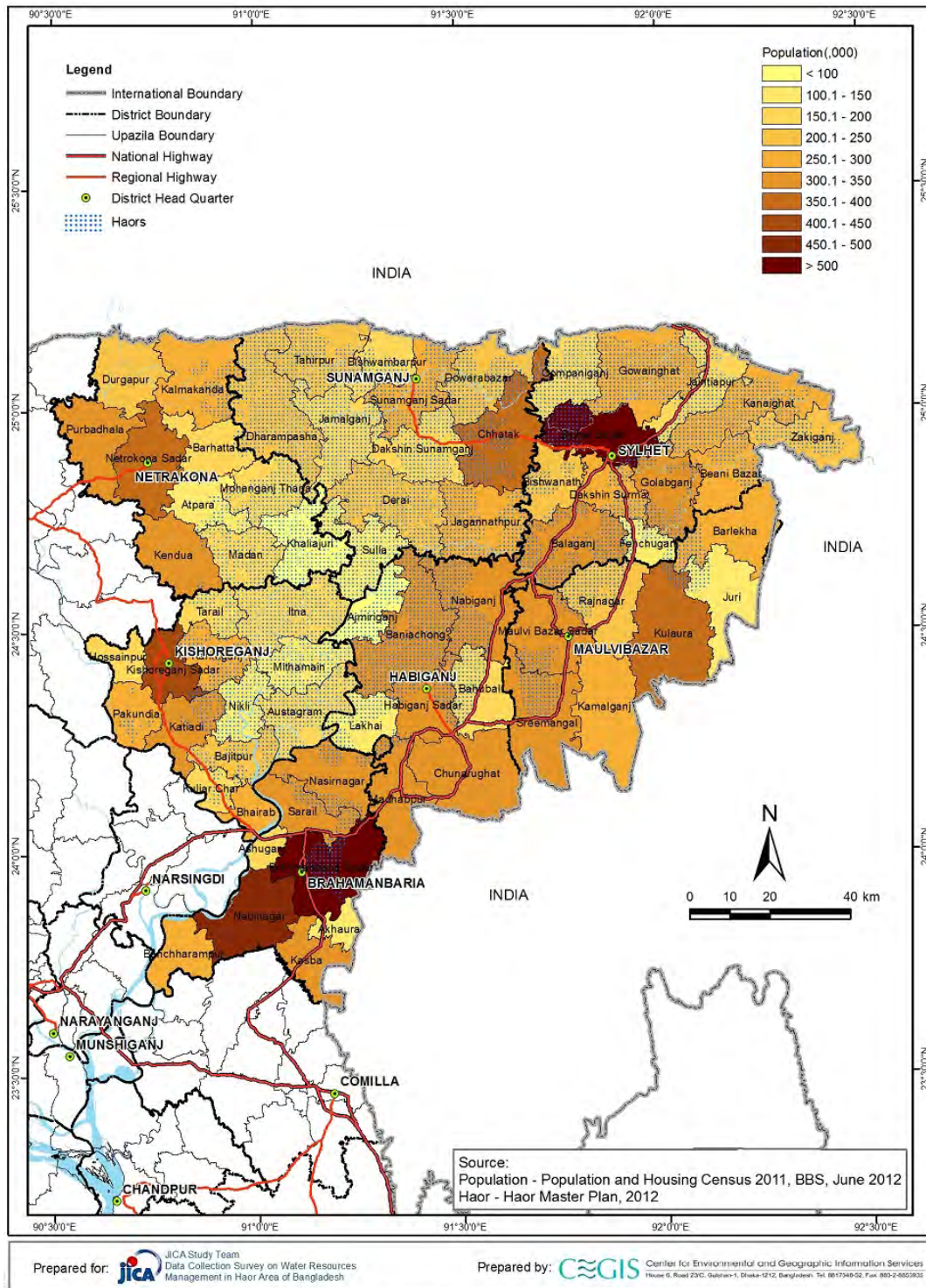
表 2.3.2 2011 年における県別都市化率

県	人口 (千人)	都市人口 (千人)	都市化率 (%)
Sunamganj	2,468	256	10.4
Habiganj	2,089	245	11.7
Netrokona	2,230	247	11.1
Kishoreganj	2,912	489	16.8
Sylhet	3,434	753	21.9
Maulvibazar	1,919	208	10.8
Brahmanbaria	2,840	448	15.8
ハオール地域計	17,892	2,646	14.8

注)都市人口としてバングラデシュ国統計局資料の区分 2(Urban)と区分 3(Other Urban)の人口を用いた。

出典：バングラデシュ国統計局, Bangladesh Population and Housing Census 2011

⁵ 都市化率とは都市人口の総人口に占める割合



Population (2011) by Upazila and Haors of North East Region

注) ハオールマスタープランで定義している 373 のハオールを重ね合わせている。
 出典 : BBS のデータを基に調査団が作成

図 2.3.1 北東地域のハオールとアップジラベースの 2011 年人口

(2) 土地利用

ハオール地域は、キショルゴンジ(Kishoreganj)、ネトロコナ(Netrakona)、シュナムゴンジ(Sunamganj)、シレット (Sylhet) 、モウルビバザール(Maulvibazar)、ホビゴンジ(Habiganj)、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)の7県（以下、「北東地域」という）に位置している。この北東地域の総面積は約 20,000km²で、その内 55%が農地として利用され、残りは河川、水路、森林、丘陵などとなっている。

一方、ハオール地域の面積は約 8,500km²である。その約 9.5%は年間を通じた水没地域（ビール Beel⁶: 370km²、水路⁷: 450km²）である。牧草地、放棄地、村落などの多目的利用地としては 400km²となっている。住民は、ビールや多目的利用地を「共通の財産資源」と捉えて有効かつ効果的に活用している。ビールは漁業や乾季の灌漑用水源に、また牧草地は冬の家畜の飼料用に活用している。プレモンスーン期に収穫されるボロ米は、コミュニティで協力して村の地面を利用して脱穀している。しかし、最近ではこのような共有地も多くが耕作地に変貌している。

北東地域における農家の数は 1.68 百万戸である。この内、約 80%が 1ha よりも小さい農地しか保有しない小規模、17%は農地 1～3ha を有する中間レベル、そして残りの 3%が 3ha 以上の農地を保有する大規模農家となっている。大規模農家は、通常その土地を賃貸または農夫を雇用して運営している。

全農家の内、土地所有者、土地所有者兼賃借者、土地賃借者としての農家は、それぞれ 71%、20%、9%である。大規模な土地の所有者は、一般にその土地を賃貸して運営する。土地所有者は収穫の 50%を保有することとなるが、耕作に必要となる材料、肥料、器具その他の投入物に係る費用の 50%を負担するのみである。

(3) 農業

北東地域における農地面積は 12,000km² である。洪水氾濫水深が 0m～0.9m の範囲になる高地 (F0) および中位高地 (F1) はこの農地の 40%を占めているが、モンスーン期にあっても耕作が被る制約はそれほど深刻ではない。一方、氾濫水深が 0.9m～1.8m 以上になる中位低地 (F2) および低地 (F3) は農地の 60%を占める。ハオール地域は、農地の 80%が F3 に区分され、F0/F1 が残りの 20%を占める。

最も重要な作物である米は、北東地域における農地の 99%を占め、単独もしくは乾燥地作物との輪作で耕作されている。

2010 年農業統計年鑑によれば、15,400km² において複数種類の米が耕作された。F3 で収穫された作物のほとんどは、従来 (local) お

表 2.3.3 北東地域の農地

Crop Season	Name of Crop	Area (% of net cultivated area)
Kharif 1 (Pre-monsoon)	Local aus	1.30
	HYV aus	8.17
	Jute	0.93
Kharif 2 (Monsoon)	Local aman*	22.17
	HYV aman	33.51
Rabi/Boro (Dry)	Local boor	5.90
	HYV boro	57.61
	Wheat	0.98
	Pulse	0.31
	Oilseeds	0.84
	Potato	0.93
	Sweet potato	0.31
	Sugarcane	0.17
Total cropped area (km ²)		15,400
Net cultivated area (km ²)		12,000
Cropping Intensity (%)		133

注: *Local aman includes deepwater aman broadcast.
 出典: Agriculture Census 2010 Yearbook of Agricultural Statistics.

⁶ Beel: 乾季に各ハオール内の中央部や低標高地域に見られる流速のない池のような浅い水域

⁷ 水路: カールと呼ばれ beel と近くの河川を結ぶ水路: ほとんどのハオールは、この水路で相互に連結され、これを通して洪水が川からハオールに流れ込み、モンスーン季の終りには川へ排水する。

よび高収量（HYV）のボロ米であり、収穫率 crop intensity は 133%であった（表 2.3.3 参照）。

作付体系は米作を中心にして組み立てられており、ほとんどの農地で少なくとも米の一期作が行われている。

ハオール地域は、モンスーン期にほぼ全域で氾濫水深が 0.9m 以上になることから、農地の 80% は一期作となる。HYV ボロ米が主たる作物であり、従来品種のアマン米がそれに続く。

北東地域における米の年平均収穫高は 2.93ton/ha であり、これは国平均 2.82ton/ha より若干であるが多い（表 2.3.4 参照）。アウス/アマン米は国平均より高いが、ボロ米は低い。

これは、従来のボロ米が高いのに比べ、HYV ボロ米が北東地域における農地面積の約 58% を占めその年平均収穫高が 3.74ton/ha と国平均 3.88ton/ha より低いことに起因している。

また、表 2.3.4 は小麦、脂肪種子、ジャガイモの収穫高水準も国平均より低いことを示している。

表 2.3.4 農作物収穫高

Crops	Yield (ton/ha)					
	Bangladesh	Sylhet Region	Kishoreganj Region	Brahamanbaria District	Haor Area*	Difference between haor & Bangladesh (%)
a	b	c	d	e	f	(f-b)/b×100
L aus	1.17	1.41	1.56	1.04	1.38	17.95
HYV Aus	2.03	2.25	1.93	1.82	2.18	7.39
Average Aus	1.74	2.13	1.90	1.39	2.07	18.97
B. Aman	1.19	1.61	0.00	1.35	1.49	25.21
T. Aman	1.58	1.93	1.44	1.74	1.76	11.39
HYV Aman	2.49	3.16	2.23	2.31	2.74	10.04
Average Aman	2.16	2.61	2.00	1.88	2.32	7.41
L Boro	2.00	2.20	1.95	1.83	2.19	9.50
HYV Boro	3.88	3.63	3.85	3.69	3.74	-3.61
Average Boro	3.84	3.35	3.84	3.67	3.60	-6.25
Average Rice	2.82	2.87	3.05	2.86	2.93	3.90
Wheat	2.41	1.75	1.76	1.45	1.58	-34.44
Pulses	0.93	1.35	1.29	0.83	0.94	1.08
Oilseeds	2.15	1.38	1.15	0.80	1.07	-50.23
Potato	18.24	11.00	13.14	13.86	12.41	-31.96
S Potato	9.85	7.87	13.18	9.97	10.80	9.64
Jute (bales)	12.2	8.43	15.34	11.32	14.30	17.21

注: * Comprising Kishoreganj and Sylhet Regions.

出典: JICA 調査団

プレモンスーン期のフラッシュフラッドならびにポストモンスーン期の排水不良は、しばしばこの収穫高を著しく減少させている。表 2.3.5 は、2000 年から 2010 年において洪水で農作物被害が発生した年の HYV ボロ米被害などを整理している。この表が示すように、キシオルゴンジ (Kishoreganj) 地区 (キシオルゴンジ (Kishoreganj) およびネトロコナ (Netrakona) 県) における被害は、2000 年の 3.04ton/ha から 2010 年の 3.87ton/ha までが記録され国平均と比べて高い。シレット (Sylhet) 地区 (シレット (Sylhet)、シュナムゴンジ (Sunamganj)、ホビゴンジ (Habiganj)、モウルビバザール (Maulvibazar) 県) では、2.09ton/ha (2000 年) から 3.18ton/ha (2003 年) の範囲に留まっている。

さらに、フラッシュフラッドや排水不良で被害を受けた年のボロ米収穫高（表 2.3.5 参照）は、年平均ボロ米収穫高 3.60 ton/ha（表 2.3.4 参照）と比べて低くなっている。

表 2.3.5 HYV ボロ米の被害

Year	Country/Region*	Area damaged (ha)	Loss of production (ton)	Loss of yield (ton/ha)	Total Area (ha)	Total Production (ton)	Yield (ton/ha)
2000	Bangladesh	117,398	317,460	2.70	3,652,036	11,027,010	3.02
	Kishoreganj	33,469	101,750	3.04	317,016	951,063	3.00
	Sylhet	57,696	120,700	2.09	317,115	709,800	2.24
2001	Bangladesh	7,009	18,440	2.63	3,761,995	11,920,940	3.17
	Kishoreganj	0	0	0	270,734	876,160	3.24
	Sylhet	5,547	13,800	2.49	317,406	837,900	2.64
2002	Bangladesh	92,308	275,680	2.99	3,771,485	11,765,500	3.12
	Kishoreganj	0	0		273,334	834,639	3.05
	Sylhet	33,226	86,480	2.60	340,295	883,100	2.60
2003	Bangladesh	4,852	15,610	3.22	3,844,998	12,221,850	3.18
	Kishoreganj	0	0		277,865	848,975	3.06
	Sylhet	3,595	11,450	3.18	328,907	870,680	2.65
2004	Bangladesh	177,591	497,220	2.80	3,943,671	12,837,230	3.26
	Kishoreganj	49,745	154,420	3.10	241,210	742,292	3.08
	Sylhet	124,810	332,690	2.67	310,461	759,550	2.45
2010	Bangladesh	124,819	369,591	2.96	4,707,066	18,058,962	3.84
	Kishoreganj	43,914	169,742	3.87	309,852	1,189,705	3.84
	Sylhet	80,947	199,849	2.47	339,087	1,136,187	3.35

注: * Kishoreganj region is comprised of Kishoreganj and Netrokona Districts; Sylhet region is comprised of Sylhet, Sunamganj, Habiganj and Moulvibazar Districts.

出典: Yearbook of Agricultural Statistics, BBS.

耕作の費用は、乾季が最も高い。労務費は全費用の 30%~50%を占める。HYV ボロ米の ha 当たり耕作費は約 43,500 タカ (BDT) である。全耕作費に対して、労務費は 36%強、灌漑 24%、肥料 19%程度である。

価格と費用の差額として計算される純収益を、作物別に表 2.3.6 に示す。最大の収益は HYV アマンから得られる。このアマンは天水によって耕作できるからであり、費用は HYV ボロ米よりも小さい。しかし、HYV アマンに使用できる土地は限られ、ハオール地域にはほとんど無い。HYV ボロ米からの収益は HYV アマンよりも小さいが、ボロ米は他の作物に比べて多くの労働力を必要とすることから、小規模および土地なし農民にとっては有難いものになっている。

表 2.3.6 作物別の収益

Crop	Price (BDT/ton)	Gross value (BDT /ha)	Total cost (BDT /ha)	Net return (BDT /ha)
B. Aman	13,550	21,680	16,055	5,625
Local T. Aman	14,050	25,290	17,290	8,000
HYV Aman	13,720	37,044	20,995	16,049
Local Boro	15,000	33,000	24,206	8,794
HYV Boro	15,710	58,127	43,472	14,655
Jute	17,500	31,500	18,525	12,975
Oilseeds	22,300	24,530	20,501	4,029

出典: Field survey 2012

(4) 漁業

ハオール内の湿原は、「バ」国におけるほとんどの淡水魚類の生息の場になっており、ハオール地域7県内の魚類の生息地は約9,670 km²と見積もられ、4,300 トン/年の漁獲高がある。この内、73.7%は漁獲で、残りが養殖となっている。漁獲高では、シュナムゴンジ(Sunamganj)県が全漁獲高の23.4%、ネトロコナ(Netrokona)県16.9%、キショルゴンジ(Kishoreganj)県16.2%、シレット(Sylhet)県14.8%、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県12.7%、ホビゴンジ(Habiganj)県8.1%、モウルビバザール(Moulvibazar)県7.9%と続く。漁場による漁獲高は、氾濫原77.9%、ビール(Beel)15.6%、河道3.5%、水路/カール1.8%となっている。養殖収穫高は、1,136 トン/年で全国の26.3%を占めている。4,300 トン/年の漁獲高の内、モンスーン期は主として氾濫域から2,540 トン/年、その他の時期は主として河川、ビール、養殖池から1,780 トン/年である。

「バ」国における内水面漁業の魚獲高の約20%はハオール地域であり、この分野は同国の経済のみならず地域経済、特に貧困層に対して重要な役割を担っている。国内総生産 GDP (Gross Domestic Products) への漁業の貢献は、ハオール地域が0.6%でその他の地域が3.14%である。2009/2010 会計年度には、約450 トンの漁獲高がハオール地域から輸出された。

ハオールにおける漁業は、農村貧困層の生計に大きく貢献している。人口の2.59%が専業漁民であり、65%以上の世帯が漁業にパートタイムまたは専業として従事している。

(5) 家畜

家畜は一般に農民にとって、貴重な動物性タンパク質の供給源であり、農耕や物の運搬に利用され、排泄物は肥料、燃料、また革製品(牛や山羊)の輸出による外貨獲得に利用されるなど多くの役割を担っており、「バ」国における農業経済にとって重要である。動物性タンパク質供給源の44%は家畜であり、家畜はまた、土地なし住民の生計にとっても重要な役割を果たしている。

メグナ(Meghna)川上流域の主たる家畜は、畜牛、水牛、山羊、羊、鶏、家鴨であり、約32.68 百万頭/匹が飼育されている。畜牛頭数は、「バ」国の22%を占めている。

(6) 製造業

北東地域における製造業は主に製茶関連であり、工場や従事者数(人口の1.33%)は相対的に小さい。茶畑のほとんどは、シレット(Sylhet)地域にある。この他、シレット(Sylhet)地域の製造物には肥料、セメント、プロパンガスなどが含まれる。

(7) 電力

電力は「バ」国の成長を支え加速させる要因の一つであるが、ハオール地域では電力供給が大きく不足している。

地方電化庁(Rural Electrification Board)は「バ」国の農村地域における電力供給を委託されている。2010年までに電力を供給されている村落は、全15,374村中の6,740村であった。これは、村落の電化率において全国レベルの72%に比べて44%と小さい。

2010年には、全国平均電力消費量200 kWh/人に比べて、ハオール地域では47 kWh/人であった。シュナムゴンジ(Sunamganj)県は17 kWh/人と最も小さい電力消費量を示し、キショルゴンジ(Kishoreganj)県、ネトロコナ(Netrokona)県が続いている。

(8) 水供給

ハオール地域におけるほとんどの家屋は、飲料水用に管井戸（地下水）を利用している。50%の家屋は、飲用以外の生活用水を周辺の河川/池の水に頼っている。結果として、安全な水へのアクセスがあるにもかかわらず、ハオールの住民は多くの水に起因する疾病に苛まれている。

(9) 下水設備

「バ」国はMDGs目標達成への途上にあるが、ハオール地域では貧困による負荷や不十分なインフラ整備のストレスからその全体的な衛生状態は伝染/非伝染病の発生とともに国家目標から遅れている。

また、M/Pによればハオール地域における下水設備の水準は、「バ」国の他の地域と比べて劣っている。ハオール地域におけるトイレの使用は44%である。

洪水氾濫、高い地下水位、過剰な降雨および緩んだ地盤土質などが、掘り込み便所の溢れや崩壊の原因になっている。

(10) 教育

ハオール地域の平均識字率は、全国レベルの54.8%に対して38%である。モウルビバザール(Moulvibazar)県が最も高い識字率(42%)を有し、シレット(Sylhet)県41%、ブラフモンバリア(Brahmabaria)県40%、ホビゴンジ(Habiganj)県37%、キシオルゴンジ(Kishoregnj)県37%、ネトロコナ(Netrokona)県34%、シュナムゴンジ県33%と続いている。表2.3.7に県別の教育機関数を示す。

表 2.3.7 県別教育機関数

県	小中学校	高校	大学	職業訓練校
Sunamganj	1,447	149	27	2
Habiganj	1,053	108	22	2
Netrokona	1,166	186	30	6
Kishoreganj	1,305	202	30	9
Sylhet	1,350	256	60	3
Maulvibazar	1,027	141	27	0
Brahmanbaria	1,033	182	36	7
ハオール地域計	8,381	1,224	232	29

出典：教育省およびバングラデシュ統計局資料、2010年

(11) 保健

ハオール地域の全体的な衛生状態は、伝染/非伝染病の発生とともに国家目標からは遅れている。マラリア発生の県（ホビゴンジ(Habiganji)、モウルビバザール(Maulvibazar)、ネトロコナ(Netrokona)、シュナムゴンジ(Sunamganj)）では、2009年に5,345件の症例が確認された。

ハオール地域の平均乳児死亡率、5歳未満死亡率は、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県を除き1000人当たり57人及び76人であり、これはそれぞれの全国平均49人、64人より高い。高い乳児、子供の死亡率は、栄養失調も大きな要因である。ハオール地域における5歳未満平均栄養失調の割合は46%で、全国レベルの43%よりも高い(BDHS、2007)。

(12) 道路輸送

ハオール地域は、プレモンスーン及びモンスーン期の4~6ヶ月の期間水没するため、この期間はLGEDが担当する無舗装道路などが水没しボートなしの移動は難しい。このため、水路、道路網がハオールの特性を生かし長年かけて建設されてきた。国道、地方道、県道の建設は、バング

ラデシユ道路・高速道路局 (Bangladesh Roads and Highways Department : RHD) が担当し、ウパジラ⁸・ユニオン⁹・村落道路は LGED が担当する。ハオール地域では、69 ウパジラの内、11 ウパジラは RHD 道路網と接続されていない状況である。

(13) 内陸舟運

ハオール地域では、主要な輸送手段として内陸の水路が利用される。25 内陸舟運ルートがあり全長 1,828.8km を有し、モンスーン期 (5 月～9 月) の舟運に利用されている。しかし、乾期は約 1,000km の水路で内陸船は運航できない。

2.4 洪水被害および洪水痕跡

「バ」国で近年発生した洪水被害の特徴を表 2.4.1 に示す。

表 2.4.1 近年における洪水被害の特徴

洪水年	発生の特徴 (降雨量、発生の特性、地域、時期等)
1987 年	7 月から 9 月にかけて発生。ガンジス(Ganges)、ブラマプトラ(Brahmaputra)川での被害が甚大。 「バ」国全体で浸水面積 ¹⁾ 57,491km ² 、被害額 ²⁾ 35,000 百万 BDT、影響人数 ³⁾ 29.7 百万人であった。
1988 年	南東地域河川で 5 月に発生。集中豪雨で北方地域、北東地域で被害が甚大。ガンジス(Ganges)、ブラマプトラ(Brahmaputra)、パドマ(Padma)川の沿川区域での被害が大きい。 「バ」国全体で浸水面積 ¹⁾ 120,973km ² 、被害額 ²⁾ 100,000 百万 BDT、影響人数 ³⁾ 73 百万人であった。
1998 年	全国的な規模の洪水。7 月上旬に発生。メグナ(Meghna)川バイラブバザール(Bhairab Bazar)では、79 日間も危険水位を上回った。高波の発生や背水も顕著である。エルニーニョの影響もあったと考えられる。 「バ」国全体で浸水面積 ¹⁾ 100,000km ² 、被害額 ²⁾ 100,000 百万 BDT、影響人数 ³⁾ 15 百万人であった。
2004 年	ガンジス(Ganges)、ブラマプトラ(Brahmaputra)、メグナ(Meghna)川流域でモンスーン降雨が発生。特に北東地域は通常の 1.5 倍の降雨があった。4 月 11 日に発生した降雨は、アッパーメグナ流域のスルマ(Surma)、クシヤラ(Kushiyara)川等で 2 日から 10 日間の危険水位を超過。農作物に大きな被害を与えた。 「バ」国全体の影響人数 ⁴⁾ 74.7 百万人であった。
2007 年	6 月 24 日発生と 9 月 5 日発生の 2 個の洪水が来襲。6 月洪水では、北部地域のジャムナ(Jamuna)川沿いでは、ニルファマリ(Nilphamari)、クリグラム(Kurigram)、スルマ(Surma)川沿いでは、シレット(Sylhet)、シュナムゴンジ(Sunamganj)等が被災した。9 月洪水では Jamuna 川沿いが 60-80% の浸水率となったが、スルマ(Surma)川沿いでは、シュナムゴンジ(Sunamganj)の被災が 15-30% となったほかは 0-15% の浸水率である。ジャムナ(Jamuna)川沿いの洪水被害が大きいのが特徴である。 「バ」国全体の影響人数 ⁴⁾ 28.5 百万人であった。
2010 年	2010 年 3 月 30 日より、シレット(Sylhet)、シュナムゴンジ(Sunamganj)県を中心として、激しい豪雨が 4 月 10 日まで続き、クシヤラ(Kushiyara)川、サリガヤイン(Sari-Gowain)川、ピヤイン(Piyain)川、ルバチョラ川流域に大量の雨をもたらした。また、6 月に発生したフラッシュフラッド被害はネタラコナ(Netrakona)、シュナムゴンジ(Sunamganj)、キショルゴンジ(Kishoreganj)が特に被害を受けた。インドのアッサム地方およびメガラヤ台地からの出水が 2 週間続いた。

1) Bangladesh Compendium of Environmental Statistics (BBS, 1999), 2) BWDB & BBS, 3) Centre for Research on Epidemiology of Disasters, 4) Ministry of Disaster Management and Relief.

出典：「バ」国メグナ川流域管理計画策定支援調査プロジェクト準備調査, 2011 年 3 月の資料を基に追記。

⁸ 県の下に置かれる行政区画

⁹ ウパジラの下に置かれる行政区画で、通常 9 村からの成る農村行政最小単位

また、各年の「バ」国の浸水面積を表 2.4.2 に示す。

表 2.4.2 各年の「バ」国の浸水面積

年	浸水面積		年	浸水面積		年	浸水面積	
	km ²	%		km ²	%		km ²	%
1954	36,800	25	1975	16,600	11	1995	32,000	22
1955	50,500	34	1976	28,300	19	1996	35,800	24
1956	35,400	24	1977	12,500	8	1998	100,250	68
1960	28,400	19	1978	10,800	7	1999	32,000	22
1961	28,800	20	1980	33,000	22	2000	35,700	24
1962	37,200	25	1982	3,140	2	2001	4,000	2.8
1963	43,100	29	1983	11,100	7.5	2002	15,000	10
1964	31,000	21	1984	28,200	19	2003	21,500	14
1965	28,400	19	1985	11,400	8	2004	55,000	38
1966	33,400	23	1986	6,600	4	2005	17,850	12
1967	25,700	17	1987	57,300	39	2006	16,175	11
1968	37,200	25	1988	89,970	61	2007	62,300	42
1969	41,400	28	1989	6,100	4	2008	33,655	23
1970	42,400	29	1990	3,500	2.4	2009	28,593	19
1971	36,300	25	1991	28,600	19	2010	26,530	18
1972	20,800	14	1992	2,000	1.4	2011	29,800	20
1973	29,800	20	1993	28,742	20	2012	17,700	12
1974	52,600	36	1994	419	0.2			

出典: Annual Flood Report 2012, FFWC, BWDB

「バ」国のモンスーン性の洪水は徐々に水位が上昇し、フラッシュフラッドでは急激な水位上昇を呈する。しかし、これらの洪水によって多くの人命を失うような被害は、あまり発生しない。しかし、モンスーン性の洪水に関しては、低平な国土であるがために洪水氾濫が広範囲に拡がり、それによって財産や農作物、雇用環境、衛生環境等に被害損失を与えている。

ハオール地域内におけるプレモンスーン期のフラッシュフラッドによる洪水被害は、ボロ米に与える被害が最も大きい。それ以外にも潜水堤防の越流による潜水堤防本体への被害、床上及び床下浸水といった直接的な被害のみならず、道路の水没による交通遮断等の間接的な被害がある。しかし、ボロ米被害以外のデータは入手出来なかった。(堤防のダメージについては、別途調査しているがほとんどが一度ダメージを受けたものの補修せずに堤防のダメージが拡大しているため、正確に何時のフラッシュフラッドでどの程度の被害を受けたというデータはない。)

ボロ米の洪水被害に関して、「バ国災害対策協力プログラム準備調査」H24.7の表-3.1.4にBBSの農業統計年鑑を基に集計がなされている。但し、これはRegion単位のものである。

ハオール地域の調査対象であるシレット(Sylhet)県、シュナムゴンジ(Sunamganj)県、ホビゴンジ(Habiganj)県、ネトロコナ(Netrakona)県、モウルビバザール(Moulvibazar)県、キシオルゴンジ(Kishorganj)県、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県の県別のボロ米被害についてBBS(ダッカ)より2009-10年のデータを入手した。表 2.4.3に県別のボロ米の被害額を示す。これより以前のデータとしてはBBSではRegion単位のデータしか持っておらず、過去に遡って洪水被害に関して県別の整理は難しい。その他BWDB、農業省に県別のデータの有無について確認を行ったが、洪水被害データについては保有していない状況である。

また、洪水痕跡水位に関する資料について取り纏めているものはない。

表-2.4.3 フラッシュフラッドによるボロ米の被害 2009-2010

(1) Local Boro 米

District	Area (fully damaged) (ha)	Area (Partially damaged) (ha)	Percentage of full damage in partial damage (%)	Area (full damage in partial damage) (ha)	Damaged total Area (ha)	Expected yield (M. ton)/(ha)	Total Production Loss (M. Ton)
Shylet	5,213	6,699	47.94	3,212	8,424	1.69	14,259
Moulvibazar	0	0	0.00	0	0	0.00	0
Sunamganj	16,132	14,076	41.94	5,903	22,035	1.75	38,658
Habiganj	0	194	55.00	107	107	1.47	157
Sub-total	21,345	20,969	43.98	30,566	30,566	1.74	53,074
Kishorganj	97	43	36.33	113	113	1.92	216
Netrokona	316	0	0.00	317	317	1.93	609
Sub-total	412	43	36.33	428	428	1.93	825
Total	21,757	21,012	43.96	30,995	30,995	1.74	53,899

(2) HYV Boro 米

District	Area (fully damaged) (ha)	Area (Partially damaged) (ha)	Percentage of full damage in partial damage (%)	Area (full damage in partial damage) (ha)	Damaged total Area (ha)	Expected yield (M. ton)/(ha)	Total Production Loss (M. Ton)
Shylet	8,649	5,087	54.83	2,789	11,438	2.63	30,130
Moulvibazar	0	0	0.00	0	0	0.00	0
Sunamganj	33,603	10,128	47.64	4,825	38,428	2.99	114,986
Habiganj	223	486	60.00	291	514	3.23	1,662
Sub-total	42,474	15,700	50.35	7,905	50,379	2.91	146,775
Kishorganj	12,093	17,008	33.82	5,917	17,846	3.91	69,744
Netrokona	15,996	5,101	51.91	2,648	18,644	3.66	68,255
Sub-total	28,098	22,109	38.00	8,401	36,490	3.78	137,999
Total	70,564	37,809	43.12	16,306	86,870	3.28	284,774

(3) Hybrid Boro 米

District	Area (fully damaged) (ha)	Area (Partially damaged) (ha)	Percentage of full damage in partial damage (%)	Area (full damage in partial damage) (ha)	Damaged total Area (ha)	Expected yield (M. ton)/(ha)	Total Production Loss (M. Ton)
Shylet	0	0	0.00	0	0	0.00	0
Moulvibazar	0	0	0.00	0	0	0.00	0
Sunamganj	0	0	0.00	0	0	0.00	0
Habiganj	0	0	0.00	0	0	0.00	0
Sub-total	0	0	0.00	0	0	0.00	0
Kishorganj	3,613	4,427	37.05	1,640	5,253	4.40	23,127
Netrokona	1,672	69	40.00	28	1,700	4.58	7,791
Sub-total	5,285	4,496	37.09	1,668	6,953	4.45	30,918
Total	5,285	4,496	37.09	1,668	6,953	4.45	30,918

(4) 合計

District	Area (fully damaged) (ha)	Area (Partially damaged) (ha)	Percentage of full damage in partial damage (%)	Area (full damage in partial damage) (ha)	Damaged total Area (ha)	Expected yield (M. ton)/(ha)	Total Production Loss (M. Ton)
Shylet	13,861	11,785	50.92	6,001	19,862	2.23	44,389
Moulvibazar	0	0	0.00	0	0	0.00	0
Sunamganj	49,735	24,204	44.32	10,728	60,463	2.54	153,641
Habiganj	223	680	58.57	398	621	2.93	1,819
Sub-total	63,819	36,669	46.71	17,127	80,946	2.47	199,849
Kishorganj	15,803	21,479	34.49	7,409	23,212	4.01	93,087
Netrokona	17,984	5,169	51.75	2,675	20,659	3.71	76,655
Sub-total	33,786	65,859	37.84	10,084	43,871	3.87	169,742
Total	97,605	63,317	42.98	27,211	124,817	2.96	369,591

注: sub-total は各 region 単位の合計を示す。2009-2010 のデータ

出典: BBS (ベンガル語資料を翻訳)

第3章 「ハオール地域開発マスタープラン(M/P)」の検討過程のレビュー

3.1 ワーキング・グループの結成と活動

第1次現地調査の開始後、M/P 検討過程のレビュー作業を円滑に効率よく実施するためにワーキング・グループ (WG) を結成し、運営規則を作成した(附録 3-1 参照)。

また、WG は、事業の実施機関と想定される Bangladesh 水開発庁 (BWDB)、M/P の策定を委託され実際の作成に携わった環境地理情報サービスセンター (CEGIS) ならびに調査団で構成された。

この WG 会議は、第1次現地調査において BWDB 本庁 (ダッカ) で 2012 年 12 月 10・23 日、2013 年 1 月 14 日に計 3 回開催した。議事録を附録 3-2 に添付している。

調査団は、第1回 WG 会議においてメンバー間で WG に係る共通の理解と情報の共有を図るべく、結成の趣旨、メンバー構成、活動、最終成果などについて運営規則を基に説明した。

3.2 M/P の検討過程に関する調査結果

(1) ハオール地域の水資源分野における検討過程

ハオール地域における水資源管理に関連する主要な課題の一つが、4 月中旬から 5 月初旬にかけてプレモンスーン期のフラッシュ・フラッドが引き起こす洪水氾濫である。この洪水氾濫に対する伝統的な対策は、フラッシュ・フラッドによる急速な水位上昇から穀物、特にボロ米を守る潜水堤防である。

M/P では、ハオール地域の洪水特性ならびに同地域の生態系保全に対する住民の認識を勘案して総合的な構造物対策が策定されている。この対策策定の主な流れを以下に示す。

- 1) 洪水水深分布図の作成
 - (a) 水文解析に基づく洪水位危険期間の設定
 - (b) 既存調査ならびに現地調査によるハオール地域内氾濫原における洪水位危険期間の洪水位情報の収集
 - (c) 洪水位危険期間と農業活動との関係を踏まえた洪水水深分布図の作成
- 2) 洪水水深分布図を基に、生態系保全にも配慮した新規の水理構造物建設、ならびに適切に洪水位を管理/抑制する既存対策のリハビリによる持続的活用の提案
- 3) 既存潜水堤防の設計諸元の見直し、ならびに既存施設の維持管理改善・強化策の提案
- 4) 現地調査や参加型手法に基づく問題・課題および必要なインフラ施設の整理
- 5) ハオールと近傍河川間の通水機能の維持/改善に向けた浚渫や水路復旧などを含む排水管理の導入 (インフラ施設の必要性については、技術的、社会的、環境的な観点から評価・検討し、ステークホルダー会議を通して確認)

上記の 3) について、既存潜水堤防の設計諸元では断面形状の修復/修正、また既存施設の維持管理 (O/M) 改善・強化では次の 4 項目が計画策定の戦略に含まれるべきことを M/P で言及している。

- ① 予算の確保
- ② 現場管理用資機材の確保（特に、車輛、コンピュータなど）
- ③ 要員の確保（空席ポストの要員補充および新規採用）
- ④ 住民参加の強化も視野に入れたステークホルダーの能力強化

潜水堤防法面勾配は BWDB の設計マニュアルにおいて 1:3.0 としているが、現状では O/M 不足もあり流水の浸食作用や洪水の越水などに起因してこの勾配よりも急斜面になっている箇所も目立つ状況にあること、また O/M については直面している重要な課題を指摘していることから、これらは適切なものと評価できる。

(2) ハオール地域の水資源分野における各優先事業の検討過程

M/P で策定されたハオール地域の水資源管理分野における優先事業（WR01、WR02、WR03 および WR05：以下に詳述）の検討過程を WG 会議ならびに CEGIS との協議を通して以下のように確認した。

ステップ1：M/P 策定の過程で 69 のウパジラ（Upazila）で公聴会を開催し、問題/課題や可能な解決策について整理した。この公聴会は各ウパジラにおいて多方面の関係者が参加して開催され、次の表に示す 29 の課題について議論された。このうち、20 の課題は事前に準備したものであり、残り 9 課題は公聴会の中で追加された。

▪ Water resources	▪ Graveyards and cremation grounds
▪ Water sharing	▪ Food godowns and cold storage
▪ Agriculture	▪ Mini hydropower
▪ Fisheries	▪ Solar power and fuel
▪ Pearl culture	▪ Tourism, settlements and public security
▪ Livestock	▪ Usage of water
▪ Social forestry	▪ Sanitation
▪ Biodiversity	▪ Industrial developments
▪ Livelihood	▪ Sports and culture
▪ Employment opportunity	▪ Social welfare
▪ Transportation	▪ Gender concerns
▪ Education	▪ Institutional infrastructure
▪ Health	▪ Natural disasters and climate change
▪ Market facility	▪ GO/NGO project interventions
▪ Religious institutions	

さらに、ハオール地域において可能性のある事業を拾い出すべく、北東地域洪水防御計画（FAP 6：Flood Action Plan 6）の報告書、その他関連資料もレビューされた。

ステップ2：公聴会の結果を踏まえ以下の表に示す 15 の課題がハオール地域においては重要であることを確認した。

▪ Flash flood	▪ Indiscriminate harvest of natural resources
▪ Siltation and sedimentation of major rivers	▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest
▪ River bank erosion and wave erosion	▪ Weakness in leasing system for fisheries
▪ Reduction of navigability	▪ Illiteracy
▪ Lack of proper sanitation	▪ Poverty
▪ Scarcity of drinking water	▪ Inadequate health facilities
▪ Fragile and inadequate road network	▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
▪ Degradation of Eco-system	

ステップ3：上記の課題を、その解決に向けて下表に示す17の開発分野(DA:Development Area)に再整理した。

▪ Water Resources	▪ Mineral Resources
▪ Agriculture	▪ Pearl Culture
▪ Education	▪ Power and Energy
▪ Fisheries	▪ Tourism
▪ Forest	▪ Water Supply and Sanitation
▪ Health	▪ Transportation
▪ Housing and Settlement	▪ Social Services
▪ Industry	▪ Biodiversity and wetland
▪ Livestock	

ステップ4：水資源関連の開発分野(DA)について、問題の内容や位置など考慮して次の6事業分野に分類した。

▪ Flash flood	▪ Drainage congestion
▪ River bank erosion	▪ Poor navigability
▪ Wave erosion	▪ Sedimentation

ステップ5：上記の6事業分野において、その問題・課題の解決に向けて事業内容を策定した。この事業内容を以下に示す。

- (a) リハビリ事業: WR01
- (b) 新規開発事業: WR02
- (c) 河川浚渫事業: WR03
- (d) 居住地保護事業: WR05
- (e) 調査案件*

(注) *調査案件は公聴会を通して策定されたものではなく、国際河川の現状、気候変動、能力開発などを考慮の上提案されている。各調査案件を表3.2.1に示す。

表 3.2.1 調査案件の整理

DA Code	Project title	Key Objective
WR-04**	Development of Early Warning System for Flash Flood Prone Areas in Haor and Dissemination to Community Level	Development of early flash flood warning system and dissemination to the communities
WR-06**	Monitoring of the Rivers in Haor Area	Study of the morphological characteristics of the rivers of the haor areas to identify different types of activities to keep the haor functioning
WR-07***	Impact Study of the Interventions of Transboundary River System	Assessment of the impact of any type of intervention at upstream of international boundary
WR-08**	Study of the Climate Change Impact of Haor Areas	Climate change impact study on haor areas
WR-09***	Strengthening and Capacity Development of BHWDB	Organizational Development Plan and Capacity Development of BHWDB

注: *** Very High Priority, ** High Priority

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

上記のステップ5の後、各優先事業は次のように検討された。

1) WR01：ハオール地域におけるプレモンsoon洪水防御・排水事業

ステップ1：「バ」国では BWDB が水資源事業の維持・管理を担当する主な組織であり、ハオール地域における BWDB の既存水関連事業のリストを作成した。これらは洪水防御、洪水防御/排水および洪水防御/排水/灌漑事業で、リハビリ候補事業として 118 事業がリストアップされた。

ステップ2：BWDB の開発プロジェクトプロポーザル (DPP) /2011 に含まれる 52 リハビリ事業をステップ1の 118 事業から削除し、残り 66 ハオール事業について M/P で推奨するリハビリ事業の選定作業に資するべく関連既存情報を収集した。

ステップ3：水管理改善事業 (WMIP: Water Management Improvement Project、World Bank) の対象事業などを勘案しつつこの 66 事業を検討し、この中から住民のニーズや BWDB 地方事務所の意見などを踏まえて 25 事業をリハビリ事業の対象として選出した。選定基準を以下に示す。

- (a) 既存潜水堤防の現状
- (b) その他の既存施設の現状と機能
- (c) 水路内堆砂
- (d) 事業地域内水路と外部河川との通水状況

ステップ4：BWDB 本庁（維持・管理担当副 DG、Chief Planning、Director Planning-1、退職高官）および水分野の専門家内の協議を経て上記 25 事業（表 3.2.2 参照）を WR01 の事業群として設定した。

表 3.2.2 M/P で提案されたりハビリ事業 WR01 のハオール事業

No	Project name	Haor	% of Haor*	Status of existing embankment	Status and function of existing structures	Siltation in canals	Connectivity between internal khals and rivers
1	Adampur Sub-Project			No embankment	Fully or Partially damaged	Silted up	No or Seasonal connectivity
2	Alalia Bahadia Sub-Project	Mosti Beel Haor	100	No embankment	Good condition	Partially silted up	Partial connectivity
3	Aralia Khal	Ikram-Sangar Haor	11	No embankment	Partially damaged	Silted up	No or Seasonal connectivity
4	Baraikhali Khal Sub-Project			Full protection embankment with public cut	Fully or Partially damaged	Partially silted up	Partial connectivity
5	Bashira River Re-excavation	Birat Haor	17	No embankment	Fully or Partially damaged	Partially silted up	Partial connectivity
		Boro Ghop Haor	82				
		Brithangol Haor	1				
		Char Katkhal Haor	44				
		Dilhi Akhra Haor	75				
		Kakuar Haor	96				
		Satkandir Haor	86				
Shibpasha Haor	2						
6	Chandal Beel			Submergible embankment in good condition	Partially damaged	Silted up	No or Seasonal connectivity
7	Charfaradee			Submergible	Partially	Partially	Partial

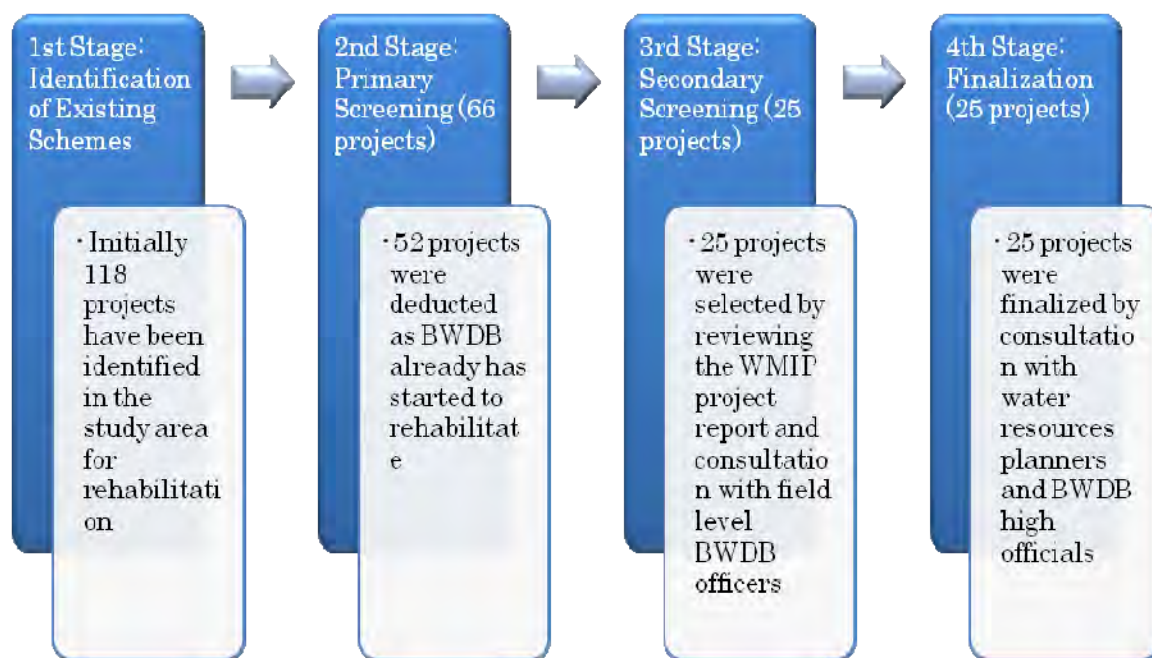
No	Project name	Haor	% of Haor*	Status of existing embankment	Status and function of existing structures	Siltation in canals	Connectivity between internal khals and rivers
	Jangalia Sub-Project			embankment in good condition	damaged	silted up	connectivity
8	Dampara Water Management Project			Full protection embankment in good condition	Good condition	Partially silted up	Partial connectivity
9	Ganakkhali Sub-Project	Madhabdi Haor	13	Full protection embankment in good condition	Partially damaged	Partially silted up	Partial connectivity
		Panch Aatiya Beel	100				
10	Gozaria Beel Project	Feualanga Haor	15	Full protection embankment in good condition	Partially damaged	Partially silted up	Partial connectivity
		Nanesswar Haor	93				
11	Hamhami Chhara Scheme			Full protection embankment in good condition	Partially damaged	Functioning	Partial connectivity
12	Kairdhala-Ratna	Baniachang Puber Haor	4	Submergible embankment with breaching	Partially damaged	Partially silted up	Partial connectivity
		Birat Haor	22				
		Daskhin-Paschimer Haor	14				
		Khagapasha Haor					
		Luxmibaur-Nalair Haor	93				
	Makalkandi Haor	15					
13	Kakon Nadi Scheme			Full protection embankment with breaching	Partially damaged	Functioning	Active
14	Kangsha River Scheme			Full protection embankment in good condition	Partially damaged	Silted up	Partial connectivity
15	Kushiara Bardal Project			Full protection embankment with breaching		Partially silted up	Partial connectivity
16	Modkhola Bhairagirchar Scheme			Full protection embankment with breaching	Partially damaged	Partially silted up	Partial connectivity
17	Rahimpur Khal Scheme	Balait Haor-2	20	Full protection embankment in good condition	Good condition	Partially silted up	Partial connectivity
18	Sari Goyain Project	Baurbhag Haor-1	62	Submergible embankment with breaching	Partially damaged	Silted up	Partial connectivity
		Lakshmi Prashad Haor	98				
19	Satdona Beel Scheme			Submergible embankment in good condition	Partially damaged	Silted up	No or Seasonal connectivity
20	Shaka Borak Project			Full protection embankment in good condition	Good condition	Silted up	No or Seasonal connectivity
21	Sharifpur FCD System			Full protection embankment in good condition	Partially damaged	Functioning	Active
22	Singer Beel Scheme			Full protection embankment with breaching	Good condition	Partially silted up	Partial connectivity

No	Project name	Haor	% of Haor*	Status of existing embankment	Status and function of existing structures	Siltation in canals	Connectivity between internal khals and rivers
23	Sukaijuri Bathai			Full protection embankment in good condition	Partially damaged	Silted up	No or Seasonal connectivity
24	Tarapasa Premnagar Flood Control Embankment Project			Full protection embankment with breaching		Functioning	Active
25	Thakurakona Sub-Project			Submergible embankment with breaching	Partially damaged	Partially silted up	Partial connectivity

(注) * 各ハオールにおいてリハビリ事業に含まれる面積の%

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

WR-01 の検討過程



2) WR02 : ハオール地域におけるプレモンスーン洪水防御・排水事業、第2期

ステップ 1 : 公聴会で得られた住民の要望やこれまでに提案された案件を踏まえて、WR02について 39 事業を新規に策定した。各事業の位置や範囲は、DEM、ハオールの位置およびハザードマップなどを踏まえて策定した。

ステップ 2 : M/P 策定に参画する専門家の知見、意見、経験に基づいて、39 事業の中で 31 の事業について妥当性があるものと考えられた。

ステップ 3 : BWDB 本庁（維持・管理担当副 DG、Chief Planning、Director Planning-1、退職高官）および水分野の専門家内の協議を踏まえて上記 31 事業（表 3.2.3 参照）を最終的に WR02 の事業群として設定した。

WR-02 の検討過程 :



表 3.2.3 M/P で提案された新規ハオール事業:WR02

No	Scheme name	Haor	% of Haor*	Problems
1	Ayner Gupi Haor	Ayner Gupi Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Fragile and inadequate road network ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Illiteracy ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
2	Badla Project	Kataiya Band Haor	42	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Reduction of navigability ▪ Fragile and inadequate road network ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
3	Banaiya Haor	Banaiya Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Scarcity of drinking water ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
4	Bansharir Haor	Bansharir Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers

No	Scheme name	Haor	% of Haor*	Problems
				<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduction of navigability ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
5	Bara Haor	Boro Haor(Netrokona)	62	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Reduction of navigability ▪ Lack of proper sanitation ▪ Poverty
		Digli Beel	100	
		Sonadubi Haor	56	
6	Boro Haor(Austagram)	Boro Haor(Austagram)	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Inadequate health facilities ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
		Chaudanta Band Haor	100	
		Goradigha Haor	100	
		Mithamain Dhakhin Haor	100	
		Pathar Char Bandh Haor	100	
7	Boro Haor(Nikli)	Bariar Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Inadequate health facilities ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
		Boro Haor(Kishoreganj)	100	
		Kaliain Beel Haor (Borar Haor)	100	
		Kaliar Beel	100	
		Paschimband Haor	100	
8	Chandpur Haor	Chandpur Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
9	Charigram Project	Khunkhuni Haor	46	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Lack of proper sanitation ▪ Fragile and inadequate road network ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Inadequate health facilities ▪ Illiteracy ▪ Poverty
10	Chatal Haor	Chatal Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers

No	Scheme name	Haor	% of Haor*	Problems
				<ul style="list-style-type: none"> ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Reduction of navigability ▪ Fragile and inadequate road network ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
11	Dakhshiner Haor	Dakhshiner Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Lack of proper sanitation ▪ Fragile and inadequate road network ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
12	Dhakua Haor	Dhakua Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Reduction of navigability ▪ Lack of proper sanitation ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Inadequate health facilities ▪ Illiteracy ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
13	Dharmapasha Rui Beel	Atla Beel Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Poverty
		Chichrar Haor	97	
		Choto Hijla- Baro Hijlar Beel Haor	98	
		Goradoba Haor	11	
		Holdir Haor	94	
		Jaldhara/ Keuti Haor	100	
		Kahilani-Sreekuli Haor	99	
		Kainjar Haor	5	
		Kalianibeel Haor	96	
Kalnikuri Beel	100			

No	Scheme name	Haor	% of Haor*	Problems
		Kumuria Beel Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
		Medar Beel-2 Haor	99	
		Morichapuri Haor	97	
		Naya Beel Haor	98	
		Ruiyer Beel Haor	100	
		Shaldighar Haor	99	
		Soilchapra Haor	100	
		Togar Haor	100	
14	Dubriary Haor	Dubriary Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Lack of proper sanitation ▪ Scarcity of drinking water ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Inadequate health facilities ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
15	Dulalpur Haor	Dulalpur Haor-1	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
16	Ganesh Haor	Ganesh Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Reduction of navigability ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
17	Golaimara Haor	Golaimara Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Illiteracy ▪ Poverty
18	Jaliar Haor	Jaliar Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ Scarcity of drinking water ▪ Poverty
19	Joyariya Haor	Joyariya Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers

No	Scheme name	Haor	% of Haor*	Problems
				<ul style="list-style-type: none"> ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Illiteracy ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
20	Korati Beel Haor	Bhusha Kanda Beel Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Fragile and inadequate road network ▪ Poverty
		Korati Beel Haor	100	
21	Kuniarbandh Haor	Dulalpur haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Illiteracy ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
		Kuniarbandh Haor	100	
22	Mokhar Haor	Mokhar Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Inadequate health facilities ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
23	Muktarpur Haor	Muktarpur Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Scarcity of drinking water ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
24	Muria Haor	Muria Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Reduction of navigability ▪ Lack of proper sanitation ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources

No	Scheme name	Haor	% of Haor*	Problems
				and swamp forest ■ Weakness in leasing system for fisheries ■ Inadequate O&M of existing infrastructure
25	Naogaon Haor	Gopdighi Haor	100	■ Flash flood ■ Siltation and sedimentation of major rivers ■ River bank erosion and wave erosion ■ Lack of proper sanitation ■ Degradation of Eco-system ■ Indiscriminate harvest of natural resources ■ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ■ Weakness in leasing system for fisheries ■ Inadequate health facilities ■ Illiteracy ■ Poverty ■ Inadequate O&M of existing infrastructure
		Madhainagar haor	100	
		Mithamain Uttar Haor	100	
		Naogaon Haor	100	
26	Noapara Haor	Bhatibaratia Haor	100	■ Flash flood ■ Siltation and sedimentation of major rivers ■ River bank erosion and wave erosion ■ Fragile and inadequate road network ■ Poverty ■ Inadequate O&M of existing infrastructure
		Noapara Haor	100	
27	Nunnir Haor	Bullar Haor	100	■ Flash flood ■ Siltation and sedimentation of major rivers ■ River bank erosion and wave erosion ■ Degradation of Eco-system ■ Indiscriminate harvest of natural resources ■ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ■ Weakness in leasing system for fisheries ■ Poverty ■ Inadequate O&M of existing infrastructure
		Guja Haor	100	
		Gurai Haor	100	
		Jaraitala Haor	100	
		Nunnir Haor	100	
28	Rautir Haor	Rautir Haor	100	■ Flash flood ■ Reduction of navigability ■ Degradation of Eco-system ■ Indiscriminate harvest of natural resources ■ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ■ Weakness in leasing system for fisheries ■ Inadequate O&M of existing infrastructure
29	Sarishapur Haor	Goyila Halda haor	100	■ Flash flood ■ Siltation and sedimentation of major rivers
		Lahundi Haor	100	
		Sarishapur Haor	100	

No	Scheme name	Haor	% of Haor*	Problems
				<ul style="list-style-type: none"> ▪ River bank erosion and wave erosion ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Illiteracy ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure
30	Shelnir Haor	Shelnir Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ Lack of proper sanitation ▪ Degradation of Eco-system ▪ Indiscriminate harvest of natural resources ▪ Over exploitation of fisheries resources and swamp forest ▪ Weakness in leasing system for fisheries ▪ Poverty
31	Sunair Haor	Sunair Haor	100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flash flood ▪ Siltation and sedimentation of major rivers ▪ Reduction of navigability ▪ Illiteracy ▪ Poverty ▪ Inadequate O&M of existing infrastructure

(注) * 各ハオールにおいて新規事業に含まれる面積の%

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

3) WR03: 河川浚渫・居住地開発

ステップ 1 : ハオール地域には、スルマ - バウライ - ゴラウトウラ (Surma-Baulai- Gorautra) およびカルニ - クシヤラ (Kalni-Kushiyara) の 2 大水系が位置している。この 2 大水系の河川がインドから流れ込む多量の土砂をハオール地域へと運んでいる。BWDB は 2011 年にカルニ - クシヤラ川の浚渫事業を開発事業として開始したため、M/P ではスルマ - バウライ - ゴラウトウラ(Surma-Baulai- Gorautra)水系を浚渫計画の対象とした。

ステップ 2 : ハオール地域における浚渫河川として可能性の高い河川を整理するべく北東地域水管理計画(North East Water Management Plan: FAP6)、その他関連資料をレビューした。この北東地域水管理計画では、20 河川 (Baida, Baulai, Chamti, Darai, Dhalai, Dhaleswari, Dhanu, Gora Utra, Jadukata, Jalokhali/Dhomali, Kalni, Kushiyara, Meghna, Nawagong, Old Surma, Patnai, Rakti, Someswari, Surma and Titas) が浚渫対象として提案されている。河川延長は合計 845km である。

ステップ 3 : スルマ - バウライ - ゴラウトウラ (Surma-Baulai- Gorautra) 川水系のスルマ (Surma), ラクティ(Rakti), バウライ(Bauli)川およびカトカル(Katakhal)水路から合計 125km 区間を浚渫区間として選定した。選定基準を以下に示す。

- (a) 舟運目的
- (b) 洪水低減効果
- (c) 村落プラットフォーム（ハオール地域内に盛土して建設した居住地）の新規建設および拡張
- (d) 水系内流路変更の促進

ステップ4：現地調査、公聴会ならびに Bangladesh Water Transport Authority (BIWTA) / BWDB 地方事務所の知見などを踏まえ、選定した表 3.2.4 に示す 125km 区間の有用性を確認した。

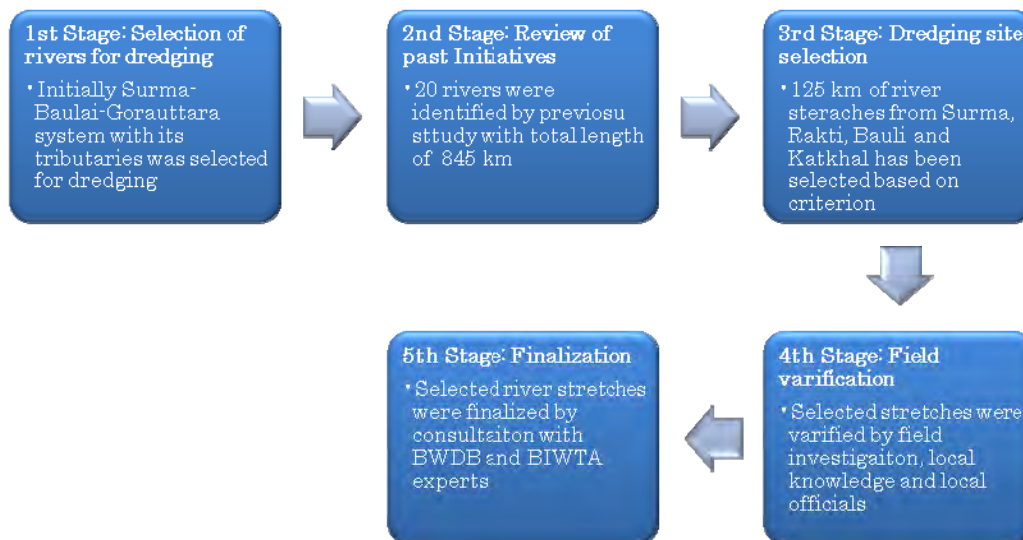
表 3.2.4 M/P で提案される浚渫計画

No	River name	District	Upazila	Length (km)	Selection Criteria	
1	Surma	Sunamganj	Dowarabazar	5.1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Navigational purpose 	
				3.8		
				5.9		
			Sunamganj Sadar	9.5		
		Sylhet	kanaighat	5.8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dry season flow diversion 	
				4.5		
				6.5		
Sub-total				41.1		
2	Rakti	Sunamganj	Jamalpur	8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Navigational purpose 	
				Sub-total		
3	Baulai	Sunamganj	Dharampasha	4.3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Navigational purpose 	
				Sub-total		
		Netrakona	Khaliajuri	18.7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Navigational purpose ▪ Flood reduction ▪ Creation of new or vertical and lateral extension of village platform 	
				4.4		
				4.4		
			Itna	4.7		
				8.5		
			Mithamain	6		
4.5						
Sub-total				62.5		
4	Katkhal channel	Kishoreganj	Mithamain	12.79	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Navigational purpose ▪ Flood reduction ▪ Creation of new or vertical and lateral extension of village platform ▪ Expediting the avulsion process of the river systems 	
				Sub-total		
Grand Total(Surma+Baulai+Katkhal)				124.39		

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

ステップ5：上記の 125km 区間について、ダッカにおける BIWTA ならびに BWDB、退職高官、水関連専門家による議論を通して M/P の浚渫河川群として確定した。

WR-03 の検討過程 :



4) WR05: ハオール地域の村落における波浪防御事業

ステップ 1 : プレモンスーン期のフラッシュ・フラッド来襲時には、ハオール地域において居住地が速度の速い波浪に見舞われている。この波浪は、大きな浸水エリア（吹送距離）を持つハオール地域における河岸/居住地浸食の大きな要因の一つになっている。このため、衛星写真および現地踏査を踏まえて、大きな浸水深を持つハオール地域の浸食居住地域を整理した。

ステップ 2 : 波浪の挙動、強度、期間、規模、浸食作用を受けやすい地域などの情報を収集し、さらに現地踏査を通して住民が実際に行っている防御対策などを整理した。

ステップ 3 : ハオール地域の様々な地域の関係者から解決策などを聴取するべく、またグリーンベルト（ハオール地域で計画されている緑化地区）開発/新規居住用プラットフォームの位置や既存防御策（護岸や防波壁など）を確認・整理するべく公聴会を開催した。

ステップ 4 : 波浪被害を受けやすい地域や可能な防御策などについて、BWDB 地方事務所と協議を行い事務所の知見、経験、考え、意見などを整理した。

ステップ 5 : BWDB 本庁（維持・管理担当副 DG、Chief Planning、Director Planning-1、退職高官）および水分野の専門家内の協議を踏まえて表 3.2.5 に示すように位置および対策を最終的に WR05 の事業として選定した。

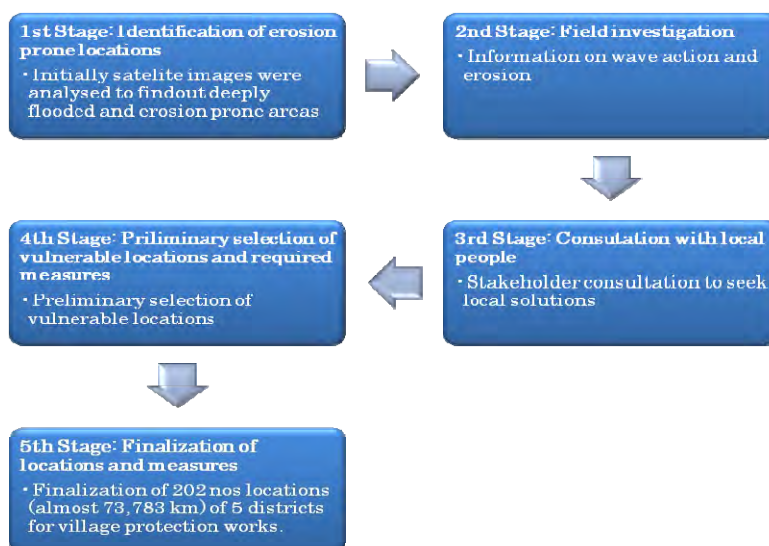
表 3.2.5 M/P のハオール地域村落波浪防御事業

District name	Upazila	Number of village locations	Length (M)
Brahamanbaria	Nasirnagar	6	3,216
	Sarail	1	544
Total (Brahamanbaria)		7	3,760
Habiganj	Lakhai	1	2,317
Total (Habiganj)		1	2,317
Kishoreganj	Austagram	11	5,019
	Bajitpur	11	4,823
	Bhairab	1	270

District name	Upazila	Number of village locations	Length (M)
	Itna	16	6,204
	Karimganj	3	940
	Mithamain	5	2,596
	Nikli	11	2,583
	Tarail	1	500
Total (Kishoreganj)		59	22,935
Netrakona	Khaliajuri	5	2,910
Total (Netrakona)		5	2,910
Sunamganj	Bishwambarpur	2	704
	Derai	4	1,112
	Dharampasha	69	23,083
	Jagannathpur	1	381
	Jamalganj	43	13,558
	Sulla	9	2,137
	Tahirpur	2	886
Total (Sunamganj)		130	41,861
Grand Total		202	73,783

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

WR-05 の検討過程 :



(3) M/P 策定の過程で使用されたデータおよび分析結果のレビュー

前述するように、広大なハオール地域の水資源分野における各優先事業（WR01、WR02、WR03、WR05）において、その事業を構成するサブプロジェクト群の選定においては、実施の重要性、緊急性も慎重に吟味するべく次のデータ・情報が使用された。

優先事業	サブプロジェクト選定に使用されたデータ・情報
WR01	<ul style="list-style-type: none"> Information about 66 screened projects (location, type: FC/FCD/FCDI, project area, benefited area: irrigation/drainage/flood control, project components: length of embankment/crest level of embankment/earth work/ location and dimension of regulator/pipe sluice/culvert/sluice/clouser/ navigation lock/inlet/cross dam/pump number/tube-well number/low lift pump number/location of public cut/length and type of protection work, etc.) WMIP outputs

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Drainage condition of existing khals and reason of congestion, ▪ Water logging area identification in pre-monsoon and post-monsoon , ▪ Functionality of existing structures, ▪ Functionality of water management groups, ▪ Requirement of re-section of embankment, location of public cut and reasons, ▪ River bank erosion, etc. <ul style="list-style-type: none"> • Outcomes of PCMs
WR02	<ul style="list-style-type: none"> • Outcomes of PCMs • DEM for delineation of project area boundaries
WR03	<ul style="list-style-type: none"> • North East Water Management Plan (FAP6) • Satellite image (Landsat, IRS, Google images)
WR05	<ul style="list-style-type: none"> • Satellite image (IRS, Cartosat) • Wave action (intensity, duration, magnitude, erosion-prone areas) • Outcomes of PCMs

出典: Technical papers prepared by CEGIS (April 2013)

さらに、図 3.2.1 から図 3.2.4 に示されるように分析・整理された土地利用データや過去の深刻な洪水記録もこの選定作業において使用された。

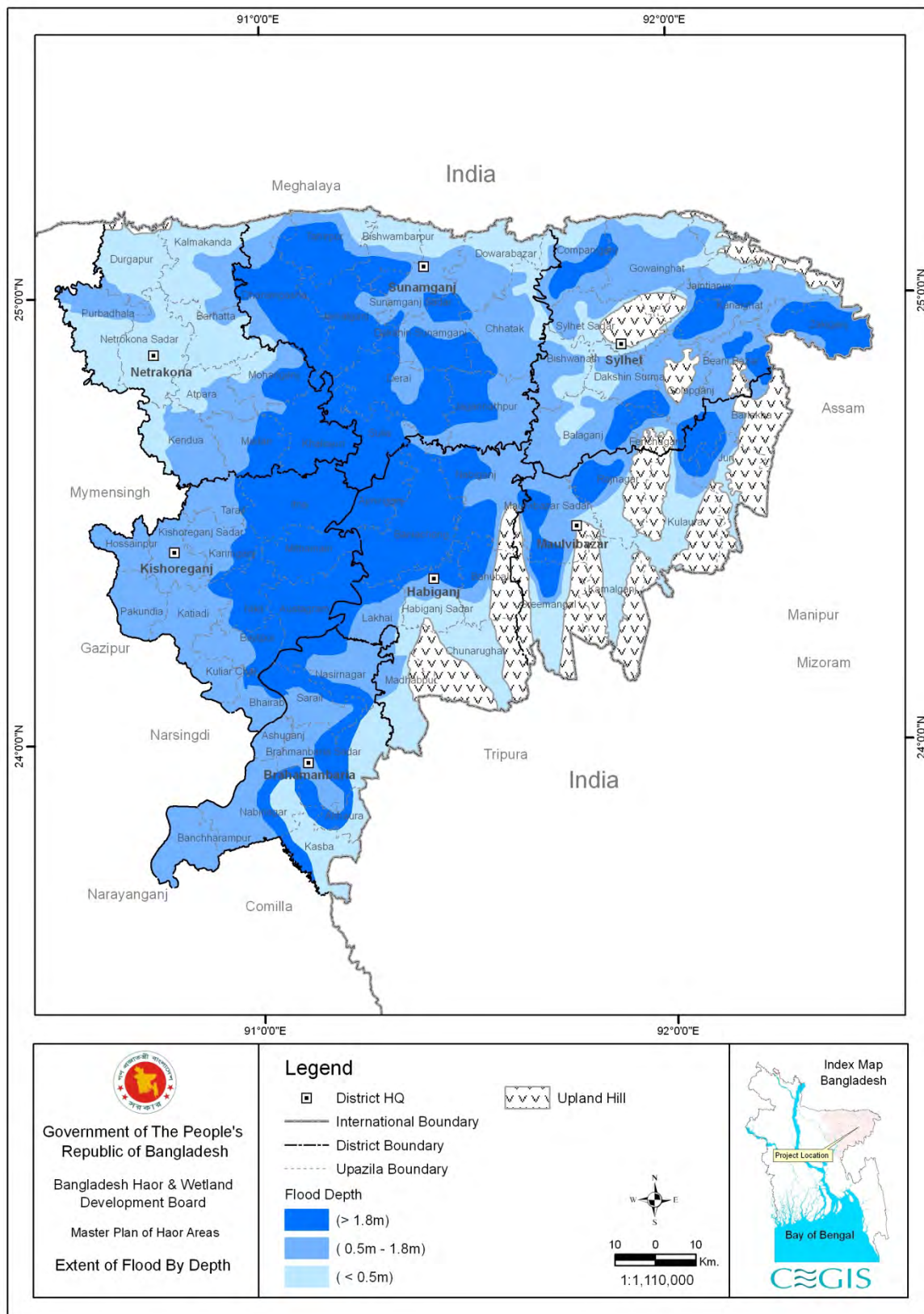
- 1) 図 3.2.1 水深別洪水氾濫域図（1998 年 10 月洪水）
- 2) 図 3.2.2 ハザードマップ（フラッシュフラッド）
- 3) 図 3.2.3 作付体系図
- 4) 図 3.2.4 土地区分図

選定されたサブプロジェクトの設計は、M/P レベルとして、次に示す事項にもとづいて行われている。

- 1) 既存の類似水関連事業で採用された主要対策構造物の設計
- 2) 旧 BWDB 高官や水分野専門家の経験および教訓

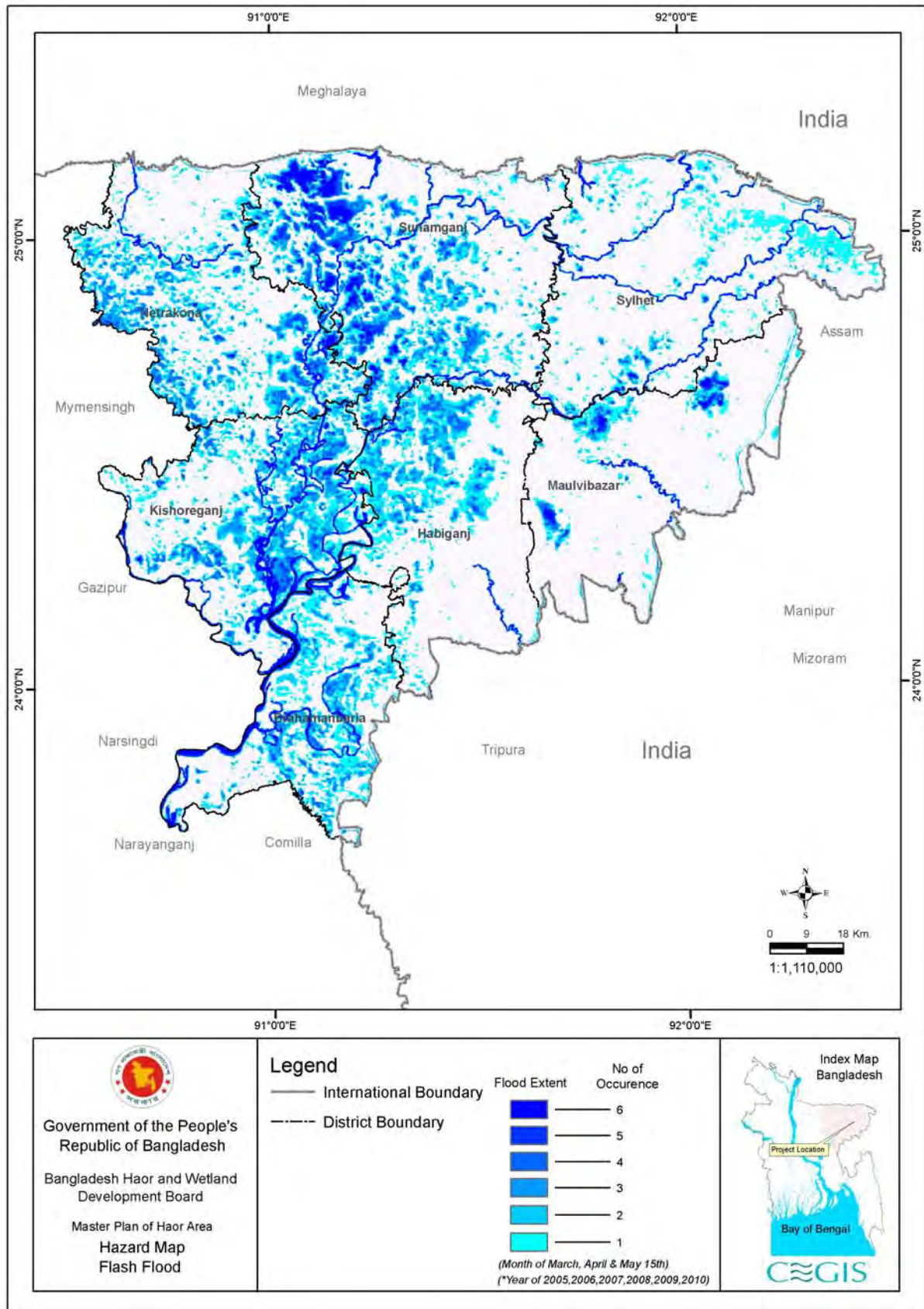
したがって、サブプロジェクトの設計は、最新の河川横断や構造物計画地点の地盤・土質についてのデータ/情報を取り入れておらず、また洪水氾濫解析や河床変動により検証していないことが指摘された。

このため、本調査の目的を達成するべく、本調査で行った河川・地形測量、地盤調査・土質調査、水理解析（洪水氾濫、河床変動）ならびに河川構造物等調査の成果を踏まえて、基本的な技術面からの吟味も加えて優先事業の健全性や必要性について検討・確認することが重要である。



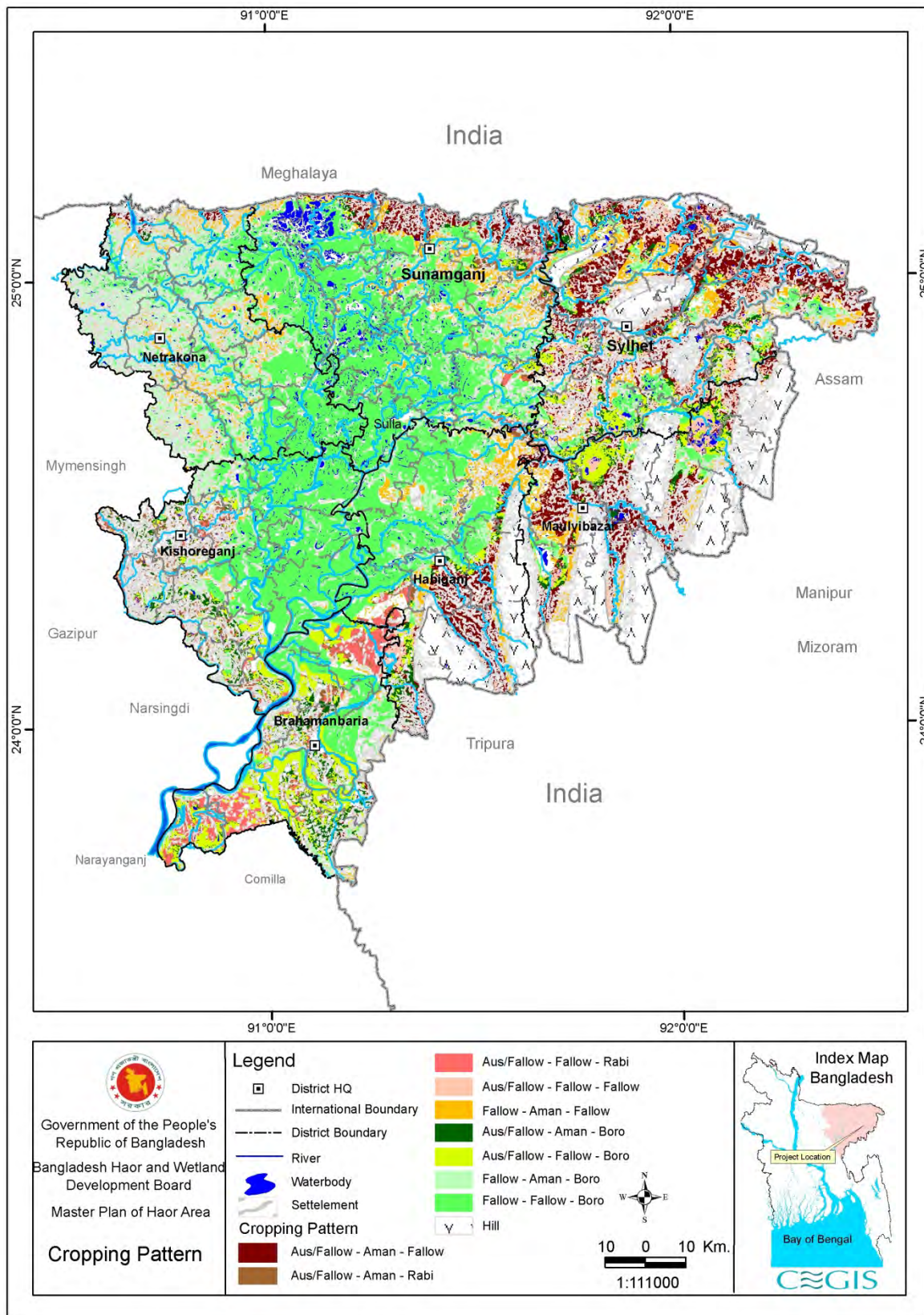
出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

図 3.2.1 水深別洪水氾濫域図 (1998 年 10 月洪水)



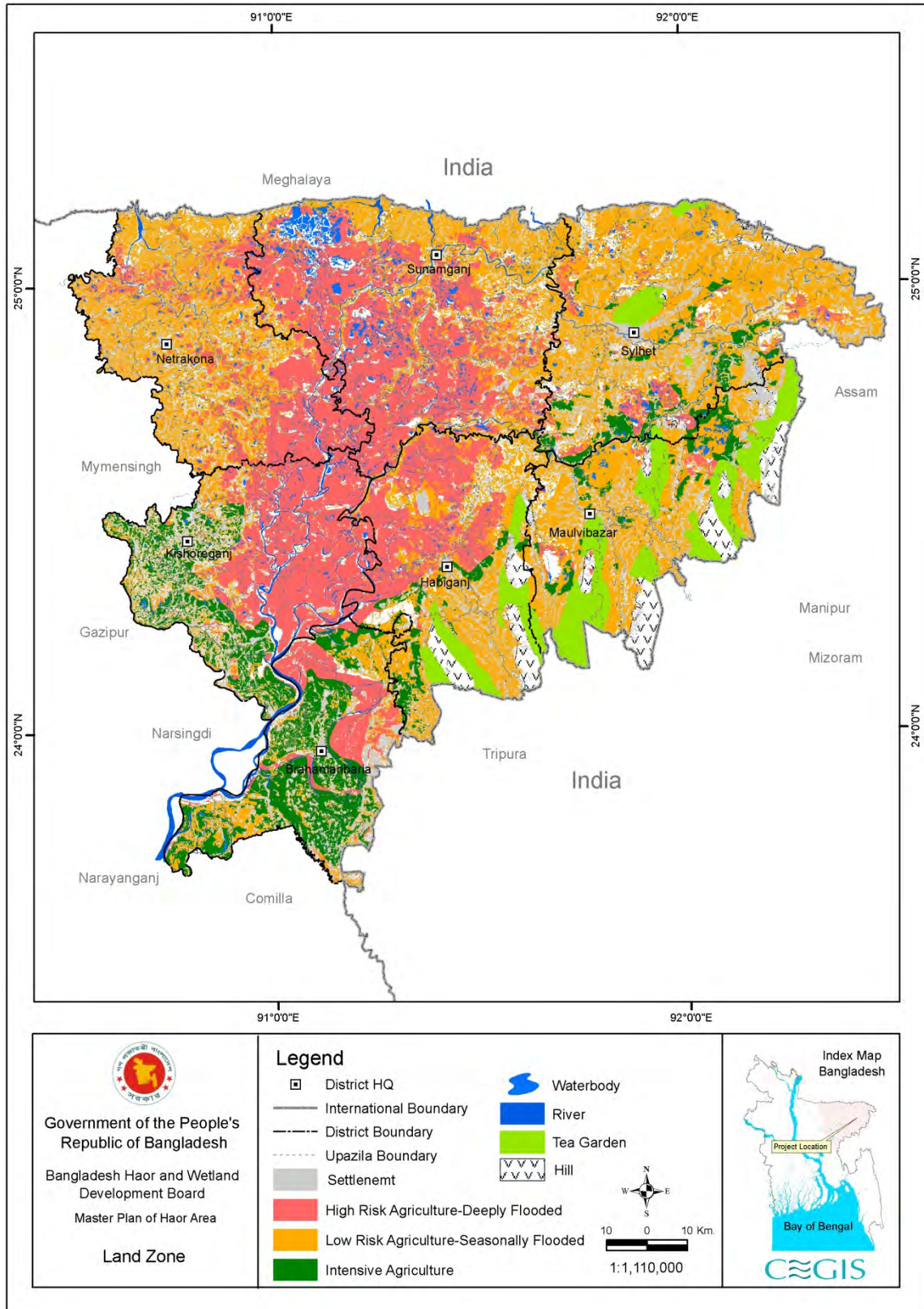
出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

図 3.2.2 ハザードマップ (フラッシュフラッド)



出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

図 3.2.3 作付体系図



出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

図 3.2.4 土地区分図

第4章 現地調査

4.1 河川縦横断測量

河川縦横断測量は、以下の検討の基礎資料として必要であるため実施する。

- 1) 流出解析および氾濫解析
- 2) 土砂収支解析および河床変動解析
- 3) 構造物対策（堤防、護岸、浚渫）

4.1.1 データ収集およびレビュー

河川横断測量の位置と数量の決定に際して、既存データおよび情報の収集を水資源省傘下の BWDB および IWM から行った。

(1) BWDB のデータおよび情報

BWDB における河川横断測量のデータは、以下のプロセスにより BWDB 内部で保管されている。

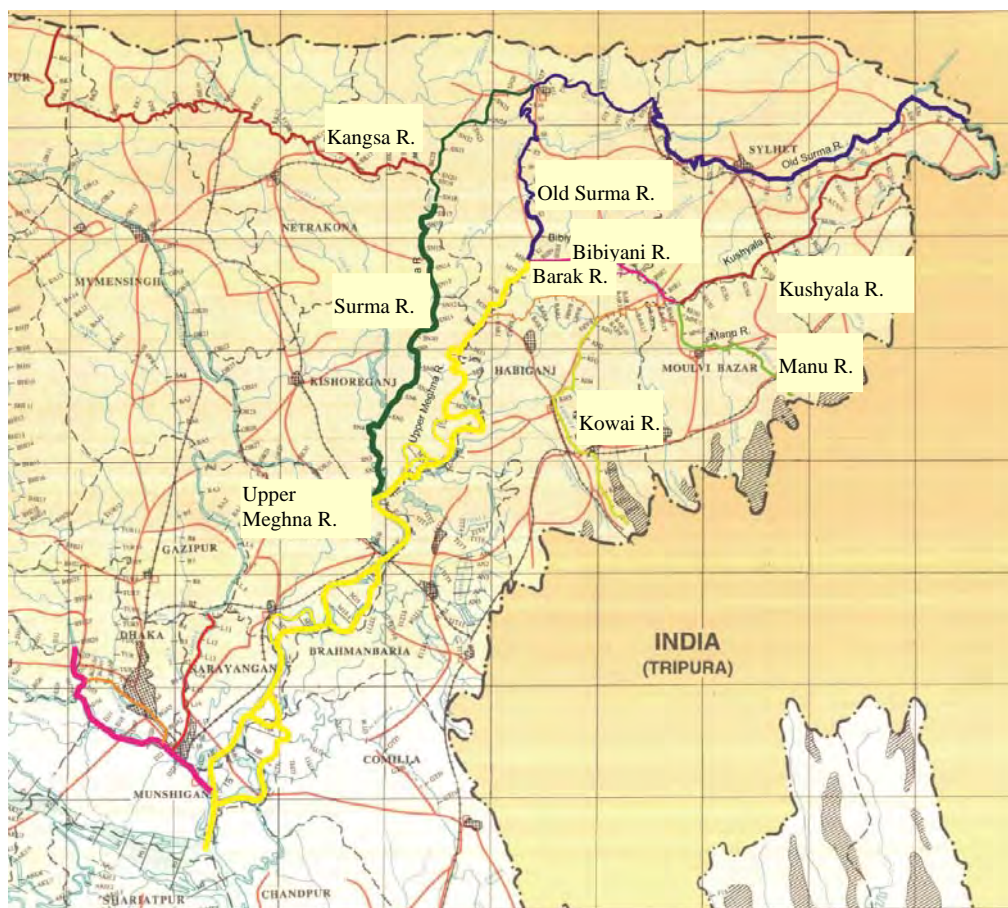
「バ」国 30 河川の測量を、河川形態担当部署(River Morphology Circle)が実施する。その結果を洪水予報およびデータ処理担当部署(Flood Forecasting and Processing Circle:FFPC)の河川形態担当課がチェックを行い、そのチェックを通ったもののみ FFPC のデータベース内に河川横断測量の結果として保管される。

調査対象地域内で BWDB の実施した河川横断測量に関する情報を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 調査対象地域の河川横断測量

河川名	断面数	平均幅	測量年
スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川およびその支川			
旧 スル マ (Old Surma)川	42	600m	S-1~34, 2003, 2005, 2009 S-35~42, 2000, 2003, 2005
スルマ(Surma)川	27	750m	SN1-19 データなし SN-20~27, 2005, 2007, 2009
ボガイ・カングサ (Bogai-Kangsa)川	21	460m	BK-1~5, 2001, 2008 BK-6~21, 2001, 2006, 2008
メグナ(Meghna)川			
アッパーメグナ (Upper Meghna)川	21	4,360m	1999, 2000, 2002, 2003, 2005, 2006, 2008, 2009
カルニ-クシヤラ(Kalni-Kushyara)川およびその支川			
クシヤラ(Kushiyara)川	15	600m	2004, 2006, 2008
ビビヤナ(Bibiyana)川	9	820m	2002, 2006, 2008
モヌ(Manu)川	7	260m	2002, 2005

出典：JICA 調査団



注：色のついた河川が BWDB によって測量が実施されている調査対象地域内の河川。

出典：洪水予報およびデータ処理担当部署(FFPC)

図 4.1.1 調査対象地域内の対象河川における BWDB による河川横断測量位置図

水理解析に関連する各横断の経年変化を確認したところ、以下の断面位置での河川横断面の経年変化が少ない事から、以下のデータが使用可能と判断した。(経年変化の河川横断図を附録 4-1 に示す。)

- 旧スルマ(Old Surma)川 6 断面 S-3, -24, -25, -27,-32,-34
- カングサ(Kangsa)川 7 断面 BK-2, -10, -11, -15,-18,-19, -20

一方、横断測量の左右岸の杭の位置情報を河川形態担当部署より入手し地図上に表示させた所、多くの杭位置のデータが川の両岸に位置しない事が判明した。

このため、BWDB の実施した測量結果について、経年変化の面から使用可能な断面は数断面あるものの、横断測量のための左右岸の杭位置に関する情報の信頼性に欠けるため、BWDB の測量結果は使用しないものとした。

(2) IWM のデータおよび情報

調査対象地域の河川横断のデータの利用可能性について IWM に確認した。調査対象地域の既存横断データは、以下の調査で使用しているものが使用可能である。

- 1) 北東地域モデルの検定(2007 年)
- 2) スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川水系の浚渫、数値解析モデルを使用した既存堤防および排水路の改良および測量方法の状況(2012 年)

北東地域モデルの検定のために使用した 2007 年の河川横断データを表 4.1.2 に示す。

表 4.1.2 2007 年に実施した北東地域モデル検定に使用した河川横断データ

河川名	測量年	河川名	測量年
スルマ(Surma)川	1991, 1999-2000	ダヌー(Dhanu)川	1991-92
バウライ(Baulai)川	2005	ジャドゥカタ (Jadukata)川	2005
スルマ - バウライ (Surma-Baulai)川の支川	2005	アッパーメグナ (Upper Meghna)川	2005
カングシャ(Kangsa)川	不明	カルカール(Kalkhal) 水路	不明

出典: IWM からの聞き取り

一方、2012 年に IWM はハオール地域の一部で河川横断測量および解析モデルの作成を実施しており、この河川横断測量結果は、本調査地域の一部をカバーしている。本調査地域と重複している河川横断数を表 4.1.3 に示す。

表 4.1.3 2011-12 に IWM が測量を実施した河川横断面数

河川名	断面数
スルマ(Surma)川	17
バウライ(Baulai)川	40
旧スルマ(Old Surma)川	31
ジャドゥカタ(Jadukata)川	11

出典: IWM からの聞き取り

河川横断測量範囲、断面、位置を確認し、この測量データが適切なデータと判断した。

4.1.2 河川縦横断測量

河川横断測量は、JICA ガイドラインに則り入札を実施し再委託業務として Al-mayedada Survey Consultants を選定し、実施した。

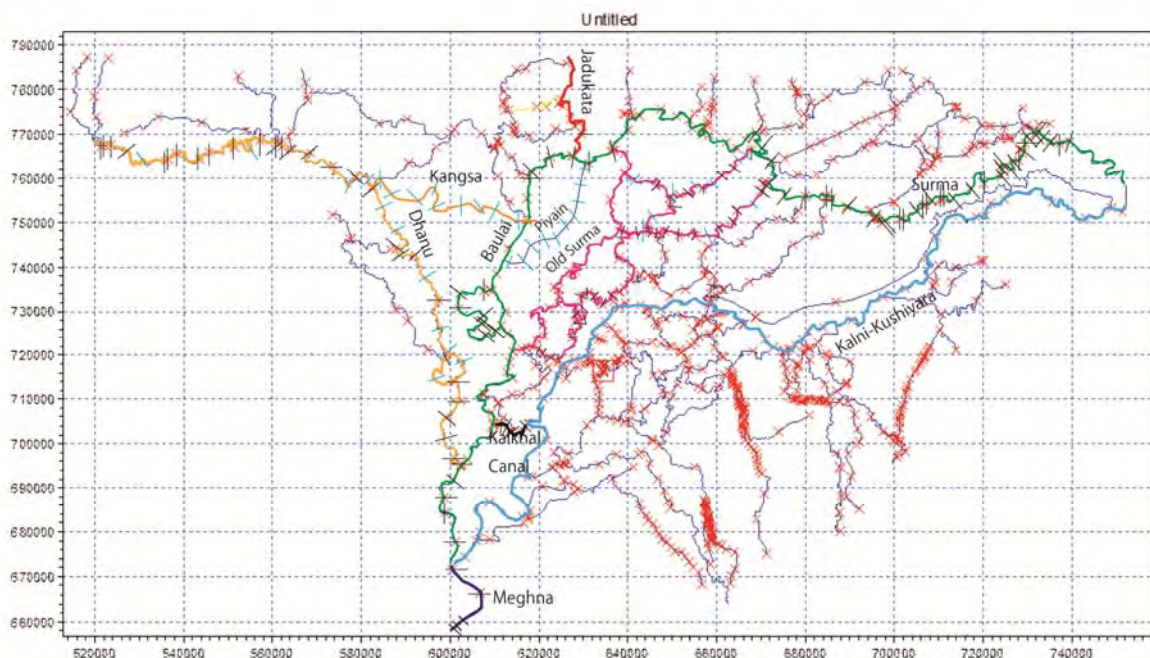
河川横断測量の断面数を表-4.1.4 に示す。また、測量実施河川横断位置を図 4.1.2 に示す。

表 4.1.4 各河川の河川横断面数

河川名	断面数	河川名	断面数
スルマ - バウライ (Surma-Baulai)川	58	カルカール(Kalkhal)水路	5
ピヤイン(Piyain)川	10	アッパーメグナ(Upper Meghna)川	
スルマ - バウライ (Surma-Baulai)川の支川	40	- バイラブバザール (Bhairab Bazar)上流*	5 ¹⁾
カングシャ - ダヌー (Kangsa-Dhanu)川	50	合計	168

注:* バイラブバザール(Bhairab Bazar)は北東地域モデルの下流端境界である。

出典: JICA 調査団



注)上記河川横断位置中、黒色の位置が過去の測量位置と対応、青色の位置は今回新たに測量位置として追加した。
 出典:JICA 調査団

図 4.1.2 河川横断測量実施河川横断位置図

河川横断図及び縦断図の結果は、図面集(別冊)として取り纏められている。

4.2 地形測量および地盤調査・土質調査

4.2.1 地形測量

通常、地形測量はプロジェクトサイト決定後に実施するが、プロジェクト地域がハオール地域内に位置する事から雨季前に現地作業を終了させねばならないため、優先プロジェクトサイトの選定前に地形測量を開始する必要があった。

調査地域には 118 のハオールプロジェクトがあり、その内 52 のハオールプロジェクトは「バ」国の自国資金による修復工事の実施を決定している。また、M/P では、25 の修復が提案されている。表 4.2.1 に各カテゴリーのハオールプロジェクト数を、図 4.2.1 に各ハオールプロジェクト位置図を示す。

表 4.2.1 ハオールプロジェクトの数

カテゴリー	数
BWDB によって建設された既存ハオールプロジェクト	118
BWDB によって実施予定のリハビリプロジェクト	52
M/P にて提案されたリハビリプロジェクト	25
修復プロジェクトとして選定されなかったハオールプロジェクト	41

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

また、M/P で既存の潜水堤防、樋門、水路等の標高、諸元についての調査はなされておらず、BWDB 本庁では構造図の詳細な情報や破損している構造物の情報がない状況であった。

(1) 地形測量実施対象ハオールプロジェクト

図 3.1.1 から図 3.1.4 に示される様に、シュナムゴンジ(Sunamganj)、ホビゴンジ(Habiganj)、ネトロコナ(Netrakona)、キシオルゴンジ(Kishorganj)、ブラフモンバリア(Bhramanbaria)県では、フラッ

シュフラッドの頻度が高く、かつボロ米の一期作しか行われていない地域が広く分布している。ボロ米一期作の地域において、これがフラッシュフラッドにより被害が発生した場合、他の時期に栽培する作物がないため、他2県（シレット(Sylhet)県、モウルビバザール(Maulvibazar)県）に比べてこの地域の農民にとってのインパクトは非常に大きい。このため、優先すべき地域として上述の5県を対象とし、この県内にM/Pで提案されているプロジェクトを対象に地形測量を実施する。

一方、世界銀行の資金による水管理改善事業(WMIP)は、ハオール地域周辺の修復作業を実施しており、M/Pで提案している4プロジェクトを実施しているため、地形測量の対象ハオールプロジェクトは表4.2.2に示す12プロジェクトとした。図4.2.1に対象ハオールプロジェクトの位置図を示す。

表 4.2.2 地形測量対象ハオールプロジェクト

ハオールプロジェクト名	選定	摘要
1. Dampara Water Management	O	
2. Kangsha River schme	O	
3. Thakurakona schme	X	WMIPにて修復実施中
4. Singer beel scheme	O	
5. Gazaria beel scheme	X	WMIPにて修復実施中
6. Boraikhali Khal sub-project	O	
7. Char Ferradee-Jangalia sub-project	X	WMIPにて修復実施中
8. Alalia Bahadia sub-project	O	
9. Motkhola-Bairagir Char sub-project	O	
10. Adampur sub-project	X	WMIPにて修復実施中
11. Ganakkali sub-project	O	
12. Kairdhala Ratna scheme	O	
13. Bashira River scheme	O	
14. Aralia Khal scheme	O	
15. Chandal Beel scheme	O	
16. Satodana Beel scheme	O	

注: O: 測量実施, X: 測量実施なし

出典: JICA 調査団

(2) 新規ハオールプロジェクト

M/Pにて提案された新規ハオールプロジェクトは、69のウパジラで実施した公聴会を通じて住民から出された水資源および水管理に関する問題点が考慮されている。さらに、これらはBWDBの現場事務所および本庁での議論を通じて、対象5県の中では26の新規ハオールプロジェクトとして選定された。表4.2.3に選定された新規ハオールプロジェクトを示す。

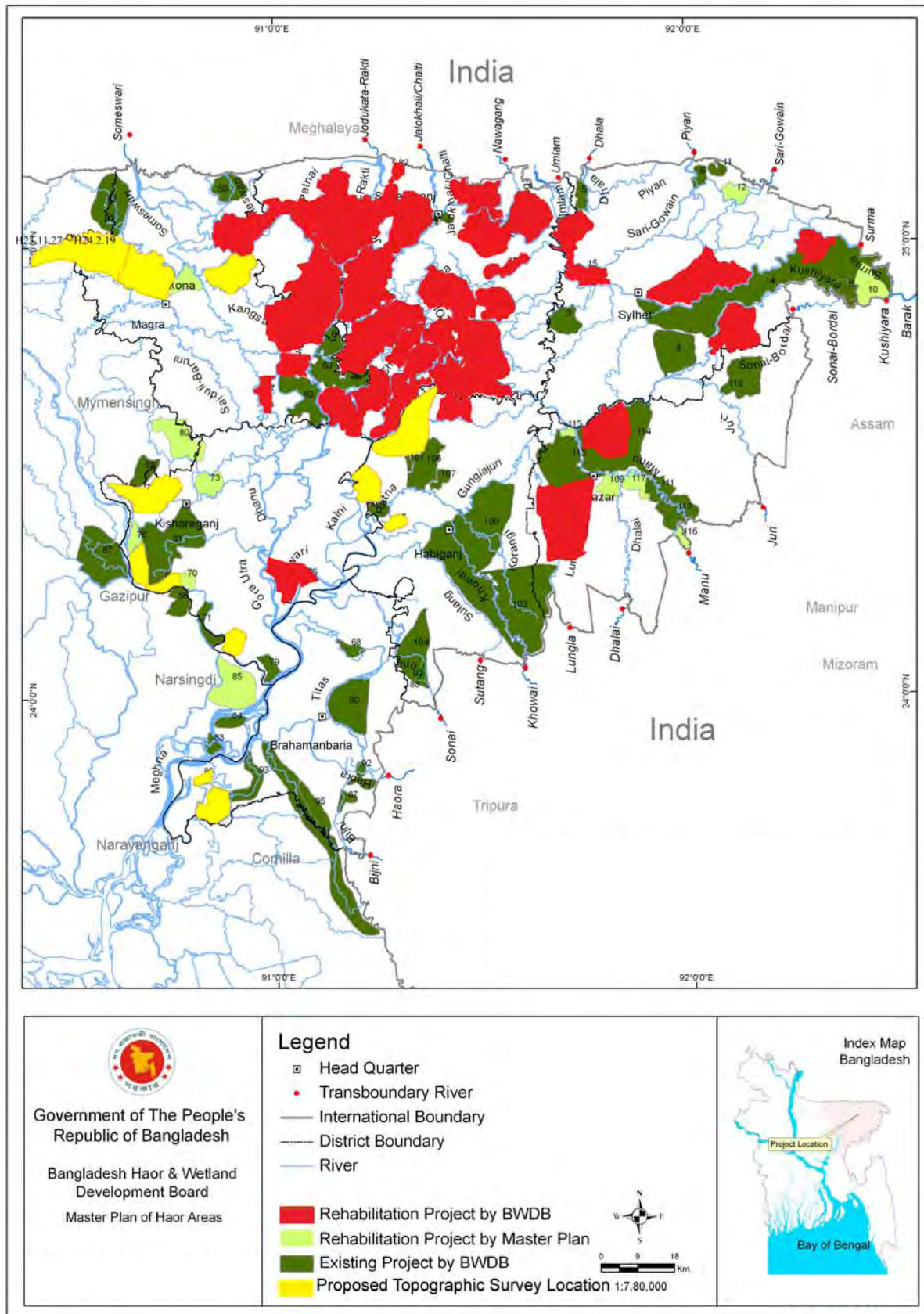
新規ハオールプロジェクトの地形測量は、M/Pで提案されている潜水堤防の計画線形に沿ってスポット標高を測定した。新規ハオールプロジェクトの位置図を図4.2.2に示す。

表 4.2.3 新規ハオールプロジェクト

番号	プロジェクト名	番号	プロジェクト名
1	Badla Haor Project (Kishoreganj 県)	14	Naogaon Haor Project (Kishoreganj 県)
2	Dharmapasha Rui Beel Project (Sunamganj 県、Netrakona 県)	15	Noapara Haor Project (Kishoreganj 県)
3	Charigram Haor Project (Kishoreganj 県)	16	Nunnir Haor Project (Kishoreganj 県)
4	Bara Haor Project (Kamlkanda) (Netrakona 県)	17	Sarishapur Haor Project (Kishoreganj 県)
5	Ayner Gupi Haor Project (Kishoreganj 県)	18	Bansharir Haor Project (Netrakona 県)
6	Bara Haor Sub-project (Austagram) (Kishoreganj 県)	19	Chatal Haor Project (Kishoreganj 県)
7	Bara Haor Project (Nikli) (Kishoreganj 県)	20	Dakhshiner Haor Project (Kishoreganj 県)
8	Chandpur Haor Project (Kishoreganj 県)	21	Dhakua Haor Project (Sunamganj 県)
9	Dulapur Haor Project (Kishoreganj 県)	22	Ganesh Haor Project (Netrakona 県)
10	Golaimara Haor Project (Kishoreganj 県)	23	Jaliar Haor Project (Sunamganj 県)
11	Joyariya Haor Project (Kishoreganj 県)	24	Mokhar Haor Project (Habiganj 県)
12	Korati Haor Project (Kishoreganj 県)	25	Shelnir Haor Project (Habiganj 県、Brahmonbaria 県)
13	Kuniarbandh Haor Project (Kishoreganj 県)	26	Suniar Haor Project (Kishoreganj 県、Netrakona 県)

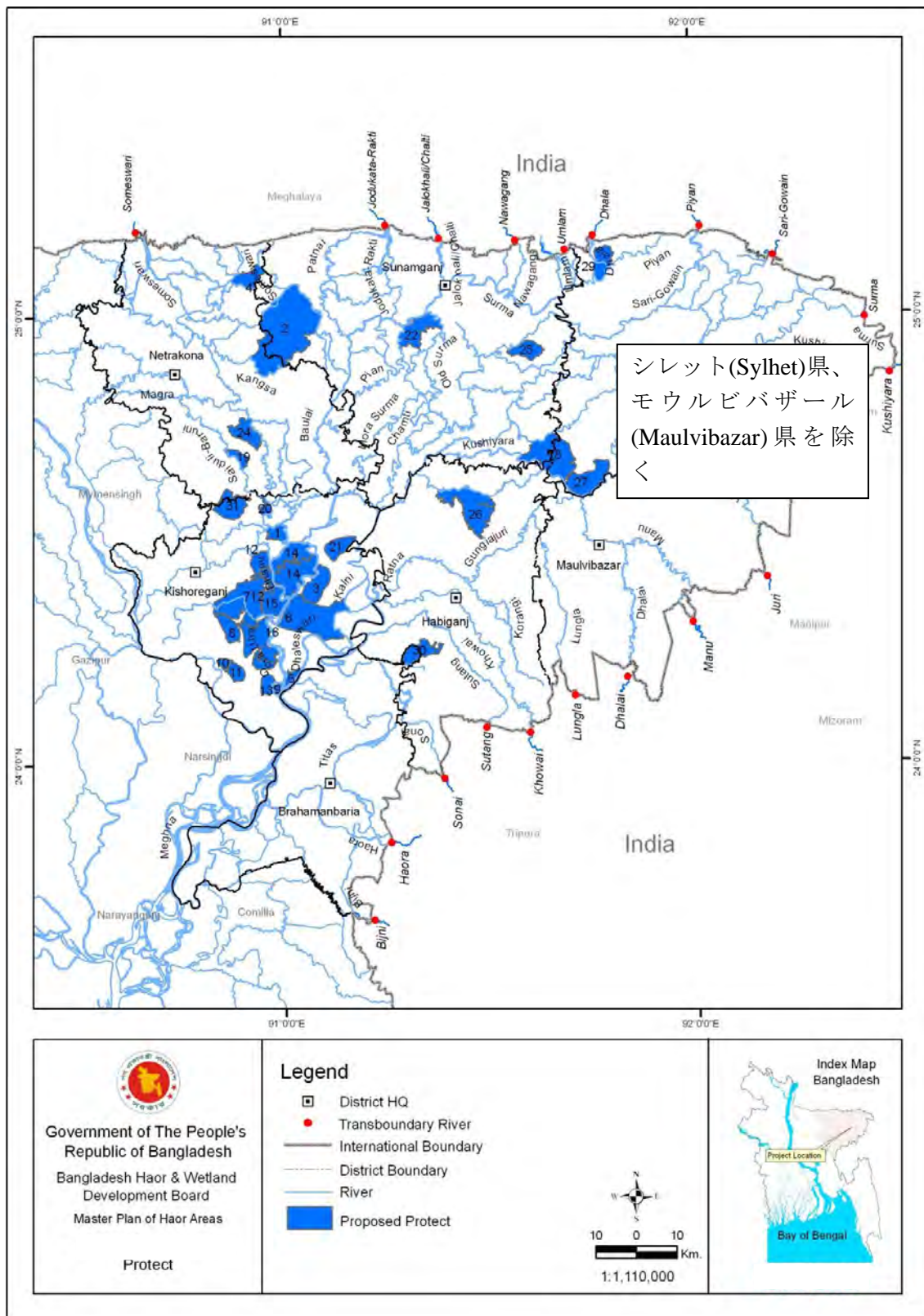
注: () 県名

出典: JICA 調査団



出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

図 4.2.1 ハオールプロジェクトの位置図

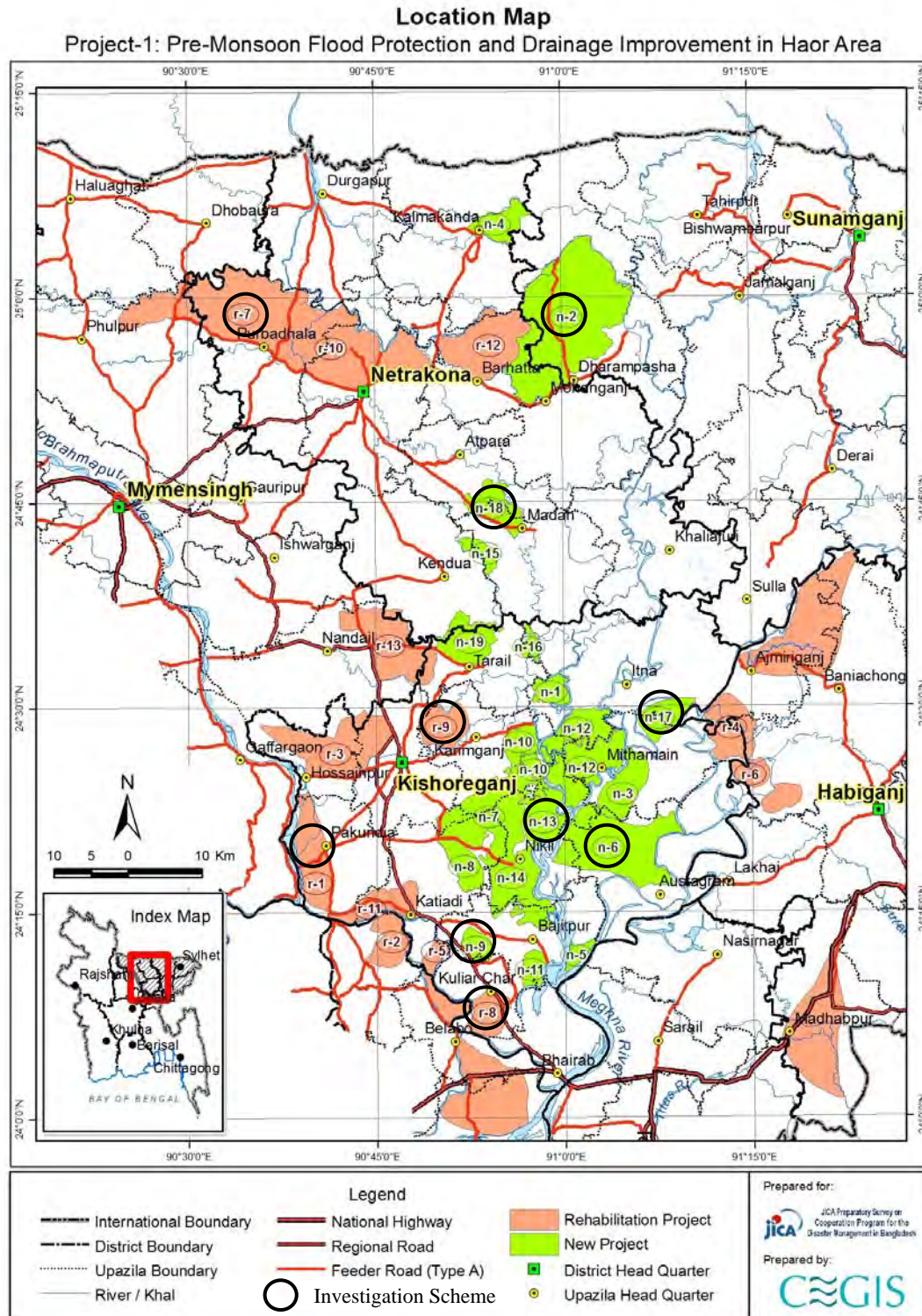


出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

図 4.2.2 地形測量対象新規プロジェクト位置図

4.2.2 地盤調査・土質調査

現地再委託業務による地盤調査・土質調査は、図 4.2.3 に示す 10 ハオール事業地域において実施した。この事業地域は、新規ハオールプロジェクト（候補）の 6 事業と既存 4 リハビリ事業（候補）に分けられる。



出典: JICA 調査団

図 4.2.3 土質調査位置図

調査位置は、以下の方針を踏まえて選定している。

- 1) 本調査で行う事業が位置するハオール地域、すなわち BWDB が実施を予定している 52 ハオール事業リハビリ地区を除く地域を調査する。
- 2) 1)に示す地区の中で、M/P で提案されている優先ハオール事業（リハビリおよび新規事業）に選ばれている事業地区を基本に調査する。
- 3) 既存ハオール事業地区において、本調査で検討を行う事業が位置する地域の全体を把握するために必要になる地区を調査する。

地盤調査・土質調査の主な項目は以下の通りである（数量は調査計画時）。

- 1) コア・ボーリング：300m （1ヶ所 30m）
 - 2) ダッチ・コーン・テスト：360m （1ヶ所 20m、新規事業地域 3ヶ所ずつ）
 - 3) 不攪乱試料の室内土質試験 一式
 - 4) 築堤材料の室内土質試験：（新規 5 事業）
 - 5) 乾湿繰り返し試験：（新規 1 事業）
 - 6) 河床材料試験：10ヶ所
- (1) 収集資料と考察
- 1) 「Bangladesh 国地質図、縮尺 1:1,000,000」, Bangladesh 地質調査所、2001 年
 - 2) 「水関連インフラ施設の持続可能な開発のための能力開発プロジェクト・フィージビリティ調査（パート 1）報告書、JICA 技術協力プロジェクト、2012 年 1 月」に記述される北部インド国境付近のハオール地域内 2ヶ所（ネトラコナ(Netrakona)およびシュナムゴンジ(Sunamganj)県）の土質試験結果（物理試験、圧密試験、強度試験）
 - 3) BWDB が運営・管理しているハオールプロジェクトで建設されたゲート施設のボーリングにおける標準貫入試験結果

上記の収集データのレビュー結果を以下に示す

- 1) 「バ」国地質図によると、調査地域には腐植土を含む軟らかいシルト・粘土が分布している。これは 2)の調査においても、土質試験結果に腐食物が 2-7%程度混入していることから明らかである。
 - 2) 上記 2)の土質試験結果から、基礎地盤は以下の土質定数を示している。
 - ・ネトラコナ(Netrakona): 粒度;シルト 100% 含水比;19.57% 一軸圧縮強度(qu)=1.57(kg/cm²)
 - ・シュナムゴンジ(Sunamganj): 粒度;シルト 70% 粘土 30% 含水比; 34.57% 一軸圧縮強度(qu)=0.65(kg/cm²)
 - 3) BWDB によるボーリングデータによると、平地には普遍的に軟らかい粘性土が分布しており、調査地域には腐植土を含む軟らかい粘性土が広がっている。
- (2) 地盤調査・土質調査の必要性

本調査で利用できる堤防、樋門等の基礎地盤ならびに築堤材料に関連する既存の主なデータ・情報は(1)に示す通りである。また、M/P では、基礎地盤ならびに築堤材料の調査は実施されておらず、堤防、樋門などの構造物計画ではこのようなデータなどを踏まえた計画にはなっていない。

上記の点を勘案し、本調査の対象地域であるハオール地域(但し BWDB が実施を予定している 52 ハオール事業リハビリ地区を除く地域)において地盤調査および土質試験が以下の点を評価するために必要である。

- 1) 構造物（堤防、樋門）基礎の安定性（沈下、パイピング）
 - 2) 堤防建設材料
 - 3) 繰り返される浸水に対する潜水堤防の耐久性
- (3) 調査の範囲

調査項目、調査位置、数量等を表 4.2.4 に示す。

表 4.2.4 調査項目・数量

調査項目	調査位置			備考	
	既存ハオール事業地区	新設ハオール事業地区	調査事業地区合計		
地盤調査	ボーリング調査	4事業地区 ^{*1}	6事業地区 ^{*1}	10	樋門計画地点
	ダッチコーンテスト	—	6事業地区 ^{*2}	6	潜水堤防計画地点
土質試験					
基礎地盤	物理試験	4事業地区 ^{*3}	6事業地区 ^{*2}	10	
	圧密試験				
	強度試験				
築堤材料	締固試験	—	5事業地区 ^{*4}	5	
	強度試験				
	強度変化試験	—	1事業地区 ^{*4}	1	

(注)

調査位置は、ハオールプロジェクト地区から以下のように選定する。

*1 図 4.2.3 参照

*2 ボーリング調査6事業地区

*3 ボーリング調査4事業地区

*4 ボーリング調査6事業地区から選定

(4) 技術仕様書の作成

再委託業務による地盤調査・土質調査の実施に際して、地盤・土質工学的な観点から技術仕様書を作成した。仕様書で規定した主な調査項目、数量を実際に実施した調査項目、数量に対比して表 4.2.5 に示す。

”11-3 乾湿繰返し試験”については、毎雨季に水没する潜水堤防（土堤）の耐久性向上の方策を探るべく、複数の締固度で作成したテストピースを使って行うものであり、試験結果を踏まえて新規の潜水堤防建設にかかる最適な締固度の設定を目指すものである。

地盤調査・土質調査の結果については 8 章および附録 4-2 に詳述する。

表 4.2.5 調査項目・数量（計画と実績）

調査項目	仕様書数量	数量根拠	実調査数量	変更理由
I 地盤調査				
I-1 コア・ボーリング	300m	30m/本、1 本/地点、10 地点	300m	
I-2 標準貫入試験	300 回	ボーリング 1.0m 毎	300 回	
I-3 不攪乱試料採取	50 個	5 試料/地点	14 個	欄外の変更理由 1 参照
I-4 現場透水試験	60 回	10 地点×6 深度（5m 毎）	46 回	欄外の変更理由 2 参照
I-5 ダッチコーンテスト	360m	20m/本、3 本/地点、6 地点	274m	欄外の変更理由 3 参照
I-6 室内土質試験				
(1) 物理試験 ^{*1}	1 式		1 式	

(2) 力学試験 ^{*2}	1 式		1 式	
II 築堤材料調査				
II-1 試料採取	15 試料	3 ポイント/地点、5 地点	15 箇所	
II-2 室内土質試験				
(1) 物理試験 ^{*1}	1 式		1 式	
(2) 力学試験 ^{*3}	1 式		1 式	
II-3 乾湿繰り返し試験				
(1) テストピース準備	36 個	3 締固度×6 Cycle×2 試料	36 個	
(2) 一軸圧縮試験	36 個	同上	36 個	
III 河床材料試験				
III-1 試料採取	30 試料	3 試料/地点、10 地点	30 試料	
III-2 土質試験				
(1) 粒度試験・比重	1 式		1 式	
IV 報告書	5 冊		5 冊	

出典: JICA 調査団

*1 物理試験は粒度試験、液塑性限界、比重、含水比・単位体積重量を実施

*2 基礎地盤の力学試験は、不攪乱試料を対象として圧密試験、一軸圧縮試験を実施

*3 築堤材料の力学試験は、各採取試料を対象として締固試験、一軸圧縮試験、三軸せん断試験を実施

変更理由 1: 不攪乱試料採取は、弱層である可能性があり、かつ SPT では強度が推定しにくい粘土層やピート層の強度試験を実施することを目的としたが、実際の現地地盤はノンプラスチックのシルト・細砂層が主体であり、不攪乱採取の対象となる粘性土層が当初想定より少なかった。

変更理由 2: 粘性土層は不透水層が自明であり、試験をしても相当の時間を要することから、省略した。また、シルト層においても一部孔壁の崩壊で試験が出来なかった区間があった。

変更理由 3: 20m 深度のダッチコーンテスト (DCT) を実施するために、大型の DCT マシンを導入したが、9 地点はアクセスの問題で大型マシンの搬入が困難となり、小型のマシンに変更した。小型マシンでは 10m~12m 程度の深度までしか到達できず、当初予定の 20m を達成できなかった。ただし、大型マシンの調査結果で、10m 以深は十分な貫入抵抗を持つ土層であることを確認している。

(5) 現地踏査によるボーリング地点の選定

ボーリング地点の選定ならびに地盤調査・土質調査にかかる乾季作業条件の把握を主眼において現地踏査 (10ヶ所の調査事業地域) を 2013 年 2 月 4 日~12 日に実施した。

各事業地域において施設計画図に示される水門施設や樋門などの構造物位置および作業現場へのアクセスの容易性などを踏まえてボーリング地点を選定した。

4.3 既存河川および農業施設の調査

4.3.1 データ収集およびレビュー

ハオール地域における河川および灌漑施設は主に、河川堤防(通常「バ」国では full embankment と称している)、護岸、潜水堤防、樋門、樋管、用・排水路である。ハオール地域には、ハオールプロジェクトと呼ばれる BWDB が実施したものが 118 あり、これは主に雨季の開始時期に発生するフラッシュフラッドから農地 (水田) を守るための潜水堤防、および潜水堤防内で守られた地域の用・排水路や水門・樋門である。また一部、橋梁が含まれているハオールプロジェクトもある。一方、ハオール地域内において主要河川であるスルマ(Surma)川、モヌ(Manu)川、コワイ(Khowai)川等において洪水防御及び排水プロジェクトも実施されている。

(1) ダッカ及び BWDB 現地事務所における情報収集結果

BWDB 及び関連機関からの情報及び現地踏査における情報収集を実施し、ハオールプロジェクト及び洪水防御、排水プロジェクトに関連した情報収集結果を以下に示す。

1) 構造物に関する情報

M/P で示されている既存ハオールプロジェクトの修復事業に関して現時点では以下の様に考えられている。

表 4.3.1 既存ハオールプロジェクト修復事業

ハオールプロジェクト	プロジェクト数	摘要
BWDB により予定されている修復事業	52	
IWM による F/S 終了(2007)	37	表 4.3.2 にリハビリ諸元を示す。 一部が現場事務所より、Design Circle に設計依頼済み
IWM で現在 F/S 実施中	15	現在 IWM 検討中
M/P にて提案	25	諸元、修復必要個所についての情報 がないため、確認必要
M/P に修復事業対象外としたプロ ジェクト	41	上記提案プロジェクトと同様。

注) 上表のハオールプロジェクトの数は、M/P の対象となっている 7 県全体の数である。

出典:M/P、DPP 及び JICA 調査団の聞き取り結果

構造物に関する情報を BWDB 本庁及び現地にて収集を試みたが、BWDB 実施予定案件の内
の 2007 年に完了している 37 ハオールプロジェクトの F/S に関連した調査結果の構造物の情
報のみであった。表 4.3.2 に既存 37 ハオールに関する諸元を、図 4.3.1 にその位置図を示す。
現地踏査の際に BWDB の現地事務所から既存ハオールプロジェクトの竣工図の入手を試み
たが、これらの竣工図の保管場所が不明との事で収集出来なかった。更に M/P でも修復対象
構造物、その修復範囲について記述しているが、修復の必要な位置についての情報がない。
このため、構造物の形式、諸元及び損傷を受けている場所の確認等に関して施設調査を通じ
て情報を収集する必要があった。

後述する対象県内に位置する M/P にて提案及び修復事業対象外のハオールプロジェクトにつ
いては、傭人を雇用し現地にて各ハオールプロジェクト諸元等確認を実施した。

表 4.3.2 BWDB 実施予定のリハビリ対象事業の一部 (37 ハオールプロジェクト) の諸元

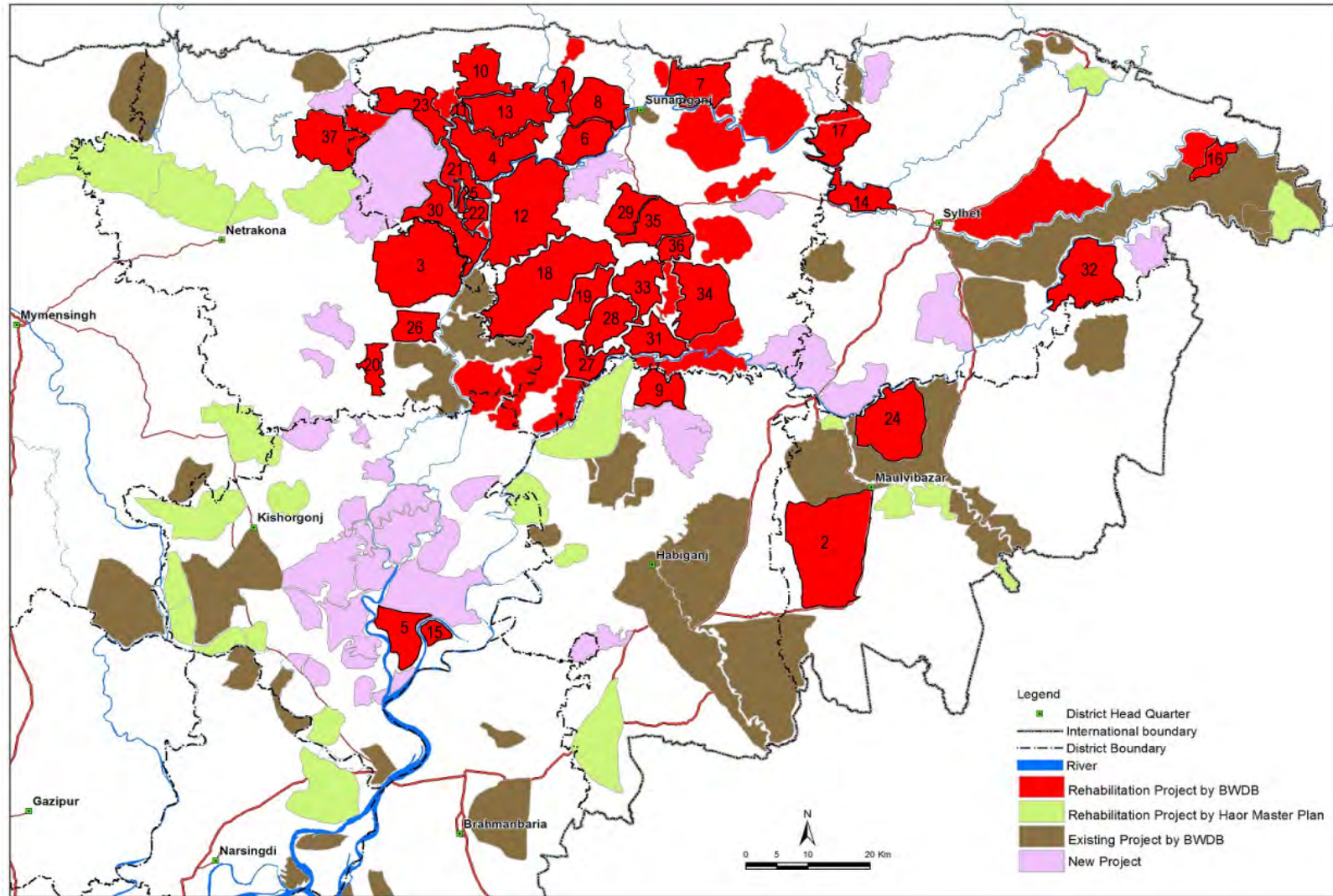
No.	Name of Haor with area (ha)	Proposed rehabilitation works along with new projects						
		Embankment/ dyke in km		No. of regulator/slucice gate and bridge/culvert]			River excavation/ dredging	Other interventions
		Existing	Rehabilitation	Existing	Rehabilitation	New		
1	Angurali haor 2,630ha	26.71km (Submersible)	26.71km	1 (regulator)	None	2 Sluice 1 irrigation pipe outlet	Rokti, Jadhukata	
2	Hail haor 24,370ha	68km (Submersible) 23 km (Internal dyke)		4 (Bridge)	None	None		
3	Haizda Embankment project 16,880ha	47.4km (Submersible)	47.4km (Submersible)	10 (regulator)	7 (regulator)		baulai	
4	Halir haor 10,000ha	58.46km (Submersible) 9.95km (Compartmental dyke)	58.46km (Submersible) 9.95km (Compartmental dyke)	2 (regulator)			Surma, Baulai	
5	Humpaipur haor 5,270ha	34.27km (Submergible)	34.27km (Submergible)	5 (regulator)	4 (regulator)			
6	Joalbhanga haor 4,370ha	60.59km (Submergible)	33.55km (Submergible)	1 (Bridge) 1 (Pipe sluice) 4 (regulator)				
7	Kalner haor 6,828ha	64.15km (Submergible)	30.76km (Submergible)	2 (regulator)			Surma	Excavation of 5km length bypass canal along the northern boundary
8	Karchar haor 5,513ha	35.8km (Submergible)	16.82km (Submergible)	3 (Bridges) 2 (Culvert) 2 (Pipe sluice) 1 (Regulator)		3 (Bridges convert into WCS)		1 (Causeway)
9	Makalkandi haor 4,200ha	41.47km (Submergible)	41.47km (Submergible)	3 (Bridge) 3 (Pipe sluice) 1 (Regulator)	3 (Pipe sluice)	2 (Regulator)	Baulai	
10	Matian haor 7,761ha	48.57km (Submersible) 10.14km (Internal dike)	48.57km (Submergible)	1 (Regulator)			Baulai	
11	Mohalia haor 645ha	14.75km (Submersible)	14.75km (Submersible)	1 (Regulator)			Baulai	
12	Panger haor 19,075ha	78.87km (Submergible) 9.9km (Internal Dike)	75.42km (Submergible)	2 (Regulator)	1 (Regulator)		Baulai	1 (Causeway)

No.	Name of Haor with area (ha)	Proposed rehabilitation works along with new projects						
		Embankment/ dyke in km		No. of regulator/slucice gate and bridge/culvert]			River excavation/ dredging	Other interventions
		Existing	Rehabilitation	Existing	Rehabilitation	New		
13	Shanir haor 7,761ha	48.20km (Submergible) 23.88km (Internal Dike)	48.20km (Submergible)	5 (Regulator)	2 (Regulator)		Baulai	
14	Zilker haor 5,263ha	14.74km (Submergible) 4.62km (compartment Dike) 5.3km (Flood Control Embankment)	8.88km (Submergible) 4.62km (Flood Control Embankment)	2 (Bridge) 5(Box culvert) 6(Pipe sluice) 3(Regulator)	4(Culvert) 4(Pipe sluice)	4 (Regulator)		1 (Causeway)
15	Dewghat haor 1,220ha	4.46km (Submergible)	4.43km (Submergible)	3(Pipe sluice) 3(Regulator)	3(Regulator)			1 (Causeway)
16	Shafique haor 2,380ha	15.92km(Submergible) 2.64km(Internal Dike)	15.92km(Submergible) 2.64km(Internal Dike)	4(Bridge) 2(Pipe sluice) 1(regulator)	1(Regulator)	4(Regulator)		
17	Patharchauly 5,466ha	33.63km(Submergible)	33.63km(Submergible)	2(Pipe sluice) 2(Regulator)	1(Pipe sluice) 1(Regulator)	4(Regulator)		
18	Kalikota haor 17,610ha	84.48km(Submergible) 34.34km(Compartmental Dike)	71.22km(Submergible)	5(Bridge) 2(Pipe sluice) 2(Regulator)		17(Box culvert) 2(Bridge) 2(Regulator)		3 (Causeway)
19	Udgal beel haor 5,900ha	33.55km(Submergible) 21.58km(Compartmental Dike) 4.67km(Flood control embankment)	33.55km(Submergible) 4.67km(Flood control embankment)	8(Bridge) 1(Regulator)	1(Regulator)			1(Causeway)
20	Balali-Padamsree 2,398ha	13.14km(Submergible)	13.14km(Submergible)	1(Bridge) 1(Culvert) 2(Regulator)	2(Regulator)			
21	Sonamoral 3,275ha	45.58km(Submergible) 3.8km(Compartmental Dike)	45.58km(Submergible)	4(Regulator)	3(Regulator)			
22	Dhankunia haor 1,692ha	18.44km(Submergible)	18.44km(Submergible)	1(Regulator)		2(Regulator)	Baulai	
23	Gurmar haor 5,360ha	51.59km(Submergible)	51.59km(Submergible)	14(Irrigation pipe) 5(Regulator)	5(Regulator)			
24	Kawadhighi haor	57.9km (Flood control)	28km (Flood control)	1(Bridge)	1(Regulator)			1(Barrage)

No.	Name of Haor with area (ha)	Proposed rehabilitation works along with new projects						
		Embankment/ dyke in km		No. of regulator/slucice gate and bridge/culvert]			River excavation/ dredging	Other interventions
		Existing	Rehabilitation	Existing	Rehabilitation	New		
	22,672 ha	embankment)	embankment)	2(Regulator)				
25	Joydhona haor 355ha	11.3km (Submergible)	11.3km (Submergible)			2(Regulator)		
26	Nawatana 3,020ha	7.7km(Submergible)	7.7km(Submergible)	2(Pipe outlet) 1(Regulator)	1(Regulator)			2(Cross Dam)
27	Bhanda Beel haor 4,000ha	31.45km(Submergible) 9.10km(Compartmental dike)	31.45km(Submergible)	6(Pipe sluice) 1(Regulator)	5(Pipe sluice) 1(Regulator)	2(Pipe sluice) 1(Regulator)		
28	Baram haor 5,500ha	33.12km(Submergible)	33.12km(Submergible)	3(Pipe sluice) 3(Regulator)	3(Pipe sluice) 2(Regulator)		Mara Chamti Nadi, Chamti Nadi	
29	Shangair haor 5,000ha	28.95km(Submergible) 7.39km(Internal dike)	28.95km(Submergible) 7.39km(Internal dike)	3(Regulator)	1(Regulator)			
30	Chandra Sonar Thal 5,714ha	62.74km(Submergible)	48.17km(Submergible)	5(Pipe sluice) 3(Regulator)	5(Pipe sluice) 3(Regulator)			
31	Tanguar haor 5,000ha	40.91km(Submergible)	36.51km(Submergible)	4(Pipe sluice) 2(Regulator)	3(Pipe sluice) 2(Regulator)	1(Regulator)		2(Cross Dam)
32	Kushiara Bradhal haor 7,500ha	41.26km(Submergible)	41.26km(Submergible)			7(Regukator)		
33	Chaptir haor 4,553ha	40.64km(Submergible)	37.62km(Submergible)	1(Bridge) 8(Pipe sluice) 3(Regulator)	4(Pipe sluice) 3(Regulator)			1(Causeway)
34	Naluar haor 12,140ha	79.78km(Submergible) 8.6km(Internal dike)	67.55km(Submergible)	6(Bridge) 6(Regulator)	4(Regulator)			2(Loop cut)
35	Khair haor 4,800ha	28.16km(Submergible)	17.00km(Submergible)	6(Bridge) 4(Pipe sluice) 2(Regulator)	4(Pipe sluice) 2(Regulator)			
36	Jamkhola haor 2,000ha	22.47km(Submergible)	22.47km(Submergible)			4(Regulator)		1(Causeway)
37	Updakhali haor 7,220ha	33.23km(Submergible)	33.23km(Submergible)	11(Bridge) 5(Regulator)	4(Regulator)			

注) 上記 Existing は既存構造物、Rehabilitation は修復対象 (Full Embankment であれば修復の総延長、樋門であれば修復対象個数)、New は既存ハオールプロジェクトではあるが、新規建設対象構造物。

出典: DPP for Pre-Monsoon Flood Protection and Drainage Improvement in Haor Areas, Original May, 2010, Recast May, 2011, BWDB



出典:JICA 調査団

図 4.3.1 BWDB 実施予定のリハビリ対象事業の一部 (37 ハオールプロジェクト) の位置図

また、ハオールプロジェクト以外でも、洪水防御・排水プロジェクトが実施されており、その中で堤防（Full Embankment）や樋門、可動堰、ポンプ場が建設されている。

① 堤防(Full Embankment)

スルマ川上流部(シレットから国境までの区間)	約 110km
クシヤラ川上流部	約 120km
モヌ川（クシヤラ川左支川）	約 140km
コワイ川（クシヤラ川左支川）	約 90km

② 可動堰

モヌ堰（農業用の取水堰）	2 門 x 9.15m (幅) x 5.34m(高さ)
	6 門 x 9.15m(幅)x5.03m(高さ)

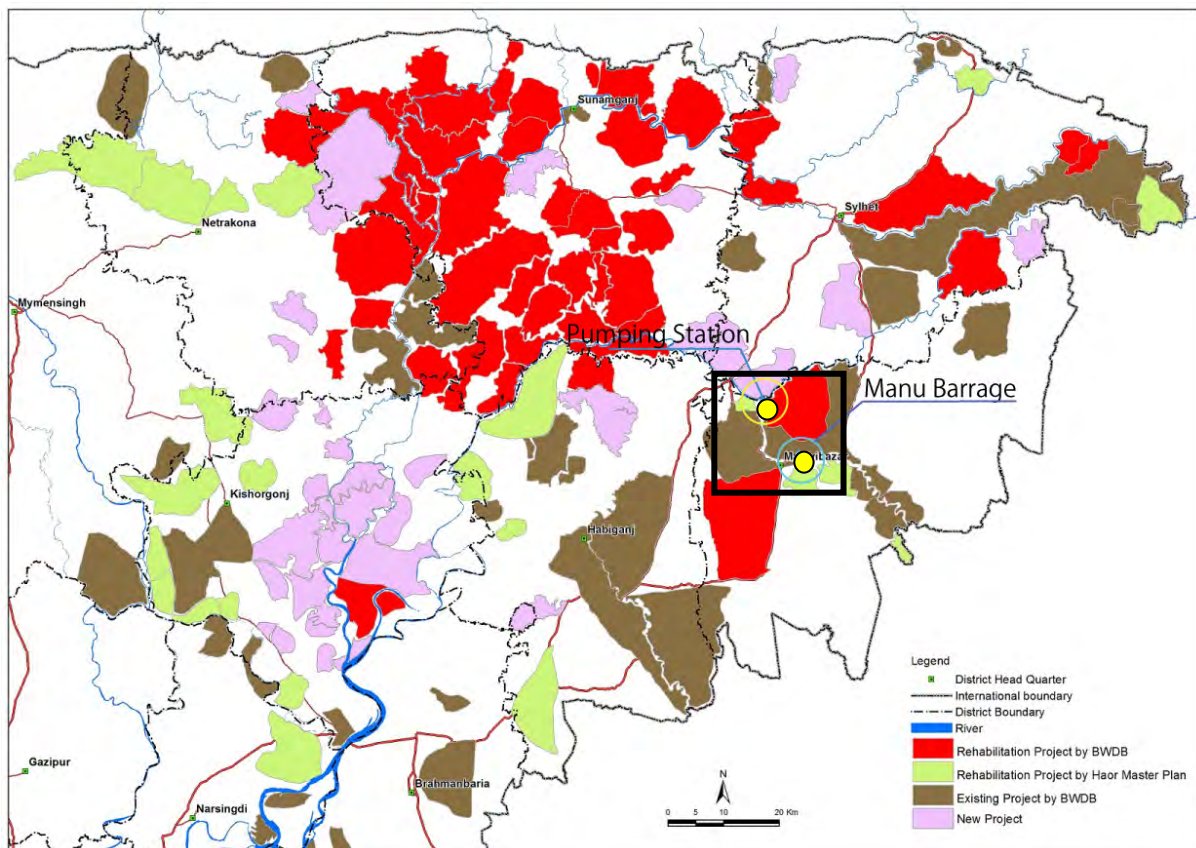
	
モヌ(Manu)堰	右岸農業用取水堰
	
モヌ(Manu)堰ローラーゲート	ローラーゲート巻上機
注) 図 4.3.2 の位置図参照	

③ ポンプ場

ラヒムプールポンプ場(クシヤラ川右岸)	既存樋門の代替施設として現在建設中 4 台(排水能力 1.88m ³ /s/台)
カシムプールポンプ場（モヌ川左岸）	8 台(排水能力 4.25m ³ /s/台)



モヌ(Manu)堰およびポンプ場の位置図を図 4.3.2 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.3.2 Manu 堰およびポンプ場位置図

2) 洪水被害

河川構造物に関する洪水被害を調査している情報について調査したが、河川構造物の洪水被害として調査したものは、BWDB による 2007 年の調査のみであった。

2007 年の洪水は、6 月 24 日発生と 9 月 5 日発生 の 2 回に発生している。6 月洪水では、北部地域のジャムナ(Jamuna)川沿いで、ニルファマリ(Nilphamari)、クリグラム(Kurigram)、スルマ(Surma)川沿いでは、シレット(Sylhet)、シュナムゴンジ(Sunamganj)等が被災した。この

被災に対して、BWDB が河川構造物のダメージ調査を実施している。

表 4.3.3 に 2007 年の各構造物に対する被害額調査結果を示す。しかし、他の年についての、構造物に関する洪水被害額調査がなされていない状況であった。

3) 維持管理

本調査の対象地域内における BWDB 管轄のプロジェクトで建設された構造物は、BWDB の資産である。特に樋門に関するステークホルダーによる運用組織については、1999 年に水資源省から出された”Guideline for Participatory Water Management”以前の方法で組織された運用組織(Sluice committee)にゆだねられている。現時点でも、まだ Guideline に基づいた組織は設立されていない状況である。

樋門の運用は、Sluice committee が担当しているが、樋門完成後に BWDB 現場事務所の Executive Engineer と住民側としてウプジラの議長、Ward のメンバーが協議をし Sluice Committee を設立する。基本的な運用ルールはあるが、実際には毎年の気象水文現象が異なるため、ゲートの開閉については Sluice committee と BWDB 現場事務所が協議をして決定し、BWDB の指示の下、Sluice committee がゲートの開閉を行う。

一方、ハオールプロジェクトに含まれていない水門については Sluice committee を設立せずに、Union Committee 等に BWDB 現場事務所が依頼し水門の鍵を預けている。ゲートの運転時には、BWDB の現場事務所より依頼している Union Committee 等にゲート開閉の指示を直接出している所もある。

Manu River Project (1982-83 完成) では、Manu 川に可動堰を建設し右岸側の灌漑エリア(現在約 12,000ha)へ水を供給するコンポーネントがあり、灌漑に関しては Water Users Group が設立されており機能している。

表-4.3.3 2007年洪水による河川構造物の被害状況(BWDB)

(Unit: 100thousand)

District	Project Name	Embankment (km)			Irrigation Canal/ Drainage Channel (km)			Water Control Structure (Nos.)			Bank Protection (km)		Groyne (Nos.)	Spur/ Hard Protect	BDT	Others		Damage (BDT)
		Full	Part	BDT	Full	Part	BDT	Full	Part	BDT	Full	Part	Part	Part		QTY	BDT	
B. Baria	Kondagokama FCD	0.040	1.000	15.0											5.0			20.0
B. Baria	Protection of Meghna River Bank										0.09	0.08			50.0			50.0
B. Baria	Joydarkandi Village Protection											0.20			10.0			10.0
B. Baria	Howra River Project	0.634	6.000	25.0														25.0
B. Baria	Protection of Buri River Project		0.120	10.0														10.0
Habiganj	Kusheria Left bank	0.333	0.460	10.0														10.0
Habiganj	Madofpur FCD	1.850	1.641	85.0														85.0
Habiganj	Goinggazun FCD	0.740	1.590	23.4														23.4
Habiganj	Khowai River Left & Right Bank Protection	2.000	16.300	175.0								0.317			100.0			275.0
Habiganj	Debnath school & bazar project											0.060			5.0			5.0
Habiganj	Makalkandi haor	1.250		20.0														20.0
Habiganj	Markuli bazar protected project											0.100			3.5			3.5
Moulavibazar	Manu River Project	0.300	0.840	20.0		1.000	7.0									1	26.0	53.0
Moulavibazar	Manu River FCD Project, ph-1	0.180	1.380	40.0														40.0
Moulavibazar	Dhalai River project	1.770	1.400	50.0														50.0
Moulavibazar	Tarapasha-Prammagar FCD Project	0.250	0.515	17.0														17.0
Moulavibazar	Manu River FCD Project, ph-2	0.650	1.400	30.0								0.250			40.0			70.0
Moulavibazar	Manu Soyjun Protective Work		0.150	2.0														2.0
Moulavibazar	Manu left flood embankment	0.040	0.035	14.0														14.0
Moulavibazar	Dewrachar FCD Project	0.140		2.0														2.0
Moulavibazar	Hamhamichara FCD		0.300	3.0														3.0
Moulavibazar	Baria Haor sub-project								2		7.0							7.0
Moulavibazar	Hail Haor project		1.500	15.0														15.0
Moulavibazar	Manu River Project (Mechanical)															1	40.0	40.0
Sylhet	Kushiara dike		20.700	63.0														63.0

District	Project Name	Embankment (km)			Irrigation Canal/ Drainage Channel (km)			Water Control Structure (Nos.)			Bank Protection (km)		Groyne (Nos.)	Spur/ Hard Protect	BDT	Others		Damage (BDT)
		Full	Part	BDT	Full	Part	BDT	Full	Part	BDT	Full	Part	Part	Part		QTY	BDT	
Sylhet	Surma River System	0.015	1.780	20.0														20.0
Sylhet	Kushiyara River right bank embankment project		1.900	12.0					2	20.0								32.0
Sylhet	Dhaleshwan cross dam		0.965	12.0							0.200				4.0			16.0
Sylhet	Sari-Goyain project	2.500	0.780	37.0														37.0
Sylhet	Khoshara Bardal project		1.500	8.0														8.0
Sylhet	Surma right bank		2.291	12.0														12.0
Sylhet	Goingahal project	2.500		25.0														25.0
Sylhet	Jneelkar haor project	0.620		20.0														20.0
Sylhet	Pathor Chowfee haor project	0.820		20.0														20.0
Sylhet	Embankment from Balagonj to Kalanichar		19.000	12.0														12.0
Sylhet	Safiq haor project	0.950		8.0														8.0
Sylhet	Barr haor project	1.000		5.0														5.0
Sunamganj	Karchar haor, Kalpanar, Angraly, Sanir, Mathian, Mohallia, Zoal	25.861	134.050	732.5					28	12.5	0.470				54.0			799.0
Keshoreganj	Charparadi-Janggalia project										0.100				1.0			1.0
Netrokona	Someswari river hazard management project		0.200	5.0														5.0
Netrokona	Updakhali sub-project	0.500		8.0					5	4.0								12.0
Netrokona	Kongsho river sub projects		3.000	9.0					2	1.5								10.5
Netrokona	Dampara water management project		6.000	10.0					2	1.5								11.5
Netrokona	Thakurakona sub project		5.000	8.0					5	1.5								9.5
Netrokona	Singer Beel Sub project	0.390		6.0		3	6.0	4	2	4.5								16.5
Netrokona	Netrokona town protection project										0.300				20.0			20.0
Netrokona	Hayjada haor	4.290		20.0														20.0
Netrokona	Notan haor	0.150		1.0					3	1.0								2.0
Netrokona	Deferent Khal Close in the haor area	5.880	3.000	70.0							0.100				6.0			76.0
Netrokona	Mahananda River		5.000	10.0					2	2.5								12.5

District	Project Name	Embankment (km)			Irrigation Canal/ Drainage Channel (km)			Water Control Structure (Nos.)			Bank Protection (km)		Groyne (Nos.)	Spur/ Hard Protect	BDT	Others		Damage (BDT)
		Full	Part	BDT	Full	Part	BDT	Full	Part	BDT	Full	Part	Part	Part		QTY	BDT	
	Embankment Project																	
Netrokona	Balai Padasri sub project		0.400	2.0														2.0

注) 各プロジェクトで建設した施設が 2007 年洪水によって被った損害を、 Full 完全に壊れた区間 (数)、Part 部分的に壊れた区間 (数) に分けて、被害額を想定している。

出典: BWDB

4.3.2 調査対象地域

水管理に関連する既存施設（潜水堤防、堤防、護岸、樋門、堰等）は既存ハオール地域と河川に建設されているため、現地調査の対象は、1)既存ハオールプロジェクト、2)河川施設とした。

(1) 既存ハオールプロジェクト

この調査のハオールプロジェクトの対象地域は、地形測量対象地域選定と同様な理由から、調査対象は5県（4.2.1 参照）の既存ハオールプロジェクトとするが、BWDBにより修復が決定されているハオールプロジェクトは除外する。また、バイラブバザール(Bhairab Bazar)より下流の既存ハオール、国境からカルニクシヤラ(Kalni-Kushiyara)川へ流入してくる地域の案件（基本的に通常の河川堤防案件と同様と捉えられるため。）についても除外する。これより、図 4.3.3 および表 4.3.4 に施設調査の対象ハオールプロジェクトを示す。

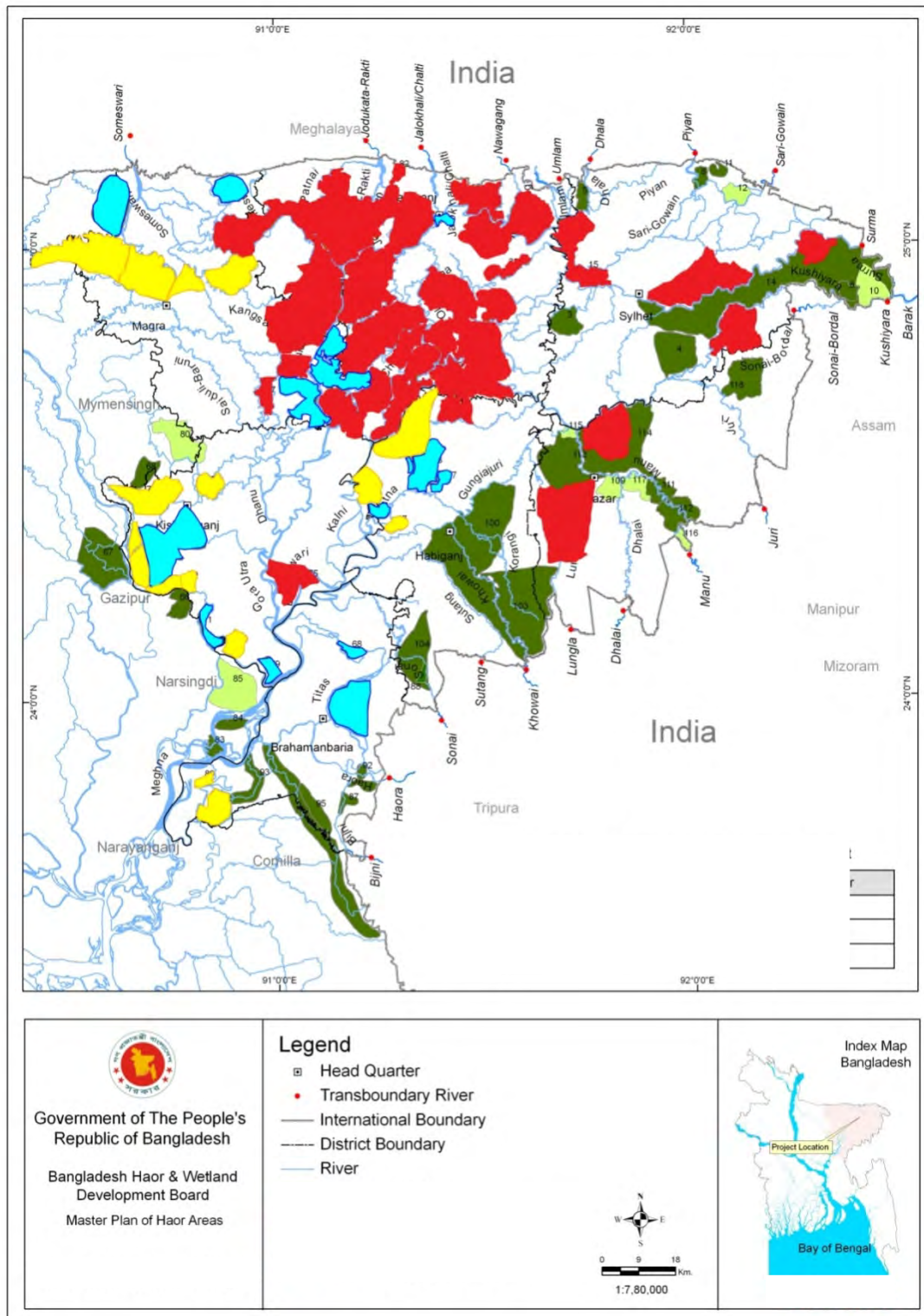
表 4.3.4 対象ハオールプロジェクト

	県	プロジェクト数
1	Sunamganj	1
2	Habiganj	7
3	Netrakona	8
4	Kishoreganj	10
5	Brahamanbaria	4
	合計	30

出典: JICA 調査団

(2) 河川施設

堤防(Full Embankment)、潜水堤防についてシュナムゴンジ(Sunamganj)県、ネトラコナ(Netrakona)県、キシホルゴンジ(Kishoreganj)県、ブラフモンバリア(Brahamanbaria)県では、ハオールプロジェクトの一環として建設されたものが多数を占めており、また氾濫原に位置するハオールプロジェクトでは堤防(Full Embankment)も建設されている。このため、上記4県に関しては、ハオールプロジェクトと重複するものが多いため、河川施設に関する調査は、シレット(Shylet)県、マウルビバザール(Maulvibazar)県、ホビゴンジ(Habiganj)県を対象とした。



出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"を基に調査団が加筆修正
 注: 赤色; BWDB による復旧プロジェクト, 黄色; M/P で提案した復旧プロジェクト, 青色; ハオール地域内で復旧なしのプロジェクト, 緑色; ディープハオール地域の外側で復旧なしのプロジェクト
 現地調査は、黄色および青色のハオールプロジェクトについて実施する。

図 4.3.3 現地調査を実施したハオールプロジェクト位置図

4.3.3 調査項目

現地調査は以下の項目とする。

- 1) 設計図、設計条件/設計基準の収集およびレビュー
- 2) 潜水堤防の過去の洪水による越水および被害、排水施設の形式および問題
- 3) 構造物の被害、誤動作の主な原因
- 4) 運用および維持管理の状況
- 5) ハオール地域の機能(灌漑用水の確保の方法、農地の堆砂による栄養塩の補給、内水面漁業等)

4.3.4 調査結果

(1) ハオールプロジェクトに関する図面

既存ハオールプロジェクトに関する図面として、竣工図および設計図が考えられた。このため、調査団は BWDB 現地事務所からこれらの図面の収集を図ったが、各事務所でも保管されておらず、入手出来なかった。

しかしながら、全てではないが多くのハオールプロジェクトにおいて Index Map (事業平面図のポンチ絵程度のもの。) は入手出来た。Index Map を附録 4-3 に示す。

また、BWDB の設計基準は設計担当部局から収集済みであり、本調査ではこの設計基準を用いる。

(2) ハオールプロジェクトの問題

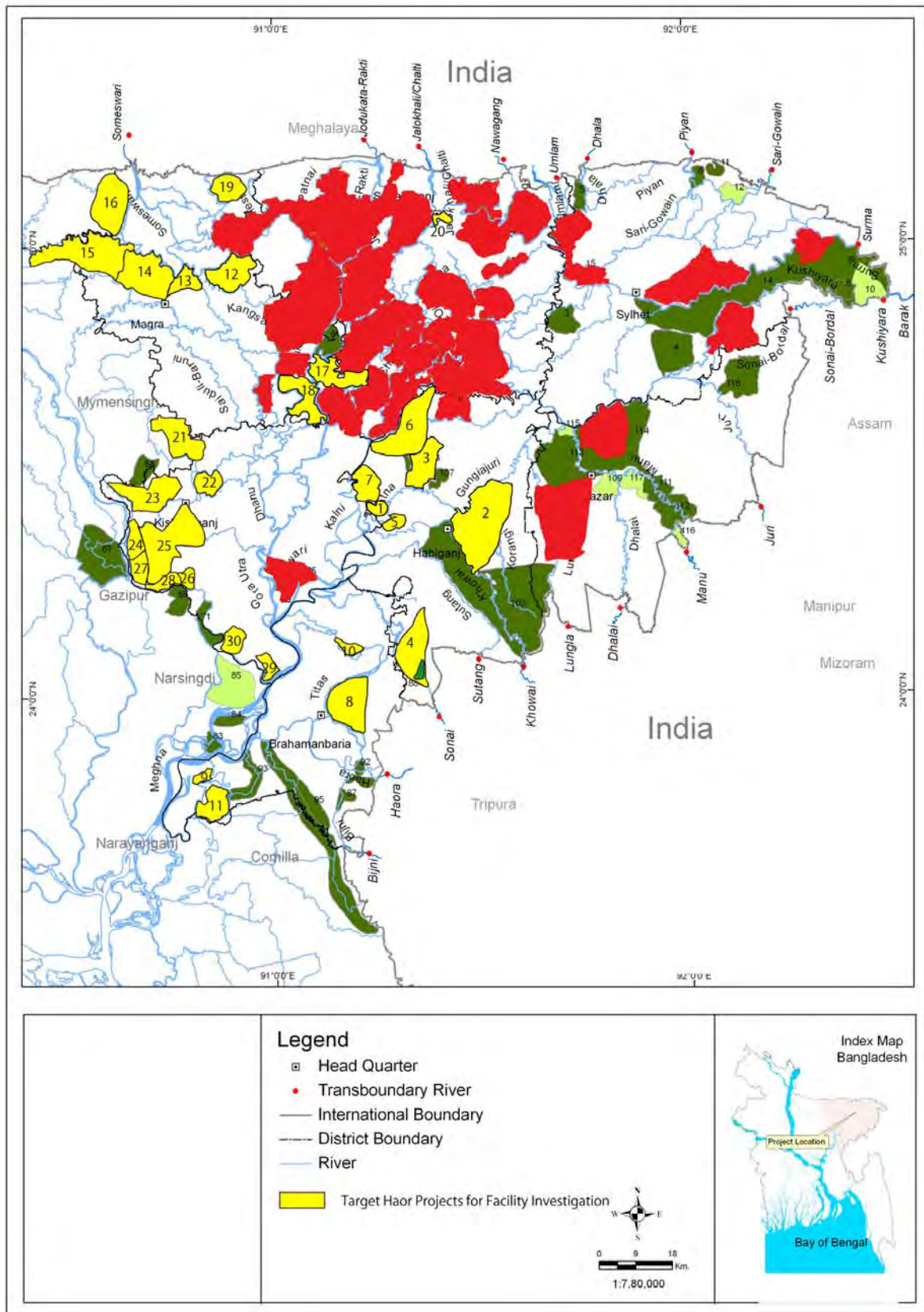
ハオールプロジェクトの主要構造物は堤防 (Full Embankment および潜水堤防)、樋門および水路である。現地調査結果として、表 4.3.5 に各ハオールプロジェクトの構造物諸元および問題点を図 4.3.4 に現地調査位置図を示す。また詳細は付録 4-3 に示す。

表 4.3.5 構造物調査結果

No.	Haor Project Name	District	Embankment (km)		Canal (km)	Regulator				Others	Remarks
			Submergible	Full		No.	Vent	Width(m)	Height (m)		
1	Cheghaia Khal Scheme	Habiganj	2.5	0	2	1	1	1.5	1.8		Embankment: Total damage is 130m. Artificial cutting, about 35m, is carried out due to boat transportation and inland fishing. Canal: Sedimentation problem Regulator: Gate has not been operated since 2011 due to gearbox problem.
2	Gangajuri FCD Sub-scheme	Habiganj	0	46	4.5	2	7	1.5	1.8	5-pipe sluice 2-1.02 dia 3-0.64m dia.	Embankment: Damage is occurred about 600m due erosion and partial artificial cutting . Canal: sedimentation problem Regulator: one 7 vent regulator is not operated from 2012 due to damage of gearbox and hoist rod. Othe 7 vent is operated even 2 gates are not function.
						2	5	1.5	1.8		
						1	2	1.5	1.8		
						2	1	1.5	1.8		
3	Sukti River Embankment	Habiganj	20	0	11.5	0				Embankment: Repaire work was carried out by BWDB Canal: Sedimentation problem	
4	Madhabpur Scheme	Habiganj	0	38	38	0				Embankment: Damage is occurred about 1,260m due erosion and partial artificial cutting .	
5	Aralia Khal Scheme	Habiganj	0	0	2.4	2	2	1.5	1.8	Canal: Sedimentation problem Regulator: 2regulators were not operated since 2011 due to gearbox problems (stolen & broken)	
6	Kairdhala Ratna Scheme	Habiganj	26	0	40	1	5	1.5	1.8		Embankment: Damage is occurred about 60m due to erosion. Regulator: 5vents are operated but 2 gates are damaged from 2011. Other regulators are not operated from 2010 due to gearbox damage
						2	2	1.5	1.8		
7	Bashira River Re-excavation	Habiganj	15	0	20	2	3	1.5	1.8	Embankment: Damage is occurred about 6000m due to erosion. Canal: Sedimentation problem Regulator: 2 regulators were not operated from 1997 and 1998, respectively due to damage of stoplogs.	
8	Datta khola & adjoining beel	Bramanbaria	0	0	73.5	0				Canal: Sedimentation problem	
9	Chandal Beel Scheme	Bramanbaria	0	2.8	1.5	1	2	1.5	1.8	Embankment: Damage is occurred about 100m due to erosion. Canal: Sedimentation problem Regulator: 2vent regulator was not operated from 1998 due to gate slot problem	
10	Akashi & Shapla Beel Scheme	Bramanbaria	0	5.5	6.5	0				Embankment: Damage is occuerd about 150m due to erosion and artificial cutting. Canal: Sedimntation Problem	
11	Satodana Beel Scheme	Bramanbaria	0	0	0	2	2	1.5	1.8	Regulator: Stoplog type regulator was not operated from 2006 due to damage of stoplogs. Gate type regulator was also not operated from 2004 due to grabox problem.	
12	Singer Beel Scheme	Netrakona	3.5	13.2	55	2	3	1.5	1.8	2-Pipe sluice 2-0.33m Dia 2-Culvert 2-1.5mx1.8m	Embankment: Full embankment is damaged about 100m due to erosion, and submergible embankment is damaged about 125m due to erosion and artificial cutting. Canal: Sedimentation problem. Regulator 2-3vent and 1-1vent regulators are operated. 1-1vent was not operated from 2010 due to gearbox problem.
						2	1	1.5	1.8		
13	Thakurakona Scheme	Netrakona	0	13.2	N/A	2	3	1.5	1.8		Embankment: Repairing work is on going by WMIP. Canal: Excavation work is on going by WMIP. Regulator: 1-3vent regulator is operated but 2 gates were damaged from 2009. Other regulators are not operated. Repare works are planned in WMIP.
						1	2	1.5	1.8		
14	Kangsha River Scheme	Netrakona	0	20	0	1	4	1.5	1.8	3-Pipe culvert 3-0.33m Dia.	Embankment: Damage is occurred about 40m due to erosion. Regulator: 4vent regulator was not operated from 2009 due to gearbox problem for 2 gates. 3-3vent regulator was not operated from 2009 due to gearbox problems. 2-1 vent regulators were not operated from 1999 and 2009, respectively due to gearbox problem.
						3	3	1.5	1.8		
						3	1	1.5	1.8		
15	Dampara Water Management	Netrakona	27	20	12	1	10	1.5	1.8	Pipe culvert 1no. 2vent- 0.33mDia 43nos. 1vent- 0.33mDia 1no.-1vent- 0.64mDia Box culvert 1no.-1.5mx1.8m	Embankment: Submergible embankment is damaged about 460m and full embankment is about 200m due to erosion. Regulator: 10-vent regulator is operaatad but 2 gates are damaged from 2008. 5vent regulator was not operated from 2010 due to gearbox problem Canal: Sedimentation problems, some parts of canal are re-excavated by upzila. Culvert: 7 culverts were not funtion due to clogging by sediment material.
						1	5	1.5	1.8		

No.	Haor Project Name	District	Embankment (km)		Canal (km)	Regulator				Others	Remarks
			Submergible	Full		No.	Vent	Width(m)	Height (m)		
16	Someswari River sub-scheme	Netrakona	0	6	0	0				Box culvert 2nos. 1mx0.5m	Embankment: Damage is ocured about 1,970m due to erosion.
17	Khaliajuri FCD Polder #2	Netrakona	52.1	0	0	2	4	1.5	1.8	4nos. Pipe inlet 4-0.75m Dia 2nos. Box culvert 0.75mx0.75m	Embankment: Damage is occurred about 810m due to erosion and artificial cutting. Regulator: 2-4vent regulators are under construction. 3vent regulator is not operated from 2009 due to gearbox problem. 2-2vent tregulators are operated even both gates are damaged. 3-1 vent regulators are notoperated due to gearbox problem.
						1	3	1.5	1.8		
						2	2	1.5	1.8		
						5	1	1.5	1.8		
18	Kaliajuri FCD Polder #4	Netrakona	47	0	0	1	4	1.5	1.8	5nos. Pipe inlet 5nos. 0.50m Dia Box culvert 1no. 0.5mx1.0m 4nos. 0.66mx0.66m Pipeculvert 1no. 0.3m Dia 2 Causeway	Embankment: Damage id occurred about 630m due to erosion and artificial cutting Regulator: 4vent and 3 vent regulatores are under constructios. 1 vent regulators are damaged due to gear box problem.
						1	3	1.5	1.8		
						3	1	1.5	1.8		
19	Mohadao Nadii Embankment	Netrakona	3	7.5	0	0				3nos. Box Culvert 1.32m x0.67m	Embankment: Full embankment is damaged about 420m due to erosion, artifical cutting and lower than the design crest elevation, and submergible embankment is damaged about 120m due to erosion and artificial cutting.
20	Sunamganj Town Protection	Sunamganj	0	1.6	0	0					Embankment: Damage is about 300m due to erosion.
21	Sukhaijuri Bathai sub-project	Kishoreganj	0	20.9	0	1	6	1.5	1.8	3nos. Pipe sluice 3-0.9m Dia	Embankment: Full embankment is damaged about 70m. Regulator: 6vent regulator is not operated from 1993 due to conflict between fishers committee and farmers committee. 1vent regulator is not operated due to gearbox problem.
						1	1	1.5	1.8		
22	Gazaria Beel sub-project	Kishoreganj	0	0	0	1	2	1.5	1.8	3nos. Pipe sluice 3-0.9m Dia	Regulator: 1 vent regulator is not operated due to gearbox problem. All pipe sluice are not function due to siltation and lost of gate
						1	1	1.5	1.8		
23	Boraikhal Khal sub-project	Kishoreganj	0	5.3	24.5	1	6	1.5	1.8	2nos. Pipe Sluice 2-0.9m Dia.	Embankment: Damage is about 10m due to erosion. Canal: Sedimentation problem. All pipe sluices are not function due to siltation.
24	Char Ferradee-Jangalia sub-project	Kishoreganj	0	11.6	0	1	5	1.5	1.8	1no. Pipe Sluice 0.9m Dia.	Embankmnt: Rehabilitaion works are carried out by WMIP. Regulator is operated. Pipe sluice is not funtion due to siltation.
25	Singua River Re-excavation sub-project	Kishoreganj	0	0	55	0					Canal: Riverbed aggradation in Singua River is occurred due to sedimentation.
26	Adampur sub-project	Kishoreganj	0	0	9.4	1	2	1.5	1.8		Regulator is good condition. Canal: Sedimentation problem
27	Alalia Bahadia sub-project	Kishoreganj	0	0	8	1	2	1.5	1.8		Regulator is good condition. Canal: Sedimentation problem
28	Motkhola-Bairagir Char sub-project	Kishoreganj	0	10.8	0	1	2	1.5	1.8		Embankment: Damage is about 50m due to erosion. Regulator is good condition.
29	Bhairab Bazar Erosion Protection sub-project	Kishoreganj	0	0	0	0				Bank Protection 3km	Bank erosion: Damage is about 3000m due to erosion. Some protection works was carried out near abatment by railway authority.
30	Ganakkali sub-project	Kishoreganj	0	0	0	1	2	1.5	1.8		2vent regulator is not operated because the gate, hoisting rod, gear box was stolen just after construction. 1vent regulator is not operated due to gearbox problem.
						1	1	1.5	1.8		

出典：JICA 調査団



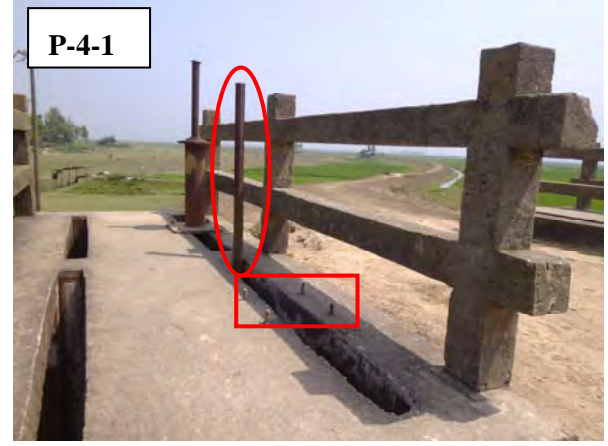


出典: JICA 調査団

図 4.3.4 現地調査位置図

1) 樋門

多くの樋門が維持管理の問題で機能していない状況である。樋門の維持管理責任は BWDB の現地事務所にあるが、十分な予算措置が行われず通常の維持管理が出来ない状況にある。このため、ゲート、スピンドル、ギアボックスと言ったメタルの構造物が年々劣化し、最終的に壊れ、運転が出来ない状況にある。現場で多く見られたのが、グリースが全然塗布されない事によるギアボックス部の損傷及び無理やり開閉機を操作する事により、開閉機のアンカーが抜けているもしくは浮き上がっている状況であった。

調査対象ハオール内の樋門は 60 か所あるが、31 か所の樋門は完全に運転できない状況であり、6 か所の樋門は幾つかのゲートが損傷を受けており完全に機能を維持している状況ではない。また、Sukaijuri Bathai sub-project では樋門は良好な状態にあるが、農民と漁民との間の対立で使用されていない状況にある。以下に、代表的な樋門のダメージ例を示す。

 <p>P-4-1</p>	 <p>P-4-2</p>
<p>開閉機が撤去されている。巻上機がない。</p>	<p>ゲートリーフに塗装といったメンテナンスをしていないため錆つき穴があき機能していない。</p>
 <p>P-4-3</p>	
<p>①向かって左側の巻上機がない。②ゲートリーフの塗装もなされていない。 注) 写真位置図は附録 4-4 参照</p>	

一方、運転は樋門のステークホルダーである Sluice committee もしくは Union Committee によって行われている。樋門が壊れておらず、運転できる場所では、BWDB の現地事務所と連絡を取り合い運転しており、Sluice Committee もしくは Union Committee との連携がよく図られている。

2) 堤防

調査対象ハオール内で堤防(Full embakment)258km、潜水堤防 175km が建設されている。これらのうち、数百 m 単位での損傷を受けている場所は少ないが、数 m~数十 m 単位で損傷を受けている場所は非常に多い。ハオール内の氾濫原にあるハオールプロジェクトの一部では WMIP によって修復がなされているが、自国資金の予算では、損傷範囲が狭い場所でも、修復予算の不足および修復の優先順位の観点から修復工事が実施されていない。

堤防の損傷は、天端の越流、法面の浸食と人的な堤防の破壊である。特にこの人的な堤防の破壊については、現地住民もしくは BWDB 現場事務所からの聞き込みによると 1)舟運の確保、2)水田からの排水出口をつくるため、3)灌漑用水を直接川から取るため、4)漁業のためハオール内に水を引き込みたいといった理由で行われている。

3) 水路

調査対象ハオールプロジェクト内の排水路(延長 241km)と川が接続する部分には大概樋門が設置されており、農民は樋門の運用を次の様に実施している。

雨季：ゲートを全開し河川水位とハオール内水位をほぼ等しい状況にしている。

作付開始時期前；ゲートを全閉し水路およびビールと呼ばれる低地に水を貯留する。

作付後：ゲートを全開し排水を行う。もしくは、全閉のまま水が無くなるまで水路に水を貯留しておく。

刈取り時期：ゲートを全閉し、プレモンスーン期の洪水流入を防ぐ

現在、多くの水路で堆砂により通水能力もしくは貯留機能が低下している。これは、水不足と排水の両方の問題を引き起こしている。以下に水路の状況を示す。

<p>P-4-4</p> 	<p>P-4-5</p> 
<p>堆砂のため、WMIP にて水路の掘削中</p>	<p>排水路の状況。住民によれば堆砂で水路床が上昇しているため、掘削が必要との事</p>
<p>注) 写真位置図は附録 4-4 参照</p>	

4) 問題点

① 維持管理

今までも言われてきたが、一番の問題点は雨季で損傷を受けた構造物の修復に対する予算を現場事務所から本庁に予算請求を行うが、実際には必要額を確保できていない状況である。現場事務所からの聞き取りによれば予算請求額に対して約 20-30%程度しか予算

が配分されないため、全てのメンテナンスを実施する事は無理である。このため、優先順位の高い所から予算の範囲で修復を実施する事となり、何年たっても修復されないという場所も出てくる事となる。

LGED ではプロジェクトで建設した施設を、ステークホルダー（地域住民等）に移管し管理・運営を任せる体制を既に開始している。しかし、BWDB ではLGED の様な管理・運営体制を構築していない。

維持管理の予算不足と住民参加型の維持管理について BWDB 地方事務所から聞き取りを通して、彼らとしても **Guideline for Participatory Water Management** に基づいた方法で、**Water Management Group (WMG)** を設立し維持管理を住民に任せたいという意向があることを確認できた。しかしながら、彼らの中では新規プロジェクトであれば、プロジェクト開始時から **WMG** を立ち上げられるが、既に完成しているプロジェクトでは、今から新たに **WMG** を立ち上げるのは難しいと考えており、1) いかにかステークホルダーによる維持管理の組織を立ち上げ、2) 施設が長期的に機能する様な体制を作り上げる事が課題である。

② 堤防修復

聞き取り結果ではあるが、修復用の築堤材料は近くの河川、水路等から採取する。また、盛立てに関してもランマーによる締固めをする事になっているが、実際には採取した盛土材を積み上げているだけの状況との事である。材料は近傍の物を使わざるを得ないため、設計断面を決定している土質定数や粒土分布を満足しているか不明であり、かつそれらの締め固めや含水比の管理は必要であるが実施されていないため、堤体としての強度は極めて低いと推察される。

③ 樋門

樋門については、グリースが切れたため、ハンドルが回らず、このハンドルを外してスピンドルを無理やり回してゲートの開閉を行っている所もあるが、鉄製品であるため売ることが可能でありギアボックス等の盗難により無くなっている所もある。**Ganak kali project** では、完成直後にギアボックスとスピンドルが盗まれている。維持管理と関連する点は大きいですが、盗難に関してはモラルの問題であり、周辺住民も含めてこれら構造物の重要性、必要性に関する住民意識を高める必要がある。

(3) 河川構造物

前述の様に、河川構造物については、シレット(Sylhet)県、モウルビバザール(Maulvibazar)県、ホビゴンジ(Habiganj)県以外の4県は、ハオールプロジェクトの一部として既に調査されているのが大半であるため、表 4.3.6 に示す3県について調査を実施した。

表 4.3.6 河川構造物調査対象地域

県	対象河川
Sylhet	スルマ(Surma)川、クシヤラ(Kushiyara)川
Maulvibazar	モヌ(Manu)川
Habiganj	コワイ(Khowai)川

出典：JICA 調査団

1) 堤防 (Full Embankment)

① スルマ(Surma)川

基本的に左右岸最大 3m 程度の堤防が築堤されているが、左岸は国境地点からシレット (Sylhet)市まで、右岸はその半分程度建設されている。河道は蛇行しており水衝部での侵食が見られる。また侵食されている場所にコンクリートパネルを並べた護岸工を実施しているが、予算の関係上必要な長さだけ出来ない状況である。

また、左岸では堤防が滑りを起こしている部分があり、これは足元が流れに寄り侵食され滑りが発生したと考えられる。聞き取りによれば、現在滑りによる破壊のある箇所は 1 か所との事であった。左岸堤防の損傷は全体で約 7km となっている。

 <p>P-4-6</p>	 <p>P-4-7</p>
<p>堤防天端 (堤内地との段差は約 2m 程度、高い所で 3m 程度)</p>	<p>コンクリートパネルによる護岸工</p>
 <p>P-4-8</p>	 <p>P-4-9</p>
<p>円弧滑り発生箇所 (水衝部のため、足元が侵食され滑ったと考えられる。この先で約 90 度川の流れを変えるためこの位置の先でも侵食が起きている)</p>	

	
<p>河岸侵食による影響</p>	<p>河岸侵食状況</p>
<p>注) 写真位置図は附録 4-4 参照</p>	

② クシヤラ(Kushiyara)川

クシヤラ(Kushiyara)川の上流部（シレット(Sylhet)県内）は、右岸は「バ」国であるが、左岸はインド国（以下「イ」国）の領土であるため、右岸の堤防及び一部護岸は整備されている。シレット県における聞き取りでは、堤防建設がされているが場所によって設計天端まで盛立てられていないために堤防天端を越水するとのことであった。一方、モウルビバザール県では堤防の天端は生活道路として使用されており、ダメージとしては水衝部の侵食被害が挙げられる。

③ モヌ(Manu)川

モヌ(Manu)川はクシヤラ(Kushiyara)川の左支川でトリプラ (Tripura) 丘陵を源流として「バ」国に流入して来る河川である。モヌ(Manu)川には、ハオール地域で唯一の可動堰であるモヌ (Manu)堰がある。モヌ(Manu)川の堤防状況では水衝部の浸食によるダメージが深刻である。モヌ(Manu)川では堤防延長 140km に対して損傷を受けている部分が約 50km となっており、モヌ(Manu)川の左支川であるダライ(Dhalai)川で堤防延長 130km に対して損傷を受けている部分が約 60km となっている。

④ コワイ(Khowai)川

コワイ(Khowai)川もまたクシヤラ(Kushiyara)川の左支川でトリプラ (Tripura) 丘陵を源流として「バ」国に流入して来る河川である。コワイ(Khowai)川でも Khowai River Project, Phase 1 で堤防(Full embankment)を 84km 建設しているが、Khowai River Project, Phase 2 において、これらの堤防の内 34km のリハビリを実施している。Phase 2 終了から既に 10 年経過しており、部分的に侵食を受けている場所が見受けられる。しかしながら、一度リハビリを実施しているため、他の河川から比べると損傷は少ない。

<p>P-4-12</p> 	<p>P-4-13</p> 
<p>クシヤラ(Kushiyara)川 堤防 (シレット(Sylhet) 県) 天端は生活道路として使われている。</p>	<p>クシヤラ(Kushiyara)川 (左図より数百 m 上流) この付近の堤防は設計天端まで盛立てられていないため、しばしば天端を越えてモスクの方に水が流れ込んでいる。堤防の越流水深は 10-20cm 程度との事である。</p>
 <p>P-4-14</p>	 <p>P-4-15</p>
<p>モヌ(Manu)川国境付近 (当初一部護岸があったが、流れがほぼ直角に曲がる所であるため侵食を受けている。当初全区間をコンクリートパネルで護岸予定だったが、予算不足のため一部しかなされていなかった。2006/07 完成</p>	<p>ダライ(Dhalai)川水衝部の侵食状況。この地点は昨年の雨季によるダメージ。</p>
<p>P-4-16</p> 	<p>P-4-17</p> 
<p>クシヤラ (Kushiyara) 川 (モウルビバザール(Maulvibazar) 県) 蛇行部の低水路護岸が侵食されている。</p>	<p>コワイ(Khowai)川 堤防の足元が侵食を受け、上方の一部が滑っている。直線区間であり、水衝部にはなっていない。</p>

2) 樋門

樋門については、完成後 5 年以内のものについては、まだ機能しているものが多い。カシムプールポンプ場近傍に 2 つの樋門があるが、建設後 30 年以上経過しているのもかかわらず、十分機能している。スルマ (Surma) 川上流に位置する、Mori 樋門は農民と漁民の対立があり、漁民が無理にゲートの運転をしたため、スピンドルが外れ壊れてしまい現在運転出来ない状況であった。

3) 可動堰

ハオール地域にある唯一の可動堰はモヌ (Manu) 堰であり、クシヤラ (Kushiyara) 川とモヌ (Manu) 川の合流点から約 22km 上流に位置している。クエートファンドによって、1982/83 に竣工しており既に 30 年以上経過している。全幅 86m、ゲート 8 門のローラーゲートを有している。運転の際の電源は常時は商用電源、緊急時にはバックアップ用の発電機を使用する。最悪の場合は、手動で巻上も可能となっている。土木工事は、「バ」国の建設会社、ゲートについては、インドのシムコが担当した。

堰の現状では、土木構造物に関しては見える範囲での損傷は見受けられなかった。一方ゲート関連についても、ペンキ塗装等必要に応じて維持管理がなされている様で、問題はない様に見受けられる。BWDB 現場事務所としては、30 年以上経過しているため、巻上機モーターの交換、バックアップ用の発電機の交換を望んでいる。

(4) 洪水痕跡

既存ハオールプロジェクト地域の住民や BWDB 現地職員から洪水に関する情報を収集した。29 ハオールの構造物調査において、住民に過去どの程度の高さまで洪水来たかを聞いた所、表 4.3.7 に示す結果であった。最低 1.5m、最大 4m と幅が広い結果である。これは、調査対象のハオールがディープハオールに近いものと、ディープハオールの外周の氾濫原に位置するハオールとの違いと考えられる。

表 4.3.7 ハオールプロジェクトにおける既往最大水深

No.	Scheme		Max. Depth from paddy field
1	Sukajuri Bathai	Kishoreganj	2.8m
2	Gazaria Beel	Kishoreganj	2.8m
3	Boraikhali Khal	Kishoreganj	2.5m
4	Char Ferradee-Jangalia	Kishoreganj	2.8m
5	Gingua River Re-excavation	Kishoreganj	2.5m
6	Adampur	Kishoreganj	2.5m
7	Alalia-Bahadia	Kishoreganj	2.3m
8	Motokhola-Bairagir Char	Kishoreganj	2.5m
9	Bhairab Bazar Erosion Protection	Kishoreganj	2.8m
10	Ganakkhali	Kishoreganj	2.5m
11	Binnabaid	Kishoreganj	2.8m
12	Akashi & Shapla Beel	Brannabaria	3.5m
13	Datta Khola	Brannabaria	3.8m
14	Satdona Beel	Brannabaria	3.5m
15	Chandal Beel	Brannabaria	2.8m
16	Kair Dhala Ratna	Habiganj	1.5m
17	Shutki River Embankment	Habiganj	4.0m
18	Madhabpur FCD	Habiganj	3.0m
19	Cheghaia Khal	Habiganj	4.0m
20	Aralia Khal	Habiganj	1.5m
21	Ganajuri FCD	Habiganj	3.0m
22	Singer Beel	Netrakona	2.8m
23	Thakurakona	Netrakona	2.9m
24	Kangsha River	Netrakona	3.0m
25	Dampara water management	Netrakona	3.2m
26	Someswari River	Netrakona	3.2m
27	Khaliajuri FCD Polder#2	Netrakona	3.5m
28	Khaliajuri FCD Polder#4	Netrakona	3.7m
29	Sunamganj Town Protection	Sunamganj	2.4m

注) 現地における聞き取り調査の結果である。

出典：JICA 調査団

(5) ハオール地域の機能

1) 調整池及び沈砂池としての機能

ハオール地域は、南側と北側に横たわるトリプラ (Tripura)、メガラヤ(Megaraya)のインド領内からの出水が流入してくる。それに加えて、インド領内のアッサム(Assam)、ミゾラム(Mizrom)、マニプール(Manipur)といった地域を含むバラック(Barak)川流域の出水も流入してくる。ハオールエリアの洪水は早く流入してくるが、下流への流出は遅い。このため、プレモンスーン期の洪水位の上昇は極めて早い。一般的に、4月の終わりに水位上昇が始まり2週間で2-3m上昇する。その後まれに下がる事もあるが、モンスーン期には6-8mの水深となる。この洪水は、スルマ(Surma)川、クシヤラ(Kushiyara)川、バウライ(Baulai)川、カルニ(Kalni)川を通してメグナ(Meghna)川に流れベンガル(Bengal)湾へと排水される。雨季の後の排水は基本的に3か月かかる。

2) 灌漑用水確保の方法

ポストモンスーン期には灌漑のための十分な表流水がある。河川及びハオールの表流水は乾期の稲作のために大量に使用される。作付面積の約2/3は表流水で灌漑される(全国平均は20%)。農業省の調査(Minor Irrigation Survey Report 2011-12, Bangladesh Agriculture Development Corporation, According to the survey by Ministry of Agriculture)によれば、1.35百万のハオールエリアの灌漑水利用者もしくは農民の52%は表流水灌漑をしている(全国では18%)。さらに、ディーゼルを使用する機器(深井戸、浅井戸、低揚程ポンプ)は地下水及び表流水を合わせた全灌漑エリアの約78%で使われている(全国平均69%)。ディーゼル低揚程ポンプによる表流水灌漑は全灌漑エリアの約87%を占める。表流水使用の約98%はディーゼル低揚程ポンプによって土地を灌漑している。残りの2%は、電気式の低揚程ポンプを用いている。ディーゼル低揚程ポンプ灌漑エリアの水代は電気式低揚程ポンプによるものの2-3倍である。灌漑用の表流水は、大部分がビールから得ているが、低揚程ポンプを用いて水路、河川からも得ている。水路の樋門は、土地の排水が完全に終わる前に閉じて、灌漑のためビールに必要な水を貯め込む。ハオールエリアの灌漑用水を確実にし、食物生産に寄与する水管理計画は以下の点を取り込むべきである。

- ・ 維持管理システムの改善を通して既存灌漑施設の有効性を高める事
- ・ 高い農業生産性を持つ既存エリアもしくはそのポテンシャルエリアに対して灌漑施設の建設
- ・ 灌漑施設の開発による水分配の改善。ライニング水路、埋設パイプシステム、フレキシブルパイプの供給。
- ・ 乾期の灌漑のための十分な水を貯め込むため水路、ビールの再掘削及び川の浚渫
- ・ 河川への取水堰、水路の建設、丘陵部の川の水の保全
- ・ 丘陵部の河の流量改善のための掘削
- ・ 灌漑のための電力供給
- ・ ソーラーパワーの灌漑ポンプに対する農民への支援

3) 土壌への栄養分の供給

ハオールエリアの土壌は比較的一様であり、炭酸カルシウムを含まず肥沃である。ハオール

の端では灰色で重くシルト質粘土ロームが優勢であり、中央では粘土が優勢である。砂やシルト混じりの堆積物と共にローム土の小規模のエリアがある。ハオールの中央湿地の幾つかはピートが占めている。ハオール中央を除いてざらざらした軽い耕作された層である。ほとんどの土は暗めの灰色から黒色の表層を持ち、弱酸から強酸およびわずかなアルカリ反応を示す。土中の栄養素は、低いリン、高い亜鉛と硫黄、他の栄養素は中間であり、肥沃度は中から高である。窒素とリン酸は中間レベルである。ハオールエリアの端では有機分は0.5-2.0%、中央部では2.0-4.0%である。浸透はローム土を除いて一般的にゆっくりである。水分保持能力は中間から低い範囲である。土壌は、乾期の稲作に適している。中間に位置するシルト質粘土、ローム土はボロ米や米以外の作物の栽培に適している。ハオールエリアの洪水は、作物に被害を与え、作物栽培の土地利用を規制する。しかしながら洪水は、プレモンスーン期のボロ米刈取り後の深い水深で栽培するアマン米の成長には実際に寄与する。深い水深で栽培するコメは魚の隠れ家やその魚の餌としての浸水している茎や葉の付着生物、野性生物の避難場所、植物の分解を通して食物連鎖の基礎を提供する。

ハオールエリアの土壌の栄養分は多くの要素によって影響を受けている。これらは、洪水、内水に関連する土壌の高さ(標高)、洪水の水に含まれる浮遊砂の成分、作物成長のタイプ、土地への肥料の割合が含まれる。洪水流出にはシルトや粘土が運ばれる。洪水による肥沃さは洪水流出の中にある窒素固定微生物、土壌が浸水した後の微生物活動による有機物の分解、マイクロ有機物からの窒素の放出、乾湿によって起こる土壌の化学成分の変化により放出されるリンと幾つかの微量元素と関連付けられる。洪水の水深や期間を減少させるための洪水防御や排水は、肥沃度を減少させるかもしれない。これは、肥料使用の増加によって肩代わりする事が必要である。

上流の丘陵地域で、耕作のための土地利用のために大規模な森林の伐採があった。これらの丘陵を源流とする多数の河川は、フラッシュフラッドとして多量の砂を運んだ。ハオールエリアに残った土砂は主に河床、耕作地、窪地に堆積した。これらの堆積物は上流の粗いものから下流の細かなものへと分かれた。洪水の深刻度と頻度の増加、砂質堆積物による土地の埋没、土壌の肥沃レベルの消耗によって土壌生産性に明らかに変わった。インド領内のアッサム丘陵や幾つかのバングラデシュの丘陵での植生や土壌の劣化状況の増加は、河川への流出もまた増加すると考えられる。これは、ハオールエリアに洪水により、より多くの砂を含む堆積物が増加する事を示す。

4) 耕作地の淡水漁業

淡水漁業は、氾濫原(77%)、ビール(9%)、水路(11%)、池等(3%)で行われている。その面積は、氾濫原約324,000ha、ビール37,000ha、水路45,000ha、池4,300haである。氾濫原は、平坦ではないため、高標高部(河岸)、低標高部(旧川道、窪地)に分けられる。全ての氾濫原は、季節的に浸水している窪地とその外周部を含んでいる。外周部の土壌は、米以外の作物により適しており、低標高部の重い土壌は冬のボロ米に適している。氾濫原での自給自足のための漁業は、主に洪水期間に行う。そして大規模ビールの漁業は年間ベースで冬の期間に行う。漁業で収入を得ている漁民には伝統的な漁民と非伝統的な漁民がいる。伝統的な漁民は漁業で生計を立てており、代々同じ職業についている。ハオールエリアには、12,000から18,000

の伝統的漁民がいる。ジャルモハル(漁業として収益を取るため登録された水域)は一般的に協同組合を通して漁民にリースされる。非伝統的漁民は、主に土地なしや貧農による新興グループである。彼らは、特にモンスーン期に一般の水域で釣りをし、捕まえた魚を売る。このような非伝統的漁民は増加しており、ハオールエリアの 30-40%の世帯は魚を捕る事に従事している。「バ」国統計局の 2011 年の統計資料によれば、ハオールエリアの漁業世帯数は 1.6 百万世帯である。年間で、各世帯 115kg の魚を氾濫原で捕っている。このため、氾濫原からの年間総漁獲量は 184,000 トンである。季節的に氾濫原となる耕作氾濫原は約 2,900ha であり、ここでは年間約 6,350 トンの漁獲高がある。

第5章 水文・水理解析

5.1 データ収集およびレビュー

本調査で必要になる流出解析に関連するデータは、主として BWDB、IWM および CEGIS から入手した。

(1) 入手データ

1) 水位データ

水位データは、プレ・モンスーン期にボロ米作付地域の収穫保全のために、潜水堤防の高さを設定するに当たって基本となるため、本調査では重要なデータである。

「バ」国北東部地域には 46 箇所に水位観測所が設置されており、IWM の最初の北東部地域モデル (North East Regional Model:NERM) の解析では、1986 年から 1993 年のデータを使用していた。その後、同モデルを更新する際に、水位データも 2006 年 11 月まで更新された。

BWDB では 2012 年 3 月までの水位データを更新しており、これらは BWDB より入手可能である。水位データは、量水標を使用して一日 5 回 (午前 6 時から午後 6 時まで 3 時間間隔) 計測されている。

また、1986 年以前のデータも BWDB からの入手が可能であるが、1986 年以降もハオール域内の河道は変動しており既存の北東地域モデルは 1986 年以降の水文データによる同定作業を通して更新されていることから、本調査の解析に用いるデータは至近 25 年間 (1986 年 4 月～2012 年 3 月) とした。表 5.1.1 に水位観測所のリストを示す。水位の観測は、各プロジェクトおよび観測に利用できる資機材や予算に依存している。

表 5.1.1 BWDB の水位観測所リスト

SI	District	RiverName	StationID	StationName	Data Available with BWDB		Remarks
					From	To	
1	Mymensingh	Banar	SW8	Basuri	Apr-86	March 2012	More data prior to April 1986 are also available for most of the stations. But it might not be required in consideration of length of data series and in consideration of updating existing NAM and HD Model as data from 1986 has been used in the models.
2	Mymensingh	Banar	SW9.5	Trimohini	Apr-86	March 2012	
3	Mymensingh	Bhogai-Kangsa	SW35.5	Sarchapur_Mymensingh	Apr-86	March 2012	
4	Mymensingh	Old Brahmaputra	SW227	Offtake of Suti	Apr-86	March 2012	
5	Mymensingh	Old Brahmaputra	SW228.5	Mymensingh	Apr-86	March 2012	
6	Mymensingh	Nitai	SW314	Ghosegaon	Apr-86	March 2012	
7	Kishoreganj	Mogra	SW311.4	Chamraghat	Apr-86	March 2012	
8	Sylhet	Kushiara	SW172.5	Amalshid	Apr-86	March 2012	
9	Sylhet	Kushiara	SW173	Sheola	Apr-86	March 2012	
10	Sylhet	Kushiara	SW174	Fenchuganj	Apr-86	March 2012	
11	Sylhet	Kushiara	SW175.5	Sherpur	Apr-86	March 2012	
12	Sylhet	Piyan	SW233	Protappur_Piyan gang	Apr-86	March 2012	
13	Sylhet	Piyan	SW233A	Jaflong_Spill	Apr-86	March 2012	
14	Sylhet	Piyan	SW234	Companiganj	Apr-86	March 2012	
15	Sylhet	Sari-Gowain	SW251	Sarighat	Apr-86	March 2012	
16	Sylhet	Sari-Gowain	SW252	Gowainghat	Apr-86	March 2012	
17	Sylhet	Sari-Gowain	SW252.1	Salutikar	Apr-86	March 2012	
18	Sylhet	Sonai-Bardal	SW265	Jaldhup	Apr-86	March 2012	
19	Sylhet	Surma-Meghna	SW266	Kanairghat	Apr-86	March 2012	
20	Sylhet	Surma-Meghna	SW267	Sylhet	Apr-86	March 2012	

SI	District	RiverName	StationID	StationName	Data Available with BWDB		Remarks
					From	To	
21	Sylhet	Surma-Noya	SW345	Durlavpur	Apr-86	March 2012	
22	Sylhet	Lubachara	SW326	Lubachara	Apr-86	March 2012	
23	Sylhet	Dhala	SW332	Islampur	Apr-86	March 2012	
24	Sylhet	Jhalukhali	SW333A	Dulura	Apr-86	March 2012	
25	Habiganj	Korangi	SW138	Sofiabad	Apr-86	March 2012	
26	Habiganj	Khowai	SW157	Ballah	Apr-86	March 2012	
27	Habiganj	Khowai	SW158	Chunarghat	Apr-86	March 2012	
28	Habiganj	Khowai	SW158.1	Shaistaganj	Apr-86	March 2012	
29	Habiganj	Khowai	SW159	Habiganj	Apr-86	March 2012	
30	Habiganj	Sonai	SW264A	Montala	Apr-86	March 2012	
31	Habiganj	Sutang	SW280	Sutang Rly.Brid	Apr-86	March 2012	
32	Sunamganj	Dhanu-Baulai-Gh oratra	SW72B	Sukdebpur	Apr-86	March 2012	
33	Sunamganj	Jadukata	SW131.5	Laurergarh Saktiarkhola	Apr-86	March 2012	
34	Sunamganj	Surma-Meghna	SW268	Chhatak	Apr-86	March 2012	
35	Sunamganj	Surma-Meghna	SW269	Sunamganj	Apr-86	March 2012	
36	Sunamganj	Surma-Meghna	SW269.5	Dirai_on Kalni	Apr-86	March 2012	
37	Sunamganj	Lubachara	SW326A	Borogram	Apr-86	March 2012	
38	Sunamganj	Jhalukhali	SW333	Muslimpur	Apr-86	March 2012	
39	Sunamganj	Noyagang	SW337	Urargaon	Apr-86	March 2012	
40	Sunamganj	Omayan Chella	SW341	Chella Sonapur	Apr-86	March 2012	
41	Moulvi Bazar	Dhalai	SW67	Kamalganj	Apr-86	March 2012	
42	Moulvi Bazar	Juri	SW135A	JuriCont_Silghat	Apr-86	March 2012	
43	Moulvi Bazar	Lungla	SW192	Motiganj	Apr-86	March 2012	
44	Moulvi Bazar	Monu	SW201A	Chatalaghat	Apr-86	March 2012	
45	Moulvi Bazar	Monu	SW201	Monu Rly.Bridge	Apr-86	March 2012	
46	Moulvi Bazar	Monu	SW202	Moulvi Bazar	Apr-86	March 2012	

出典: BWDB

2) 流量

北東部地域には 27 箇所の流量観測所があり、BWDB が管理している。これらのデータは 2012 年まで更新されており入手可能である。流量観測は、流速計および船を使用している。

表 5.1.2 に流量観測所のリストを示す。予算の制約などから流量観測の頻度は、水位観測よりも小さく、スルマ-バウライ (Surma-Baulai) 川ではシレット (Sylhet)、スナムゴンジ (Sunamganj)、バイラブ・バザール (Bhairab Bazar) において平均して年間 16~18 回程度である。本観測所では水位も計測している。

表 5.1.2 BWDB の流量観測所リスト

SI	District	River Name	Station ID	Station Name	Data Available with BWDB		Remarks
					From	To	
1	Sunamganj	Omayun Chella	SW341	Chella Sonapur	Apr-86	March 2012	More data prior to April 1986 are also available for most of the stations. But it might not be required in consideration of length of data series and in
2	Sunamganj	Noyagang	SW337	Urargaon	Apr-86	March 2012	
3	Sunamganj	Jhalukhali	SW333	Muslimpur	Apr-86	March 2012	
4	Sunamganj	Surma-Meghna	SW269	Sunamganj	Apr-86	March 2012	
5	Sunamganj	Jadukata	SW131.5	Laurergarh Saktiarkhola	Apr-86	March 2012	
6	Netrokona	Someswari	SW262	Bijoypur	Apr-86	March 2012	
7	Netrokona	Bhogai-Kangsa	SW36	Jaria-Jhanjail	Apr-86	March 2012	
8	Moulvi Bazar	Monu	SW201	Monu Rly.Bridge	Apr-86	March 2012	
9	Moulvi Bazar	Lungla	SW192	Motiganj	Apr-86	March 2012	
10	Moulvi Bazar	Juri	SW135A	JuriCont_Silghat	Apr-86	March 2012	

SI	District	River Name	Station ID	Station Name	Data Available with BWDB		Remarks
					From	To	
11	Moulvi Bazar	Dhalai	SW67	Kamalganj	Apr-86	March 2012	consideration of updating existing NAM and HD Model as data from 1986 has been used in the models.
12	Mymensingh	Nitai	SW314	Ghosegaon	Apr-86	March 2012	
13	Mymensingh	Old Brahmaputra	SW228.5	Mymensingh	Apr-86	March 2012	
14	Kishoreganj	Surma-Meghna	SW273	Bhairab Bazar	Apr-86	March 2012	
15	Kishoreganj	Old Brahmaputra	SW230.1	Bhairab Bazar R	Apr-86	March 2012	
16	Sylhet	Jhalukhali	SW333A	Dulura	Apr-86	March 2012	
17	Sylhet	Dhala	SW332	Islampur	Apr-86	March 2012	
18	Sylhet	Lubachara	SW326	Lubachara	Apr-86	March 2012	
19	Sylhet	Surma-Meghna	SW267	Sylhet	Apr-86	March 2012	
20	Sylhet	Surma-Meghna	SW266	Kanairghat	Apr-86	March 2012	
21	Sylhet	Sonai-Bardal	SW265	Jaldhup	Apr-86	March 2012	
22	Sylhet	Sari-Gowain	SW251	Sarighat	Apr-86	March 2012	
23	Sylhet	Piyan	SW233A	Jaflong_Spill	Apr-86	March 2012	
24	Sylhet	Piyan	SW233	Protappur_Piyan gang	Apr-86	March 2012	
25	Sylhet	Kushiara	SW175.5	Sherpur	Apr-86	March 2012	
26	Sylhet	Kushiara	SW173	Sheola	Apr-86	March 2012	
27	Sylhet	Kushiara	SW172.5	Amalshid	Apr-86	March 2012	

出典：BWDB

3) 雨量

北東部地域には 45 箇所の雨量観測所があり、BWDB が管理している。雨量データは、2012 年 3 月まで更新されている。雨量は普通雨量計を使用して日雨量（1 日 3 回計測、午前 7 時から 24 時間の雨量）として観測している。観測された日雨量は、以下の手順で BWDB 本庁（ダッカ）に送付され保管される。

- i) 現地にて所定の月雨量表に入力し、BWDB の現地水文担当官による検収の後、BWDB 本庁の表流水処理担当部署に送付
- ii) 月雨量表は表流水処理担当部署での検収後、BWDB 本庁の処理・洪水予測サークルのダイレクターの管理のもとでコンピュータに登録・保管
- iii) さらに、現地で観測された日雨量は、4 月から 10 月の期間、携帯電話により BWDB 本庁の洪水予警報センターに直接送付

IWM が構築した解析モデルには 2006 年までのデータが使用されている。表 5.1.3 に雨量観測所のリストを示す。

表 5.1.3 BWDB の雨量観測所リスト

SI	District	Station ID	Station Name	Data Available with BWDB		Remarks
				From	To	
1	Sylhet	CL102	Companyganj Bholaganj	Apr-86	March 2012	More data prior to April 1986 are also available for most of the stations. But it might not be required in consideration of length of data series and in consideration
2	Sylhet	CL116	Lallakhal	Apr-86	March 2012	
3	Sylhet	CL125	Sheola	Apr-86	March 2012	
4	Sylhet	CL128	Sylhet	Apr-86	March 2012	
5	Sylhet	CL129	Tajpur	Apr-86	March 2012	
6	Sylhet	CL130	Zakiganj	Apr-86	March 2012	
7	Sylhet	CL228	Kanairghat	Apr-86	March 2012	
8	Sunamganj	CL107	Chhatak	Apr-86	March 2012	
9	Sunamganj	CL109	Gobindaganj	Apr-86	March 2012	
10	Sunamganj	CL127	Sunamganj	Apr-86	March 2012	
11	Sunamganj	CL44	Moheshkhola	Apr-86	March 2012	

SI	District	Station ID	Station Name	Data Available with BWDB		Remarks
				From	To	
12	Sunamganj	CL49	Laurergarh	Apr-86	March 2012	of updating existing NAM and HD Model as data from 1986 has been used in the models.
13	Moulvi Bazar	CL104	Chandbagh	Apr-86	March 2012	
14	Moulvi Bazar	CL108	Dakhinbagh	Apr-86	March 2012	
15	Moulvi Bazar	CL114	Kamalganj	Apr-86	March 2012	
16	Moulvi Bazar	CL117	Langla	Apr-86	March 2012	
17	Moulvi Bazar	CL118	Latu	Apr-86	March 2012	
18	Moulvi Bazar	CL119	Monumukh	Apr-86	March 2012	
19	Moulvi Bazar	CL122	Moulvi Bazar	Apr-86	March 2012	
20	Moulvi Bazar	CL126	Srimangal	Apr-86	March 2012	
21	Moulvi Bazar	CL229	Monu Rly. Br.	Apr-86	March 2012	
22	Habiganj	CL105	Chandpur Bagan	Apr-86	March 2012	
23	Habiganj	CL110	Habiganj	Apr-86	March 2012	
24	Habiganj	CL111	Itakhola(Baikuntha)	Apr-86	March 2012	
25	Habiganj	CL120	Markuli	Apr-86	March 2012	
26	Mymensingh	CL27	Phulbaria	Apr-86	March 2012	
27	Mymensingh	CL45	Ghosegaon	Apr-86	March 2012	
28	Mymensingh	CL46	Rasulpur	Apr-86	March 2012	
29	Mymensingh	CL5	Bhaluka	Apr-86	March 2012	
30	Mymensingh	CL64	Gafargaon	Apr-86	March 2012	
31	Mymensingh	CL65	Gauripur	Apr-86	March 2012	
32	Mymensingh	CL72	Muktagacha	Apr-86	March 2012	
33	Mymensingh	CL73	Mymensingh	Apr-86	March 2012	
34	Mymensingh	CL75	Nandail	Apr-86	March 2012	
35	Mymensingh	CL77	Phulpur	Apr-86	March 2012	
36	Kishoreganj	CL101	Bhairab Bazar	Apr-86	March 2012	
37	Kishoreganj	CL112	Itna	Apr-86	March 2012	
38	Kishoreganj	CL113	Khaliajuri	Apr-86	March 2012	
39	Kishoreganj	CL61	Bajitpur	Apr-86	March 2012	
40	Kishoreganj	CL71	Kishoreganj	Apr-86	March 2012	
41	Netrokona	CL115	Kendua	Apr-86	March 2012	
42	Netrokona	CL121	Mohanganj	Apr-86	March 2012	
43	Netrokona	CL123	Netrokona	Apr-86	March 2012	
44	Netrokona	CL63	Durgapur	Apr-86	March 2012	
45	Netrokona	CL68	Jaria-jhanjail	Apr-86	March 2012	

出典：BWDB

4) 蒸発量

北東地域には、表 5.1.4 に示すとおり 3 箇所の蒸発量観測所があり BWDB が管理している。蒸発量データは、2012 年 3 月まで更新されている。蒸発量は蒸発計 (Evaporation pan) を使用して日蒸発量 (午前 7 時から 24 時間の蒸発量) として計測している。IWM が構築した解析モデルには 2006 年までのデータが使用されている。観測は 1 日に 1 回行っている。

表 5.1.4 BWDB の蒸発量観測所リスト

SI	District	Station ID	Station Name	Data Available with BWDB		Remarks
				From	To	
1	Mymensingh	E024	Mymensingh	April 1986	March 2012	More data prior to April 1986 are also available for most of the stations. But it might not be required

SI	District	Station ID	Station Name	Data Available with BWDB		Remarks
				From	To	
2	Sreemangal	E036	Sreemangal	April 1986	March 2012	in consideration of length of data series and in consideration of updating existing NAM and HD Model as data from 1986 has been used in the models.
3	Sunamganj	E037	Sunamganj	April 1986	March 2012	

出典：BWDB

5) 気温

北東部地域には、4箇所の気温観測所があり、Bangladesh Meteorological Department (BMD) が管理している。入手可能なデータは1948年1月から2012年3月までである。これらのデータはM/Pでも使用されている。気温は、最高・最低温度計を使用して1日に2回（午前7時と午後6時）観測されている。表5.1.5に気温観測所のリストを示す。観測頻度は観測所毎に異なり、連続観測を行うところもある。

表 5.1.5 BMD の気温観測所リスト

SI	District	Station ID	Station Name	Data Available	
				From	To
1	Comilla	11313	Comilla	April 1986	March 2012
2	Mymensingh	10609	Mymensingh	April 1986	March 2012
3	Moulvi Bazar	10724	Sreemangal	April 1986	March 2012
4	Sylhet	10705	Sylhet	April 1986	March 2012

出典：BMD

(2) 観測データのレビュー

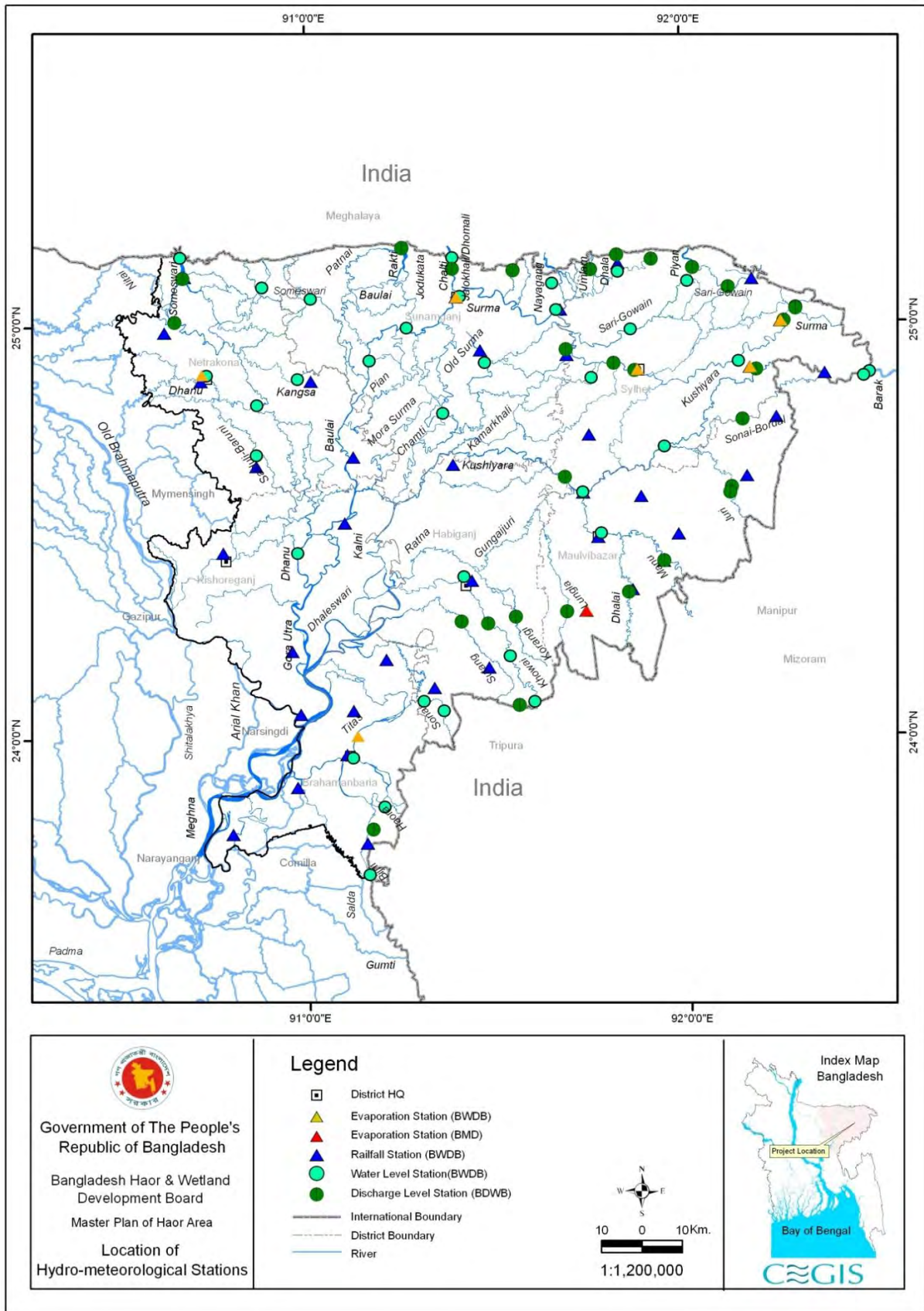
上記のBWDBおよびBMDが管理している気象水文データは、本調査における解析において十分な期間のデータである。また、蒸発量の測定箇所は少ないが調査地域内での蒸発量の変動は小さい。

降雨データは、一日3回の計測のみであり、また観測所の配置は流域の地形や気候を必ずしもカバーしておらず、解析モデルに対して十分なデータとは言えない。

解析モデル上の各分割流域において、降雨データもしくは流域下流端での水位-流量曲線がない流域の洪水波形は、近傍流域の降雨量、流域の植生カバー率、土壌等の特性と面積比を利用して推定している。

日雨量データは、流域内のいくつかの観測所で観測されているが、データはまばらで一日3回BWDB担当者により普通雨量計で計測されている状況である。国際河川の流量については、水位観測所で観測され、水位-流量曲線も作成されている。

自記雨量計による観測所はない。北部のインド丘陵地帯は、世界で最も降雨量の多い地域の一つであり、モンスーン期に大きな流量が流出している。このため所要の精度で降雨流出解析を行うためには、より密な観測が必要である。図5.1.1に、北東地域における気象・水文観測所の位置図を示す。



出典：”Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012”

図 5.1.1 気象水文観測所位置図

5.2 水文解析

IWM は、「表流水シミュレーションモデルプログラム：フェーズ II(SWSMP II: Surface Water Simulation Modeling Programme Phase-II)、1992 - 1996」において開発された全体モデルと 6 つの地域モデルを所有している。この内、1991 年に最初の開発がなされた北東地域モデル (NERM) は、本調査地域をカバーしている。

このモデルは、水文モデル (降雨・流出モデル、NAM モデル) と動的水理解析モデル (河川、水路、氾濫域) で構築されている。NAM モデルのパラメータの同定は、当初 1986 年 4 月から 1992 年 12 月の期間で行われ、その後 1992 年 4 月から 2003 年 3 月の期間で再度実施されている。NAM モデルは、動的水理解析モデルの入力値である流量を算定するモデルである。

本水文解析の主目的は次の 2 点である。

- 1) 動的水理解析モデルの入力データである流量を算定するための水文モデル構築
 - 2) 北東地域の数か所の観測所における確率年毎の降雨、水位、流量に対する統計解析
- (1) モデルおよび解析結果

CEGIS と IWM では、対象流域内の北部および南西部のいくつかの流域で降雨流出解析を実施するため数値計算モデルである MIKE11 を使用している。CEGIS は、「バ」国内の流域に対してモデルの同定を実施し、IWM は、インド領内も含めた流域全体のモデルへの拡張を実施した。

水文モデルの出力は、動的水理解析モデルである NERM モデルへの入力を考慮し、標準入力の時間間隔である 3 時間の時間ステップになっている。附録 5-1 に NERM における対象流域の流域分割図を示している。

(2) モデルの妥当性

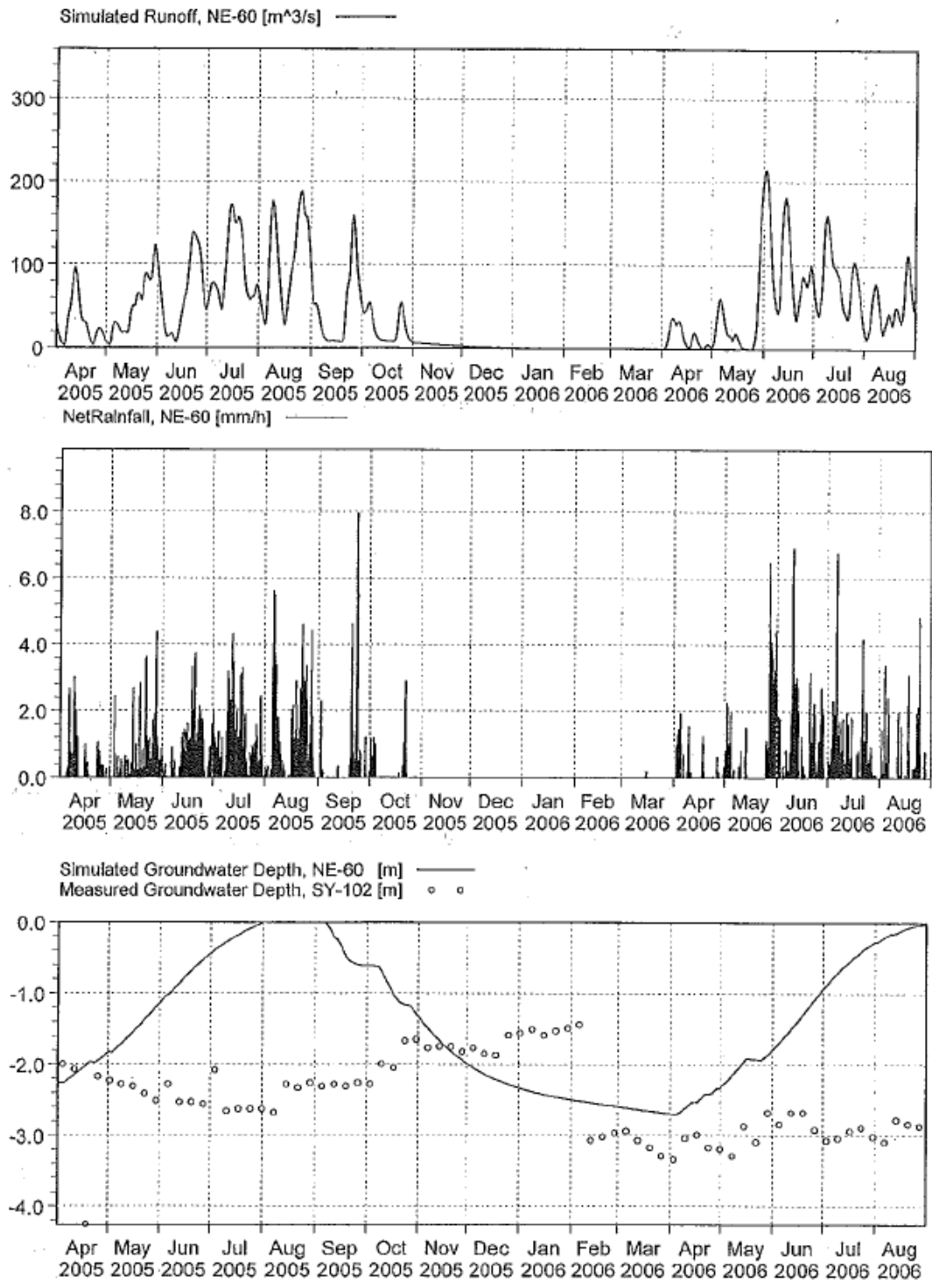
分割流域の下流端における水位－流量曲線と流量波形は、以下の理由より信頼性が低いと考えられる。


- 1) 分割流域の河道の本川合流点では、本川からの背水の影響を頻繁に受けている。
- 2) 氾濫原にある水位観測所は、氾濫原に流入する多くの他分割流域からの流量の影響を受けている。

さらに、モデルの同定に利用可能な水位－流量曲線のない分割流域では、地下水の変動を参考にしながらモデルの構築を行っている。表流水の流れと地下水変動の時間差を考慮すると、構築された水文解析モデルの信頼性は低い。

流域の地形特性とデータの質を考え合わせると、水文モデルの構築精度に懸念が残り、これにより推定された洪水波形の結果も疑わしい。このため、分割流域の流出量の精度を向上させるためには追加の調査が必要である。また、水文モデルの結果は、動的水理解析モデルに入力する流量データとしても利用されるため、この入力データとしても不十分なものとなる。

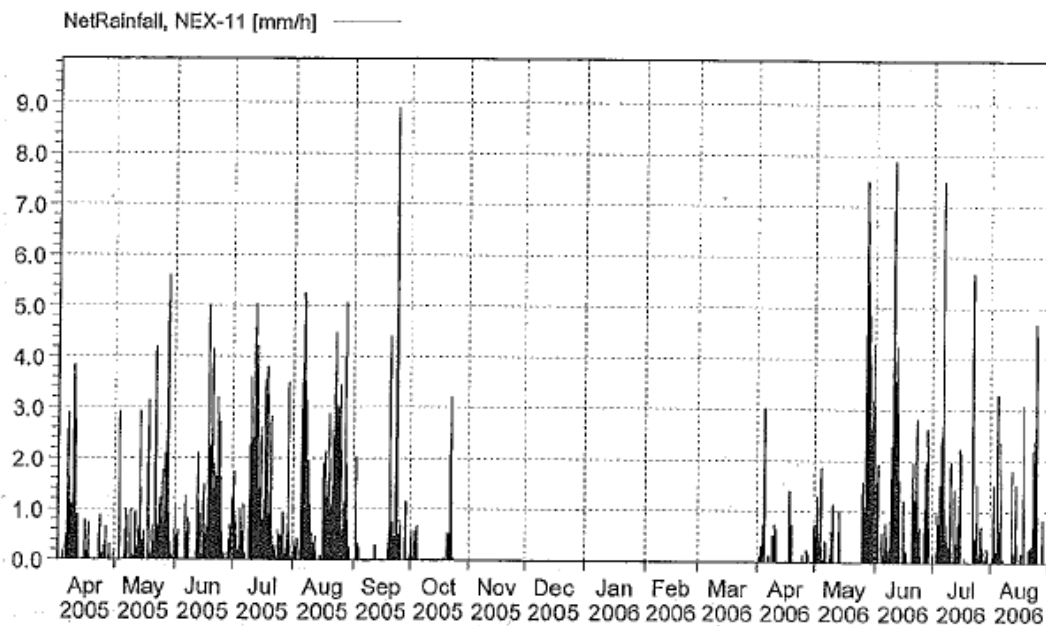
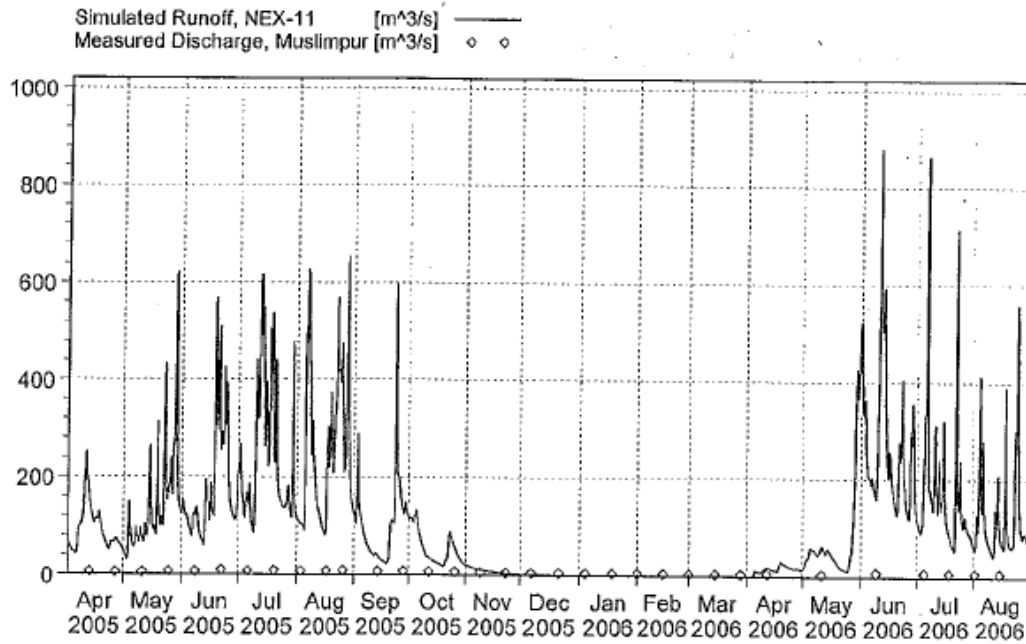
IWM の検証レポートで示されている同定結果の例を図 5.2.1 に示す。これらモデルの解析結果を見ると、動的的水理解析モデルにデータを引き渡す解析モデルとして十分な精度を持つよう改善が必要と考えられる。




	Client: FFWC, BWDB		MIKZero
	Project: Updating & Validation of NERM: 2005-07		
Date: 11/03/07	Rainfall Runoff Model Simulation Results		Drawing no. A.8
Init:			

出典: IWM

図 5.2.1 水文モデル (NAM-IWM) キャリブレーション結果 (1/2)



	Client: FFWC, BWDB		MIKZero
	Project: Updating & Validation of NERM: 2005-07		
Date: 11/03/07	Rainfall Runoff Model Simulation Results		Drawing no. A.36
Init:			

出典: IWM

図 5.2.1 水文モデル (NAM-IWM) キャリブレーション結果 (2/2)

以上のように、分割流域の降雨量および分割流域末端の流量に関する観測位置と質に改善の必要があることは明白である。これらは、政府ならびに気象、水文データを収集する機関の戦略的な長期計画と継続的な改善努力が必要である。

5.3 洪水流出解析

5.3.1 概説

(1) プレモンスーン期

「バ」国におけるプレモンスーン期は、通常4月から5月の期間である。この季節は、インドとの国境を越える丘陵からの強い洪水流出を発生させる高降雨強度を有する短期間の雷雨で特徴づけられる。ハオール地域の直接降雨による流出と丘陵からの流出が重なり、ハオール地域全体を洪水が覆う。この季節の降雨による最も重要な影響は、河岸と自然堤防を頻繁に越流し、収穫期の農産物（ボロ米）に甚大な被害を与えるフラッシュフラッドによるものである。

(2) モンスーン期

モンスーン期は、プレモンスーン期の直後に始まり、9月/10月頃まで続く。モンスーン期間には、いくつかの地域が水深5mになるなど、ハオール地域の大部分は水没し、氾濫原ではほとんどの農業活動は停止する。地域の経済活動は大幅に縮小し、地域住民は生計維持のため漁労に従事する。

モンスーン期の降雨は、プレモンスーン期のそれと比べて降雨強度は小さいが、降雨継続時間が長く、雨域も広範囲に広がっている。多量の洪水は、世界最大の年平均降雨量を記録するインドとの国境を越えてもたらされる。国境のインド側にある急峻な谷から流下する洪水の流量波形のピークは、北東バングラデシュ地域の平坦な地形に達してから減衰する。国境の下流直下の地形勾配の減少は、頻繁に氾濫原や湖沼に広がる洪水となり、ピーク流量の減少となる。非常に浅く、緩勾配の氾濫原地形がハオール地域に広がっている。

この地形は、流域のインド側丘陵で侵食された土壌が堆積し、シレット(Sylhet)盆地の地質的沈下とブラマプトラ(Brahmaputra)川の河道の移動に伴う河川地形の変化の結果である。モンスーン期にはハオール地域のほとんどでの流況は、下流のパドマ(Padma)川の水位に制限を受け、貯水池のような状況を呈している。

5.3.2 水位シミュレーションモデル（動的水理解析モデル）の適用

(1) NERM

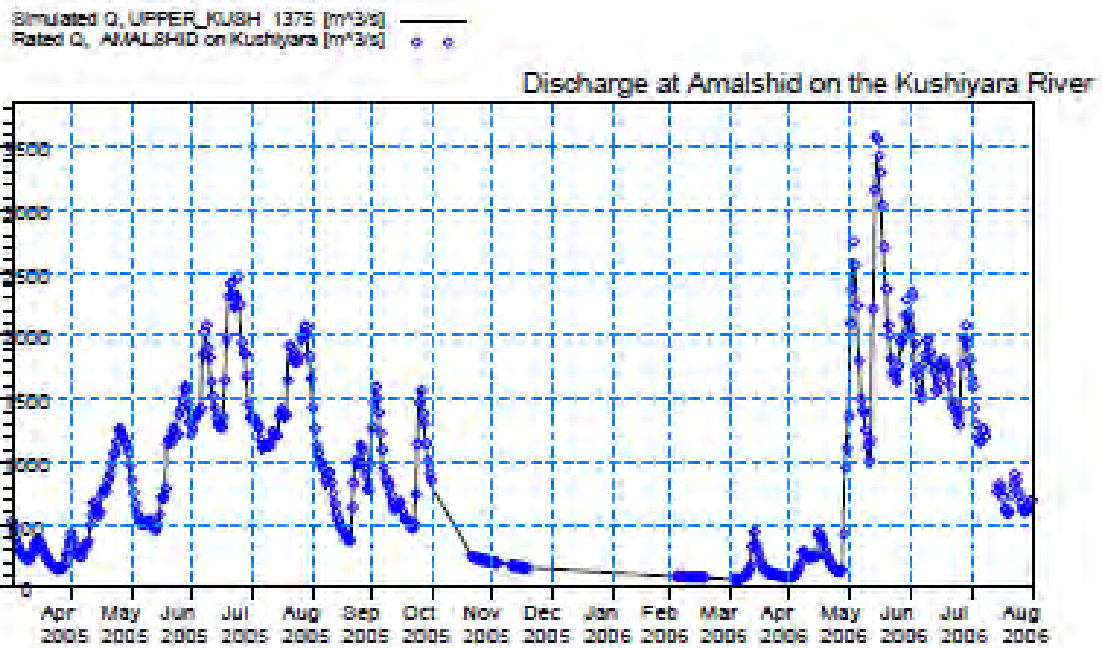
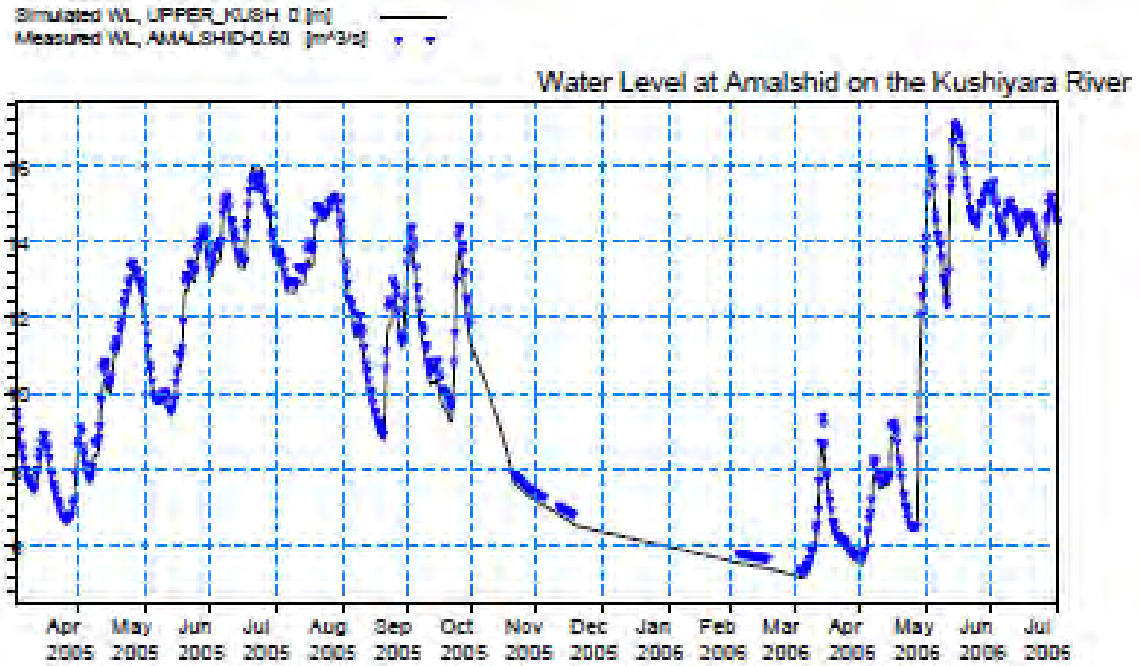
IWMはMIKE11を使用し動的水理解析モデル（北東地域モデル）を開発した。このモデルは、川から越水または氾濫域から川への戻りを横越流堰で表現し、氾濫域の流れを仮想の水路で表現している。河川やこれらの仮想水路と横越流ポイントによるネットワークで解析を行う。モデルの入力データとして、インド領内からの越境支川の洪水波形、調査地域内の水位、バイラブバザールでの下流端境界水位を用いる。



動的水理解析モデルは1991年4月から1993年3月のデータを使用して粗度係数、堤防からの越流係数を基にモデルの同定を行い、その結果として1993年4月から2003年7月の期間に対してもモデルの有効性を保証している。北東地域モデルはFAP6でも使用され、FAP6モデルと統合

し、北東地域モデルは国家水管理計画（NWMP）の水資源管理計画でも使われた。さらに、2005年4月から2006年7月までの水文データ、BWDBの”洪水予警報センターのためのリアルタイムデータ収集プロジェクト(2005.7~2006.12)”の最新地形情報を用いて、”2003-06水文年の全国および6地域モデルの有効期間更新”において北東地域モデルの更新を実施した。

NAMモデルからの入力情報および支川からの流入量の信頼性は低いものの、北東地域モデルは精度よく現象を表現した結果を示している。北東地域モデルは、本川に位置する数か所の水位観測所で流量と水位を調整する事により、NAMモデルからの入力データおよび支川からの流入量データの不確実性を北東地域モデルは取り除いている事が理由と考えられる。図5.3.1に水位と流量に対する同定結果を示す。

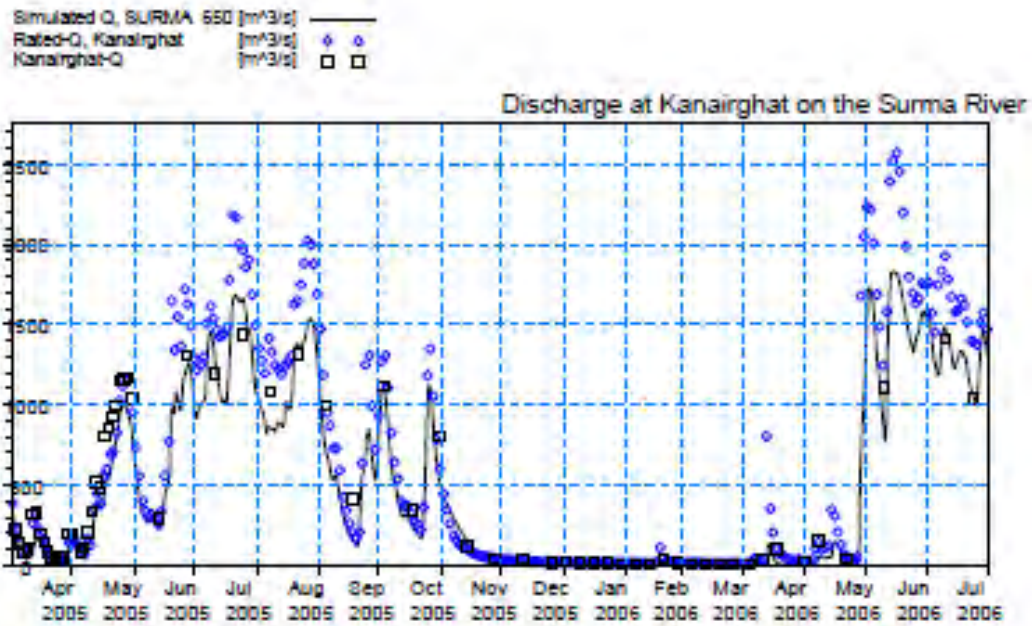
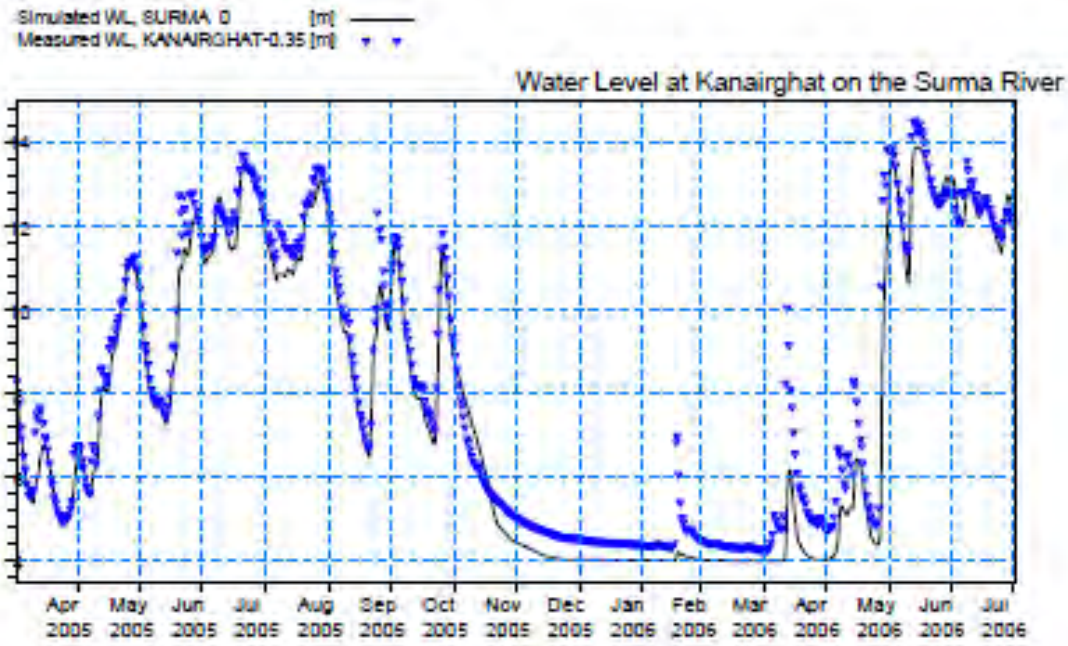
北東地域モデルの洪水再現性にかかる検証については、次項(2)に示す。





	Client: FFWC, BWDB		
	Project: Updating & Validation of NERM: 2005-07		
Date: 11/03/07	Hydrodynamic Model Simulation Results		Drawing no: B-1
Int:			

出典: IWM

図 5.3.1 水位流量のキャリブレーション結果 (1/2)



	Client: FFWC, BWDB		
	Project: Updating & Validation of NERM: 2005-07		
Date: 12/03/07	Hydrodynamic Model Simulation Results		Drawing no. B.8
Int:			

出典: IWM

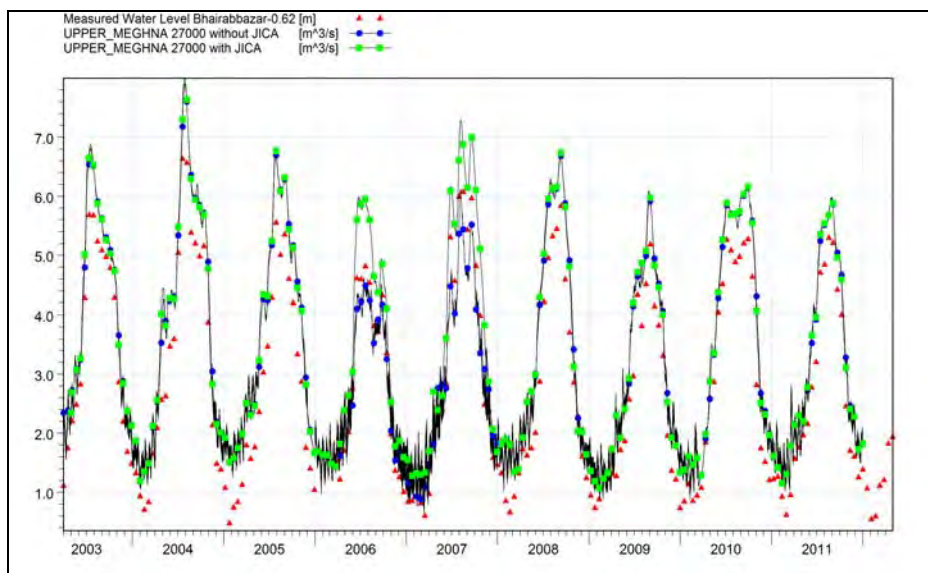
図 5.3.1 水位流量のキャリブレーション結果 (2/2)

前述のように、ハオール地域の雨季の湛水は、インドとの国境より上流域からの流出とハオール地域の直接降雨による流出などが複雑に重なりあって発生することから、降雨流出解析から洪水流量と湛水位を求め、降雨量の確率計算を基に確率洪水位を求めることは難しい。本調査では、観測水位に基づいて同定したシミュレーションモデル（北東地域モデル：NERM）で算出した洪水位を使用して、確率洪水位を算出する方法を適用する。

図 5.3.2 から図 5.3.5 は、スルマーバウライ(Surma-Baulai)川に沿って設置された 4 か所の水位観測所で観測された 2003 年から 2011 年の河川水位の変化を示している。水位は BWDB のローカルスタッフにより 1 日 5 回（午前 6：00 から午後 6：00 まで 3 時間毎）観測されている。

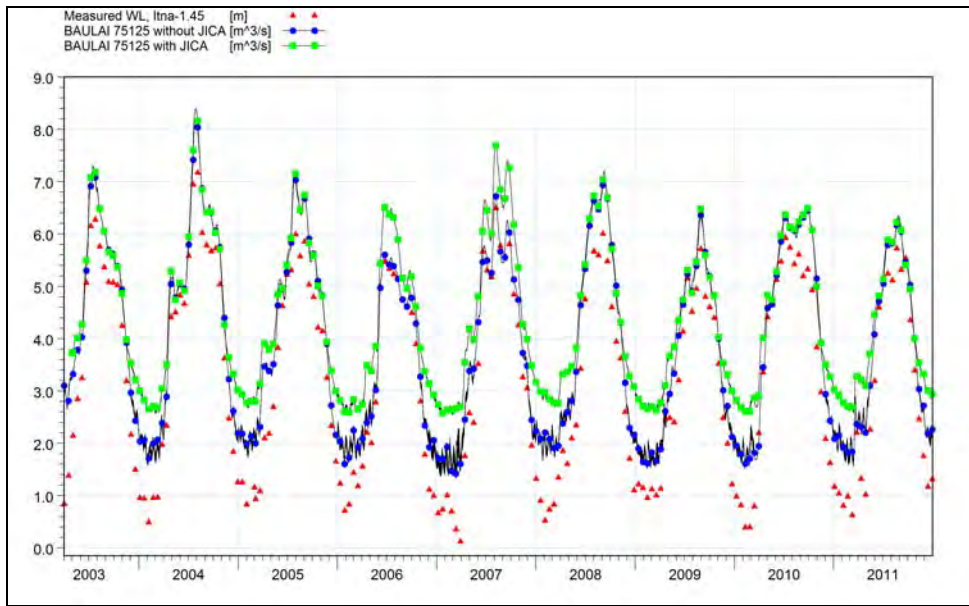
図 5.3.2 から図 5.3.5 は、観測水位ならびに IWM による 2005/2006 水文年で校正済み NERM を使用したシミュレーション結果、さらに本調査で測量した河川横断測量の結果で修正したモデルによるシミュレーション水位も記載されている。

使用した 4 か所の水位観測所は、バイラブバザール(Bhairab Bazar)、イトナ(Itna)、シュナムゴンジ(Sunamaganj)およびシレット(Sylhet)である。



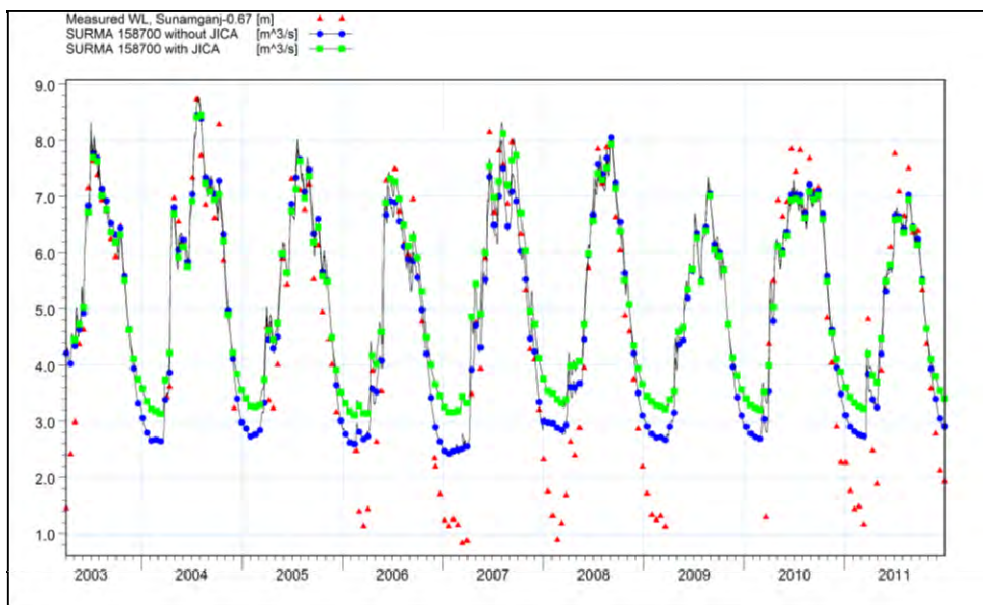
出典：IWM/JICA 調査団

図 5.3.2 Bhairab Bazar 水位観測所の観測記録およびシミュレーション水位



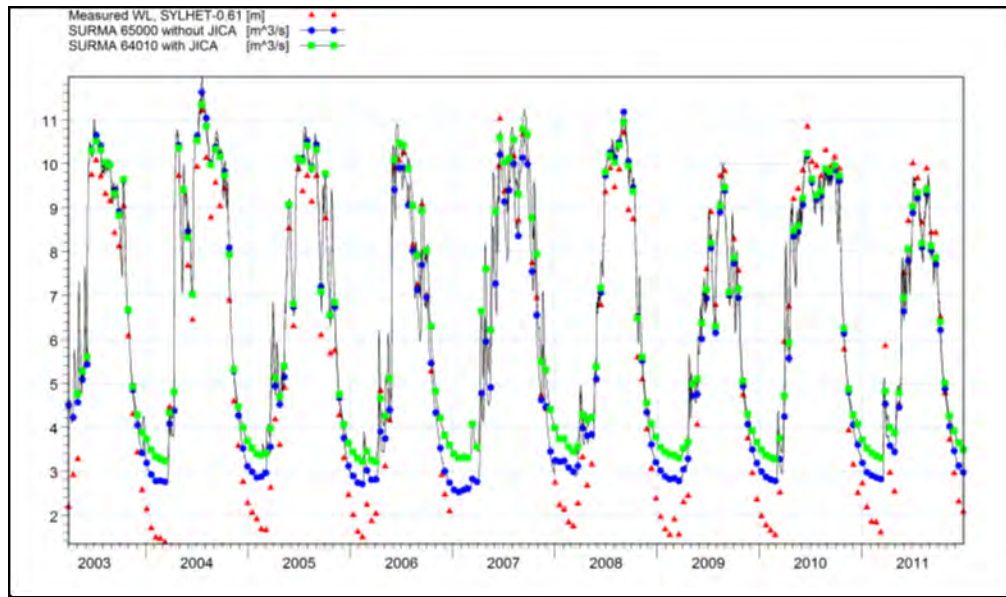
出典：IWM/JICA 調査団

図 5.3.3 Itna 水位観測所の観測記録およびシミュレーション水位



出典：IWM/JICA 調査団

図 5.3.4 Sunamganj 水位観測所の観測記録およびシミュレーション水位



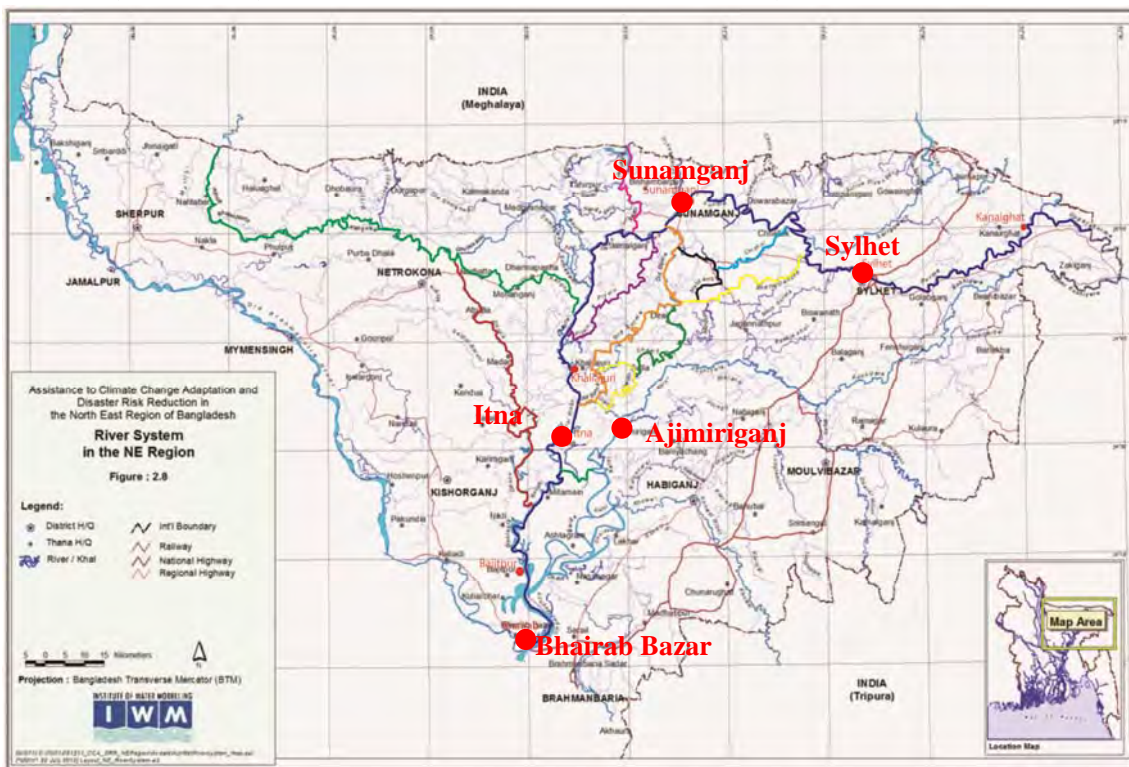
出典：IWM/JICA 調査団

図 5.3.5 Sylhet 水位観測所の観測記録およびシミュレーション水位

(2) NERM の検証

NERM の解析結果の重要なアウトプットは、既存ハオールのリハビリテーションおよび新規ハオールの潜水堤防設計および一部堤防(Full Embankment)に対応する設計水位を決定する事にある。

このため、モデルの検証としてプレモンスーン期およびモンスーン期の各年の最高水位における、実測水位と計算水位の関係を照査する。図 5.3.6 に照査地点位置図を示す



出典：JICA 調査団

図 5.3.6 モデル照査地点位置図

また、図 5.3.7 に 5 地点(Bhairab Bazar, Itna, Sunamganj, Sylhet, Ajimiriganj)の実測水位とシミュレーション水位の関係を示す。

表 5.3.1 に 4 地点のシミュレーション水位を用いたプレモンスーン期の 10 年確率水位と回帰式による実測水位の比較を示す。

表 5.3.1 プレモンスーン期における 10 年確率水位のシミュレーション水位と実測水位の比較

観測所	シミュレーション(EL.m) A	実測 (EL.m) B	差異	
			A-B	A/B
Bhairab Bazar	2.86	2.45	0.41m	1.17
Itna	4.52	3.86	0.66m	1.17
Sunamganj	6.95	7.30	0.35m	0.95
Sylhet	9.92	10.20	0.28m	0.97

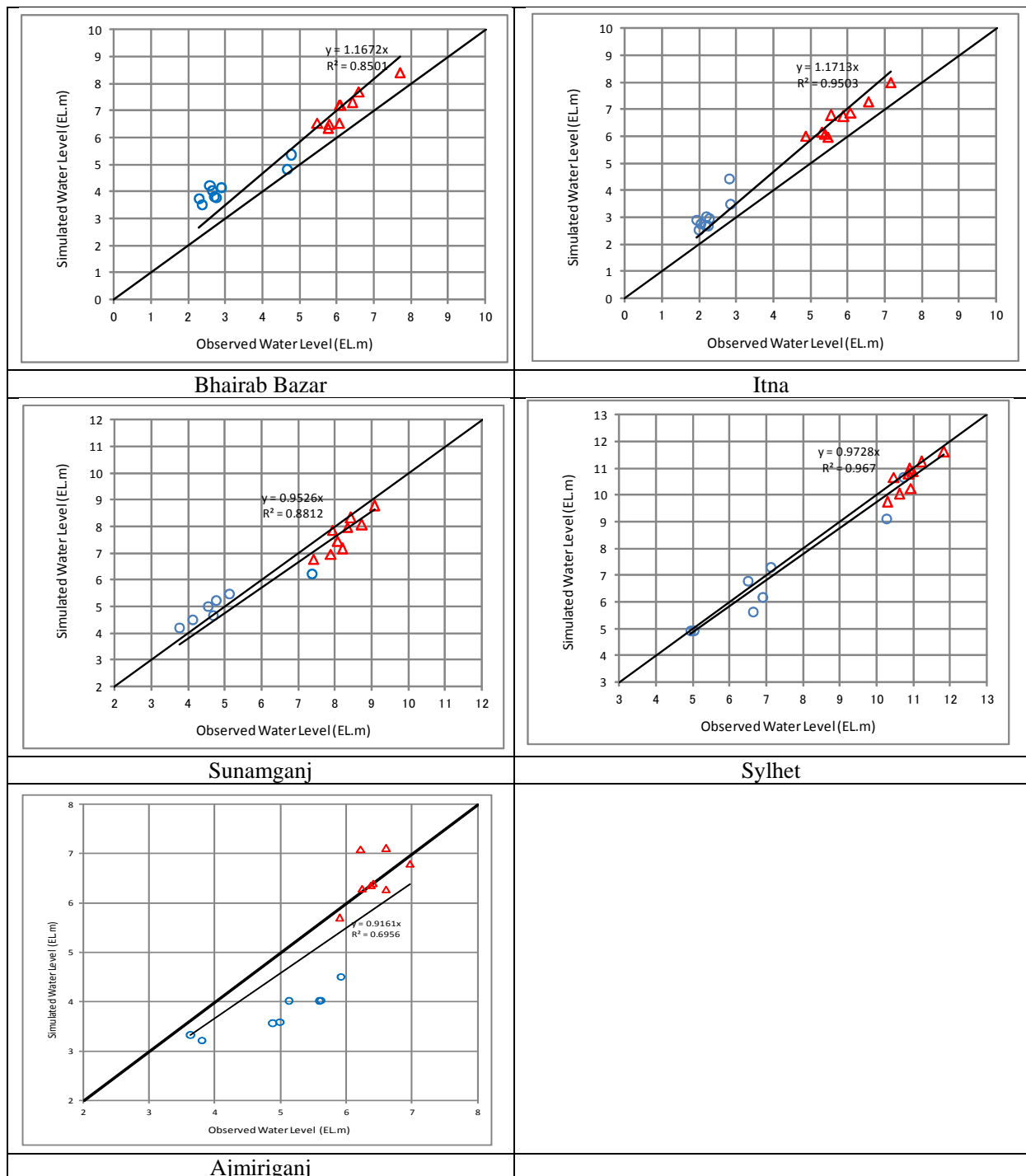
注)実測水位は、図 5.3.7 に示す回帰式を用いてシミュレーションの 10 年確率水位から算出している。

出典：JICA 調査団

シュナムゴンジ(Sunamganj)およびシレット(Sylhet)はシミュレーション水位が実測と比べ低い値となっているが実測の差異が 3 から 5%と小さい。

一方、バイラブバザール(Bhairab Bazar)の実測水位は下流で合流するパドマ(Padma)川や旧ブラマプトラ(Old Brahmaptra)川の影響を受けており水理現象を複雑としているため、17%程度の差異が発生している。しかしながら、シミュレーションの水位が高いと言う事は設計水位についても現状よりも厳しい条件となっている。また、イトナ(Itna)でも実測水位はディープハオールの氾濫現象が複雑である事や、バイラブバザール(Bhairab Bazar)からの背水の影響がある事から、17%程度の差異が出ている。

面的な照査として、カルニクシヤラ(Kalni-Kushiyara)川に位置するアジミルガンジ(Ajimiriganj)の実測とシミュレーション値の関係は、プレモンスーン期の最高水位は計算値が実測値の 77%を示し、モンスーン期は 101%を示す。この事から、モンスーン期のピークは非常によく再現されている。他方プレモンスーン期の精度はスルマ-バウライ(Surma-Baurai)川沿いの照査地点に比して劣る。しかしながら、ディープハオール及びその周辺の複雑な水理現象を鑑みると設計水位算定のためのモデルとして良い適合性を示していると言える。



注) ○pre-monsoon 時の年最高水位、△monsoon 時の年最高水位

出典：JICA 調査団

図 5.3.7 5 地点の実測水位とシミュレーション水位の関係

5.3.3 再現期間に相当する水位標高

スルマ-バウライ (Surma-Baurai) 川沿いの主要地点であるシレット (Sylhet)、シュナムゴンジ (Sunamganj)、イトナ (Itna)、バイラブバザール (Bhairab Bazar) の 1980-2010 年の 31 年間の水位を、最新の河川横断を考慮した NERM を用いて、流出解析を行い各主要地点の水位をシミュレーション

ンで求めた。この計算結果を基にこれら 4 地点のプレモンスーン期およびモンスーン期における年最高水位の確率頻度分析を行った。表 5.3.2 および 5.3.3 にプレモンスーン期の年最高水位とモンスーン期の年最高水位を示す。

なお、計算水位による確率評価の妥当性についての検討を附録 5-2 に示している。

表 5.3.2 各地点におけるプレモンスーン期の年最高水位

年	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
1980	2.78	4.15	6.16	8.60
1981	2.15	3.04	4.67	5.69
1982	2.26	3.92	5.66	7.31
1983	2.81	4.70	6.76	9.88
1984	2.89	3.67	5.79	7.45
1985	2.42	3.40	5.59	7.86
1986	2.25	3.32	5.02	6.74
1987	1.92	3.22	5.01	6.40
1988	2.30	3.54	5.65	7.80
1989	2.33	3.86	6.27	9.01
1990	2.52	4.24	6.33	9.34
1991	3.27	4.79	7.52	10.57
1992	1.81	2.39	3.78	4.24
1993	2.66	4.29	6.55	9.81
1994	2.38	3.70	5.65	8.01
1995	2.51	2.71	4.51	4.98
1996	2.71	3.80	6.17	9.02
1997	1.91	2.06	2.52	2.88
1998	2.19	2.88	4.30	5.27
1999	2.44	3.35	5.45	6.29
2000	2.69	4.60	6.75	9.76
2001	2.19	3.33	5.68	8.05
2002	2.56	4.37	5.93	7.10
2003	2.47	3.11	4.75	6.24
2004	2.86	4.76	7.39	10.51
2005	2.23	3.22	4.96	5.93
2006	2.24	2.80	4.30	4.89
2007	2.41	3.45	5.52	7.42
2008	2.40	2.71	3.87	4.25
2009	2.04	2.84	4.66	5.73
2010	2.86	4.61	7.37	10.04

出典：JICA 調査団

表 5.3.3 各地点におけるモンスーン期の年最高水位

年	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
1980	5.79	6.14	7.42	9.71
1981	5.85	6.43	7.98	10.31
1982	5.82	6.49	7.77	10.11
1983	6.18	6.74	8.21	10.70
1984	6.28	6.76	8.12	10.28
1985	5.77	6.38	7.99	10.60
1986	5.06	5.69	7.23	9.29
1987	6.29	6.85	8.27	10.49
1988	7.05	7.49	8.53	10.94
1989	5.80	6.45	7.78	10.42

年	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
1990	5.43	6.00	8.01	10.59
1991	5.80	6.27	8.12	10.67
1992	4.94	5.80	7.75	10.10
1993	6.32	6.86	8.00	10.70
1994	5.05	5.60	7.25	10.01
1995	6.08	6.62	7.90	10.49
1996	5.88	6.24	7.69	9.96
1997	5.71	6.26	7.91	10.41
1998	6.72	6.96	8.08	10.51
1999	5.82	6.37	7.91	10.51
2000	5.91	6.34	7.59	10.03
2001	5.52	5.95	7.46	10.34
2002	6.10	6.59	8.01	10.32
2003	6.08	6.59	8.48	10.65
2004	7.18	7.63	8.74	11.50
2005	5.57	6.34	8.10	10.40
2006	4.87	5.78	7.88	10.83
2007	6.57	7.08	8.51	10.97
2008	5.90	6.47	8.10	10.70
2009	5.41	6.19	8.01	10.44
2010	6.12	6.47	7.91	10.63

出典：JICA 調査団

(1) プロットイングポジション

プロットイングポジションは、日本ではカナンプロットが良く合うとされ用いられているが、「バ」国では Chegadayev プロットが FAP25 で用いられており、ここでも Chegadayev プロットを採用する。Chegadayev のプロットイングポジションは次式で算定される。

$$P_i = (i - 0.3) / (N + 0.4)$$

ここで、

P: i 番目の標本の超過確率

N: 総データ数

(2) 確率分布関数

確率分布関数は、Flood Hydrology Study (FAP25, 1992)において設定されたガイドラインに従い流量データの統計分析において対数正規分布(Log Normal Distribution)が推薦されており、これに準拠し対数正規 3 母数(modified maximum likelihood method,(修正最尤法)を採用した。

$$P_{LN}(X) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf}\left(\frac{Y - \mu_Y}{\sqrt{2}\sigma_Y}\right)$$

$$\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z \exp(-u^2) du$$

ここに、

$$Y = \ln(X - X_0)$$

$\mu_Y = Y$ の平均

$\sigma_Y = Y$ の標準偏差

$X_0 =$ 位置変数($X_0 < X$)

(3) 適合度の検定

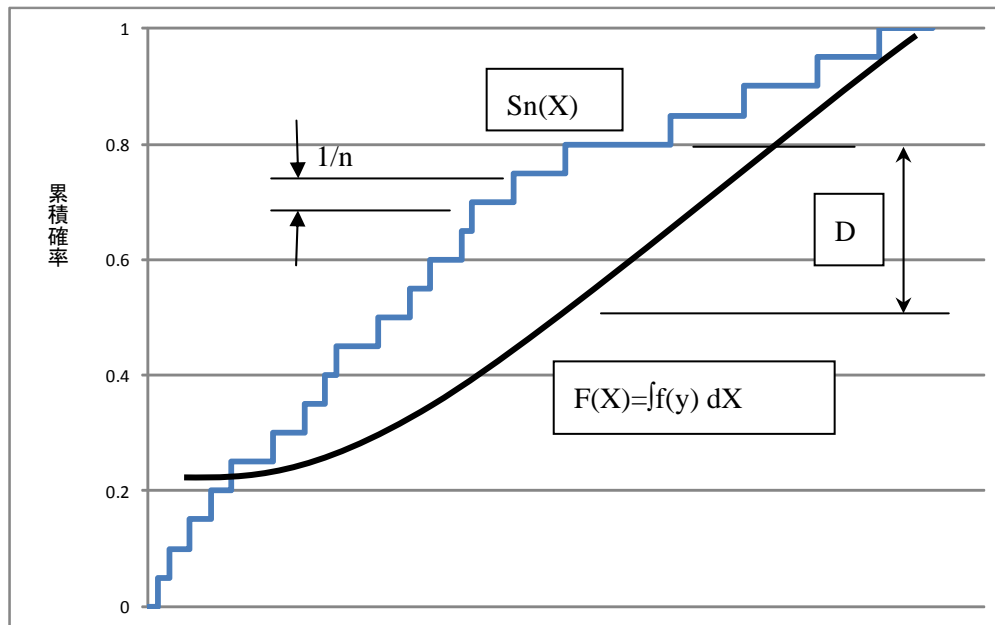
適合度の検定として 1 標本 Kolmogorov-Smirnov 検定を用いる。この手法は経験分布を帰無仮説で指定された累積分布関数と比較する。正規分布や一様分布関数の検定に用いられる。また、参考値として日本の河川砂防技術基準で提案されている SLSC (Standard Least Square Criterion) も算定した。

Kolmogorov-Smirnov 検定手順

- 1) 帰無仮説として「標本 X は対数正規分布から発生」を設定する。
- 2) 標本 X の累積確率分布 $S_n(X)$ と標本 X の確率密度関数(今回は対数正規分布)の累積確率分布 $F(X)$ (対数正規分布) を求める。

ここで、 $S_n(X) = 1/n \times \sum X_i(x)$

但し、 $X_i(x) = 1 (x_i \leq x), = 0 (x_i > x)$



出典：JICA 調査団

図 5.3.8 標本 X の累積分布と標本 X の確率密度関数の累積分布の概念図

上図で、D は二つの式における食い違いの最大値 $D = \text{Max}(|S_n(X) - F(X)|)$

- 3) D の有意確率を求める。

$$\text{Pr}(D\sqrt{n} > z) = 2\sum (-1)^{j-1} \exp(-2j^2 z^2) \quad (n > 20 \text{ の場合の近似式})$$

この場合の z の値は有意水準 5% の場合 $z = 1.36$ となる。

- 4) 帰無仮説の検定

$D\sqrt{n}$ の値が 1.36 以上の場合、帰無仮説を棄却する。対数正規分布は適用出来ない。

$D\sqrt{n}$ の値が 1.36 未満の場合、帰無仮説を棄却出来ない。対数正規分布の適用可能

(4) 確率水位の算定

1) 確率水位

各観測所における確率水位は、表 5.3.4 および 5.3.5 に示すとおりである。

表 5.3.4 各観測所における確率水位（プレモンスーン期）

(単位: EL.m)

年	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
2	2.42	3.56	5.49	7.30
5	2.70	4.18	6.45	9.01
10	2.86	4.52	6.95	9.92
20	3.00	4.85	7.23	10.50

出典: JICA 調査団

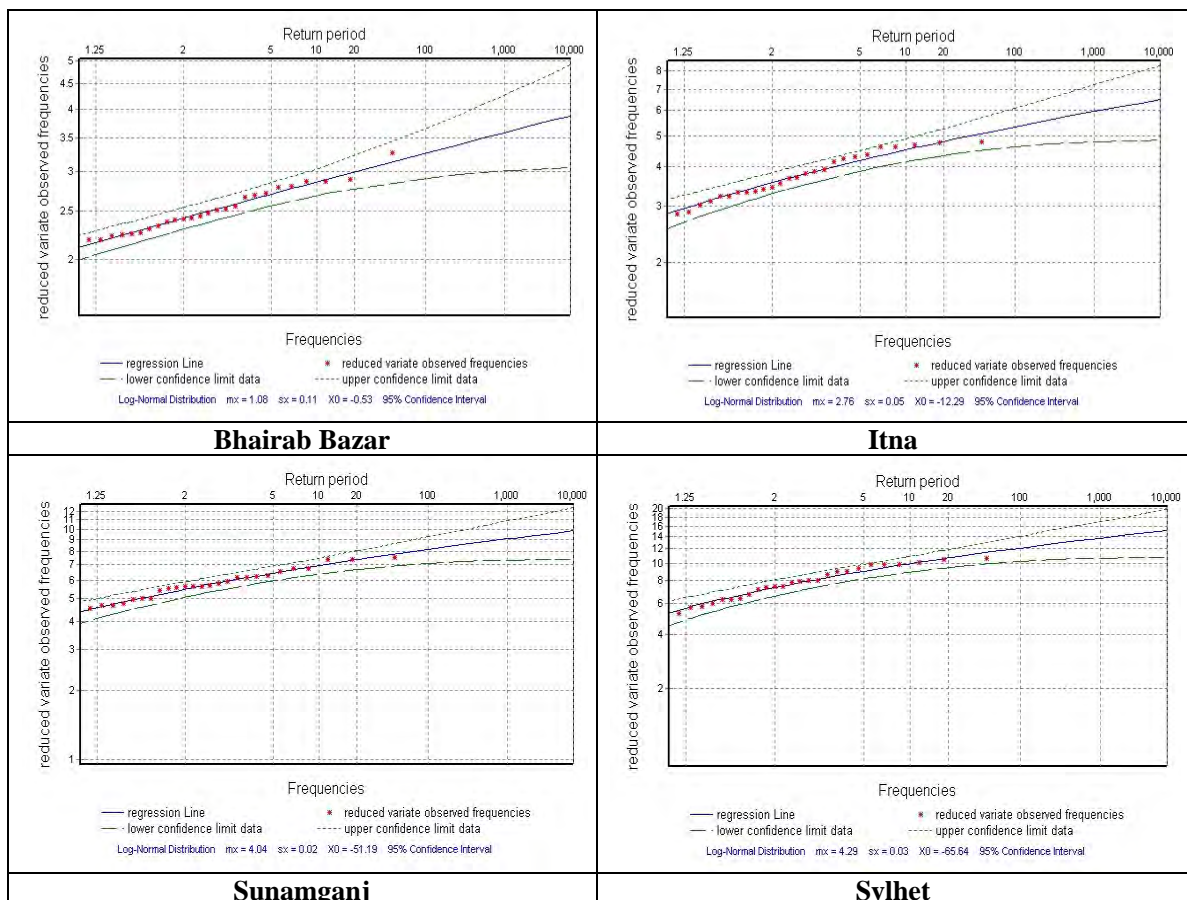
表 5.3.5 各観測所における確率水位（モンスーン期）

(単位: EL.m)

年	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
2	5.88	6.41	7.96	10.44
5	6.34	6.82	8.25	10.77
10	6.60	7.05	8.40	10.95
20	6.80	7.30	8.55	11.11

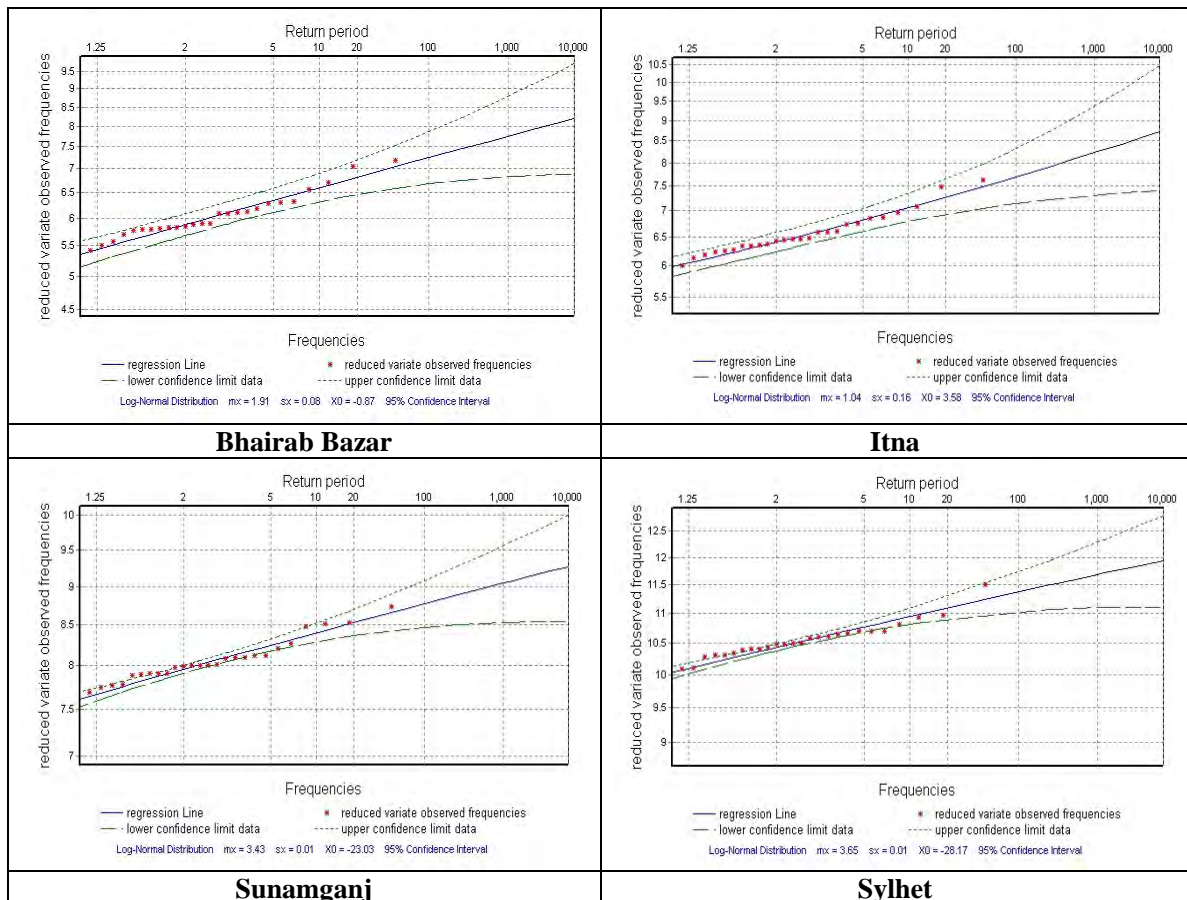
出典: JICA 調査団

上表に示す 4 観測所地点の、プレモンスーンおよびモンスーン期の年最高水位の対数正規分布による頻度分布をそれぞれ図 5.3.9 および図 5.3.10 に示す。



出典: JICA 調査団

図 5.3.9 プレモンスーン期の年最高水位の対数正規分布



出典: JICA 調査団

図 5.3.10 モンスーン期の年最高日水位の対数正規分布

2) 適合度の検討

各地点における適合度の検討結果を表 5.3.6 および 5.3.7 に示す。

表 5.3.6 対数正規分布に対する検定 (プレモンスーン期)

	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
(1) Kolmogorov-Sminov 検定				
$D\sqrt{n}$	0.30	0.44	0.37	0.34
Z	1.36	1.36	1.36	1.36
(2) SLSC 値	0.029	0.033	0.034	0.031

出典: JICA 調査団

表 5.3.7 対数正規分布に対する検定 (モンスーン期)

	Bhairab Bazar	Itna	Sunamganj	Sylhet
(1) Kolmogorov-Sminov 検定				
$D\sqrt{n}$	0.54	0.41	0.71	0.71
Z	1.36	1.36	1.36	1.36
(2) SLSC 値	0.039	0.034	0.043	0.058

出典: JICA 調査団

5.4 土砂収支および河床変動解析

5.4.1 データ収集およびレビュー

(1) 既存データの利用可能性

本調査に関連して、BWDB および IWM が持つ堆砂データの利用可能性について調査を行った。表 5.4.1 に現状を、表 5.4.2 から 5.4.3 に堆砂の特性に関する追加情報を示す。

表 5.4.1 「バ」国北東地域にかかる堆砂解析の整理

River Name	Locations	D ₅₀ (mm) of Bed materials
Upper Meghna	Bahirab Bazar	0.20 – 0.12
Surma	Kanair Ghat	0.26 – 0.02
Kushiyara	Sheola	0.226 – 0.037
Jadukata	Lourergar	0.151-0.10
Someswari	Durgapur	0.114 – 0.011
Khowai	Shaistaganj	0.245-0.012

出典：CEGIS

表 5.4.2 河床材料の平均粒径 (D50) データ

Sl.	Station	Location	River	D50 (mm)	Date of Sampling
1	Badhyanathpur	Centre	Karangi	0.032	12/06/2010
2	Badhyanathpur	Right Bank	Karangi	0.047	12/06/2010
3	Shankarpur	Left Bank	Lunglabijna	0.051	12/06/2010
4	Shankarpur	Centre	Lunglabijna	0.039	12/06/2010
5	Shankarpur	Right Bank	Lunglabijna	0.044	12/06/2010
6	Balikhhal	Left Bank	Karangi-Lunglabijna Confluence	0.028	13/06/2010
7	Balikhhal	Centre	Karangi-Lunglabijna Confluence	0.022	13/06/2010
8	Balikhhal	Right Bank	Karangi-Lunglabijna Confluence	0.036	13/06/2010

出典：CEGIS

表 5.4.3 FAP6 における浮遊砂採取位置

Location	River	District	Upazila
Markuli	Kushiyara	Hobiganj	SullaBalaganj
Sherpur	Kushiyara	Sylhet	Beani Bazar
Sheola	Kushiyara	Sylhet	
Ajmiriganj	Kalni	Hobiganj	Ajmiriganj
Shantipur	Kalni	Kishorganj	Mithamine
Kadam Chal	Kalni	Kishorganj	Mithamine
Shaistaganj	Kalni	Moulvi Baza	Chunarughat
Monu Railway Bridge	Monu	Moulvi Baza	Kamalganj
Sylhet	Surma	Sylhet	Sylhet Sadar

出典：CEGIS

これまでに北東地域で収集された堆積土砂のデータは、総合的な土砂解析に使用するには量的にも質的にも乏しい。堆積土砂に関する大部分の情報は FAP6 のものであり、追加の堆砂のサンプルは CEGIS や IWM によって実施された河川形態に関する調査や堆砂モデルから得られた。しかし、堆砂データのほとんどは河床材料と、わずかな浮遊砂であり、掃流砂のサンプルはない状況である。

(2) Q-Qs 曲線

流送土砂量の Q-Qs 曲線で利用可能なものは、全流砂量の中の浮遊砂部分である。プロットデータは、大部分が砂より小さいサイズの浮遊砂で、分散した雲状の分布を示す。浮遊砂の測定結果が分散する事は、地形学的には一般的な事であり、それはサンプリングの技術、計算における不確実性、土質、地形、土地利用、植生といった分割流域の特性の変化、降雨強度の違いによる結果である。

5.4.2 土砂収支

北東地域は「バ」国内でも地質構造的に最も活動的な地域である。シレット(Sylhet)盆地の構造的な低地は、地形学的なプロセスにおいても重要な役割を持つ。この椀状の地形は南北に 100km の規模を持つ(図 1.3.1 参照)。

モンスーン期の間、シレット盆地は 1m~2m 程度の深さで浸水し、その広さは 8,600km² におよぶ。この間、全ての河川の水の流れは、プレモンスーン期、ポストモンスーン期に比べて極めて緩慢である。

北東地域の土砂収支に関するこれまでの検討は、主として FAP6 の土砂解析に基づいたものであり、BWDB や IWM の前身である表流水モデリングセンター(SWMC)の河床堆積物データや浮遊土砂濃度データ、および FAP6 時の調査結果も使用している。FAP24 の河川調査プロジェクトでは、アッパーメグナ(Upper Meghna)川のバイラブバザール(Bhairab Bazar)で 1994 年~1996 年に流量と流送土砂量を観測している。この観測結果は、他の機関がそれまでに行ったものと比べて、良好なデータと考えられる。本調査では、この FAP24 のデータおよび解析結果を利用し、BWDB と SWMC の観測データを使用した FAP6 の土砂収支との比較を行った。

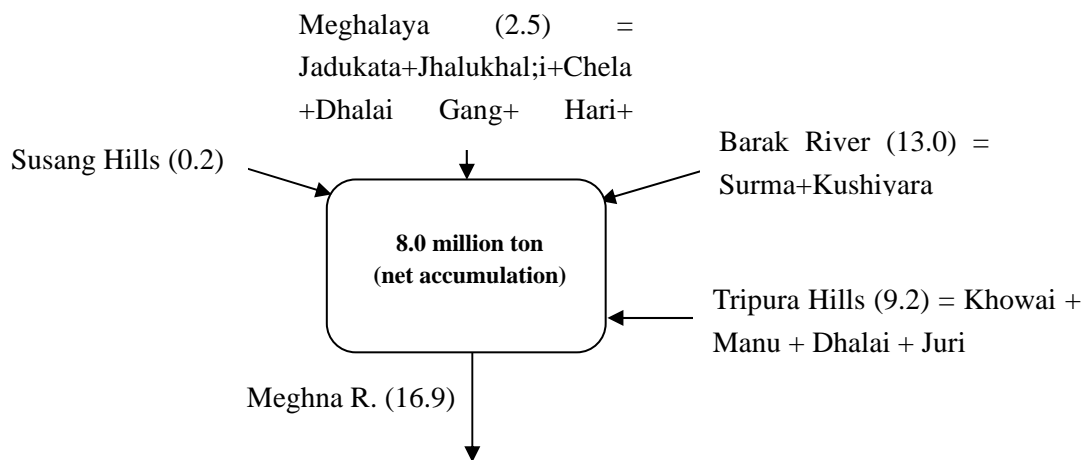
FAP6 では、北東地域における土砂収支が、バラック(Barak)川およびトリプラ(Tripura)丘陵地帯とメガラヤ(Meghalaya)丘陵地帯からの河川からの土砂流出量と、メグナ(Meghna)川での流送土砂量から計算されている(図 5.4.1 参照)。全体収支は以下のとおりである。

FAP6 のバイラブバザールにおける観測期間は 1994 年~1995 年である。浮遊土砂(浮遊砂とウォッシュロード)の濃度は低く、断面平均の最大値で 40mg/l、浮遊砂濃度は 10mg/l であった。また流量 10,000m³/s 以上のときの最大流速(断面平均)は 0.7m/s であった。

これらの浮遊土砂濃度および浮遊砂濃度は、流量に応じて大きくなる傾向にあるが、流量が 4,000m³/s を超えると急激に濃度が小さくなっている(図 5.4.2 参照)。浮遊土砂濃度特性は、低地への氾濫による洪水流出の過程に特徴づけられていると考察できる。

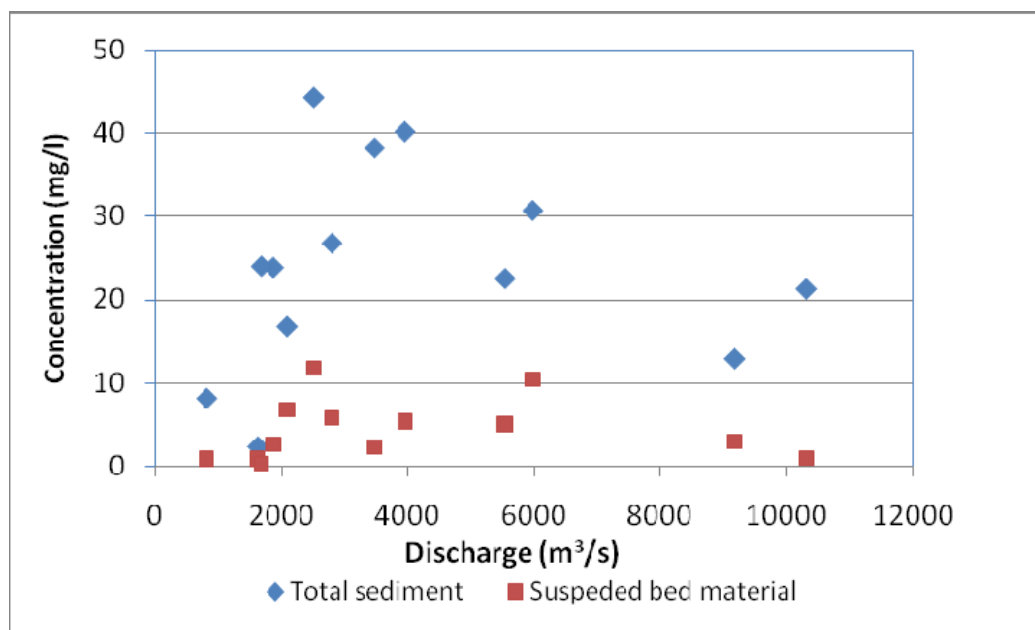
FAP24 の観測結果に基づくバイラブバザールでの年間平均浮遊土砂負荷量は 5 百万トン/年であり、これは FAP6 で見積もられていた量の 1/3 より小さい。5 百万トン/年のうち 80%がウォッシュロードで、残りがそれ以外の浮遊砂である。FAP24 の観測結果によるこのバイラブバザール(Bhairab Bazar)地点の見積結果が正しく、各支川からの土砂流出量が FAP6 による見積量と同程度

と考えると、シレット(Sylhet)盆地への全堆積量は 20 百万トン/年となる。この量は、FAP6 で見積もられていた量の 2.5 倍である。



出典：”Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012”

図 5.4.1 北東地域の土砂収支 (FAP6)



出典: JICA 調査団および CEGIS

図 5.4.2 河川調査プロジェクト (FAP24) で測定されたバイラブバザール地点でのアップーメグナ川の浮遊土砂濃度 (1994-1995)

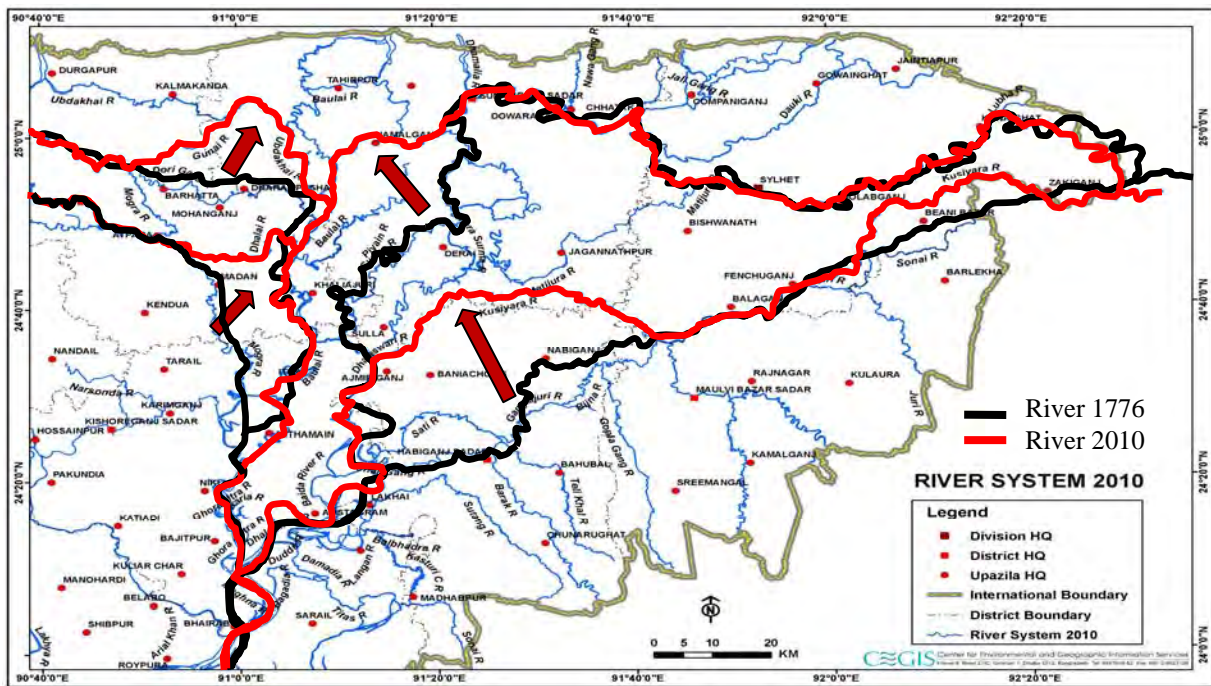
5.4.3 河床変動解析

「バ」国におけるデルタの発達過程の結果、ブラマプトラ(Brahmaputra)川はマドゥプール(Maduhupur)平野の中でその流路を東西方向に何度も変更してきた。このようなブラマプトラ(Brahmaputra)川の流路変更は完新世の間にも 2~3 千年ごとに起こってきた。このような絶え間のないプロセスにより、ブラマプトラ(Brahmaputra)川はマドゥプール(Maduhupur)平野の東端から現在のジャムナ(Jamuna)の流路に約 200 年前に移動した。

ブラマプトラ(Brahmaputra)川の流出土砂の大部分がシレット(Sylhet)盆地への堆積に使われてきた。ブラマプトラ(Brahmaputra)川の流路変更の後、シレット(Sylhet)盆地への土砂堆積は小さくなり、スルマ(Surma)川、クシヤラ(Kushiyara)川といった河川の流路変更に影響するようになった。シレット(Sylhet)盆地は東西両側で川を引き寄せている状況にある。現在、スルマ(Surma)川、クシヤラ(Kushiyara)川、カングシャ(Kangsa)川、ソマシュリ(Someswari)川といった河川は、メグナ(Meghna)川と合流する前にシレット(Sylhet)盆地に流れ落ちている状況である。

数世紀にわたって河川はその流路を変更してきた。スルマ(Surma)川、クシヤラ(Kushiyara)川の歴史的な流路の変更は CEGIS が保有する古地図、1910～1930 年に実施された地形調査、2010 年の衛星写真から読み取られたネットワーク状の河道から図 5.4.3 のように MP に示されている。

また他の研究では、シレット(Sylhet)盆地における沈下が明らかにされており、盆地の北部でより大きな速度で沈下が進んでいることが明らかにされた。その最大沈下速度は、ブラマプトラ(Brahmaputra)川の移動後の過去 200 年の間に 1m 程度と見られている。スルマ(Surma)川、クシヤラ(Kushiyara)川、ソマシュリ(Someswari)川およびカングシャ(Kangsa)川のこの 240 年間の流路変更は、沈下速度が大きい北の方向に向かっている (図 5.4.3 参照)。

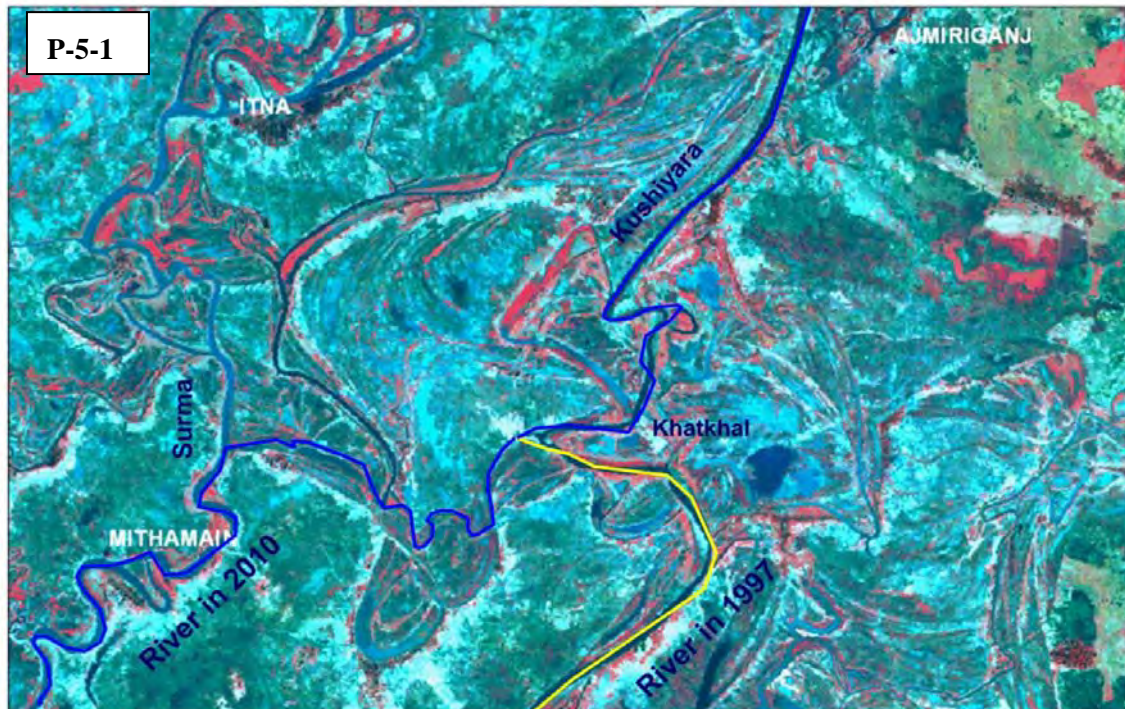


出典：”Master Plan of Haor Area, Annex 1: Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012”

図 5.4.3 シレット盆地の最深部方向に向けた河道の変遷

これらの河川の流路変更は、流下方向が北から南方向であるにも関わらず、高い方から低い方向へ、また南から北に向かっている。これはすなわち、地形の傾斜が河川の流下方向と異なっていることを示しており、例えば北側の地域には南側より 2m も低い所もある。流路変更後の河川の変遷過程と地形は、流れの方向とは全く異なっている。

北東地域における流路の変化は、数百年スケールのものでなく、数十年レベルでも起きている。最近の衛星写真からは 2 つの河道の変化が確認できる。一つは、クシヤラ(Kushiyara)川沿いアジュミルゴンジ(Ajmirganj)の下流で起こったものである(参照:写真 5.4.1)。クシヤラ(Kushiyara)川の流路の変化が、スルマ(Surma)川の水位の上昇の原因となり、スルマ(Surma)川から西のゴラウトラ川(Gorauttara)に向けた新たな流路ができる原因となった。(参照:写真 5.4.2)



出典: "Master Plan of Haor Area, Annex 1: Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

写真 5.4.1 クシヤラ川の河道変化 (アジュミルゴンジ Ajmirganj 下流)



出典: "Master Plan of Haor Area, Annex 1: Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

写真 5.4.2 スルマ川の河道変化 (カリムガンジ Karimganj 東方)

5.4.4 スルマ-パウライ川の浚渫計画

ハオール地域における浚渫の必要性を把握するため、北東地域の水管理マスタープラン (FAP6) と他の関連する資料をレビューした。FAP6 では 20 河川の浚渫が提案されており、スルマ(Surma)川、ラクティ(Rakti)川、パウライ(Baulai)川およびカタカル(Katkhal)水路の全 125km 区間が次に示す事項を踏まえ、浚渫箇所として選定された (表 5.4.4 参照)。

- ① 舟運
- ② 洪水緩和
- ③ プラットフォームの新設および既存プラットフォームの拡張
- ④ 流路の変化の促進

表 5.4.4 浚渫計画 (ハオール M/P)

Sl no	River Name	District	Upazila	Length (km)	Selection Criteria	
1	Surma	Sunamganj	Dowarabazar	5.1	Navigational purpose	
				3.8		
				5.9		
			Sunamganj Sadar	9.5		
		Sylhet	Kanaighat	5.8		Dry season flow diversion
				4.5		
				6.5		
				41.1		
2	Rakti	Sunamganj	Jamalganj	8	Navigational purpose	
				8		
3	Baulai	Sunamganj	Dharampasha	4.3	Navigational purpose Flood reduction Creation of new or vertical and lateral extension of village platform	
				Netrakona		Khaliajuri
		4.4				
		4.4				
		Itna	4.7			
			8.5			
		Mithamain	6			
			4.5			
				62.5		
4	Katkhal channel	Kishoreganj	Mithamain	12.79	Navigational purpose Flood reduction Creation of new or vertical and lateral extension of village platform Expediting the avulsion process of the river systems	
				12.79		
Grand Total (Surma+Baulai+Katkhal)				124.39		

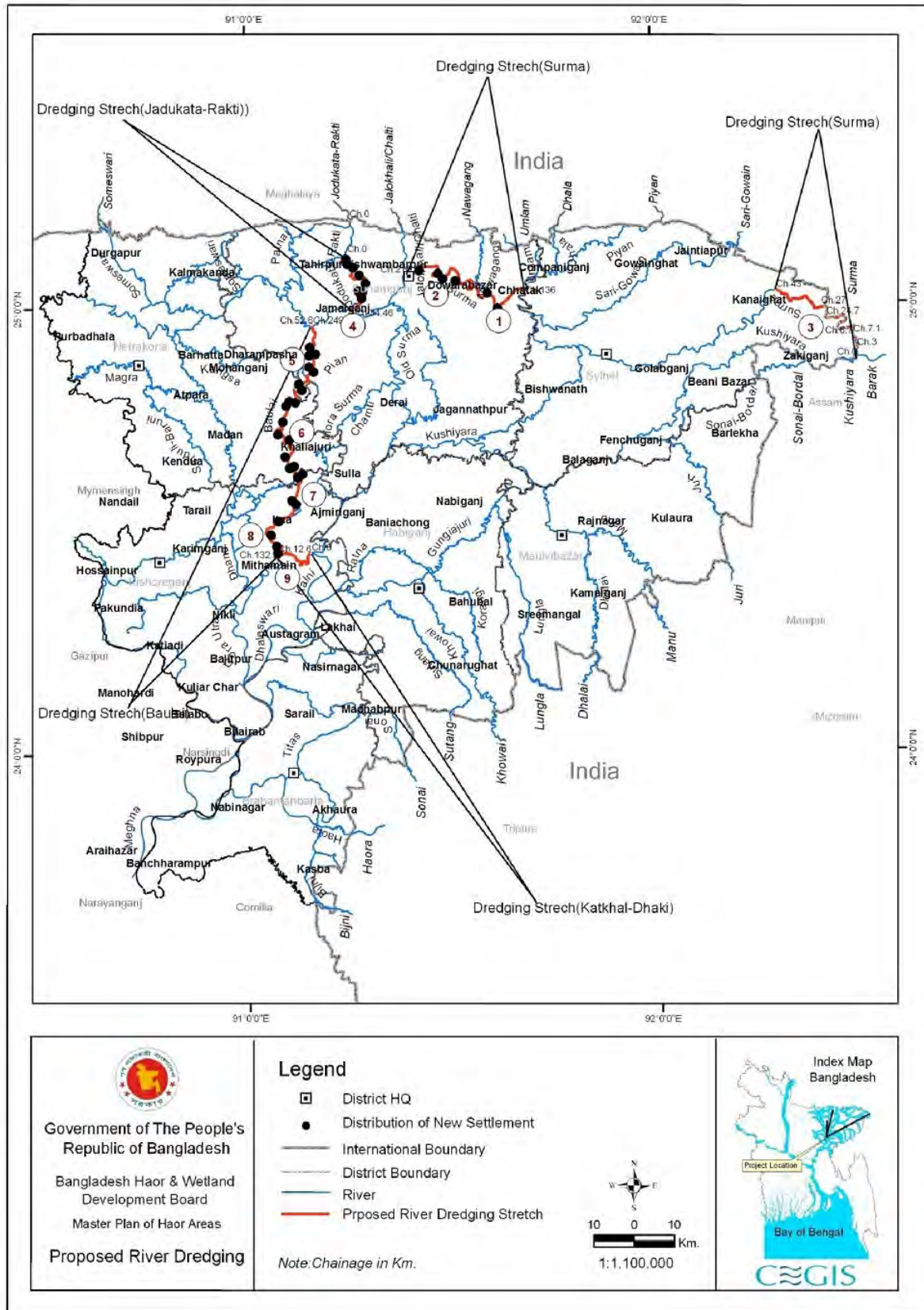
出典：CEGIS

浚渫計画は数度にわたって検討されている。図 5.4.4 は M/P で計画されている浚渫位置を示しており、図 5.4.5 は FAP6 の検討で提案された位置を示している。また図 5.4.6 は舟運のための浚渫計画を示している。

2008 年に BIWTA によって検討された水理検討結果に基づき、必要な浚渫量を見積もった。2008 年の調査はチャタク(Chhatak)からバイラブバザール(Bhairab Bazar)をカバーしており、バイラブバザール(Bhairab Bazar)-チャタク(Chhatak)間の船の運航路の最小必要深さと最小必要幅から浚渫量を計算した。最小必要深さは 3.7m、最小幅は 60m である。図 5.4.7、図 5.4.8 はチャタク(Chhatak)-シュナムゴンジ(Sunamganj)、ジャマルゴンジ(Jamalganj)-バイラブバザール(Bhairab-Bazar)間の河床縦断図を示している。最低 3.7m 水深の河床レベルと舟運改善のための浚渫位置がこれらの図から分かる。

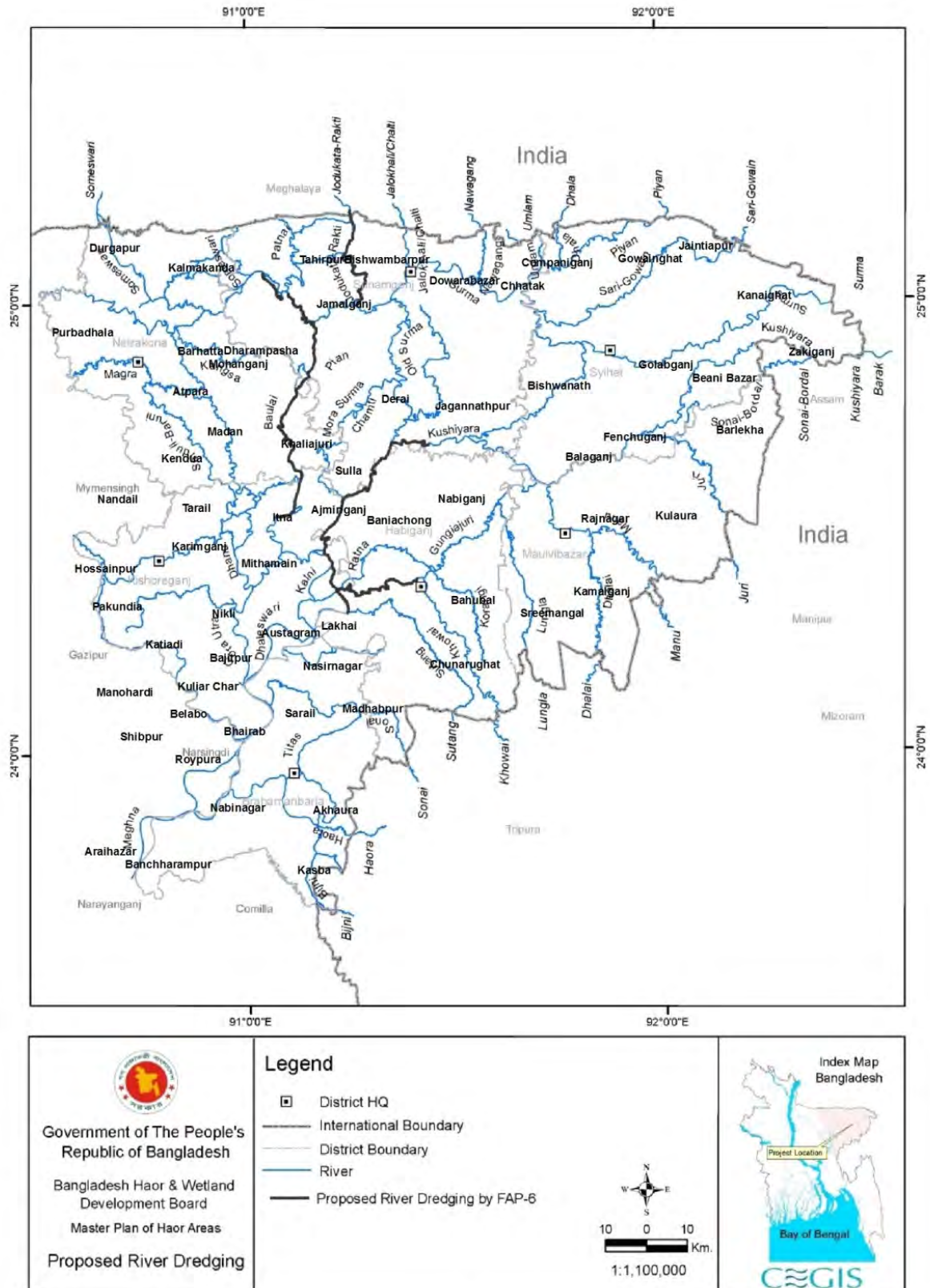
チャタク(Chhatak)からシュナムゴンジ(Sunamganj)間 (44km) では、河床が舟運に必要な標高より高い 4 つの位置が浚渫対象として抽出されている。これにより総浚渫量は $130,640\text{m}^3$ である。

ジャマルゴンジ(Jamalganj)からバイラブバザール(Bhairab Bazar)間 (156km 区間) では、17 箇所
の浚渫箇所が抽出されている。これらに要する総浚渫量は $532,960\text{m}^3$ である。



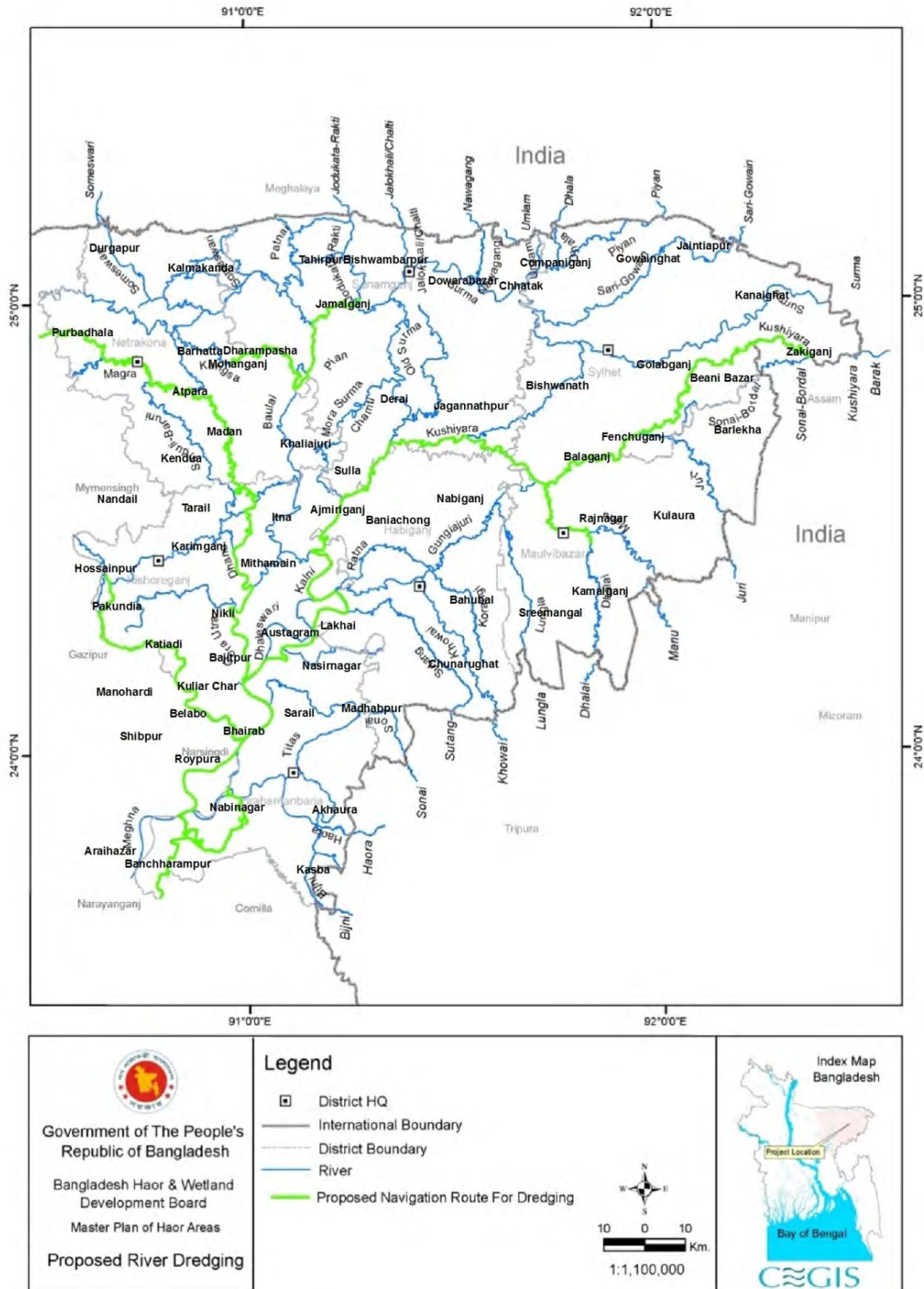
出典: CEGIS

図 5.4.4 ハオールマスタープランにおいて提案されている浚渫区間



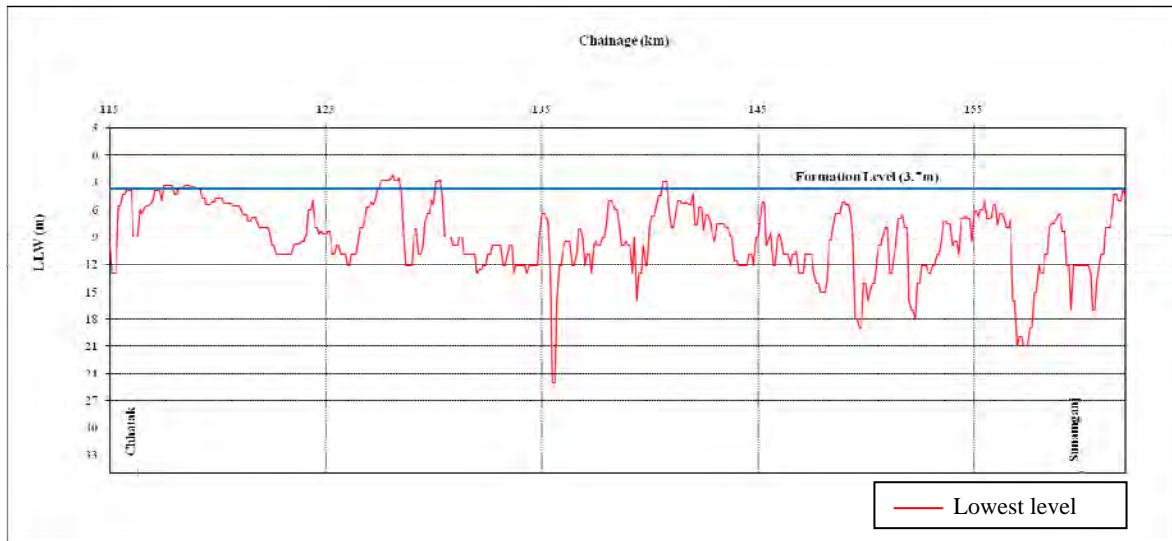
出典: FAP 6

図 5.4.5 FAP6で提案されている浚渫区間



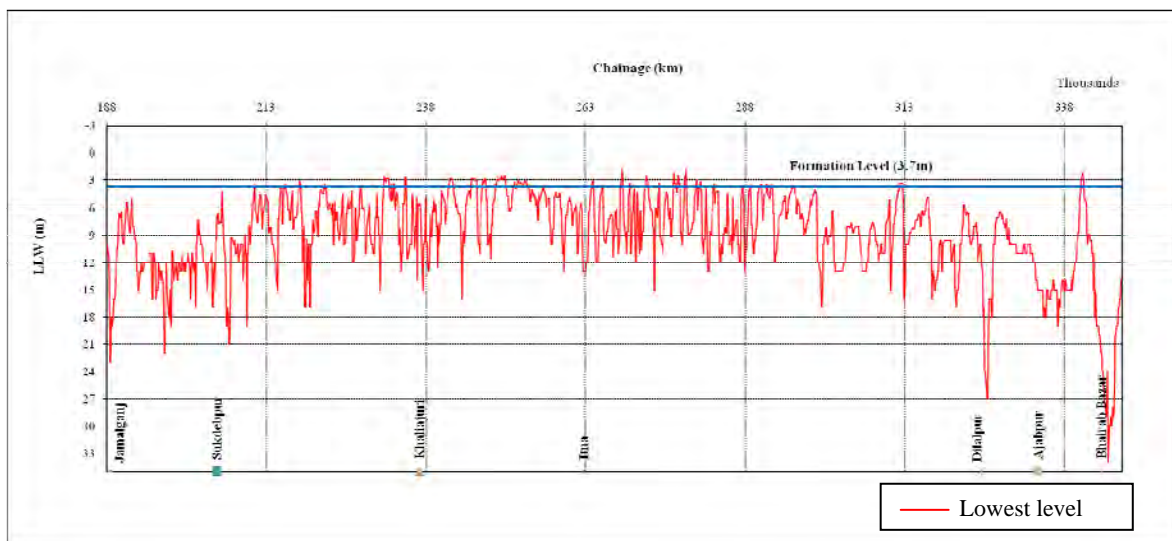
出典：”Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012”

図 5.4.6 舟運目的のために計画されている浚渫区間



出典: JICA 調査団、CEGIS

図 5.4.7 チャタク-シュナムゴンジ間のスルマ川河床縦断（2008年）および舟運に必要な浚渫位置



出典: JICA 調査団、CEGIS

図 5.4.8 ジャマルゴンジ-バイラブバザール間のアッパーメグナ川河床縦断と舟運に必要な浚渫位置

第 6 章 洪水対策および河川管理のレビュー

6.1 洪水対策の計画規模および計画対象降雨

6.1.1 洪水防御レベル

標準設計マニュアルは 1995 年に BWDB によって作成されており、洪水防御レベルについてはこのマニュアルの中で規定されている。

(BWDB 設計標準マニュアルからの抜粋)

7.0 堤防の設計基準

7.5 設計天端高

7.5.2 設計洪水確率の選定

堤防設計に対する洪水の生起確率は、対象地域での浸水被害の許容度合いによる。農業被害、重要施設に対する被害、人的被害を考慮し、以下の洪水確率を採用する。

- ▶ 農業被害が卓越している場合、20 年確率洪水
- ▶ 人的、資産、施設への被害が卓越している場合 100 年確率洪水

一般的に、ジャムナ(Jamuna)川、パドマ(Padma)川、メグナ(Meghna)川の堤防はこの確率で設計されている。

7.5.3 設計洪水位

選定された確率洪水に対する設計洪水位は、片堤防もしくは両岸堤防かどうかによって、2つのケースについて別々に評価する必要がある。

i) 片堤防

片側のみ堤防建設が必要な所では、設計洪水位は完全に洪水を堤外地に閉じ込める場合の利用可能な年間最高河川水位データの頻度解析により計算される。潜水堤防に対して、例えば 5 月 31 日といった、年間を通して特定された時間以前の最高河川水位の頻度解析によって計算される。

ii) 両岸堤防

両岸堤防が建設される所で、特定の地点での過去の河川水位データの頻度解析による設計洪水位の計算は、氾濫している状況で計測された河川水位のため理論的なアプローチではない。

それゆえ、設計洪水位は河道内に閉じ込められた条件下での設計洪水流量から計算する必要がある。河道内に閉じ込めた効果を明らかにするため、モデルスタディが必要となる。

7.12 潜水堤防

7.12.1 概要

ハオール潜水堤防は、5 月 31 日までサブプロジェクトへの洪水流入を防ぐために設計される。洪水の遅れは農民が作物被害のリスクなしにボロ米の刈取る事が出来る。

7.12.2 天端高

ハオールエリアの潜水堤防は 5 月 31 日以前に発生するプレモンスーン期の 10 年確率で設計する。さらに、30cm の余裕高を加える。堤防の閉じ込め効果によりプレモンスーン期の洪水位増加の可能性を考慮して決めている。堤防の標高は樋門の両側 50m 以上の区間で操作台に緩勾配ですりつける。

常にアクセスを確実にするため樋門の操作台標高の設計は 20 年確率洪水(年間降雨を対象)を対象とする。これは樋門周辺の堤防の破壊を防ぐ目的である。

調査団は、BWDB の設計担当部署（Design Circle-I）を訪問し以下の点について意見交換を行った。

(1) 標準設計マニュアルの実際の運用

標準設計マニュアルによれば、設計洪水位は 5 月 31 日までのプレモンスーン期 10 年確率洪水を基に設計することになっている。しかし、設計担当部署は以下の理由で 5 月 15 日までの洪水を対象とする事としている。

- 近年、農民は高収量品種ボロ米を栽培しており、その刈取り時期が 5 月 15 日までである。フラッシュフラッドの被害を避けるため、プレモンスーン期の洪水位の計算期間を 5 月 15 日までと考えている。
- 農業関係者および漁業関係者の間で 5 月 15 日以降水田に河川から水を引き込む事で合意している。
- たとえもし計算期間を 5 月 31 日としても、漁民は 5 月 15 日以降潜水堤防を壊すと考えられる。
- 農民はボートで河川もしくは水路を利用してボロ米の輸送を行うことから、刈取り後出来る限り早く水を水田に引き込む事を望んでいる。

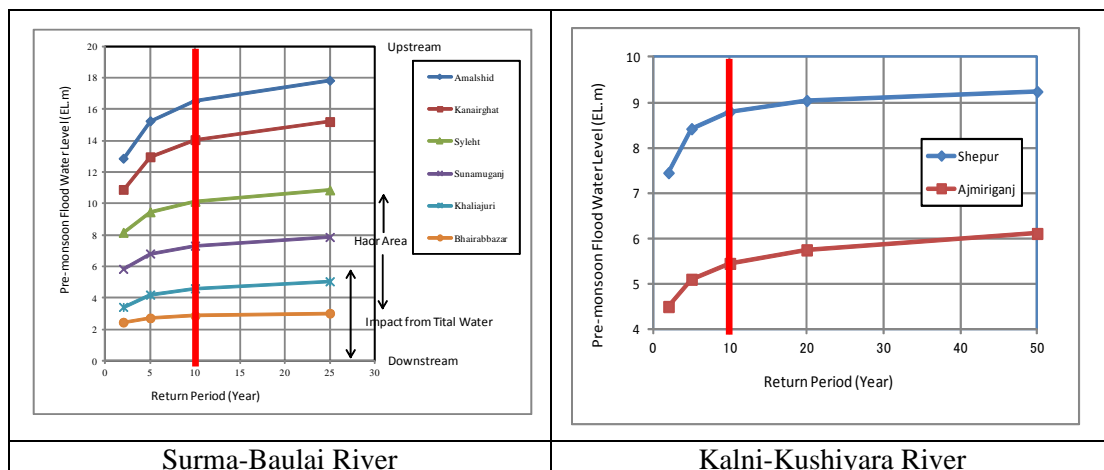
なお、設計洪水位は IWM によるシミュレーション結果の水位を基に決定する。

(2) 潜水堤防の治水安全度に対する検討

ハオール地域は毎年モンスーン期には氾濫し池の様な状況を呈する地域であり、住居はこの水位より高い標高に設けられている。このため、プレモンスーン期のフラッシュフラッドによる洪水被害の主たるものは刈取り時期のボロ米であり、潜水堤防の目的はこのボロ米をプレモンスーン期の洪水被害から防ぐ事である。なぜならば、潜水堤防で守られている地域の大部分がボロ米の 1 期作しか出来ない地域であるため、ボロ米の被害の発生は非常に深刻な問題となる。

ボロ米への被害として考えられるのが、濁水および洪水被害であり、「バ」国では濁水に対する安全度（利水安全度）は、一般的に 5 年確率を採用している。この地域は 1 期作の地域であるため、治水安全度についても利水安全度と同等もしくはそれ以上とすべきである（5 年確率もしくはそれ以上）。

一方、スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川、カルニ-クシヤラ(Kalni-Kushiyara)川の複数の主要地点の確率水位が「Mathematical Modelling along with Hydrlogical Studies and Terrestrial Survey under the haor rehabilitation scheme, March 2007」の中で評価されている。各主要地点の確率年と水位の関係を図 6.1.1 に示す。また、表-6.1.1 にスルマ-バウライ(Surma-Baulai)川の各主要地点での 15 年確率と 10 年確率での水位上昇量および 10 年確率と 5 年確率での水位上昇量を示す。



出典: Mathematical Modelling along with Hydrlogical Studies and Terrestrial Survey under the haor rehabilitation scheme, March 2007, IWM

図 6.1.1 プレモンスーン期の確率年と洪水位の関係

表 6.1.1 確率年の違いによる水位差

対象確率洪水	Amalshid	Kanairghat	Syhlet	Sunamganj	Khaliajuri	Bhairabbazar
1)10-yr-5yr	1.25m	1.09m	0.67m	0.50m	0.40m	0.14m
2)15-yr-10-yr	0.44m	0.38m	0.24m	0.18m	0.15m	0.05m
2)/1)	0.35	0.35	0.36	0.36	0.38	0.36

注) 15年確率は10年確率水位と20年確率水位から内挿した。

出典: Mathematical Modelling along with Hydrlogical Studies and Terrestrial Survey under the haor rehabilitation scheme, March 2007, IWM

図 6.1.1 に示す各主要地点のグラフの傾きが 10 年確率付近で小さくなっており、表 6.1.1 に示す様に 5 年と 10 年確率の水位上昇量と 10 年と 15 年確率の水位上昇量を比較すると水位上昇は、10 年と 15 年確率の水位上昇は 5 年と 10 年確率の水位上昇の約 36% であり、10 年確率水位付近を境界に水位上昇が鈍化傾向を示す。

また、潜水堤防の目的はプレモンスーン期の洪水防御であり、非常に短い期間(雨季開始時期から 5 月中旬~下旬まで)が対象となっている事から、Full Embankment と同程度(20 年確率)の確率年を設定する必要はないと考えられる。

これより、潜水堤防の治水安全度はプレモンスーン期の 10 年確率に設定している事は妥当と判断する。

(3) 河川堤防 (Full Embankment)

「バ」国の河川堤防 (Full Embankment) の治水安全度は、基本的に標準設計マニュアルに従うが、用地取得の制約や小河川等のケースでは、現状を踏まえて標準設計マニュアルの規定より低い確率洪水を採用する場合もある。この様な判断には「バ」国内での政策的な判断も含まれているが、これは合理的な判断であると言える。本調査においては、基準に則り Full Embankment については 20 年の治水安全度を採用する。

(4) 設計水位の算定方法

「バ」国では、水位を確率処理する事で設計水位を求めている。しかしながら、対象地域の流出解析や氾濫解析モデルがある場合、水位として実測水位と計算水位がある。このため、十分な実測水位がある場合設計水位の評価をどの様にしているのか、設計部局に確認を実施した所モデルが構築されている調査対象地域では、計算水位を用いて設計水位を決定する。しかし、調査対象地域で計算モデルのない場合は、実測水位を用いて設計水位を決定するとの事であった。

本調査の対象流域においては、既に NERM モデルが構築されており、本調査の中でモデルの更新も実施しているため、計算水位を用いて設計水位を決定する事となる。

6.1.2 設計対象降雨

北東地域の分割流域における降雨分布と流量に関するデータが不足しており、また大量の降雨があるインド国境より上流には利用可能な降雨データが無い。さらに流域下流端の地形に基づく水位-流量曲線とこれから計算される洪水波形も十分ではない。

NERM の水文解析モデルの結果から、降雨データによる河川流量の計算は、現況のデータ状況では精度が低いことを示している。したがって、構造物の設計に必要な確率水位の算定に対しては、通常の洪水対策計画における計画降雨を適用することは、現在の降雨データ状況からは妥当ではない。

ハオール地域は、2~3m 程度の緩やかな起伏を有する比較的平坦な地形であり、潜水堤防の高さも通常 1~2m と低い。このような水理的に敏感な地域で潜水堤防の設計水位を定めるためには、確率水位を重視し、実測水位および解析水位から面的な水位を求めることが得策である。このため、潜水堤防の設計高に対しては、水位データの確率分析と氾濫解析を併用する事とする。

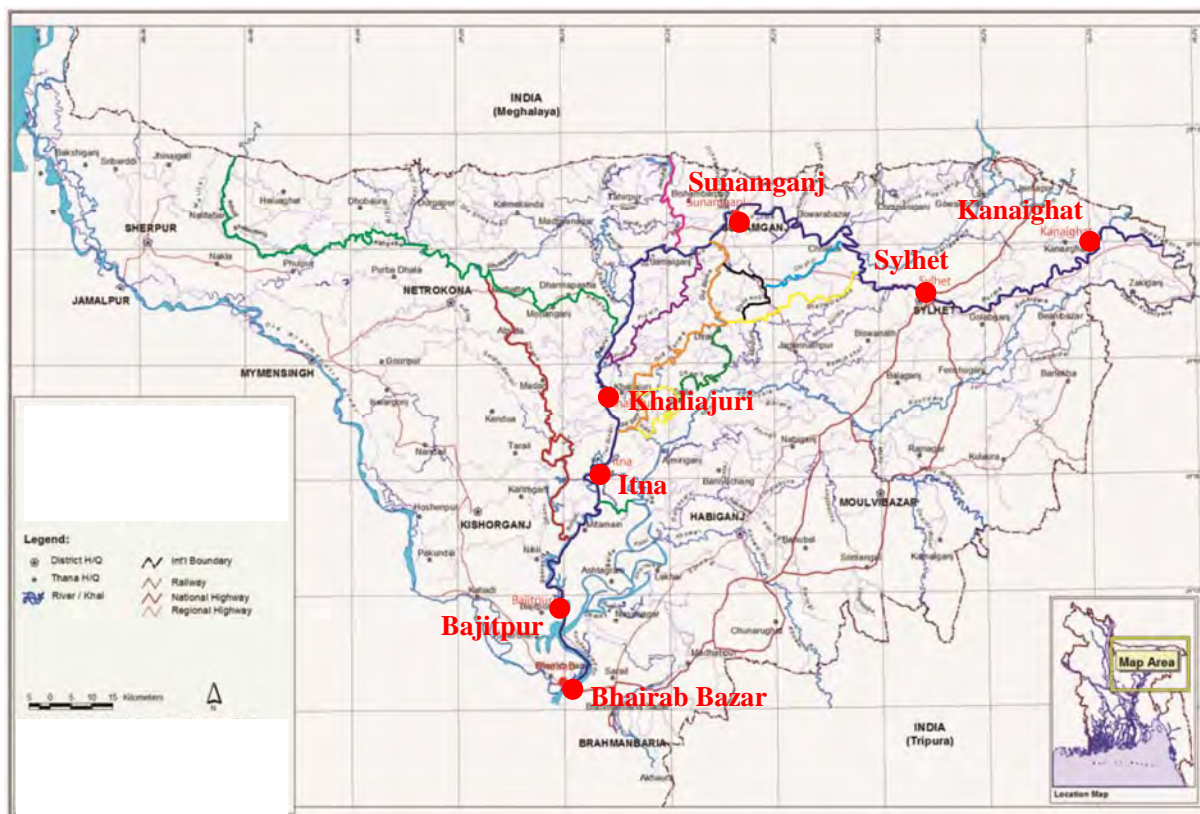
6.2 危険水位による洪水管理

「バ」国の河川では危険水位を設定し、その水位を基に洪水管理を実施している。危険水位は、これ以上水位が上昇するとどこかで浸水被害が発生する可能性のある水位を意味しており、無堤の場合年平均洪水位、築堤の場合は設計洪水位の若干低い水位が設定されている。スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川における危険水位が設定されている地点および危険水位を表 6.2.1 に、危険水位設定地点を図 6.2.1 に示す。

表 6.2.1 危険水位

設定地点	危険水位(PWD)
Surma-Baulai River	
Kanaighat	13.80m
Sylhet	11.25m
Sunamganj	8.25m
Khaliajuri	7.01m
Itna	7.01m
Dilalpur (Bajitpur)	6.09m
Meghna River	
Bhairab Bazar	6.55m

出典：BWDB からの聞き取り



出典：JICA 調査団

図-6.2.1 危険水位設定位置図

6.3 M/P における洪水対策および河川管理計画の提案

M/P の Annex-1 水資源 9.3 節戦略の中で洪水及び河川管理に係る項目として、(1) 洪水管理、(2) 排水改良、(3) 護岸、(4) 既存スキームに対する維持管理を挙げている。各戦略の概要を下記に示す。

(1) 洪水管理

洪水管理の目的は、1) 農業作物（ボロ米）をプレモンスーンの洪水から守る。2) モンスーン期の水中の生態系を維持する事である。

このために、1) モンスーン期開始時(5月16日)に確実に潜水堤防の内側(堤内地)に水を引き込む構造物の建設、2) プレモンスーン期の10年確率洪水を防御するための潜水堤防の建設及び既存潜水堤防の改修、3) 氾濫原とディープハオールの境界付近におけるモンスーン期の20年確率対応の堤防(Full Embankment)の建設、4) バイパス水路の建設、5) 機械化施工及び6) 非構造物対策としてフラッシュフラッドに対する予測モデルの構築を提案している。

(2) 排水改良

ポストモンスーン期の稲の作付(ラビ及びボロ米)を速やかに開始するための排水改良であり、1) ハオール内の主要河川のリハビリテーション及び2) ハオール内の排水路網の再構築を提案している。

(3) 護岸

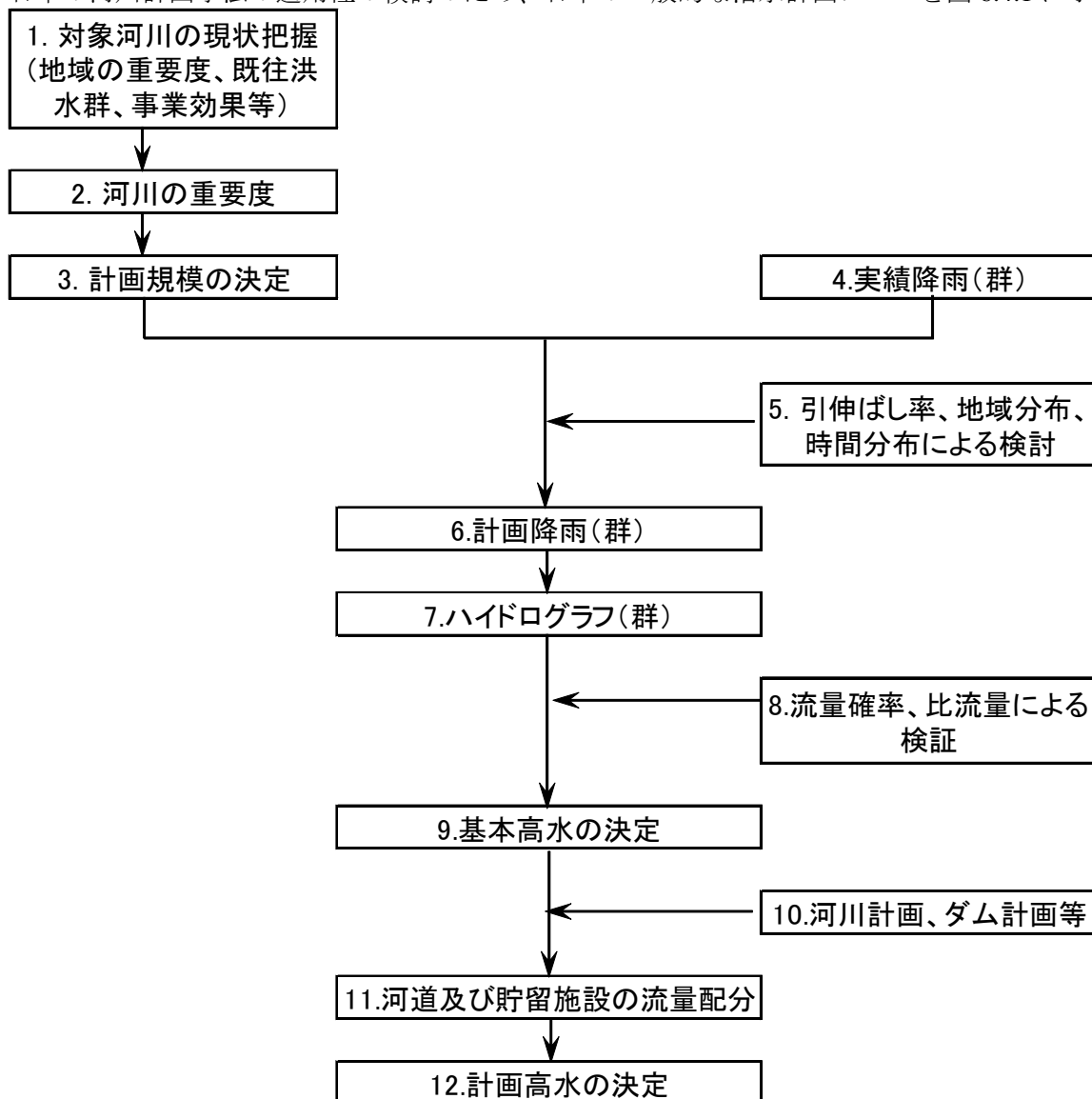
河岸侵食は、ハオールだけでなく「バ」国の全ての河川での問題であり、護岸事業の重要性を示している。

(4) 既存スキームに対する維持管理

既存スキームの維持管理上の問題は、1)予算不足、2)資機材（車両、コンピュータ、燃料等）供給不足、3)要員不足、4)維持管理作業の質の悪さ、5)不十分なモニタリング及び管理、6)O&M マニュアルが整備されていないといった状況である。このため、1)上位機関からの十分な資金供与、2)十分な資機材供給、3)O&M の活動に対する十分な要員の投入を提案している。

6.4 日本の河川計画手法の適用性

日本の河川計画手法の適用性の検討のため、日本の一般的な治水計画フローを図 6.4.1 に示す。



注) 引伸ばし率：実績降雨(群)から計画降雨(群)へ変換するための倍率

出典：河川砂防技術基準計画編に JICA 調査団が加筆

図 6.4.1 日本における治水計画フロー

上図のフローに基づきハオール地域への適用可能性を検討した。その結果を表 6.4.1 に示す。

表 6.4.1 日本の河川計画手法適用の可能性

項目	適用性
1) 対象河川の現状把握	<p>「バ」国では洪水管理のため危険水位の基準地点を設定し管理している。この危険水位の基準地点では水位データ等の収集が行われている。スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川では、上流、中流、下流に危険水位基準点が設定されている。</p> <p>日本の基準点は、既往の水理、水文資料が十分得られて、水理、水文解析の拠点となり、しかも全般の計画に密接な関係のある地点を選定する事となっている。</p> <p>このため、スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川の計画には既存危険水位基準点を基に検討する事が可能と考えられる。</p>
2) 河川の重要度及び計画規模の設定	<p>日本では、河川の重要度を重視するとともに、既往洪水による被害の実態、経済効果等を総合的に考慮して定める事となっているが、「バ」国にも堤防(Full Embankment)の計画規模は、守るべき資産を対象に 20 年もしくは 100 年という基準があり、潜水堤防については、プレモンスーンの 10 年という基準がある。</p>
3) 実績降雨(群)、計画降雨(群)の選定及び適用	<p>プログレスレポートの時点で、水文解析の結果から降雨データによる河川流量の計算は、現状のデータ状況では精度が低い事を示しているため適用しない事としている。このため、実績降雨(群)、計画降雨(群)は適用出来ない。</p>
4) ハイドログラフ (群)	<p>3)を適用しないため、4)についても適用出来ない。</p>
5) 基本高水流量	<p>調査対象地域では、1980 年以降毎日 5 回の実測水位の計測を実施している。また近年は 20 回程度の実測流量測定を実施しているが、昔の実測流量測定結果がない。このため、過去の実測水位に対する流量が不明な状況であるため、過去の流量を把握する事が難しい。</p> <p>このため、流量配分に基づいた治水計画ではなく、各基準点および主要地点での水位によって計画をせざるを得ない。</p> <p>水位データとして、調査対象地域で実測水位および計算水位があるが、BWDB の設計部局からの聞き取りでは、計算モデルがある場合は計算水位を、モデルがない場合は実測水位を使用するとの事であった。</p> <p>このため、計画としては計算水位を用いて治水安全度に対する水位を算定する事となる。</p>
6) 計画高水流量	<p>計画高水流量は、基本高水流量を河道と各種洪水調節施設に合理的に配分した結果として求められる河道を流れる流量である。</p> <p>しかし、5)で説明した様に流量配分を用いた計画をこの地域に適用する事は難しい。</p> <p>この計画高水位もやはり計算水位を用いて治水安全度に対する水位を算定する事となる。</p>
7) 施設配置計画	<p>ハオール内を流れるスルマ-バウライ(Surma-Baulai)川の河道は、ディープハオール内で安定しておらず、モンスーン期にはディープハオール内は一面巨大な氾濫湖となるため、日本での通常の河川計画の適用は困難である。</p> <p>一方、ディープハオールの上、下流においては河道の移動も大きくないため、連続堤の配置は可能と考えられるため、ここでは、日本の配置計画手法を適用する事は可能であるが、既存堤防の線形を十分考慮する必要がある。</p> <p>潜水堤防は日本で適用されていない施設であるため、ディープハオール内の新規潜水堤防の配置計画は、「バ」国の手法を採用する事となるが、新規潜水堤防による上下流への影響を十分考慮して決定する必要がある。</p> <p>ディープハオール外の河川の縦横断形状については、現況流下能力、河床勾配、河床上昇、低下、堤防(Full Embankment)、現地盤高等を考慮し決定していく必要があり、日本の手法の適用は可能と考えられる。</p>

出典:JICA 調査団

(4) 流出解析及び氾濫解析の必要性

上述した様に、洪水対策及び河川管理において各主要地点における確率水位、並びに各潜水堤防地点におけるプレモンスーン期の設計洪水水位が必要である。さらに被害エリアの検討、プロジェクト実施のインパクトを検討する上でも流出解析及び氾濫解析が必要となる。

第7章 ハオール地域の洪水対策および河川管理計画における構造物対策

7.1 洪水対策および河川管理計画に係る基本事項の設定

M/P においては、洪水対策については「バ」国が今まで実践してきた堤防による洪水防御・ディープハオールでの潜水堤防の対策および浚渫を提案している。さらに、ディープハオール内の住民は昔から「洪水との共生」を図っており、この基本的な考えを踏襲していくべきである。

また、「バ」国の現状、基準を踏まえた上で、洪水対策及び河川管理計画を評価・検討する。

(1) 対象流域

調査地域内の主要な河川は、インドとの国境でバラック(Barak)川から分流するスルマ-パウライ(Sumara-Baulai)川とカルニ-クシヤラ(Kalni-Kushiyara)川である。しかし、カルニ-クシヤラ(Kalni-Kushiyara)川については浚渫事業が実施される事となっており「バ」国側で現在も検討中であるため、ディープハオールを流域内にもつスルマ-パウライ(Sumara-Baulai)川とカルニ-クシヤラ(Kalni-Kushiyara)川である。しかし、カルニ-クシヤラ(Kalni-Kushiyara)川を対象とする。

(2) 治水上の主要地点

ハオール内で治水上の主要地点というものは設定されていないが、6章で述べた様に危険水位が設定されている地点がある。この地点の幾つかは、水理、水文解析でも用いられており、治水のための主要地点としての候補となりうるものと考えられる。

また、ディープハオール内はプレモンスーン期とモンスーン期では状況が一変するため、主要地点もプレモンスーン期とモンスーン期で分けて考える事とする。

プレモンスーン期

シュナムゴンジ(Sunamganj)から上流区間での危険水位設定地点は 1)カナイガット(Kanaighat)、2)シレット(Slyhet)、3) シュナムゴンジ(Sunamganj)である。この 3 地点の内シレット(Slyhet)、シュナムゴンジ(Sunamganj)は各県の中心地かつ、資産が集中しており洪水防御についての重要度は非常に高い。一方、カナイガット(Kanaighat)は国境付近に位置しておりインドからの流入による水位変動を把握するという重要性をもつ。カナイガット(Kanaighat)の重要性は、最上流での水位を確認する事であり、下流の水位上昇がどのように推移するかを検討する点にあるため、カナイガット(Kanaighat)は現状のまま危険水位の設定地点とする。

シレット(Slyhet)、シュナムゴンジ(Sunamganj)については、守るべき資産、今後の上流域での治水計画(連続堤の建設が想定される。)のために重要となる地点であるため、主要地点とする。

また、スルマ-パウライ(Sumara-Baulai)川とカルニ-クシヤラ(Kalni-Kushiyara)川の合流点下流に位置するバイラブバザール(Bhairab Bazar)についても、主要地点とする。

さらに、新規プロジェクト群がイトナ(Itna)付近に計画されており、これらは、プレモンスーン対応の施設であるため、この地点も主要地点とする。

モンスーン期

モンスーン期のディープハオールエリアは巨大な氾濫湖となる。この氾濫湖内の住民は「洪水との共生」を図っており特別な治水対策は行わない、また、氾濫湖内のある地点の通過流量を特定する事は難しい。このため、プレモンスーン期では、イトナ(Itna)を主要地点として設定したが、モンスーン期においては、上述のように特別な治水対策を行わないためディープハオール内に主要地点は設けない。

よって、モンスーン期の治水対策のための主要地点として、1)シレット(Slyhet)、2)シュナムゴンジ(Sunamganj)、3)バイラブバザール(Bhairab Bazar)を選定する。

表 7.1.1 主要地点の設定

主要地点	プレモンスーン	モンスーン
Sylhet	○	○
Sunamganj	○	○
Itna	○	X
Bhairab Bazar	○	○

出典: JICA 調査団

(3) 河川の重要度及び治水安全度（計画規模）の設定

河川砂防技術基準によれば、「計画の規模の決定に当たっては、河川の重要度を重視するとともに、既往洪水による被害の実態、経済効果等を総合的に考慮して定めるものとする。」とあり、その解説において河川の重要度については A～E 級に分類し計画規模のレンジを提示している(表 7.1.2 参照)

表 7.1.2 河川の重要度と計画の規模

河川の重要度	計画の規模(対象降雨量と超過確率年)*
A 級	200 以上
B 級	100～200
C 級	50～100
D 級	10～50
E 級	10 以下

注：* 年超過確率の逆数

出典:河川砂防技術基準同解説 計画編

一方、「バ」国の設計ガイドラインにおいて潜水堤防および堤防(Full embankment)の設計洪水位を以下の様に設定している。

潜水堤防 プレモンスーン期（設計ガイドラインでは 5/31 であるが、他調査において地域住民との公聴会の結果 5/15 が提案されており、BWDB の設計局は現在 5/15 を採用している）の 10 年確率洪水位

堤防 20 年確率洪水位(農業被害が卓越している場合)
 100 年確率洪水位(人的、資産、施設への被害が卓越している場合)

「バ」国での計画規模は、資産状況で使い分けており、さらにガンジス(Ganges)川(パドマ(Padma)川)、ジョムナ(Jamuna)川については河川の重要性から BWDB は計画規模を 100 年と考えている。この様に、「バ」国では河川の重要度、資産状況を考慮した考え方を採用している。また、計画規模は各国の政策的な要素も含まれるため、本調査では「バ」国の基準を採用する。

このため、治水安全度（計画規模）は、
 潜水堤防： プレモンスーン期の 10 年確率洪水位
 堤防： 20 年確率洪水位
 を採用する。

(4) 主要地点の計画高水位の設定

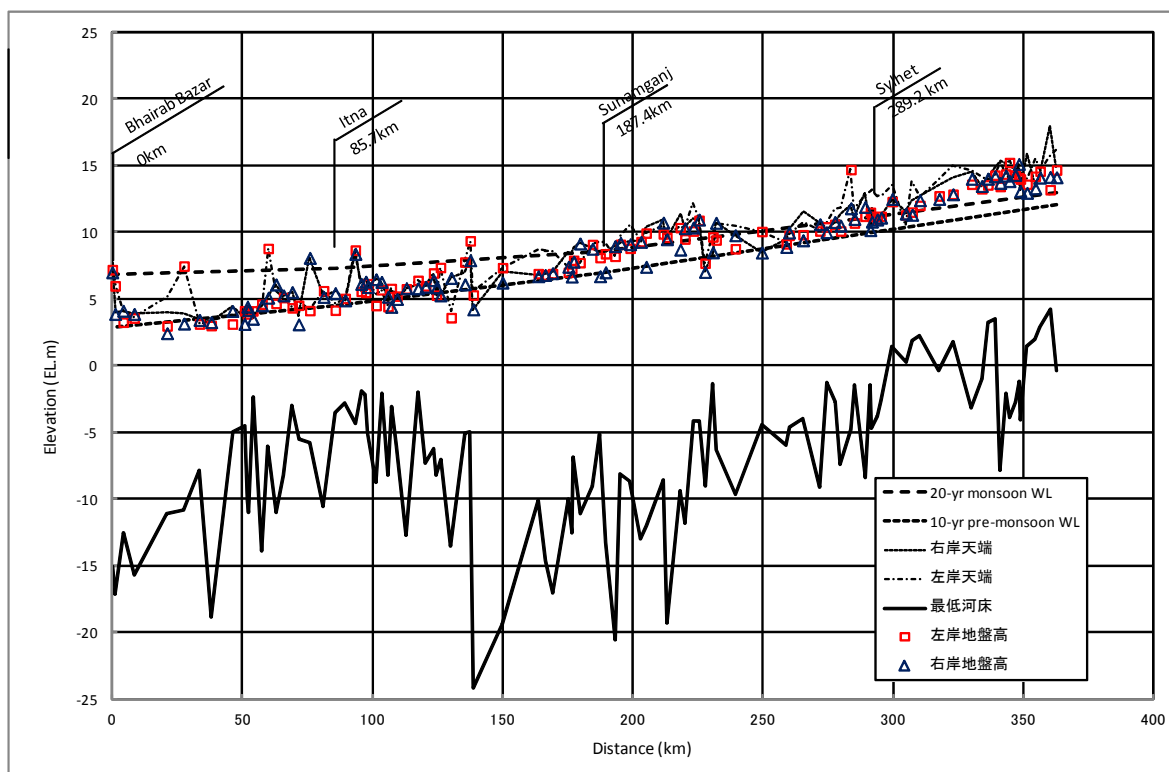
計画高水位は、流出解析、氾濫解析および確率洪水位の結果から以下の様に設定する。

表 7.1.3 主要地点における計画高水位

主要地点	プレモンスーン(EL.m)	モンスーン(EL.m)
Bhairab Bazar	EL. 2.86m	EL.6.80m
Itna	EL. 4.52m	-
Sunamganj	EL. 6.95m	EL.8.55m
Slyhet	EL. 9.92m	EL.11.11m

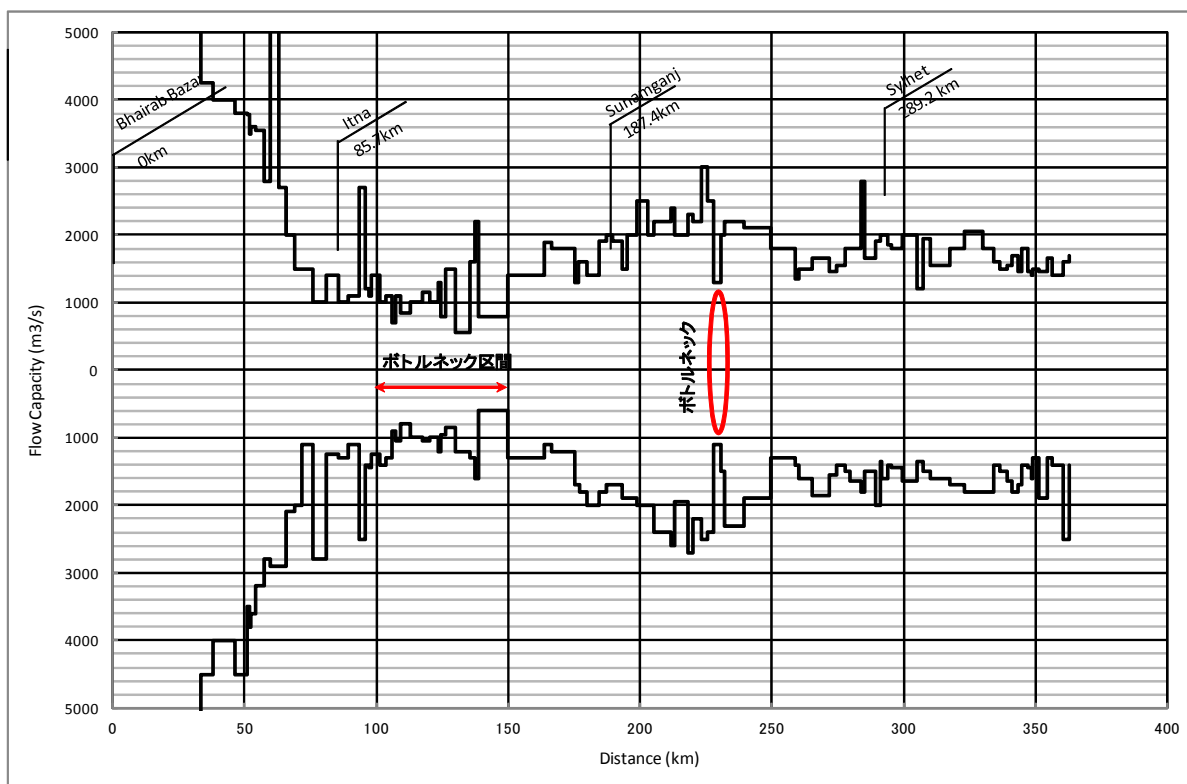
出典：JICA 調査団

氾濫域の考察のため、図 7.1.1 に最低河床、現況地盤高、堤防高及びプレモンスーン期、モンスーン期における計画高水位を示す。本来計画水位は、日本の手法であれば計画高水流量を基に不等流計算に局所的な水位上昇量を加え算定された各地点の水位を包絡するように、直線近似で決定する事となる。しかし、ハオールエリアでは流量ではなく水位からの検討であるため、日本の手法が採用出来ない。ここでは、氾濫域の考察のため、各主要地点の計画高水位を直線でつないだものを便宜上計画水位としている。また、図 7.1.2 に疎通能力を示す。



出典：JICA 調査団

図 7.1.1 スルマーバウライ(Surma-Baulai)川縦断面図



注) パイラブバザール(Bhairab Bazar)地点で等流水深を与えて流下能力を算定している。
 出典：JICA 調査団

図 7.1.2 スルマーバウライ(Surma-Baulai)川流下能力

プレモンスーン期における氾濫現象

図 7.1.2 に示される様にイトナ(Itna)上流で流下能力が小さく、図 7.1.1 の最低河床から、イトナ(Itna)周辺では河床が高い傾向を示している。これらから、イトナ(Itna)上流付近から氾濫が発生する事が推察される。また、計画高水位と堤防高及び地盤高を見てもプレモンスーン期の洪水(10年確率)では、ディープハオールエリア周辺で氾濫する事が考えられる。一方、ディープハオール以外のエリアでは計画高水位はほとんどの場所で低いため氾濫する地点が非常に少ない。このため、氾濫現象が発生している場合支川による氾濫及び内水による氾濫と考えられる。

また、ディープハオールのイトナ(Itna)上流での氾濫により、下流のダッカ(Dhaka)への影響を小さくしている。

モンスーン期における氾濫現象

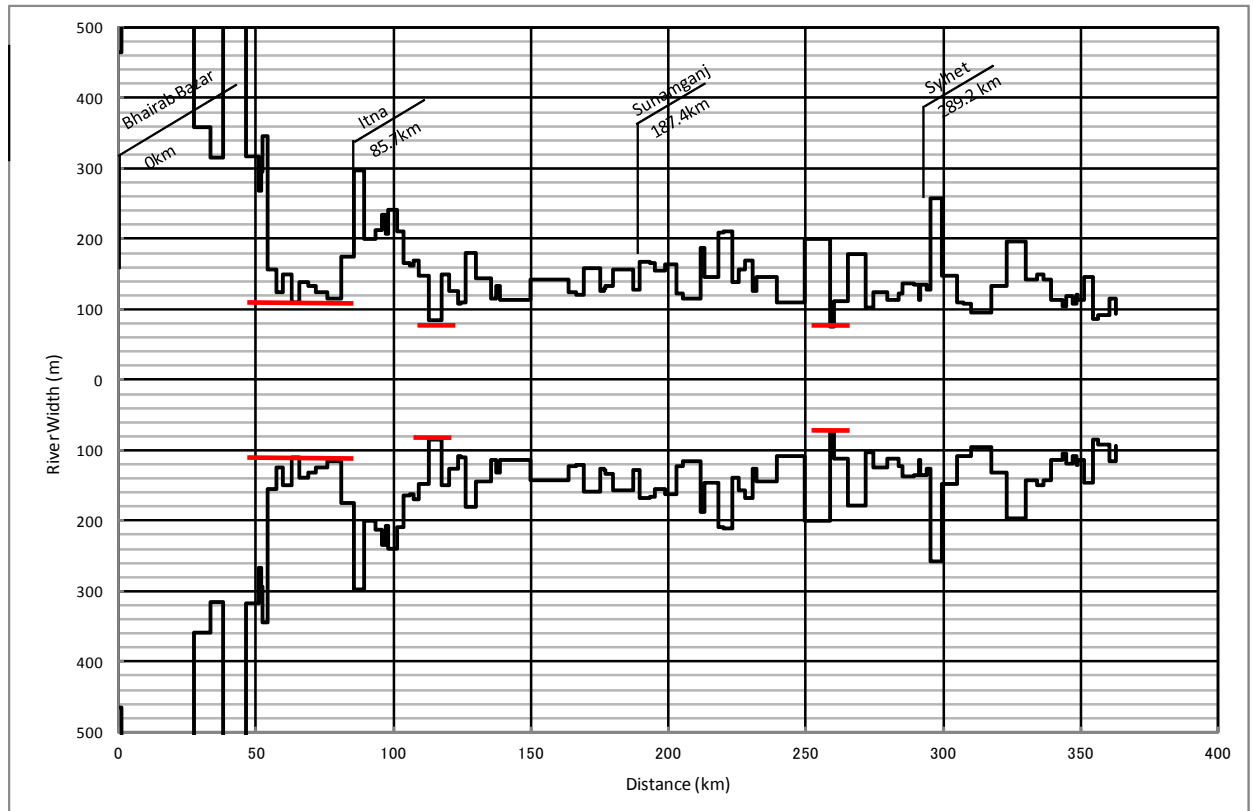
モンスーン期を対象とした洪水(20年確率)での、計画高水位と地盤高、堤防高の関係をみると、ディープハオールエリアのほぼ全域で水位が地盤より 2-3m 高い状況になっており水没する事がわかる。一方、氾濫原のエリアでは多くの地点で計画高水位と堤防もしくは地盤高が同程度もしくは地盤高の方が高い区間が多いのが判る。このため、氾濫現象は疎通能力からみたボトルネック地点で発生すると推察できる。

河川幅を図 7.1.3 に、各区間の平均河川幅を表 7.1.4 に示す。

表 7.1.4 平均河川幅

区間	平均河川幅(m)
Sylhet to Upstream stretch	270
Sunmganj to Sylhet	300
Sunamganj to Itna	320
Itna to Bhairab Bazar	920

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 7.1.3 スルマーバウライ(Surma-Baulai)川河川幅

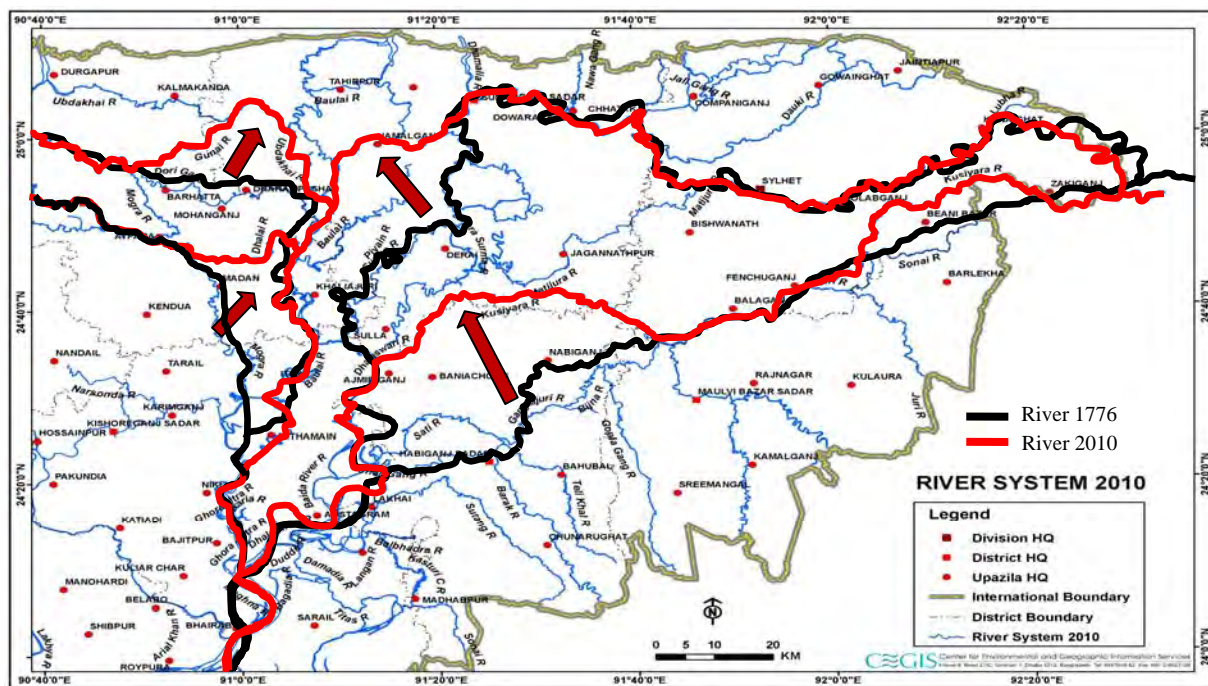
マクロな視点で見れば、平均河川幅では上流から下流へと広がっている。しかし、局所的に見てみると、イトナ(Itna)から下流約 30km 区間、上流約 40km 地点の河川幅が狭くなっており、かつ、この区間の最低河床は高くなっているため、特にこの上流区間で通水能力が他の断面に比べてかなり小さい事が判る。このため、この区間については川幅を拡幅したり、浚渫を実施する等の対応が必要であろう。

7.2 洪水対策および河川管理計画における構造物対策の検討

7.2.1 概説

上記の計画高水位、河川の変遷及び M/P 提案プロジェクトを基にスルマーバウライ(Surma-Baulai)川の施設計画を評価する。

スルマーバウライ(Surma-Baulai)川の歴史的な流路の変更は CEGIS が保有する古地図、1910～1930 年に実施された地形調査、2010 年の衛星写真から読み取られたネットワーク状の河道から、河道変遷は図 7.2.1 のようになる。



出典: CEGIS

図 7.2.1 シレット(Sylhet)盆地の最深部方向に向けた河道の変遷

これらの河川の流路変更は、河川の流下方向が北から南方向であるが、標高の低い方から高い方向へ、また南から北に動いている。これは、地形の傾斜が河川の流下方向と異なっていることを示しており、流路変更後の河川の変遷過程と地形は、流れの方向とは全く異なっている。この様に、スルマ-パウライ(Sumara-Baulai)川のシュナムゴンジ(Sunamganj)より下流では大きく河川が動いており、平面的に流路を固定する事は難しい。一方、シュナムゴンジ(Sunamganj)より上流域の河川の平面的な移動は大きくないため、堤防(Full Embankment)が建設されている。また、シュナムゴンジ(Sunamganj)市、シレット(Sylhet)市の町中は Town Protection Project の中で堤防及び護岸の建設がなされている。シレット(Sylhet)市上流区間についても堤防の建設がなされているが、まだ一部片堤防区間及び堤防補修の必要な区間が多い。

7.2.2 プレモンスーン洪水防御・排水事業

(1) 事業の対象施設

農業生産活動でボロ米 1 期作のみの地域である、シュナムゴンジ(Sunamganj)県、ネトロコナ(Netrakona)県、ホビゴンジ(Habiganj)県、キシオルゴンジ(Kishorganj)県、ブラフモンバリア(Brahmanbaria)県を対象に、30 ハオールプロジェクトについて構造物調査を実施した。この内、水管理改善事業(WMIP)で実施している4プロジェクト、護岸補修のみの案件である Sunamganj Town Protection Project, Bairab Erosion Protection sub-project を除く 24 プロジェクトをディーブハオール内のリハビリ対象プロジェクトとした。

一方、新規プロジェクトは M/P で提案された 26 プロジェクトを対象とする。

スルマ-パウライ(Sumara-Baulai)川上流区間で左岸連続堤が建設されており、これも維持管理不足から損傷を受けている。この連続堤のリハビリも重要である。しかし、堆砂による河床上昇のため通水能力が不足しているため、もし堤防のリハビリを実施するのであれば、同時に浚渫を行

い通水能力も確保する必要がある。この場合、事業後の維持浚渫が重要であるが維持管理費用が不足しているため難しいため、ここではスルマ(Surma)川上流の連続堤のリハビリは提案しない。

既存リハビリ及び新規ハオールプロジェクトの諸元を表 7.2.1 に、位置図を図 7.2.2 及び図 7.2.3 に示す。

表 7.2.1 既存リハビリ及び新規ハオールプロジェクトの諸元

No.	Sub-project name	Location	Principal features of major structures
i) Rehabilitation of existing haor projects			
1.	Dampara Water Management Scheme	Upazila : Purbodhola District: Netrakona	Resection of Embankment=200m(Full), 460m (Submergible) Replacement of Gearbox=4nos. Replacement of Rubber Seal = 3nos. Re-excavation of Canal=12km (Kalihor Khal) Pipe cleaning=3locations Sluice gate (0.6mx0.6m)=23nos. Maintenance equipments = 1no.
2.	Kangsa River Scheme	Upazila : Sadar, Purbodhola District: Netrakona	Resection of Embankment=40m(Full) Fully replacement of Gate with related mechanical equipments=1no. Replacement of Gearbox=10nos. Replacement of rubber seal=1no. Maintenance equipments = 1no.
3.	Singer Beel Scheme	Upazila : Barhatta District: Netrakona	Resection of Embankment=100m(Full),125m (Submergible) Replacement of Gearbox=2nos. Re-excavation of Canal=2km (1km+1km) Installation of Sluice Gate (1.5mx1.8m)=1no. Pipe cleaning=2locations
4.	Baraikhali Khal Scheme	Upzila: Nandail, Hosenpur Kishoreganj Sadar District: Mymensingh, Nandail, Kishoreganj.	Resection of Embankment=10m(Full) Re-excavation of Canal=24.5km Installation of flap gate (0.5m x 0.5m)=2nos. Pipe cleaning=2locations Maintenance equipments = 1no.
5.	Alalia-Bahadia Scheme	Upzila: Katiadi, Pakundia District: Kishoreganj	Re-excavation of Canal=8km (5km+3km)
6.	Modkhola Bhairagirchar sub-project Scheme	Upzila: Pakundia, Katiadi District: Kishoreganj	Resection of Embankment=50m(Full)
7.	Ganakkhalli Sub-scheme	Upzila: Kuliarchar District: Kishoreganj	Fully replacement of Gate (1.5mx1.8m) with related mechanical equipments=3nos. Maintenance equipments = 1no.
8.	Kairdhala Ratna Scheme	Upzila: Ajmiriganj, Baniachong District: Habiganj	Resection of Embankment=60m(Submergible) Replacement of Gearbox=5nos. Replacement of rubber seal=1no. Maintenance equipments = 1no.
9.	Bahira River Scheme	Upzila: Ajmiriganj, Baniachong District:	Resection of Embankment=6,000m(Submergible) Installation of Gate (1.5mx1.8m) with related mechanical equipments=4nos. Re-excavation of Canal=20km

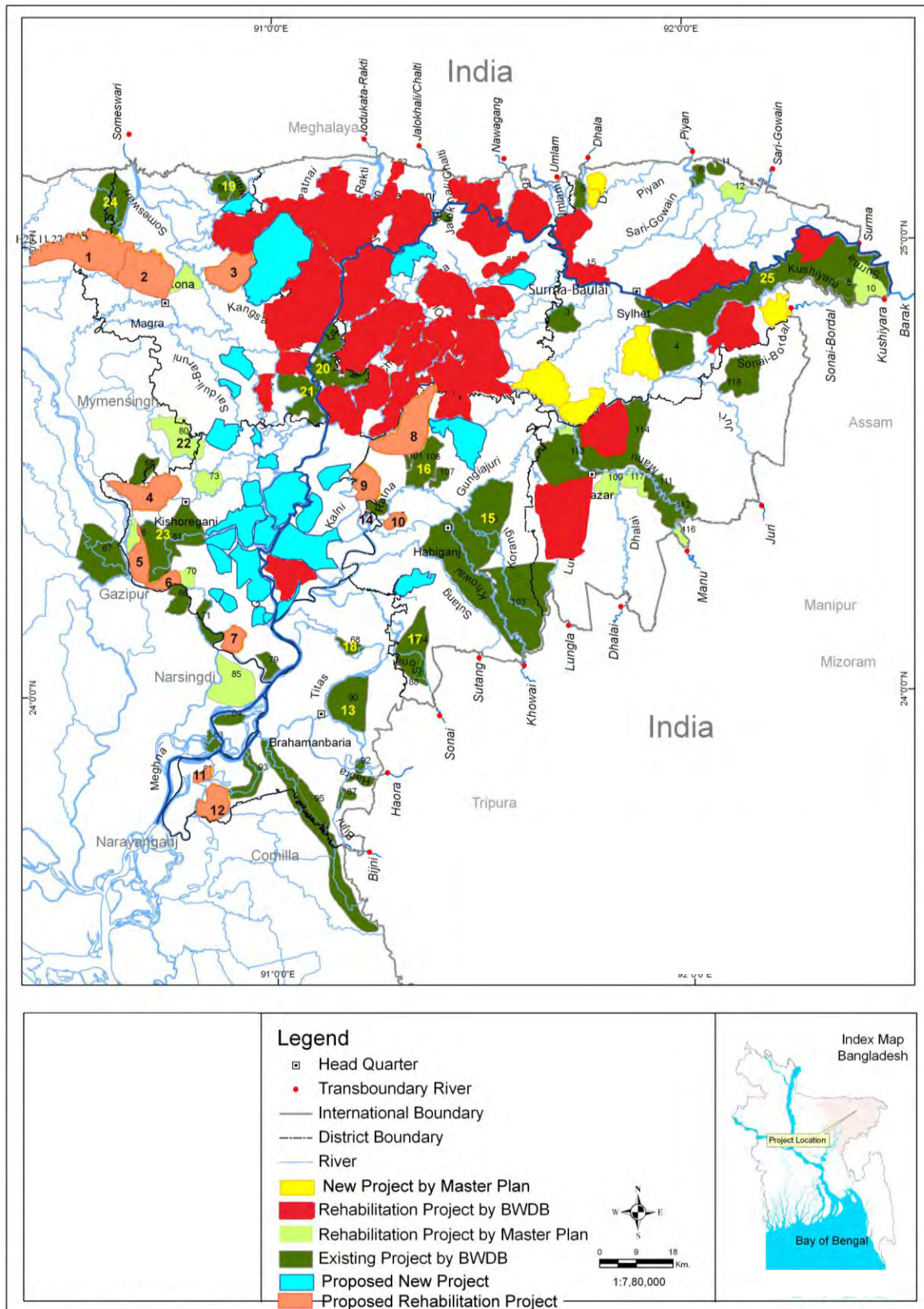
No.	Sub-project name	Location	Principal features of major structures
		Habiganj	Maintenance equipments = 1no.
10.	Aralia Khal Scheme	Upzila: Baniachong District: Habiganj	Reinstallation of Gearbox=4nos. Re-excavation of Canal=2.4km Maintenance equipments = 1no.
11.	Chandal Beel Scheme	Upzila: Bancharampur District: Brammanbaria	Resection of Embankment=100m(Full) Fully replacement of Gate with related mechanical equipments=2nos. Re-excavation of Canal=1.5km Maintenance equipments = 1no.
12.	Satdona Beel Scheme	Upzila: Bancharampur District: Brammanbaria	Installation of Stoplogs =2sets Fully replacement of Gate with related mechanical equipments=2nos. Maintenance equipments = 1no.
13	Datta Khola and Adjoining Beel Scheme	Upazila: Sadar, Mojlishpur District: Brammanbaria	Re-excavation of canal = 73.5km (total canal length)
14	Cheghaia Khal scheme	Upazila: Baniachong District: Habiganj	Embankment=130m Replacement of Gearbox =1no. Re-excavation of canal = 4.5km
15	Gangajuri FCD sub-project	Upazila; Bahubol, Baniachong & Sadar District Habiganj	Embankment =600m (Full) Replacement of Gearbox =19nos. Replacement of hoist rod = 1no. Re-excavation of canal =4.5km
16	Sukti River Embankment Project	Upazila; Ajmirigang, Baniachong District Habiganj	Repair works of submergible embankment are carried out by BWDB. Re-excavation of canal =11.5km
17	Madhapur scheme	Upazila; Madhapur District Habiganj	Embankment =1,260m (Full) Re-excavation of canal =38km
18	Akashi and Shapla Beel scheme	Upazila; Nasirnagar, Sarail District: Brammanbaria	Embankment =150m (Full) Re-excavation of canal =6.5km
19	Mohadao Nodi Embankment scheme	Upazila; Kamlakanda District Netrakona	Embankment = 420m (Full) = 120m (Submergible)
20	Kaliajuri polder #02 scheme	Upazila; Kaliajuri District Netrakona	Embankment = 810m (Submergible) Replacement of Gearbox =19nos.
21	Kaliakjuri polder #04 scheme	Upazila; Kaliajuri District Netrakona	Embankment = 630m (Submergible) Fully replacement of Gate with related mechanical equipments=2nos. Replacement of Gearbox=1no.
22	Sukaijuri Bathai sub-project	Upazila; Nandail, Tarail, Kendua District	Embankment = 70m (Full) Replacement of Gearbox =1no.

No.	Sub-project name	Location	Principal features of major structures
		Mymensingh, Kishoreganj, Netrakona	(M/P で提案されているが、プロジェクトの大部分がマイメンシン(Mymensingh)県に含まれている。この案件は実施の際に担当事務所がイメンシン(Mymensingh)県となるが、マイメンシンは対象 5 県から外れているため、本検討から外す。)
23	Singua River scheme	Upazila; Pakundia, Kishoreganj Sadar, Nikli District Kishoreganj,	Re-excavation of canal =55km
24	Someswari River Embankment Project	Upazila; Durgapur District Netrakona	Embankment = 1,970m (Full) Replacement of Gearbox=1no.
25	Surma River Scheme	Upazila: Beani Bazar , Dakshin Surma, Golapganj Sylhet Sadar Zakiganj District Sylhet	Full Embankment=60km (It assumed that 50% of embankment is damaged.)
ii) Development of new haor projects			
26	Badla Haor Project	Upazila: Itna, Karimganj, Tarail District: Kishoreganj	Embankment=10.8km Re-excavation of canal = 2km 2-vent Regulator = 2nos.
27.	Dharmapasha Rui Beel Project	Upazila: Dharmapasha, Kalmakanda, Barhatta, Mohanganj District: Sunamganj & Netrakona	Embankment=57.1km Re-excavation of canal = 5km 9-vent Regulator = 3nos. 8-vent Regulator = 2nos. 6-vent Regulator = 1no. 3-vent Regulator = 1no.
28.	Charigram Haor Project	Upazila: Mithamain, Austagram, Itna, Nikli District: Kishorganj	Embankment=25.7km Re-excavation of canal = 3km 4-vent Regulator = 1no. 1-vent Regulator = 1no.
29.	Bara Haor (Kamlakanda)	Upazila: Kamlakanda, Dharmapasha District: Netrakona	Embankment=27.0km Re-excavation of canal = 40km 5-vent Regulator = 1no. 1-vent Regulator = 1no.
30.	Ayner Gupi Haor	Upazila: Austagram, Bajitpur District: Kishorganj	Embankment=13.7km 3-vent Regulator = 1no.
31.	Bara Haor Sub Project (Austagram)	Upazila: Austagram, Mithamain,	Embankment=60.3km Re-excavation of canal = 40km 11-vent Regulator =2nos.

No.	Sub-project name	Location	Principal features of major structures
		Nikli, Itna, Karimganj District: Kishorganj	4-vent Regulator = 1no. 3-vent Regulator = 1no.
32.	Boro Haor Project (Nikli)	Upazila: Karimganj, Katiadi, Kishoreganj Sadar, Nikli District: Kishorganj	Embankment=9.6km Re-excavation of canal = 10km 9-vent Regulator = 2nos. 3-vent Regulator = 1no.
33.	Chandpur Haor Project	Upazila: Katiadi, Nikli District: Kishorganj	Embankment=2.1km Re-excavation of canal = 5km 4-vent Regulator = 1no. 1-vent Regulator = 1no.
34.	Dulapur Haor Project	Upazila: Bajitpur District: Kishorganj	Embankment=8.3km Re-excavation of canal = 3km 2-vent Regulator = 1no.
35.	Golaimara Haor Project	Upazila: Bajitpur District: Kishorganj	スポット標高の測量結果及び水利解析の結果、プレモンスーン期の10年確率水位より地盤高が高い事が判明したため、洪水対策の対象から除く
36.	Joyariya Haor Project	Upazila: Bajitpur, Kuriar Char District: Kishorganj	スポット標高の測量結果及び水利解析の結果、プレモンスーン期の10年確率水位より地盤高が高い事が判明したため、洪水対策の対象から除く
37.	Korati Haor Project	Upazila: Kalimganj, Nikli District: Kishorganj	Embankment=40.4km Re-excavation of canal = 4km 4-vent Regulator = 1no. 1-vent Regulator = 1no.
38.	Kuniarbandh Haor Project	Upazila: Bajitpur, Kuliar Char District: Kishorganj	Embankment=8.3km 1-vent Regulator = 1no.
39.	Naogaon Haor Project	Upazila: Itna, Karimganj, Mithamain, Nikli District: Kishorganj	Embankment=34.1km Re-excavation of canal = 20km 9-vent Regulator = 2nos. 8-vent Regulator = 1no. 4-vent Regulator = 1no.
40.	Noapara Haor Project	Upazila: Austagram, Karimganj, Nikli District: Kishorganj	Embankment=28.3km Re-excavation of canal = 7km 3-vent Regulator = 1no. 2-vent Regulator = 1no. 1-vent Regulator = 1no.
41.	Nunnir Haor Project	Upazila: Bajitpur, Kariadi, Nikli District: Kishorganj	Embankment=25.5km Re-excavation of canal = 20km 5-vent Regulator = 1no. 2-vent Regulator = 2nos.
42.	Sarishapur Haor Project	Upazila: Bajitpur	Embankment=7.1km Re-excavation of canal = 5km

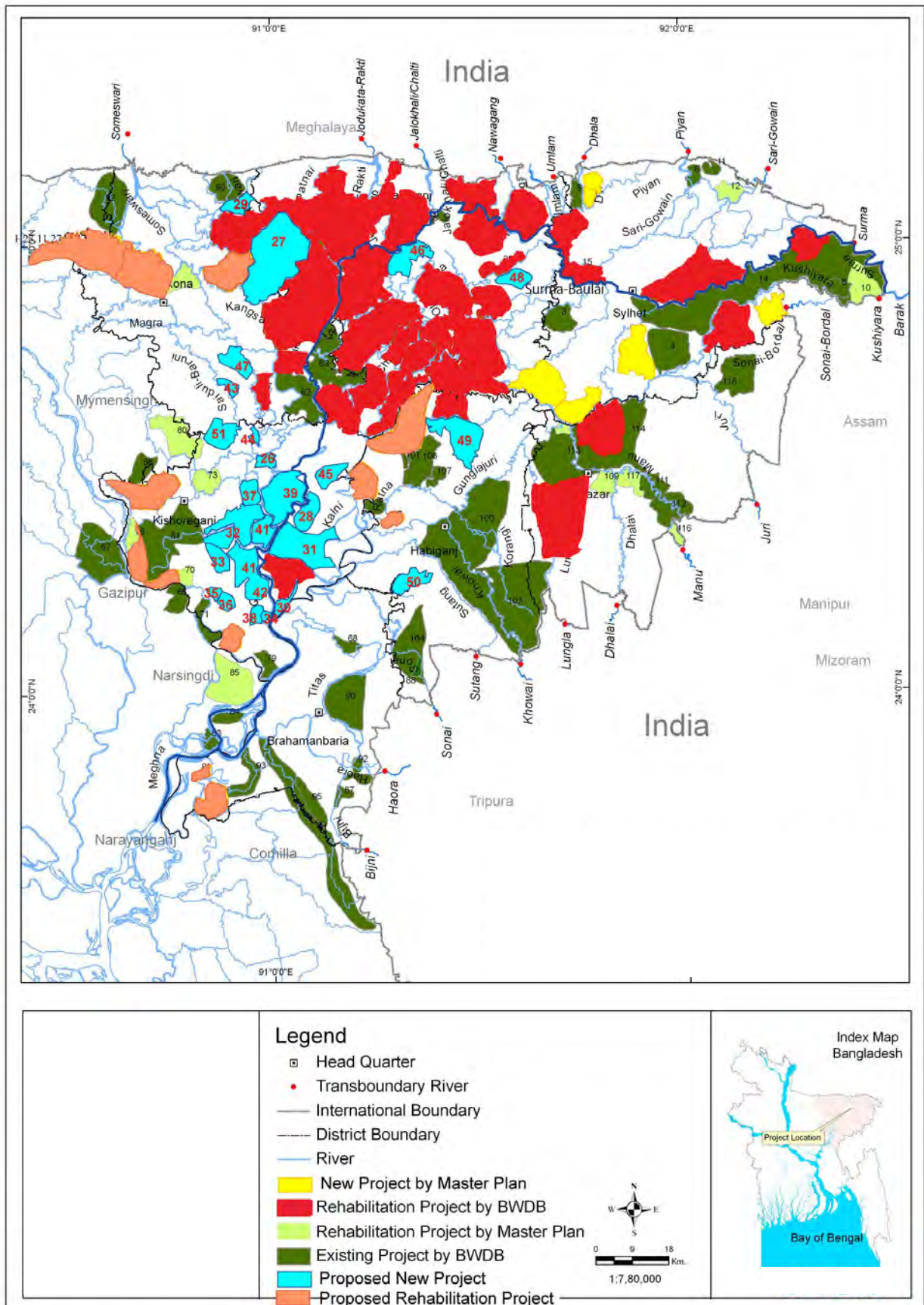
No.	Sub-project name	Location	Principal features of major structures
		District: Kishorganj	1-vent Regulator = 1no.
43.	Bansharir Haor Project	Upazila: Kendua, Madan District: Netrakona	Embankment=18.0km 1-vent Regulator = 2nos.
44.	Chatal Haor Project	Upazila: Tarail, Itna, Madan District: Kishorganj	Embankment=5.7km Re-excavation of canal = 11km 1-vent Regulator = 2nos.
45.	Dakhshiner Haor Project	Upazila: Ajmirganj, Itna, Mithamain District: Kishorganj	Embankment=18.3km Re-excavation of canal = 10km 6-vent Regulator = 1no. 3-vent Regulator = 1no.
46.	Dhakua Haor Project	Upazila: Dakshin, Sunamganj, Jamalganj, Sunamganj Sadar District: Sunamganj	Embankment=36.5km Re-excavation of canal = 30km 5-vent Regulator = 1no. 3-vent Regulator = 1no. 1-vent Regulator = 1no.
47.	Ganesh Haor Project	Upazila: Madan, Atpara District: Netrokona	Embankment=22.5km Re-excavation of canal = 3km 3-vent Regulator = 1no. 2-vent Regulator = 1no.
48.	Jaliar Haor Project	Upazila: Chhatak District: Sunamganj	Embankment=6.8km Re-excavation of canal = 8km 2-vent Regulator = 1no. 2-vent Regulator = 1no.
49.	Mokhar Haor Project	Upazila: Habiganj Sadar, Baniachanpur, Ajmirganj District: Habiganj	Embankment=68.8km Re-excavation of canal = 110km 5-vent Regulator = 1no. 4-vent Regulator = 2nos. 3-vent Regulator = 2nos.
50.	Shelnir Haor Project	Upazila: Nasirnagar District: Habiganj & Brahmanbaria	Embankment=30.1km Re-excavation of canal = 2km 1-vent Regulator = 3nos.
51.	Suniar Haor Project	Upazila: Tarail District: Kishorganj & Netrakona	Embankment=16.2km Re-excavation of canal = 25km 4-vent Regulator = 1no. 1-vent Regulator = 1no.

出典 : JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 7.2.2 リハビリプロジェクト位置図



出典：JICA 調査団

図 7.2.3 新規プロジェクト位置図

(2) 施設の選定

これら 51 のプロジェクトをリハビリプロジェクトと新規プロジェクトに分け、各々のグループから提案プロジェクトを選定する。この内リハビリプロジェクトでは、Sukajuri Bathai sub-project、Upper Suruma River scheme は対象 5 県の BWDB 事務所ではなく他の事務所が実施する事になるため除外する。また新規については、Golaimara Haor Porject, Joyariya Haor Project のスポット標高測量の結果により地形的に潜水堤防の必要がない事が判明したため除外する。

このため、47 プロジェクトから各グループ内の優先順位は、プロジェクトの経済性の観点から決定する。

指標を用いて、優先順位の検討に当っては以下の仮定を用いる。

- 水田の 1ha 当りの収量は、本調査対象地域内では全て同じ収量とする。
- ボロ米の ton 当りの経済価値は、本調査対象地域内では全て同じ収量とする。
- 稲作の被害算定に当って、「バ」国では冠水深と浸水日数の関係から被害率を算定している事例がないため、対象地域内の案件である Kalni-Kushyara River Improvement Project で採用している確率年に対する被害率を準拠する(表 7.2.2 参照)。

表 7.2.2 稲作の被害率

超過洪水	被害率 (%)
2 年確率	6.4
5 年確率	26.4
10 年確率	36.1
20 年確率	55.5*

注 *20年確率の被害率は5,10年の外挿にて求めている。2,5,10年の被害率算定の詳細は附録7.3に示す。

出典：Kalni-Kushyara River Improvement Project

表 7.2.2 以外の超過確率に関しては、表 7.2.2 の値の内挿もしくは外挿で算定する。

経済性の検討に際して、被害額は以下の式で求められる。

$$(\text{被害額}) = (\text{ボロ米の単価}(\text{BDT}/\text{ton})) \times (\text{稲作収量}(\text{ton}/\text{ha})) \times (\text{被害面積}(\text{ha})) \times (\text{被害率}(\%))$$

ここでは、ボロ米の単価および 1ha 当りのボロ米の収量は調査対象地域内で等しいと仮定しているため、優先順位の相対評価は選定において (被害額) を次式に置き換える事が出来る。

$$(\text{被害額相当}) = (\text{被害面積}(\text{ha})) \times (\text{被害率}(\%))$$

これより経済性による優先順位は、(年平均被害軽減期待額相当)/(工事費)によって算定できる。

- リハビリ事業で、潜水堤防天端が損傷を受けており、設計水位であるプレモンズーン 10 年確率以下でも越水を引き起こしており、予算不足により修復がなされていない場所が多い事から、被害については 2 年確率洪水を超える洪水で発生するものとする。
- M/P および BWDB でもリハビリ対象となっていない案件の内、優先順位の高いものはプロジェクトの効果が高いため、新たにリハビリの対象とする。

表 7.2.3 に各グループの優先順位を示す。

表 7.2.3 各プロジェクトの優先順位

(1) リハビリテーションプロジェクト

No.	Name of Project	Annualized Benefit B	Cost (mil. BDT) C	B/C	Rank	Remark
1	Dampara Water Management Scheme	1,167	32.0	36.5	9	M/P提案事業
2	Kangsa River Scheme	1,149	4.6	248.2	3	M/P提案事業
3	Singer Beel Scheme	360	7.9	45.8	7	M/P提案事業
4	Baikhali Khal Scheme	768	6.2	123.8	5	M/P提案事業
5	Alalia-Bahadia Scheme	135	17.0	7.9	15	M/P提案事業
6	Modkhola Bhairagirchar sub-project Scheme	167	16.3	10.2	13	M/P提案事業
7	Ganakkhali Sub-scheme	154	0.3	494.1	2	M/P提案事業
8	Kairdhala Ratna Scheme	758	1.1	677.8	1	M/P提案事業
9	Bahira River Scheme	273	113.6	2.4	23	M/P提案事業
10	Aralia Khal Scheme	100	5.5	18.3	11	M/P提案事業
11	Chandal Beel Scheme	104	25.8	4.0	22	M/P提案事業
12	Satdona Beel Scheme	188	34.7	5.4	21	M/P提案事業
13	Datta Khola and Adjoining Beel Scheme	1,044	154.4	6.8	17	
14	Cheghaia Khal scheme	82	14.9	5.5	20	
15	Gangajuri FCD sub-project	1,368	36.2	37.8	8	優先順位が高く、プロジェクトの効果も大きいため対象案件とする
16	Sukti River Embankment Project	513	24.2	21.2	10	
17	Madhapur scheme	737	131.5	5.6	19	
18	Akashi and Shapla Beel scheme	154	19.8	7.8	16	
19	Mohadao Nodi Embankment scheme	158	17.7	8.9	14	
20	Kaliajuri polder #02 scheme	411	5.0	81.5	6	優先順位が高く、プロジェクトの効果も大きいため対象案件とする
21	Kaliakjuri polder #04 scheme	399	2.7	148.2	4	優先順位が高く、プロジェクトの効果も大きいため対象案件とする
22	Sukaijuri Bathai sub-project					主となる事務所がマイメンシン事務所となり、対象5県外であるため、対象外とする。
23	Singua River scheme(Drainage and Irrigation)	674	115.5	5.8	18	
24	Someswari River Embankment Project	851	81.0	10.5	12	
25	Upper Surma River Scheme					浚渫事業を同時に実施する必要がある。 維持浚渫が必要であるが維持管理費の不足から難しい。

(2) 新規プロジェクト

No.	Name of Project	Annualized Benefit B	Cost (mil. BDT) C	B/C	Rank	Remark
26	Badla Haor Project	85	135.1	0.6	9	
27	Dharmapasha Rui Beel Project	1,286	1,119.5	1.1	5	
28	Charigram Haor Project	239	329.5	0.7	8	
29	Bara Haor (Kamlakanda)	164	1,001.6	0.2	17	
30	Ayner Cupi Haor	3	328.6	0.0	24	
31	Bara Haor Sub Project (Austagram)	755	1,025.7	0.7	7	
32	Boro Haor Project (Nikli)	479	236.9	2.0	1	
33	Chandpur Haor Project	70	58.5	1.2	4	
34	Dulapur Haor Project	29	197.9	0.1	18	
35	Korati Haor Project	123	962.4	0.1	19	
36	Kuniarbandh Haor Project	7	217.0	0.0	22	
37	Naogaon Haor Project	667	380.3	1.8	2	
38	Noapara Haor Project	141	565.7	0.3	16	
39	Nunnir Haor Project	207	349.8	0.6	11	
40	Sarishapur Haor Project	10	101.1	0.1	21	
41	Bansharir Haor Project	27	237.7	0.1	20	
42	Chatal Haor Project	43	111.1	0.4	12	
43	Dakhshiner Haor Project	180	288.6	0.6	10	
44	Dhakua Haor Project	228	620.3	0.4	14	
45	Ganesh Haor Project	117	312.0	0.4	13	
46	Jaliar Haor Project	114	95.4	1.2	3	
47	Mokhar Haor Project	451	1,444.2	0.3	15	
48	Shelnir Haor Project	10	323.9	0.0	23	
49	Suniar Haor Project	118	148.6	0.8	6	

出典：JICA 調査団

1) 既存ハオールプロジェクトのリハビリテーションの提案

既存ハオールの構造物調査において、23 の既存ハオールプロジェクトを調査した。内 M/P で提案している 12 案件と、M/P 及び BWDB のどちらもリハビリテーションを対象としていない 11 案である。この調査をベースに優先順位の検討を実施した。

M/P は「バ」国政府において承認されており、その中で提案されているプロジェクトであるため、この 12 案件(表 7.2.3 中の 1-12 の案件)実施を提案する。さらに M/P 及び BWDB でもリハビリ対象としていないハオールプロジェクト中で、M/P で選定されたプロジェクトよりも評価の高いプロジェクトがあるため、M/P、BWDB でリハビリテーション対象から外れている 3 案件を追加で提案する。これより、本調査でのリハビリテーション提案案件は 15 案件とする。

2) 新規プロジェクトの提案

新規プロジェクトに関しても、既存ハオールプロジェクトのリハビリテーションと同様に「バ」国政府において承認されている M/P で提案されているプロジェクトであるため、ここでは 24 の新規プロジェクトについての実施を提案する。

(3) 新規プロジェクトによる影響

1) 事業実施に伴う Tanguar Haor への影響の水理的な検討

ラムサール条約に登録された Tanguar Haor はシュナムゴンジ(Sunamganj)県内北部のインドとの国境地域に位置し、その西側に丘陵分水嶺を有し、南側には潜水堤防が建設され、ハオール地域における流水の流入・流出の現状は以下の通りである (図 7.2.4 参照)。

(i) ハオール地域への流水の流入

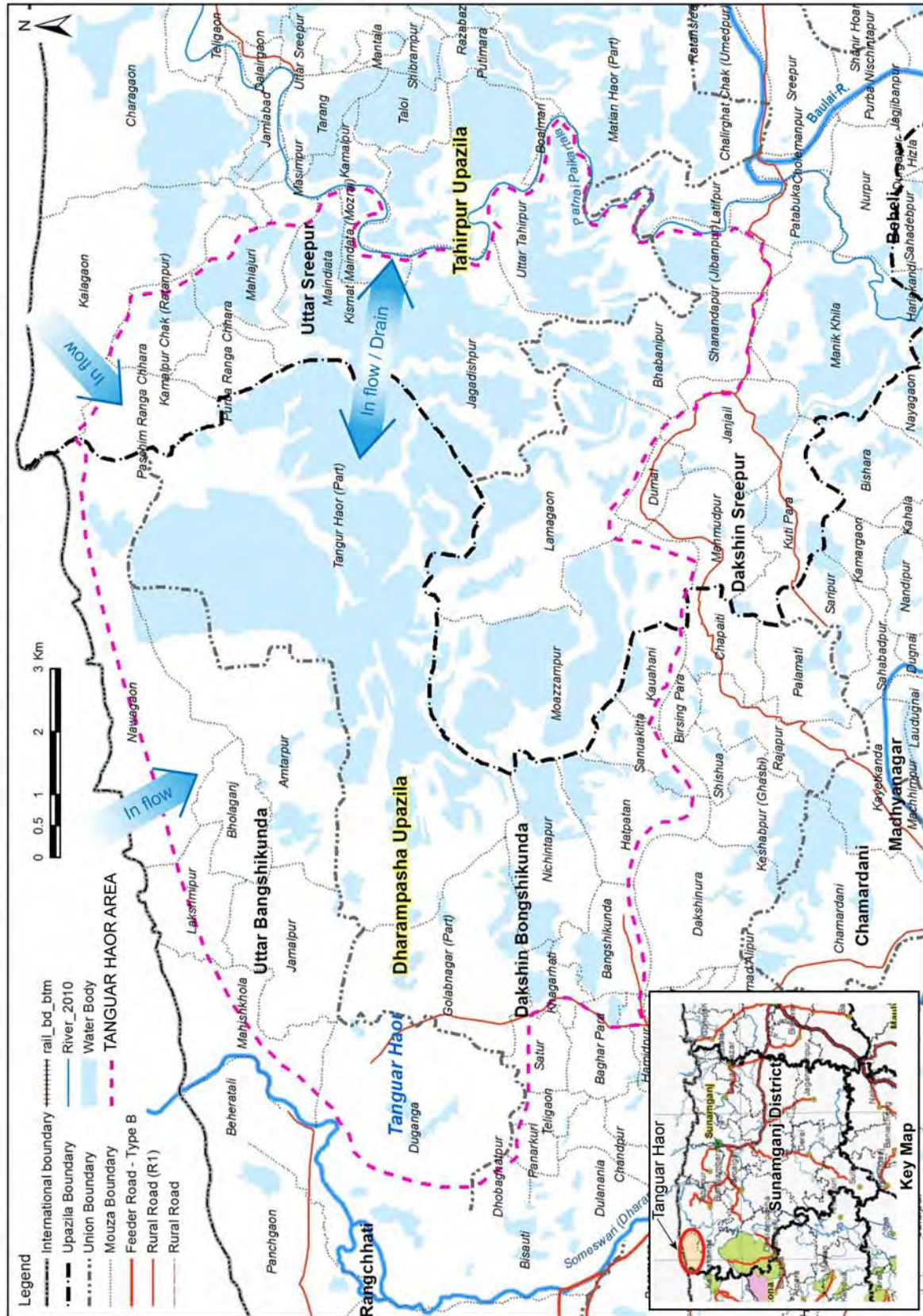
ハオール地域には、以下に列挙するように北部のインド国境丘陵河川、東側の隣接河川、下流バウライ(Baulai)川から水が流入している。

- 北部 Uttar Bangshikunda Union および東部 Uttar Sreepur Union 内のインドとの国境から流入する丘陵河川からの流入
- ハオール地域の東側で隣接する Patnai Paikartala 川から同河川沿いの道路や潜水堤防の決壊箇所を通しての流入
- プレモンスーン・モンスーン期における下流バウライ(Baulai)川から Patnai Paikartala 川を通しての逆流

(ii) ハオール地域からの水の流出

ハオール地域は、東部 Uttar Sreepur Union にある複数の小河川を通してプレモンスーン・ポストモンスーン期に Patnai Paikartala 川に排水している。

前述のプレモンスーン洪水防御・排水事業 (ハオール事業のリハビリおよび新規開発事業) が Patnai Paikartala 川とバウライ(Baulai)川の合流点付近において流況への影響が無いように計画されていることから、流水が上記のように流入・流出している Tanguar Haor 地域においても本事業の実施に伴う水理的な影響は生じないものと考えられる。



出典：JICA 調査団

図 7.2.4 Tanguar Haor 地域における流水の流入および流出

2) ダッカ(Dhaka)に対する影響

当初、浚渫を視野に入れダッカ(Dhaka)への影響検討を考慮していたが、後述する様に浚渫の必要性はあるものの、JICA 支援事業のコンポーネントとしてはすぐわないため、浚渫事業は除外する事を提案している。

浚渫を実施しないという条件の場合、ハオールエリアからの流出量は現在と同様であり、かつ、ダッカへの影響はメグナ(Meghna)川下流のパドマ(Padma)川の水位条件に支配されるため、ハオールプロジェクトを実施した場合でも影響はない。

3) イトナ周辺の新規プロジェクトによる影響

イトナ(Itna)下流に複数の新規ハオールプロジェクトが計画されている。しかしながら、このエリアはプレモンスーンの洪水時には元来氾濫しながら洪水が流下する状況にあった。この流れを河道に押し込める事により、河川水の水位上昇を引き起こす事となり、上流の既存ハオールプロジェクトに影響を及ぼす危険性があるため、HEC-RAS を用いて新規プロジェクトによる水位上昇を検討した（詳細は附録 7.1 を参照）。検討の結果、Charigram Haor Project による上流既存ハオールプロジェクトへの影響が大きい（Itna 直上流既存ハオール地点で約 10cm の水位上昇）ため、何らかの対策が必要となる。今後 Charigram Haor Project を実施する上でさらに詳細な検討は必要であるが、現時点で考える対策として、a)河道浚渫、b)上流影響区間の既存ハオールプロジェクト潜水堤防の嵩上げおよび c)河道浚渫と潜水堤防嵩上げの併用が考えられる。

また、スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川とカルニ-クシヤラ(Kalni-Kusshiyra)川の氾濫水がスルマ-バウライ(Surma-Baulai)川からカルニ-クシヤラ(Kalni-Kusshiyra)川へと流れる場合とカルニ-クシヤラ(Kalni-Kusshiyra)川からスルマ-バウライ(Surma-Baulai)川へと流れる場合が想定されるため、この流れを阻害する Bara Haor Sub-project (Austgram)の建設を考える場合については、Surma-Baulai 川、kalni-kushiyara 川間の氾濫水の移動を阻害しない様な対策の検討が必要となる。

このため、JICA 支援事業としてこの 2 案件は提案から除外するが、この 2 案件を建設する場合の水理的なインパクトについてより詳細なモデルで検討した上で、水理的影響への対策を取り入れ実施すべきである。

(4) 提案プロジェクト

上記検討結果より、リハビリプロジェクト 15 プロジェクトおよび新規プロジェクト 22 プロジェクトの合計 37 プロジェクトを提案する。表 7.2.4 に提案プロジェクトのリストを、図 7.2.5 に提案プロジェクトの位置図を示す。

表 7.2.4 提案プロジェクト

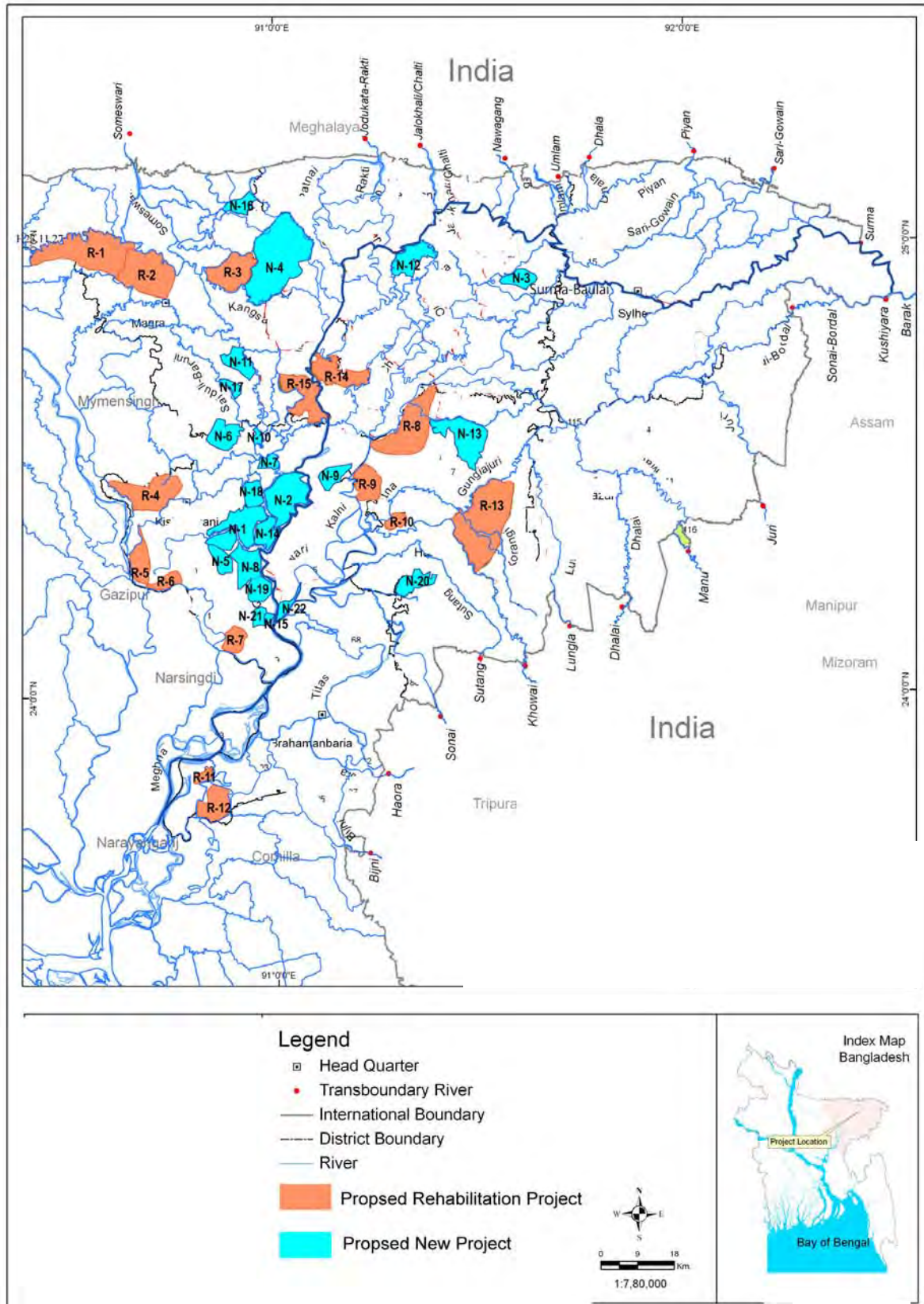
(1) リハビリプロジェクト

No.	Name of Project	Annualized Benefit B	Cost (mil. BDT) C	B/C	Rank	Remark
R-1	Dampara Water Management Scheme	1,166.5	32.0	36.496	9	M/P提案事業
R-2	Kangsa River Scheme	1,148.6	4.6	248.163	3	M/P提案事業
R-3	Singer Beel Scheme	359.6	7.9	45.793	7	M/P提案事業
R-4	Barakhali Khal Scheme	767.8	6.2	123.842	5	M/P提案事業
R-5	Alalia-Bahadia Scheme	134.6	17.0	7.912	12	M/P提案事業
R-6	Modkhola Bhairagirchar sub-project Scheme	166.5	16.3	10.231	11	M/P提案事業
R-7	Ganakkhali Sub-scheme	154.1	0.3	494.123	2	M/P提案事業
R-8	Kairdhala Ratna Scheme	757.9	1.1	677.758	1	M/P提案事業
R-9	Bahira River Scheme	273.3	113.6	2.405	15	M/P提案事業
R-10	Aralia Khal Scheme	99.8	5.5	18.295	10	M/P提案事業
R-11	Chandal Beel Scheme	104.2	25.8	4.032	14	M/P提案事業
R-12	Satdona Beel Scheme	187.6	34.7	5.413	13	M/P提案事業
R-13	Gangajuri FCD sub-project	1,368.4	36.2	37.840	8	優先順位が高く、プロジェクトの効果も大きいため対象案件とする
R-14	Kaliajuri polder #02 scheme	410.6	5.0	81.515	6	優先順位が高く、プロジェクトの効果も大きいため対象案件とする
R-15	Kaliajuri polder #04 scheme	399.3	2.7	148.241	4	優先順位が高く、プロジェクトの効果も大きいため対象案件とする

(2) 新規プロジェクト

No.	Name of Project	Annualized Benefit B'	Cost (mil. BDT) C	B/C	Rank	Remark
N-1	Boro Haor Project (Nikli)	479	236.9	2.022	1	
N-2	Naogaon Haor Project	667	380.3	1.754	2	
N-3	Jaliar Haor Project	114	95.4	1.198	3	
N-4	Dharmapasha Rui Beel Project	1,286	1,119.5	1.148	5	
N-5	Chandpur Haor Project	70	58	1.191	4	
N-6	Suniar Haor Project	118	149	0.796	6	
N-7	Badia Haor Project	85	135	0.629	7	
N-8	Nunnir Haor Project	207	350	0.592	9	
N-9	Dakhshiner Haor Project	180	289	0.623	8	
N-10	Chatal Haor Project	43	111	0.387	10	
N-11	Ganesh Haor Project	117	312	0.375	11	
N-12	Dhakua Haor Project	228	620	0.367	12	
N-13	Mokhar Haor Project	451	1,444	0.313	13	
N-14	Noapara Haor Project	141	566	0.250	14	
N-15	Dulapur Haor Project	29	198	0.145	16	
N-16	Bara Haor (Kamlakanda)	164	1,002	0.164	15	
N-17	Bansharir Haor Project	27	238	0.115	18	
N-18	Korati Haor Project	123	962	0.128	17	
N-19	Sarishapur Haor Project	10	101	0.103	19	
N-20	Shelnir Haor Project	10	324	0.032	21	
N-21	Kuniarbandh Haor Project	7	217	0.033	20	
N-22	Ayner Gupi Haor	3	329	0.009	22	

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 7.2.5 提案プロジェクト位置図

7.2.3 河川浚渫事業

ディープハオールでは、雨季の終わりから乾季にかけてボロ米の作付けを開始するため、ポストモンスーン期には水路、樋門経由で速やかに河川へ内水排除を行う必要があり、河川水位を早く低下させる事が求められる。一方、中小洪水時には氾濫を防ぐため河川の流下能力の確保も求められる。さらに、スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川は舟運が盛んなため、舟運のための最低水深の確保も併せて求められる。これらの要求に対して、M/Pでは5区間の浚渫を提案している(図5.4.4参照)。

1) スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川のダルマパッシャ(Dharampasha)から下流区間

この区間は、図7.1.2の流下能力図でも判る様に、ダルマパッシャ(Dharmapasha)下流付近が流下能力の低く、かつイトナ(Itna)の上下流では最低河床が高くなっている。このため、流下能力が低くかつ舟運にも悪影響を与える可能性が高い。流下能力に関しては、下流の背水の影響がある区間であるため、浚渫による効果は上流区間に比べて低いが、ディープハオール内の内水を少しでも早く排除するためには浚渫は重要な対策である。また、道路網があまり発達していないこの地域での舟運は重要であるため、舟運の観点からも浚渫が必要である。表7.2.5にM/Pで提案されているダルマパッシャ(Dharampasha)下流区間の浚渫量を示す。

表 7.2.5 浚渫区間及び浚渫量

District	Upazila	Distance(km)	Width(m)	Depth(m)	Volume (10 ³ m ³)
i) Suruma-Baulai River (D/S from Dharampasha)					
Sunamganj	Dharampasha	4.3	7	1.00	30.0
Netrakona	Khaliajuri	18.7	50	2.80	2,618.0
		4.4	6	2.58	68.0
		4.4	33	0.50	72.6
Kishoreganj	Itna	4.7	108	0.40	203.0
		8.5	101	0.21	176.0
	Mithamain	6.0	124	1.06	784.9
		4.5	168	2.35	1,776.6
		7.0	138	0.33	314.0
計		62.5			6,043.1
ii) Katkhal Channel					
Kishoreganj	Mithamain	12.8	123	4.56	3,827.9

出典: "Master Plan of Haor Area, Water Resources, Ministry of Water Resources, April 2012"

2) カトカル水路(Katkhal Channel)

カトカル水路(Katkhal Channel)は、スルマ-バウライ(Sumara-Baulai)川とカルニクシヤラ(Kalini-Kushiyara)川を接続する水路であり、この両河川の往来のために重要な水路であるが、堆砂に寄り水路床が上昇しており、舟運およびこの地域のハオールからの内水排除の観点から、浚渫が必要である。表7.2.5にM/Pで提案されている数量を示す。

3) スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川のチャタック(Chatak)からシュナムゴンジ(Sunamganj)間

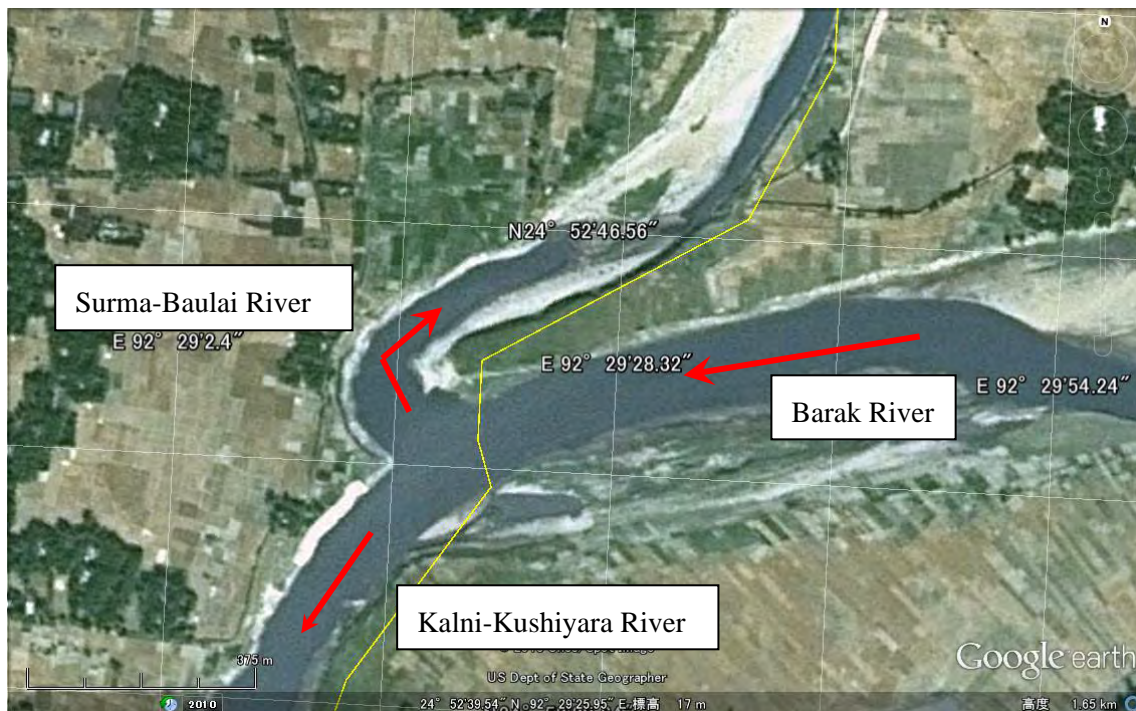
この区間の中で、一部河床上昇を起こしている区間があり、流下能力を低下させている区間がある。この区間は、Sylhet 県との県境から右岸側にハオールプロジェクトが位置しており、潜水堤防が建設されているが、左岸側はシュナムゴンジ(sunamganj)市直上流にハオールプロジェクトによる潜水堤防があるのみである。このため、洪水時はまず左岸側に位置する派川に分流し、その流下能力を越えて氾濫するかもしくはスルマ-バウライ川左岸から氾濫を開始

する。その後左右岸どちらかの潜水堤防を越流しシュナムゴンジ(Sunamganj)市の上流において自然遊水池を形成すると推察される。

シュナムゴンジ(Sunamganj)市は県の中心地であるためこの地域を守る事は重要であり、ハオールプロジェクトの配置から考えると、計画としては上流の自然遊水池を最大限有効活用する事が望ましい。しかし、河床上昇が今後進行すると洪水発生の早期段階で氾濫を引き起こしてしまうため、流下能力の確保という観点から、この区間での流下能力確保のための対策(例えば浚渫)を実施する事は有効と考えられる。

4) カナルガット(Kanalgaht)から国境地点まで

バラック(Barak)川が国境地点で、スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川とカルニクシヤラ(Kalini-Kushiyara)川に分流する。分流の状況を図 7.2.6 に示す。



出典: Google earth の画像上に JICA 調査団が追記

図 7.2.6 バラック(Barak)川とスルマ-バウライ(Surma-Baula)川およびカルニ-クシヤラ(Kalini-Kushiyara)川の位置関係

分流地点の平面形状から判る様に、カルニ-クシヤラ(Kalini-Kushiyara)川への分流量に比べてスルマ-バウライ(Surma-Baula)川への分流量が少ない。一方、「バ」国はスルマ-バウライ(Surma-Baula)川への分流量を増加したい考えである。しかし、川が中心が国境のため平面形状を変える事が出来ないため、M/P では浚渫により縦断形状を変えることでスルマ-バウライ(Surma-Baula)川の流量増加を図ろうと考えている。さらに、スルマ-バウライ(Surma-Baula)川とカルニ-クシヤラ(Kalini-Kushiyara)川に挟まれたエリアでは内水排除の問題から浸水被害が発生しており、内水排除の観点からも浚渫によって流下能力を増加させる事を考えている。内水排除の観点からの浚渫は効果があると考えられるが、分流量の増加に対しては非常に小さいと考えられる。

5) ジャドゥガタ(Jadugata)川

ジャドゥガタ(Jadukata)川は、インド領内の流域面積の大きい河川であり、メガラヤの土砂を「バ」国に流下させる。このため、ジャドゥガタ(Jadukata)川の下流では、堆砂が進行し乾期にはスルマ-バウライ(Surma-Baulai)川の合流地点付近では上流からの水が流れておらず、Jadukata 川の途中から西へと分流する河川を通過して、Sumara-Baulai 川に合流している。このため、河川の機能維持の観点から浚渫を実施する必要がある。

上記 5 区間について浚渫の必要性を述べたが、以下の理由により優先的に実施すべき浚渫対象区間として 3 区間(上記 1)~3)の区間) が考えられる。

- 4)の区間についての「バ」国の期待は、スルマ-バウライ川への分流量の増加であり、これに対して浚渫の効果が低いため。
- 5)の区間については、流入土砂が多いため頻繁に維持浚渫を実施する必要があるが、「バ」国の現状の維持管理費を鑑みると継続的に維持浚渫を実施する事が難しいため。

以上の事から、スルマ-バウライ(Surma-Baulai)川の現状を考慮すると

- 1) ダルマパッシャ(Dharampasha)から下流区間
- 2) カトカル水路(Katkhal Channel)
- 3) チャタック(Chatak)からシュナムゴンジ(Sunamganj)間

が、浚渫をすべき対象区間と考えられる。

JICA 支援事業としての実施の可能性

上記 1)-3)が優先的に浚渫すべき区間であるが、これを JICA 支援事業として提案する事は、以下の理由から難しい。

- 維持浚渫は「バ」国の資金によって実施する必要がある。しかし上記区間を、数年に 1 回程度の頻度で維持浚渫を実施するための予算確保が、現状の維持管理を見る限り難しいため、持続性の確保の観点からそぐわない。

第 8 章 洪水対策構造物の計画・設計

8.1 既存構造物に関する現状と妥当性評価

8.1.1 プレモンスーン期構造物対策



(1) 既存構造物に関する現状

モンスーン期に巨大な氾濫湖となるディープハオールエリアにおいて、モンスーン期を対象とした治水対策のための構造物対策は実施せず、プレモンスーン期におけるフラッシュフラッド対策のための潜水堤防建設及び内水排除のための水路と樋門が主要な構造物対策となっている。このように、現在まで潜水堤防によるプレモンスーン期の洪水防御の考え方に基づいて構造物対策が実施されてきた。

しかしながら潜水堤防の現状は、越水による部分的な損傷や人為的な潜水堤防のカット（農業用水を引き込むためやボートによる運搬路の確保等）により、潜水堤防が完全に機能している状況にはない。

	
<p>P-8-1</p> <p>Bashila River Sub-Project (潜水堤防全長 15km) 越流による侵食で堤防高が低くなっている。</p>	<p>P-8-2</p> <p>Singer Beel Project (潜水堤防の一部を農民たちが掘削しパイプを設置しているが、潜水堤防の天端まで埋め戻していない。)</p>
	
<p>P-8-3</p> <p>Chegaia Khal Scheme (舟運のため、潜水堤防を人為的にカットしている。写真はその修復状況) 注) 写真位置図は附録 4-4 に示す。</p>	<p>P-8-4</p> <p>Singer Beel Scheme (農業用水のため、農民が潜水堤防の一部をカットしている。)</p>

また、水路についてもモンスーン期に運ばれた土砂の堆積や水路側壁の侵食による堆砂等により水路の排水のための通水能力低下及び乾期当初にため池的な貯留を行うための容量不足の状況が発生している。

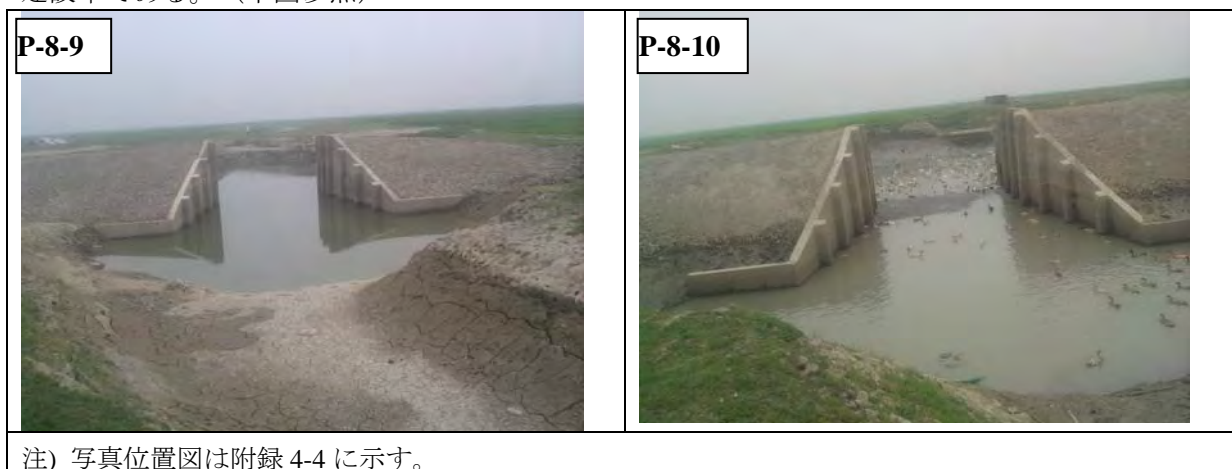
<p>P-8-5</p> 	<p>P-8-6</p> 
<p>Boraikali khal sub-project(水路内の堆砂が進行しており、排水能力および貯水容量の低下を起こしている。)</p>	<p>Dampara Water management Project(Kalihor khal の入り口付近で堆砂が進行しており、排水能力の低下を起こしている。)</p>
<p>注) 写真位置図は附録 4-4 に示す。</p>	

水路の下流端に設置されている樋門が全体の約半数は機能していない状況であり、内水排除や利水のための貯留およびフラッシュフラッド時の外水の流入防止といった目的が果たせない状況にある。

<p>P-8-7</p> 	<p>P-8-8</p> 
<p>Dampara Water management Project (5 門の樋門であるが、Gear box が損傷したため、外されたままで修理がなされていない。このため、ゲート操作が出来ない状況である。)</p>	<p>Khaliajuri-04 Project(ホイストデッキ、ギアボックスの損傷、導流壁コンクリートにクラック発生等。ゲート運転が不可能な状態)</p>
<p>注) 写真位置図は附録 4-4 に示す。</p>	

プレモンスーン期の洪水によって被害を受ける地域を洪水対策施設を建設する事によって防御するという「バ」国の考え方は妥当であるが、建設後の維持管理の問題、ギアボックスの盗難、一部の農民の自己都合による潜水堤防のカットと言ったモラルの問題及び農民と漁民の問題を解決せずにプロジェクトを実施してしまっているケースがあり、BWDB とステークホルダー間のプロジェクト実施に関して十分協議されていないと言った問題がある。

一方、今までモンスーン期の始めに河川水位上昇とともに潜水堤防内の水位を上昇させるため樋門を使っていたが、現在 BWDB においてコースウェイを試験的に Khaliajuri polder-4 Project で建設中である。（下図参照）



注) 写真位置図は附録 4-4 に示す。

また、表 8.1.1 に示すハオールにおいてもコースウェイの建設が計画されている。

表 8.1.1 コースウェイが計画されているハオールプロジェクト

No.	Name of Haor Project	Quantity (no.)	Total Cost (Lakh Tk)
1	Karchar Haor	6	325.74
2	Angurali Haor	2	108.58
3	Shanir Haor	1	54.29
4	Pagner Haor	5	271.45
5	Kalikota Haor	4	217.16
6	Udgal Beel	1	54.29
7	Naluar Haor	1	54.29
8	Chapitar Haor	1	54.29
9	Jamkhola Haor	1	54.29
10	Pathaechauli Haor	5	271.45
11	Shafique Haor	1	54.29
12	Nawtana Haor	2	108.58
13	Balali-Padmasri sub-project	1	54.29
14	Dewghar Haor	1	54.29
15	Humaiapur Haor	2	108.58
16	Makalkandi Haor	1	54.29
Total		35	1900.00

注 単価=54.29 Lakh Tk./基

出典: BWDB

この構造は、両側のコンクリート壁の間からポストモンスーン期に内水を排除し、この区間に盛土を行い。プレモンスーン期のフラッシュフラッド対応の潜水堤防の一部として機能させる。モンスーン期開始（計画上 5/16）時にこの盛土を人力で撤去し、河川水を引き込み堤内、堤外水位を同じ水位とすることで、潜水堤防の越流による決壊を防止するものである。

現在建設中であり、建設後の試験運用結果によっては、コースウェイの提案もあり得るが、現時点では有効性に関する結果が出ていないため、本調査における提案は控えるものとする。

(2) 既存構造物に関する妥当性評価

妥当性の評価にあたっては、計画面、設計面、施工面、維持管理面から妥当性を評価する。

1) 計画面

既存構造物に関して、プレモンスーン期の 10 年確率洪水対応の潜水堤防を配し、かつ内水排除や乾期の利水用水を確保するための水路及びその下流端に樋門を配置する計画は、妥当と

判断される。但し、上流から下流まで流域一貫した治水計画がないため、これを作成する必要がある。その上で、ディープハオール内の開発（潜水堤防）においても基準点の水位を越えない様に、その仕様を定めていく必要がある。

2) 設計面

設計面では、設計ガイドラインが制定されており、潜水堤防の計画規模(プレモンスーン期の10年確率対応)、安定計算等については、それに従って検討する事になっている。設計ガイドラインはBWDBの技術者、有識者によって検討がなされ作成されている。ガイドライン中の検討手法に関しては、他国の基準（主にUSBRが多く使われているが）を参考に検討しガイドラインとして採用されている。また、粒度分布や締固めに用いるランマーについて図面に記載されているが締固度はガイドライン、図面にも規定されておらずこの点は改善の余地があると考えられる。しかし、堤体材料に関しては現場で設計の粒土分布の材料が得られない場合、現地材料をやむなく使用してしまうため、設計時点で十分な材料調査が必要であろう。特に、リハビリ案件の場合BWDB設計部局が設計を行うが、その際に築堤材料に関してのチェックはあまりなされていないのが現状であり、この部分は工事中に必要なに応じて設計変更を行うという発想である。本来であれば、この段階で材料調査を実施し、それにあった堤体形状を提案する様に改善すべきと考えられる。

3) 施工面

上記潜水堤防の復旧写真でも判る様に、締固めがなされておらず、単に人力で近傍の土質材料を盛立てただけの状況が判る。このため、堤体材料の強度低下が起る。また、設計では堤体材料の粒径分布も示されているが、それに従っていないケースもある（ブレンドするための材料入手が難しいため）。この様に、施工において、設計通りの構造物が作られておらず、設計時点よりも、強度の弱い潜水堤防が建設されていると考えられる。

また、工事予算が少ないうえ、道路網の不備から、建設機械のアクセスが難しいハオールプロジェクトも多々あるものの、本施工前に試験施工を採用して含水比管理、機械化施工による締固め度の管理等を実施して得られた堤体材料の特性の設計へのフィードバックを行う必要がある。これより、現地材料を最大限活用した堤体形状の適用が可能となる。

4) 維持管理面

維持管理に関しては、BWDBの維持管理予算不足が大きな問題となっている。施設についてLGEDの様に住民へ移管し、その維持管理を住民に実施してもらうといった手法で、予算不足の部分を、裨益者にある程度負担してもらう事を考えざるを得ないと思われる。ハオール内に限らず、構造物の状況調査をする際に地元住民からBWDBが維持管理をしない（予算不足のため出来ない）ために、施設が機能していないという話を聞いた。BWDBの現地事務所でも、BWDB本庁に予算請求をしても維持管理費用は1-2割程度しか実際には配分されないため、維持管理をやりたいが出来ないという現実に直面している。

このため、現時点での構造物の維持管理に関しては妥当とは言えず、これをどの様に改善していくかが大きな課題である。

例えば、新規もしくはリハビリ時点で、初期投資は大きい維持管理費用の少ない材料及び

構造物を選定する考え方もある（この場合は、初期投資と維持管理費用を含めたライフサイクルコストで考える必要がある）。一方では、維持管理費用の一部を裨益者に負担してもらうシステムについて考える必要もある。

現在の状況が改善されない限り、リハビリ事業及び新規事業を実施しても、数年～十数年後には現在と同様な問題が発生すると考えられる。

8.1.2 モンスーン期構造物対策

(1) 既存構造物に関する現状

既存ハオールプロジェクトは、上述のディープハオールエリア内にその構造物が建設されているもの以外にも、氾濫原と呼ばれる地域に建設されているハオールプロジェクトもある。この場合の構造物は、堤防（Full Embankment）、場合によっては潜水堤防との組み合わせ、水路、樋門が一般的である。

堤防に関しては、侵食により堤防がダメージを受けているケースや、当初の余盛不足により現時点で天端標高が設計標高より低いケースや人為的なカットがある。

 <p>P-8-11</p>	 <p>P-8-12</p>
<p>Singer Beel Scheme (ガリー侵食)</p>	<p>Singer Beel Scheme (人為的カット)</p>
 <p>P-8-13</p>	 <p>P-8-14</p>
<p>Mohadao Nodi Scheme (河岸侵食)</p>	<p>Madhabpur Scheme (河岸侵食)</p>
<p>注) 写真位置図は附録 4-4 に示す。</p>	

一方、水路についてもやはり長期間にわたる水路内の堆砂があり問題となっており、樋門についても、操作できない樋門が多く存在している。

(2) 既存構造物に関する妥当性評価

1) 計画面

ハオール内の全体の治水計画というものはないが、水理的、環境的、社会的観点から、ディープハオール内のモンスーン期を対象とした構造物対策は行っていない（洪水との共生）。氾濫原では、堤防(Full Embankment)を建設し、2期作以上の作付けが可能となる様な事を考えている。一方、インド国境付近のスルマ-バウライ(Surma-Baulai)川とカルニ-クシヤラ(Karni-Kushiyara)川に挟まれた地域では内水排除の問題があり、これに対しては樋門や排水機場を建設している。この様に、洪水対策として必要な構造物対策は考えられており施設の投入はなされているが、M/Pにおいても具体的な河川管理計画は提示されていないため、ハオール地域全体での河川管理計画が必要であり、それに基づいて各構造物の妥当性が議論される必要がある。計画における、設計洪水位は、施設計画、設計のたびに計算で求められているが、治水対策上基準点（もし「バ」国が危険水位設定地点を基準点と考えるのであればそれでも良い）での高水流量を決定し、それをベースに構造物の計画がなされていない。河床変動を考慮すると現在の水位を基本とした計画から、流量を基本とした河川計画を実施すべきであろう。そのためには、水位観測所地点の定期的な流量観測及び水位－流量曲線の作成および定期的な更新、加えて「バ」国内の雨量観測所の整備といった、計画の基本と大きくかわる部分の整備が必要であろう。

2) 設計面

設計に際しては、設計ガイドラインにおける堤防の設計洪水位(20年確率水位)を基に設計されている。この解析も北東地域モデルをベースに検討する事となっているため、各堤防の水位設定方法については妥当であると考えられる。また、ガイドラインで提示している検討事項や検討方法については特に問題はないが、8.1.1で述べた問題がまだ残っている。

3) 施工面

ディープハオールの外側に位置する氾濫原におけるプロジェクトでは、ハオールエリアをも守る様に輪中堤が建設されているが、8.1.1で述べた問題が残っている。

4) 維持管理面

維持管理面に関しては、8.1.1でも述べている様な改善が必要であり、現時点の維持管理が今後も続くようであれば、大きな問題である。

8.1.3 耐久性の観点における既存潜水堤防の設計・施工、維持管理上の課題

本調査で実施した土質調査、BWDBへの聞き取り調査、視認調査を総合すると、堤防の耐久性に関する課題として、①材料の不良、②施工の不良、③表面保護の不足の3点が挙げられる。ここで、「耐久性」とは潜水堤防の局所的なひび割れや変形、浸食に対する抵抗性を指すもので、築堤材料のせん断変形への抵抗性を示すものではない。

(1) 材料の不良

一般の堤防の材料は、細粒分(0.075mm以下)が多すぎると乾燥によるひび割れとそこから生じる浸食によって劣化しやすい。また、細粒分(0.075mm以下)が少なすぎると透水性が高くな

り、漏水による損傷を受けやすくなる。したがって、堤防に求められる機能、耐久性を確保するために、日本では、通常細粒分 (0.075mm 以下) の含有率が 15%~50%程度の材料が使用される。

ハオール地域の築堤では、一般に築堤位置の近傍から土質材料を採取している。本調査で実施した新規 5 ハオールプロジェクト 15 ヶ所の築堤材料調査・試験によると、0.075mm 以下の細粒分の含有率は概ね 90%以上と極めて細かく、ひび割れや浸食の起こりやすい材料と言える。また、細粒分が多すぎる材料は施工性が悪く、締固めにくい材料である。

表 8.1.2 築堤材料の粒度試験、締固試験結果一覧

Site Name	Grain Size (<0.075mm) (%)	Maximum Dry Density (kN/m ³)	Optimum Moisture Content (%)	Natural Moisture Content (%)
Dharmapasha Rui Beel	95 -98	15.9 - 17.1	16.9 - 19.0	13.4 - 30.9
Boro (Austagram)	95 -97	16.7 - 17.0	16.1 - 19.0	19.8 - 34.1
Joyariya	88 -92	15.9 - 17.9	14.2 - 19.2	16.6 - 21.6
Dhakshiner	98 -99	16.9 -17.8	16.0 - 18.0	18.7 - 29.7
Ganesh	96 -99	16.2 - 17.2	18.4 - 20.0	24.4 - 25.9

出典:JICA 調査団

(2) 施工の不良

潜水堤防の締固め工事は、図面に 7.0kg ランマ転圧が注記される形で発注されているが、締固度に関する規定はされていない。また BWDB の Design Circle によると、実際には仕様どおりの機械を用いた転圧が行われていないことも多いとのことである。また、Design Circle の経験からモンスーン期の水没に十分な耐久性を得るためには 90%程度の締固度が必要との意見があり、大型重機による施工が必要となる。日本の堤防においては、通常、平均締固度 90%が規定されることが多く、上記の感覚は妥当と言えよう。

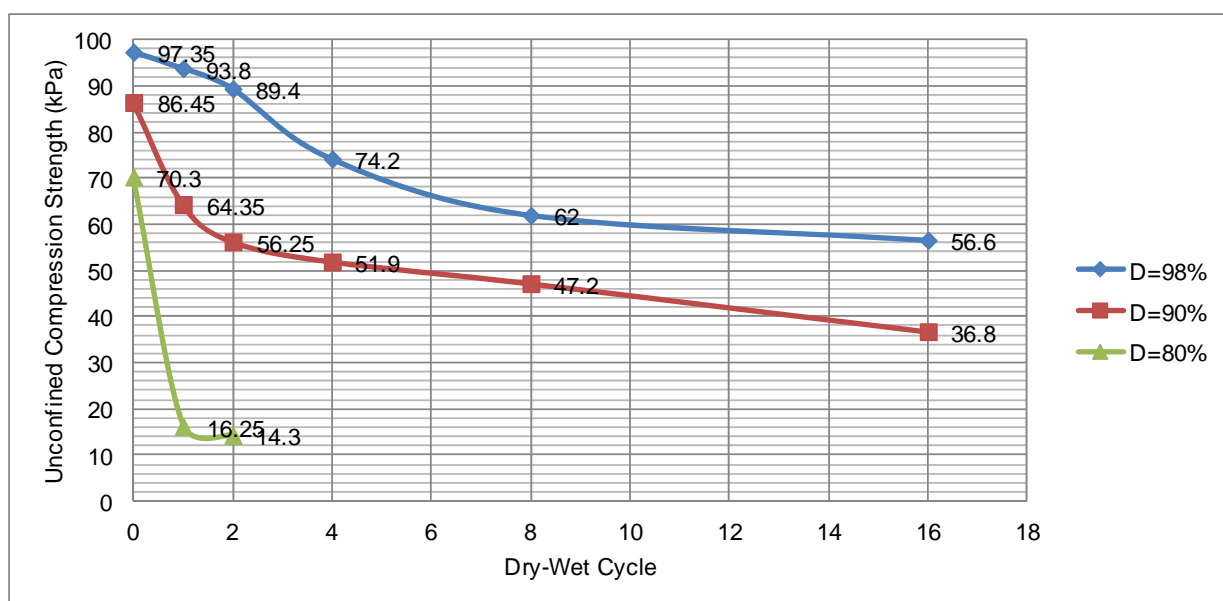
上表に示したように、自然含水比が最適含水比より 10%大きいケースもある。施工時の含水比調整については、特にマニュアルやスペックでは規定されておらず、今後の留意事項の一つである。

本調査では、水没と乾燥を繰り返す潜水堤防の局所的耐久性と適切な締固度との関係を吟味するべく、乾湿繰り返しテストを実施した。このテストは、5cm 径の塩ビパイプ内で締固度 80%、90%、98%で締固めた供試体を、塩ビパイプに入れた状態で上下面に濾紙とポーラスストーンで保護し、水没乾燥を 1 サイクル 10 日間 (水没 3 日、乾燥 7 日) で繰り返し、1、2、4、8、16 サイクルのそれぞれの供試体を対象に一軸圧縮試験を実施するもので、締固度に依存すると考えられる堤体の局所的な耐久性の低減について一軸圧縮強度を指標にして評価した。乾湿繰り返しテスト方法の詳細を附録 4-2 に示す。

図 8.1.1 は、各締固度の 16 サイクルまでの一軸圧縮強度試験結果を示したものである。

- 締固度 80%の初期強度は 70.3kN/m²であったが、水没により急激に強度が低減し、2 サイクルで 14.3kN/m²、4 サイクル目で供試体が形を成さず、強度試験が出来ない状況であった。
- 締固度 90%の場合、初期強度は 86.5kN/m²であったが、16 サイクルで 36.8kN/m² (42%に減) であった。
- 締固度 98%の場合、初期強度は 97.4kN/m²であったが、16 サイクルで 56.6kN/m² (58%に減) であった。

このような強度の低減は、特に乾湿繰り返しの影響を受ける供試体上下面の劣化が原因と考えられる。すなわち、潜水堤防においてもその締固度を上げることで、浸透および乾燥の影響範囲がその表層に限定され、水没と乾燥の繰り返しに対する局所的耐久性が高くなることが推測される。堤防の延長が非常に長いことから補修が必要となるような堤体の劣化はできるだけ避けてメンテナンス費用を低減することが望ましく、このような観点から潜水堤防ではより高い締固度(95~98%)が必要となる。

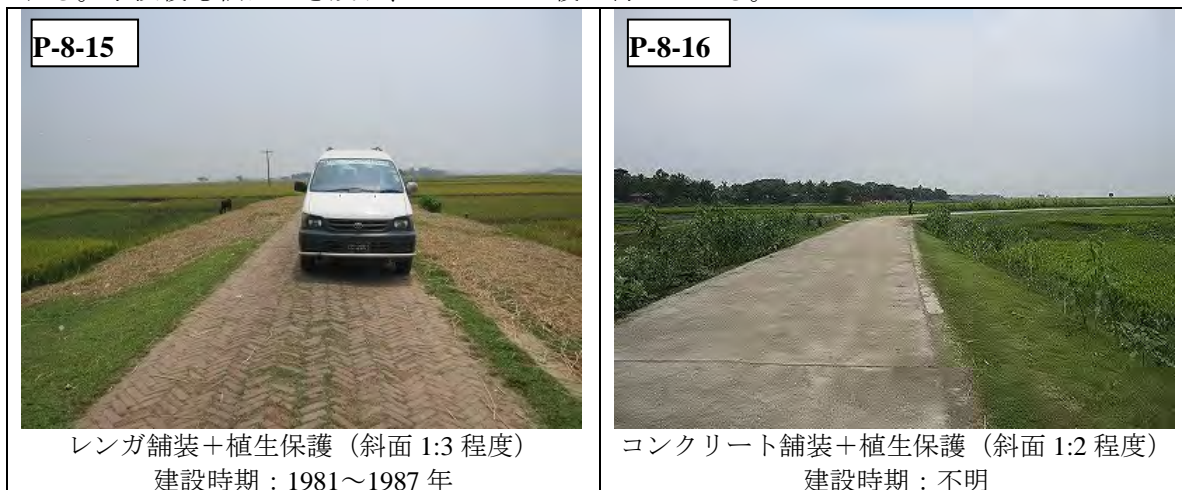


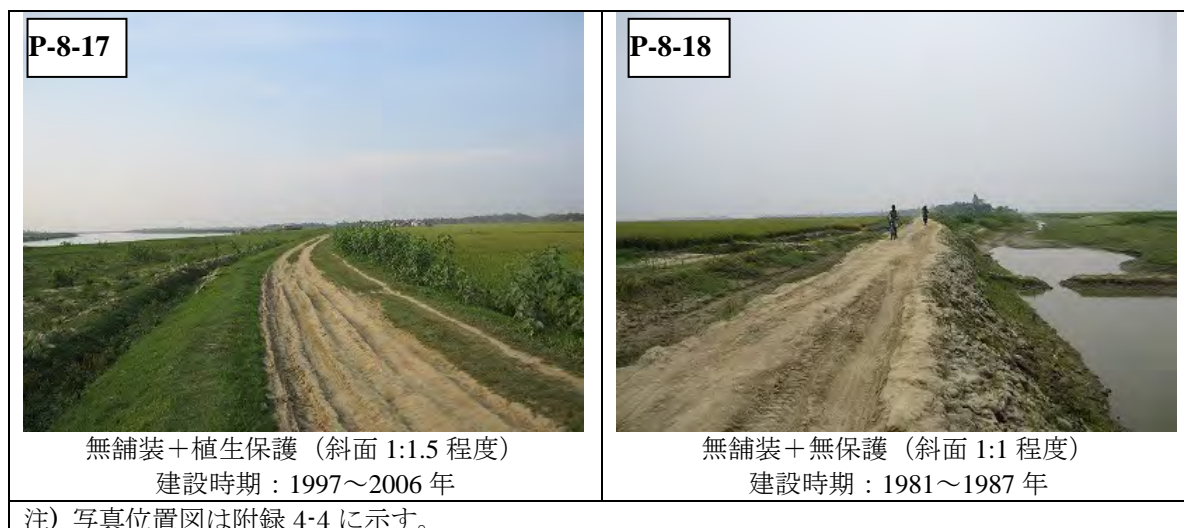
出典:JICA 調査団

図 8.1.1 乾湿繰り返し試験による締固度ごとの強度（局所的耐久性）低減

(3) 表面保護の不足

次の写真に示すように、潜水堤防の天端舗装、植生による斜面保護が表面保護に有効であることは明らかである。BWDB の Design Circle も、当然ながら斜面保護および天端舗装を行うことで、耐久性が向上することは理解しているが、予算上の制約により現段階で特に天端舗装については実施されていないとのことである。斜面保護については、Dubra Grass という種を使用した芝状の植生工が実施されることが多い。Dubra Grass は近傍に自生しているものを斜面に移植して用いられる。水没後も根は生き残り、モンスーン後に再び生える。





注) 写真位置図は附録 4-4 に示す。

撮影:JICA 調査団

潜水堤防・潜水道路の表面保護状況

※建設時期は該当ハオールプロジェクトの建設時期を示している。写真位置の堤防の正確な完成年は不明

(4) 堤防に係る BWDB 設計マニュアル

BWDB は、“Standard Design Manual Volume-I: Standard Design Criteria”を発行しており、堤防に関しては「7.0 Design Criteria for Embankment」に記載がある。しかしながら、築堤材料の粒度構成、締固度、含水比調整などに関する事項はマニュアルには記載されていない。

締固めに関しては前述のように、図面の Note の中で 7.0kg ランマ転圧が指示されているが、締固度に関する言及は無い。粒度構成についても図面の Note の中で指示されているが、収集した図面の記載はいずれも、

Clay > 30%

Silt 0 – 40 %

Sand 0 – 30%

となっており、砂以上の粗粒分が非常に少なく「0%」が許容されている。現地材にはほとんど砂分が無いことから、実際の築堤材料も砂の含有率は 0%に近い。このため、水没と乾燥の繰り返しによりひび割れや変形、浸食による劣化を招く。

(5) 耐久性の観点における維持管理上の課題

潜水堤防のメンテナンスは、予算の不足により十分に実施されていない状況である。メンテナンスの不足による耐久性の低下原因として、斜面崩落やひび割れ箇所、法面植生工の欠落、頂部のわだちの放置が挙げられる。これらを放置することにより、モンスーン期に堤防内部への水の浸透を招き、さらなる劣化の原因になると想定される。わだちの発生については、モンスーン期後に潜水堤防が水面上に出現した後や長期の降雨中・後における通行などの供用制限を行うことで、その発生を極力防止できるものと考えられる。また、地域住民が堤内地の排水や船の通行を目的に堤防上部を掘削（パブリック・カット）してしまう事例が見受けられる。潜水堤防の簡易な修理、供用制限やパブリック・カット防止の観点から、潜水堤防の地域受益者から成る維持管理組織の設置と活用が必要である。

8.2 洪水対策構造物の標準的な概略設計の提案

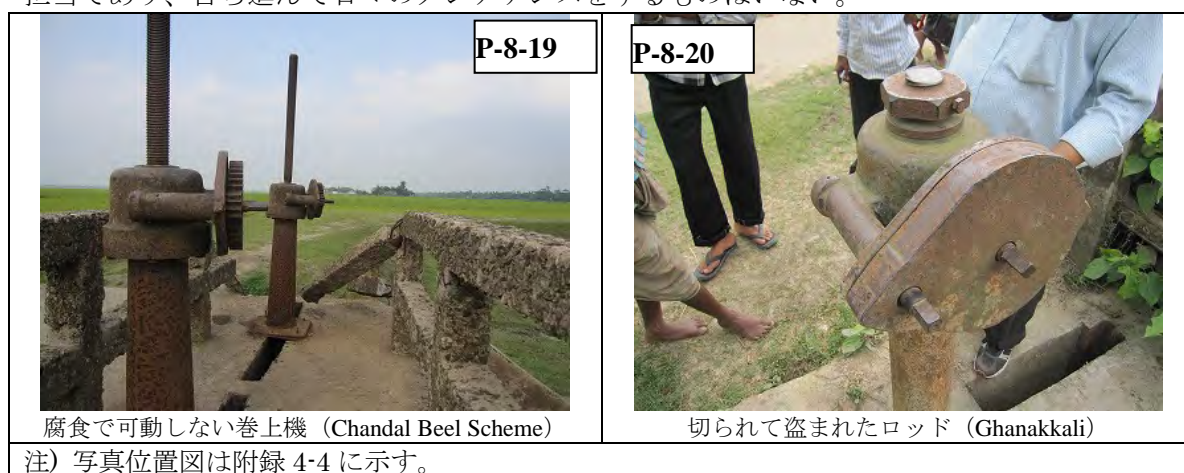
8.2.1 既存構造物設計のレビュー

(1) ゲート施設の状況

レギュレーター（樋門）は、幅 1.5m×高さ 1.8m の標準形状のゲートを使用し、門数を増やすことで所要の排水機能を確保する。ゲートは軟鋼（Mild Steel）（降伏強度 40,000psi=280MPa）が通常使用されており、設置時には腐食防止の塗装がなされる。

しかし、現地調査の結果、約半数の既存ゲート施設が機能していないことが判明した。原因は、パーツの盗難、紛失、損壊および設備全体の腐食である。

いずれもメンテナンスが全く行われていない状況で、グリースやボルトの増し締めさえ行われていない。住民によると、グリースやボルトの増し締めといった簡単なメンテナンスも BWDB の担当であり、自ら進んで日々のメンテナンスをするものはいない。

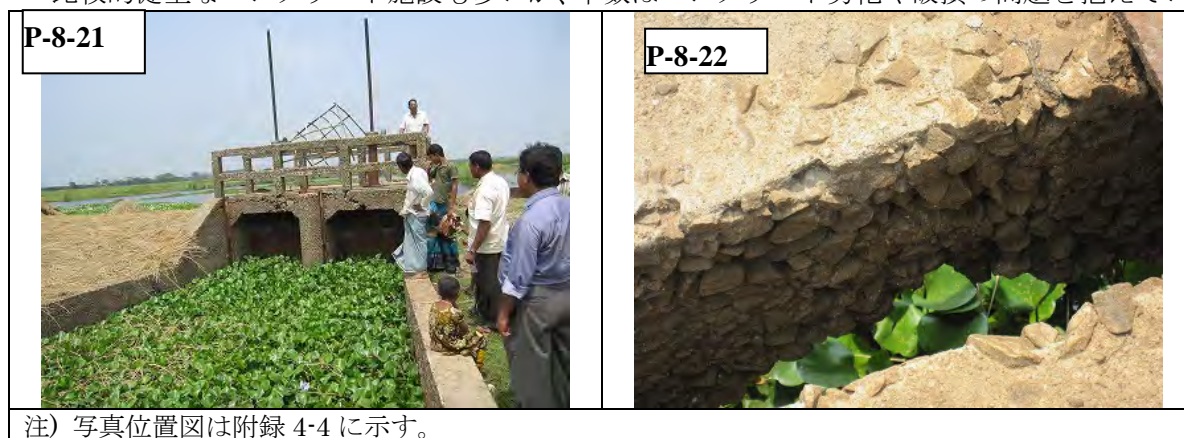


撮影：JICA 調査団

ゲート設備の劣化事例

(2) コンクリート構造物の状況

比較的健全なコンクリート施設も多いが、半数はコンクリート劣化や破損の問題を抱えている。



撮影：JICA 調査団

レギュレーターコンクリートの劣化状況（Satdona Beel Scheme）

上記左の写真では、レギュレーターに大きくひび割れが発生している様子が見られるが、これは上載荷重に対する強度の不足といった構造的なものではなく、コンクリートの品質自体に問題

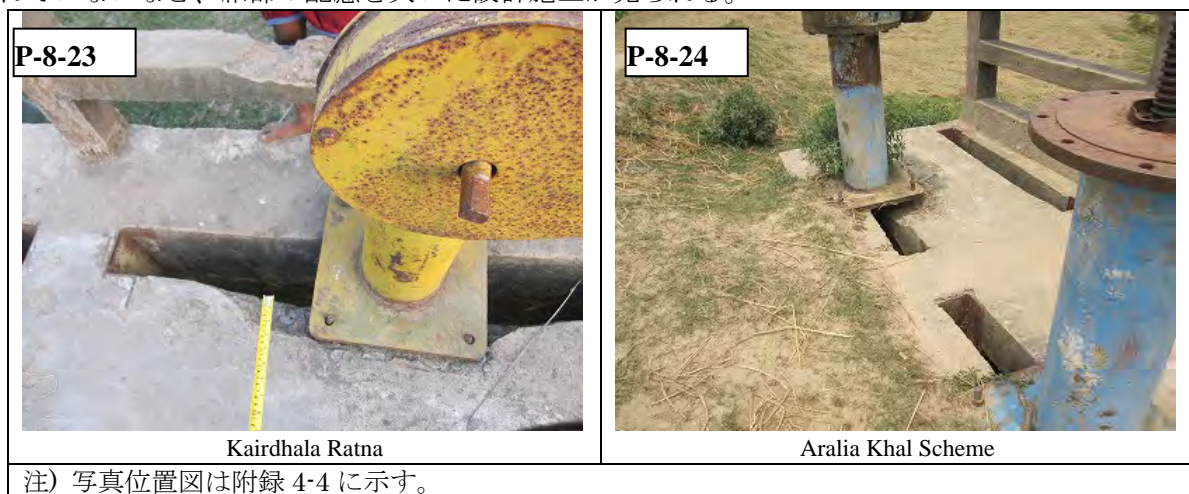
があるように見受けられる。右の写真は、同じレギュレーターのコクリートの状況であるが、明らかに骨材の粒度が悪く、モルタルが不足しており、十分に締固まっていなことが分かる。

レギュレーターの図面によると、コクリートの要求性能として 28 日強度 20N/mm² とのみ記載されているが、現地住民による現場練りのため、最低限の品質管理もなされていない可能性がある。BWDB への聞き取り調査によると、標準的なコクリートの配合は、水：砂：骨材＝1：2：4 または 1：1.5：3 とのことである。また、骨材の粒度範囲は ASTM の基準を使うことになっているが、実際には現地住民がコクリートの練り混ぜをしており、BWDB の職員不足から品質の管理は困難とのことである。標準的な配合や粒度範囲の見直しと現場における品質管理体制の確立が望まれる。

また、レギュレーターの設計図面では、鉄筋のかぶりが規定されているが、現地ではコクリートが剥離し、むき出しの鉄筋が腐食している状況がしばしば確認された。これはかぶりの小ささとモルタル不足に原因があるものと思われる。設計図面で規定されている Clear Cover は次のとおり。

Operating Deck:	25mm
Concrete Adjacent to Earth:	60mm
Concrete Adjacent to Water/Exposed or Others:	50mm

また、次の写真のようにデッキスラブの巻上機固定部のコクリートが欠けている事例が比較的多く見られた。巻上機を支えるプレートとボルトの位置にコクリートのせん断破壊が考慮されていないなど、細部の配慮を欠いた設計施工が見られる。



注) 写真位置図は附録 4-4 に示す。

撮影:JICA 調査団

デッキスラブ部のコクリートの破損

8.2.2 構造物の標準的な概略設計

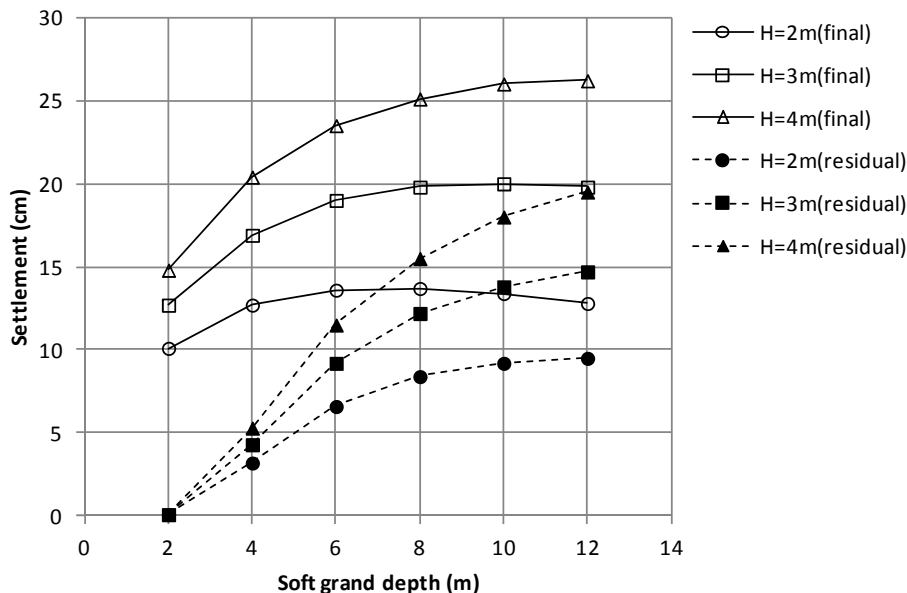
(1) 潜水堤防設計に関する考察

1) 基本事項と基礎地盤

- BWDB の Standard Design Manual では、潜水堤防の高さは 10 年確率水位＋余裕高 0.3m としており、本調査でもそれに従う。
- また、潜水堤防の天端幅はマニュアルで 4.3m としているものの、実際には 3.6m で設計されている例が多い。これはコスト削減のためと思われるが、点検や補修で車両が通行する

際に、路肩部への影響を考えると、天端幅は 4.3m が妥当である。

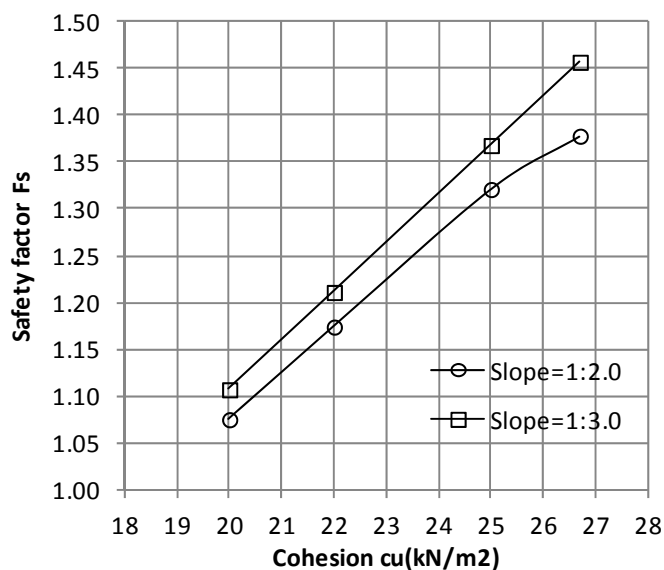
- 地質調査の結果、表層からの軟弱層（粘土地盤：N=4 相当以下）の厚さは概ね 5m 以内である。圧密試験に基づく沈下解析の結果、想定される堤防高（4m 以下）では残留沈下はほとんどない結果となった。既存図面では余盛 15cm の規定が多く、十分な値と判断される。



出典:JICA 調査団

図 8.2.1 圧密試験結果に基づく軟弱層の厚さ、堤防高と沈下量の関係

- ダッチコーン試験の結果、ごく一部で見られる軟弱層を除き、貫入抵抗値は 0.8MPa 以上（粘着力 26.7kN/m^2 以上相当）である。下図に示す堤防および基礎地盤を含めたすべり計算（残留間隙水圧を 100% とする）の結果、粘着力 23kN/m^2 （貫入抵抗値 0.7MPa 相当）であれば、盛土勾配 1:2.0 以上で安定条件（安全率 1.2）を満足する。軟弱層の場合は、堤防高 2.0~2.5m 以上で押さえ盛土等による対策が必要である。実施段階では、少なくとも 500m 程度毎および地形上留意すべき位置でボーリング調査を行い、軟弱層の有無を確認すべきである。



出典:JICA 調査団

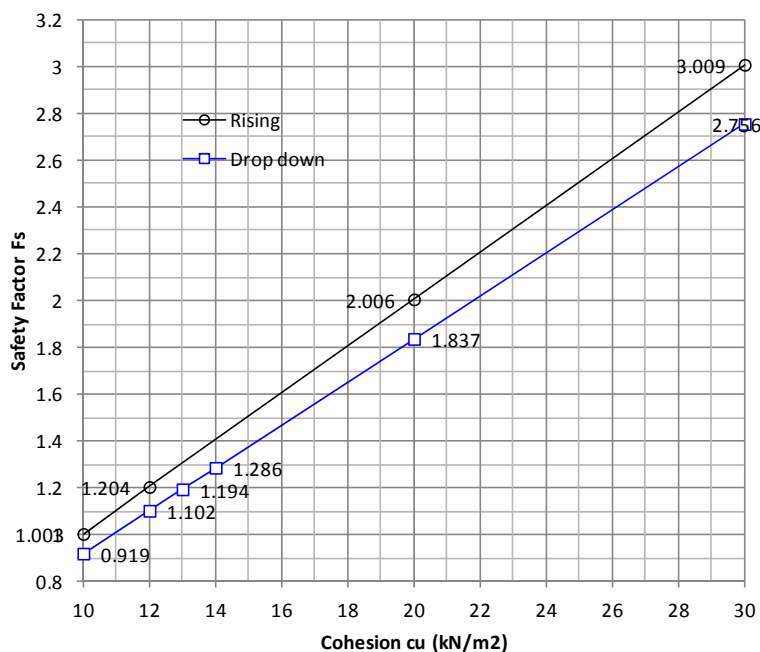
図 8.2.2 基礎地盤の粘着力と円弧すべり安全率との関係（堤防高 4.0m の場合）

2) 盛土の締固度

現地材料は、細粒分が多く高含水比である。砂などの粗粒材料は高価であり、ブレンドによる粒度の改善はコスト、技術の両面で難しい。また、現地材料は全体的に自然含水率が最適含水率より高いため、十分な締固めを行うには本来、含水比調整が必要である。

設計図面でランマ 7kg による転圧が規定されているが、締固度のような品質管理上の規定がなされていない。長期的に安定した盛土を築造するためには、盛土の安定条件より必要強度と、その強度を満足する締固度を設定し、さらにその締固度を達成可能な施工機械、締固めの仕様を、試験施工を通じて検討しなければならない。

図 8.2.3 に盛土部分の安定計算結果を示す。安全率 1.2 を満足する盛土の粘着力は 14kN/m²（一軸圧縮強度 28kN/m²相当）である。盛土の締固度は、この強度を確保するべく設定しなければならないが、同時に水没と乾燥による堤体の局所的耐久性の低下も考慮する必要がある。



出典:JICA 調査団

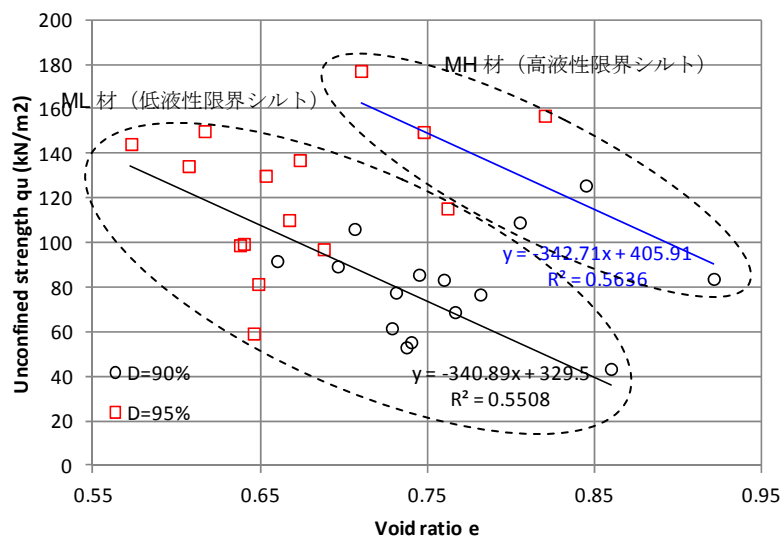
図 8.2.3 盛土材の粘着力と円弧すべり安全率との関係（堤防高 4.0m、盛土勾配 1:2 の場合）

(Rising:水位上昇時、Drop down:水位下降時)

図 8.2.4 には、締固度別の間隙率と一軸圧縮強度の関係を示す。使用した土質は図の破線で囲ったように大きく低液性限界シルト (ML 材) と高液性限界シルト (MH 材) に区分される。低液性限界シルトで見ると、一軸圧縮強度は、締固度 90% で一部例外はあるものの概ね 60~100kN/m²、締固度 95% では概ね 100~140kN/m² の範囲にある。一方、本調査で実施した乾湿繰り返しテストの結果、締固度 90% での 16 サイクル後の強度が初期強度の 42%、締固度 98% での 16 サイクル後の強度が初期強度の 58% であった。

締固度別の初期強度ならびに乾湿繰り返しによる供試体の耐久性の低下を考慮すると、95%以上の締固度が望ましいと考えられる。本調査では、95%での乾湿繰り返し試験を行っていない

め、次期詳細設計の段階では 95%の乾湿繰り返しテストにより堤体の局所的耐久性の低減状況を把握することを提案する。



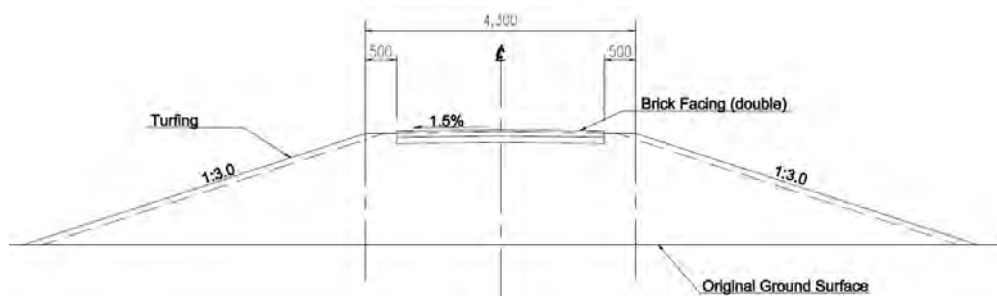
出典:JICA 調査団

図 8.2.4 締固め試験結果（一軸圧縮強度と間隙比の関係）

3) 潜水堤防の設計に関する考察

- 堤防の基本的な形状は、BWDB の Design Standard に堤防天端 4.3m、斜面勾配 1:3.0、余裕高 30cm と記載されている。斜面勾配については、道路として利用する際の安定性、水没や越流に対する耐久性の観点から 1:3.0 が望ましいとしている。斜面については植生保護を行うこととなっているが、天端についても舗装によりわだちなどの劣化を防止することが望ましい。
- 築堤材料はコスト面、技術面から近傍での現地調達とならざるを得ないが、局所的耐久性の低下やメンテナンス頻度を低減するために、95%の締固度を目標とすることが望まれる。95%の締固度を満足するためには、ブルドーザを使った敷き均しと転圧だけでは不足すると考えられるため、ローラー転圧が必要となる。

なお、本調査における数量計算、コスト算定は上記を勘案して以下の断面を想定して行った。



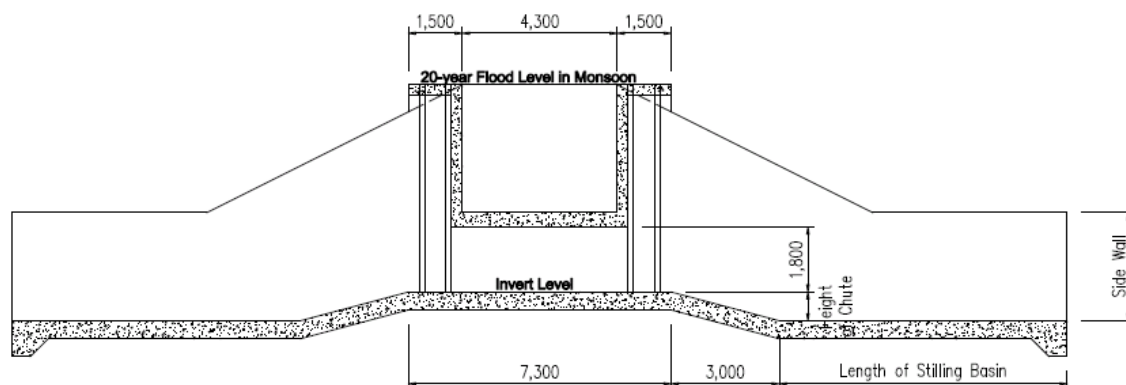
(2) レギュレーター設計案に関する考察

現在の標準的なレギュレーターは引き上げ式ゲートを有する樋門形式の堤防横断構造物である。図 8.2.5 および図 8.2.6 に示すように、高さ 1.8m、幅 1.5m の暗渠水路を複数門設け、所要の流下能力を確保する。

レギュレーターは、5 月 15 日の Boro 米刈り入れ後にゲートを開き、水をプロジェクト地域内に引き込み、プロジェクト地域内の水位を河川水位とほぼ同程度とする。これによりプレモンスーン後の潜水堤防の越流によるダメージを小さくする。BWDB の Design Manual では、潜水堤防越流時の内外水位差を 30cm 以内にするようにレギュレーターの通水能力を定めるように記載されている。

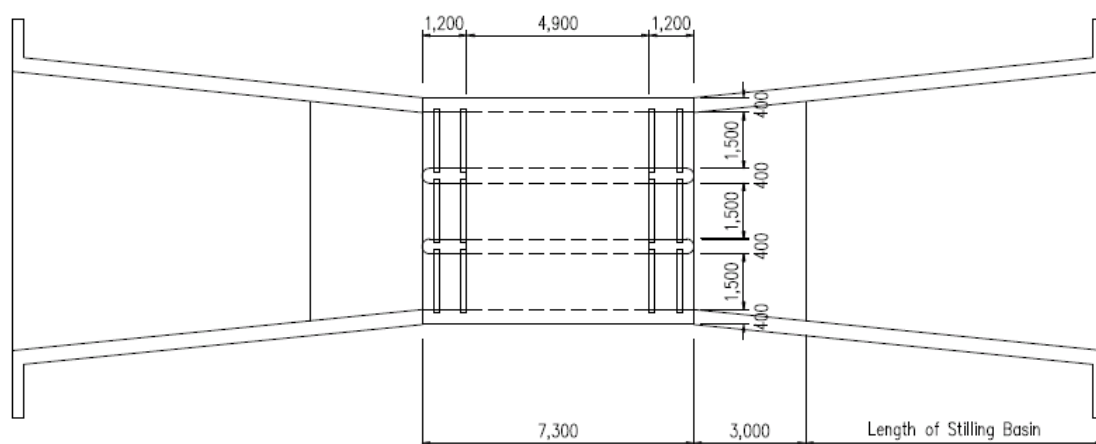
レギュレーターの操作台は、通常、堤防天端と同程度の高さとしているが、水没後も操作が可能なようにモンスーン期の 20 年確率水位相当の高さとするように Design Manual で規定されている。ただし、実際のレギュレーター操作台はこれより低く、モンスーン期に水没しているケースも多く見られる。

暗渠水路の上下流には、水の引き込み時および排水時に、堤防の両脇が洗掘されないように、水理的に十分な長さ（跳水共役水深の 3 倍）の減勢池を設ける。



出典:JICA 調査団

図 8.2.5 レギュレーター標準図（縦断面）



出典:JICA 調査団

図 8.2.6 レギュレーター標準図（平面）

BWDB が保有する DEM を用いて、各プロジェクトを流域分割し、各流域にレギュレーターの能力、門数、施設の基本諸元を次表のとおり計画した。

表 8.2.1 新規プロジェクトのレギュレーター計画

Project Name	Regulator	Catchment (ha)	design WL (m PWD)	nos of gate	invert level (m PWD)	deck level (m PWD)	Stilling Basin	
							Length (m)	wall height (m)
Badla Project	No.1	763	4.9	2	3.5	7.9	6.0	3.0
Badla Project	No.2	513	4.9	2	3.5	7.9	6.0	3.0
Dharmapasha Rui Beel	No.1	6860	6.1	17	2.0	8.5	10.0	4.0
Dharmapasha Rui Beel	No.2	2404	6.1	6	2.0	8.5	10.0	4.0
Dharmapasha Rui Beel	No.3	3184	6.1	8	2.0	8.5	10.0	4.0
Dharmapasha Rui Beel	No.4	1033	6.1	3	2.0	8.5	10.0	4.0
Dharmapasha Rui Beel	No.5	6923	6.1	18	2.0	8.5	10.0	4.0
Charigram Project	No.1	2089	4.5	4	3.0	7.7	6.0	3.0
Charigram Project	No.2	708	4.5	1	3.0	7.7	6.0	3.0
Bara Haor	No.1	1961	6.0	5	3.0	8.6	9.0	4.0
Bara Haor	No.2	507	6.0	1	3.0	8.6	9.0	4.0
Ayner Gupi Haor	No.1	809	4.0	3	2.5	7.6	6.0	3.0
Boro Haor(Austagram)	No.1	4167	4.4	11	2.5	7.8	7.0	3.0
Boro Haor(Austagram)	No.2	1291	4.4	4	2.5	7.8	7.0	3.0
Boro Haor(Austagram)	No.3	4028	4.4	11	2.5	7.8	7.0	3.0
Boro Haor(Austagram)	No.4	823	4.4	3	2.5	7.8	7.0	3.0
Boro Haor(Nikli)	No.1	8053	5.0	18	3.0	8.4	7.0	3.0
Boro Haor(Nikli)	No.2	1096	5.0	3	3.0	8.4	7.0	3.0
Chandpur Haor	No.1	1573	4.9	4	4.0	9.2	5.0	3.0
Chandpur Haor	No.2	677	4.9	1	4.0	9.2	5.0	3.0
Dulalpur	No.1	355	4.0	2	1.5	7.6	8.0	3.0
Korati Beel Haor	No.1	726	4.8	1	2.8	8.1	7.0	3.0
Korati Beel Haor	No.2	2061	4.8	4	2.8	8.1	7.0	3.0
Kuniarbandh Haor	No.1	1327	4.0	1	3.5	7.6	3.0	4.0
Naogaon Haor	No.1	2394	4.9	9	2.0	8.2	8.0	4.0
Naogaon Haor	No.2	4760	4.9	17	2.0	8.2	8.0	4.0
Naogaon Haor	No.3	1125	4.9	4	2.0	8.2	8.0	4.0
Noapara Haor	No.1	783	4.5	2	2.8	8.0	6.0	3.0
Noapara Haor	No.2	586	4.5	1	2.8	8.0	6.0	3.0
Noapara Haor	No.3	1496	4.5	3	2.8	8.0	6.0	3.0
Nunnir Haor	No.1	2993	4.3	5	2.8	7.9	6.0	3.0
Nunnir Haor	No.2	1460	4.3	2	2.8	7.9	6.0	3.0
Nunnir Haor	No.3	894	4.3	2	2.8	7.9	6.0	3.0
Sarishapur Haor	No.1	1004	4.2	1	3.5	7.8	4.0	4.0
Bansharir Haor	No.1	333	5.8	1	4.5	8.1	6.0	3.0
Bansharir Haor	No.2	844	5.8	1	4.5	8.1	6.0	3.0
Chatal Haor	No.1	680	5.4	1	2.8	8.1	8.0	3.0
Chatal Haor	No.2	137	5.4	1	2.8	8.1	8.0	3.0
Dakhshiner Haor	No.1	1694	4.8	6	2.3	7.9	8.0	3.0
Dakhshiner Haor	No.2	789	4.8	3	2.3	7.9	8.0	3.0
Dhakua Haor	No.1	3430	6.0	5	3.8	8.2	7.0	3.0
Dhakua Haor	No.2	877	6.0	1	3.8	8.2	7.0	3.0
Dhakua Haor	No.3	1655	6.0	3	3.8	8.2	7.0	3.0
Ganesh Haor	No.1	984	6.1	2	3.8	7.7	8.0	3.0
Ganesh Haor	No.2	1944	6.1	3	3.8	7.7	8.0	3.0

Jaliar Haor	No.1	914	7.3	2	6.0	8.6	6.0	3.0
Jaliar Haor	No.2	1297	7.3	2	6.0	8.6	6.0	3.0
Mokhar Haor	No.1	3983	5.6	3	3.5	8.2	7.0	3.0
Mokhar Haor	No.2	3388	5.6	3	3.5	8.2	7.0	3.0
Mokhar Haor	No.3	5473	5.6	5	3.5	8.2	7.0	3.0
Mokhar Haor	No.4	4496	5.6	4	3.5	8.2	7.0	3.0
Mokhar Haor	No.5	4087	5.6	4	3.5	8.2	7.0	3.0
Shelnir Haor	No.1	1972	5.2	1	4.8	5.7	3.0	5.0
Shelnir Haor	No.2	469	5.2	1	4.8	5.7	3.0	5.0
Shelnir Haor	No.3	589	5.2	1	4.8	5.7	3.0	5.0
Sunair Haor	No.1	3197	5.7	4	4.0	8.4	6.0	3.0
Sunair Haor	No.2	697	5.7	1	4.0	8.4	6.0	3.0

出典:JICA 調査団

また、前節で述べたように、既設のレギュレーターは構造物やゲートの腐食、劣化、損壊によりその機能を果たしていない。したがって、

- 設計およびコンクリート品質の向上
- 基本的な維持管理の実施

といった基本的な事項を強化することが必要である。

表 8.2.2 レギュレーターの高品質、維持管理に関する改善提案

改善項目	必要な対策項目
設計およびコンクリート品質の向上	<ul style="list-style-type: none"> - 最大骨材径、分級、粒度範囲に関する標準化 - 配合（骨材量、セメント量、水量）の標準化 - スランプ値の規定 - 工事中の品質管理手法の確立（骨材試験、スランプ値での品質管理） - 骨材径に応じた鉄筋のかぶりの見直し - 構造計算の実施とゲート操作荷重の考慮 - 設計段階での維持管理方法、予算の提案（DPP への記載）
維持管理の実施	<ul style="list-style-type: none"> - 住民を中心とした運用体制の設置 - 利用者と行政（BWDB）の役割分担の明確化 - 運用マニュアル、維持管理マニュアルの作成 - ゲートメンテナンス作業用のストップログの用意（BWDB） - メンテナンス作業を用意するための潜水堤防の舗装 - 利用者側、行政側の維持管理予算の確保方法 - 盗難対策の確立（フェンス、住民のオーナーシップ等）

出典:JICA 調査団

前述のようにレギュレーターのゲートは軟鋼（fy=280MPa）を材料とし、表面には腐食防止の塗装を行っているが、定期的な再塗装を行っていないため、腐食による劣化が著しい。本来は定期的なメンテナンスを行わなければならないが、メンテナンスの省力化のためステンレス鋼の利用も考えられる。実際にバングラデシュ国内でも沿岸部のような腐食が激しい地域で、交換が難しい戸当たり部分のみステンレスを用いている例がある。ステンレスは「バ」国内では製造していないため輸入であるが、簡単な加工は「バ」国内で行っている

1 トンにおよぶゲート施設全体をステンレスとすることはコスト的にも現実的ではないが、上記の例のように戸当たりのみステンレスとすることも考えられる。

輸入であるためステンレスの価格は日本国内と同様の 610JPY/kg=740BDT/kg 程度と考えられる。戸当たりの重量は両側で 200kg 程度であるから 148,000BDT となる。一方、通常のゲートは製作設置費で 98,400BDT であるから、戸当たりのみで、ゲート全体より大きな価格となる。

基本的には、海から離れ著しい腐食環境にないハオール地域では、メンテナンスにより腐食を防止することが望ましいと考えられる。

第9章 ハオール地域における非構造物洪水対策

9.1 既存の非構造物対策の現況と妥当性評価

ハオール地域で毎年発生する広範な洪水は、地域住民の生計を著しく脆弱にし、経済成長の潜在性を制限している。ハオール地域住民の生活様式は、洪水に非常に受容的であるとはいえ、排水能力不足による浸水、プレ・モンスーン期のフラッシュフラッド、モンスーンフラッド、河岸浸食、河川構造物の破損などに起因して洪水被害が依然として発生している。モンスーン期の浸水のため、殆どの地域では一期作のみが可能である。これまでにプレ・モンスーン期のフラッシュフラッドは、3、4年に一度の頻度で収穫前の作物に被害を与えている。多くの自然災害の中で、プレ・モンスーン期の洪水への対策が、ハオール地域にとってとりわけ大きなチャレンジとなっている。被害を軽減する主たる施策は、堤防、河川浚渫等の構造物対策を展開することであるが、非構造物対策も減災策の一環として考えられている。本節は、調査対象地域における非構造物対策の現況と妥当性を評価する。

9.1.1 洪水被害のパターンと非構造物対策

非構造物対策の全てが調査対象地域の洪水被害に必ずしも有効とは限らないので、地域に特有な洪水被害のパターン分析が重要である。例えば、フラッシュフラッドが生命の脅威となる地域では早期警報と避難が最重要であるが、作物への被害が主たる脅威である地域では、作物の多様化と複数の生計手段が有効な対策になる。ハオール地域では、低地に居住地は無く、ほとんどの居住地は通常のモンスーン期洪水位よりも高い位置にあるため、人命への脅威は一般的に小さい。ハオール地域では洪水による作物被害（特に、ボロ米被害）が深刻な課題であり、政府及び非政府組織はこの被害の軽減により重点を置いている。

ハオール地域における洪水被害のパターンとして以下のものが考えられる。

(1) フラッシュフラッドによる被害

1) 稲作に対する被害

プレモンスーン期（4月から5月中旬）に発生するフラッシュフラッドは一期作のボロ米やその他の穀物に被害を及ぼし深刻な課題となっている。ハオール地域の稲作は、その多くがプレモンスーン期のボロ米一期作のみであり、この時期にフラッシュフラッドで被害を受けた場合には翌年の収穫期まで農民は収入が途絶え貧困に苦しみ続けることになる。また、家畜への飼料不足から家畜を手放さなければならない状態にもなっている。

2) 河岸侵食

河川は掘り込み河道となっており、河岸の護岸がなされていない地域が多い。このため、フラッシュフラッドの様な洪水に対して侵食を受ける。この現象はスルマ(Surma)川やクシヤラ(Kushiyara)川などの大河川のみではなく、モヌ(Manu)川やコワイ(Kowai)川などのインド領内から流入している中小河川においても進行しており、沿川に住む住民の家屋、耕作地、その他の資産を奪っている。

(2) モンスーン期の洪水による被害

モンスーン期の洪水は、肥沃な土壌を上流から供給してくれるため、住民は恵みと捉えている

部分もあるが、一方では以下の様な被害がある。

1) ハオール水面に発生する波浪による居住地などの侵食被害

ハオール地域の住居は自然堤防の微高地や人為的に嵩上げた台地を利用して建設され、台地の一部は耕作にも利用されているが、モンスーン期（5月中旬から10月）のハオール水面に発生する波浪によって侵食被害を受けている。住民らは主に竹材などで編んだフェンスと草類を使った簡易護岸で波浪侵食を防止しようとしているが、その効果は必ずしも十分ではなく毎年約5ヵ月もの間そのような波浪侵食被害と家屋・耕作地などの流失リスクに晒されている。

2) ディープハオール地域での堆砂問題

モンスーン期にはディープハオール地域は巨大な氾濫湖を形成する。このため、上流から流下してきた浮遊砂はこの地域に堆砂し一部は肥沃な土壌として、水田に供給され、一部は排水路に堆砂し、また一部は河道部に堆砂する。このため、河道部の堆砂を促進し河床上昇の一因となっている。

河床上昇により、乾期の舟運への阻害や通水能力の減少といった負のインパクトが発生する。

また、排水路の堆砂はポストモンスーン期の排水不良と乾期には水路をため池の様に活用するため、貯水容量の減少といった負のインパクトが発生する。

(3) ポストモンスーン期の洪水による被害

ボロ米の作付は12月中旬から始まるのが通常であり、この時期の洪水によって河川水位が低下しない場合、排水路からの排水が出来ない。排水可能な時期が遅れるほど、ボロ米の作付が遅れ、結果的にボロ米の収穫時期も遅れてプレモンスーン期のフラッシュフラッド時期と重なり洪水被害のリスクが高まる。

非構造物対策は、遊水地、堤防、浚渫、放水路などの洪水施設による対策ではなく、知識、制度、合意などにより洪水の潜在的影響を緩和し、従来の工学的施策に対してコスト効率が高く生態系に優しい代替案となる場合がある。

典型的な非構造物対策は、早期警報システムの設置、土壌/土地利用規制・管理、保険、防災意識の啓発、公共情報の提供などであり、洪水関連災害の緩和に寄与する。しかし、全ての非構造物対策があらゆる状況に効果的であるとは限らず、いくつかの構造物対策に複数の非構造物対策を併用することで洪水リスク管理上高い効果が期待される。

9.1.2 既存の非構造物対策と妥当性の評価

ハオール地域では種々の非構造物対策が実践されている。本節では、各対策にかかるハオール地域の現況、実施中および計画中の活動を整理・分析して評価し、更なる対策の可能性/必要性についても整理している。

- (1) 河川エリアの開発規制
- (2) 洪水予警報システム
- (3) 警報の伝達
- (4) 簡易警報システム
- (5) 地域防災計画

- (6) 生計の多様化
- (7) 生活環境の耐水化
- (8) 参加型水資源管理

(1) 河川エリアの開発規制

現況: ハオール地域における河川内の開発は規制されておらず、これには二つの理由がある。第一に、通常住民は比較的洪水被害の少ない場所に施設を建設するので、これらの施設は被害を受けにくい。第二に、地方行政機関は開発規制を遂行にするための法的枠組みや資源を持たない。

実施中および計画中の活動: 現在、活動は無い。

評価: 河川内の開発規制が効果的に機能することはないことから、有効な洪水対策にはならない。また、関連する法的枠組みの策定には時間を要するもののその実施は地方行政にかかる資源不足に起因して困難である。

更なる対策の可能性/必要性: BWDB を含め全ての関連ステークホルダーと協議を行い、地方行政機関に開発規制に関する法的権限を付与することを提案することは可能であるが、開発規制の効果と必要性を考慮するならば優先度は低い。

(2) 洪水予警報システム

現況: BWDB の洪水予警報センター(FFWC)は、観測された水位と雨量を用いた数理モデルにより特定地点において3日間の洪水予報を行っている。洪水予警報センターは、洪水警報を全ての政府/非政府組織に提供し、同センターのホームページにも掲載している。

実施中および計画中の活動: 多くの機関が活動を実施している。その活動は、(a) JAXA により実施予定の衛星を利用した気象・洪水予報に関する ADB パイロット事業、(b) JICA 資金による Maulvibazar ドップラーレーダステーションの校正、(c) CDMP II プロジェクトによる洪水予報を3日間から5日間に延長する事業、(d) CDMP II プロジェクトの下で北東地域における地域洪水予報モデルの開発（この新しいモデルは今年のフラッシュフラッドに対して警報を発令している）、(e) CDMP II プロジェクトの下での水位観測所設置などである。

評価: 現在、フラッシュフラッドの警報がないこと、またモンスーン洪水の警報内容が利用者にとって理解しづらいことからハオール地域では大いに効果を発揮しているとはいえない。

更なる対策の可能性/必要性: 上記の実施中活動の成果を踏まえて次段階の施策を吟味することになる。

(3) 警報の伝達

現況: 現在の制度上は FFWC が洪水警報を提供する責任があり、洪水警報を伝達する責任は地方自治体が有する。しかし、警報の受信者は提供される内容を理解できているのか、活用できているのかについての調査/確認がなされていない。

実施中および計画中の活動: 最近の活動は、(a) CDMP II プロジェクト下での試行段階にある携帯電話 Instant Voice Response (IVR)や(b) 試行段階にある全国浸水地図および地域レベルでの浸水地図の作成計画が含まれる。

評価: 現在、警報伝達の潜在的受信者への包括的責任を有する機関はないため、ハオール地域における洪水警報の伝達体制は貧弱であり、大いに効果を発揮しているとはいえない。実施中の活

動が完了した後にその有効性を評価すべきである。

更なる対策の可能性/必要性: ユニオンカウンシルなどの組織に警報伝達の包括的責任を付与するなどの法制度を提案できるが、上記の実施中活動の成果を踏まえて次段階の施策を吟味することになる。

(4) 簡易警報システム

簡易警報システムとは、コンピュータを駆使した予測シミュレーションモデルを使用するものではなく、(a) 統計計算の手法による過去の歴史的データを利用する方法、(b) 上流の水位と下流の洪水を関係付ける方法（相関法）、(c) 上流河川の状況を CCTV など単純に目視により監視する方法などである。

現況: 以下に例示するように、いくつかの NGO が、簡易警報システムの適用を試みたが成果は挙がっていない。

事例(a): 2009年、NGOの一つである CNRS は雨と流出の関係から簡易警報システムを Tahirpur Upazila 内のハオール地区で構築した。しかし、メガラヤ流域の降雨情報を規則的かつ迅速に入手できず成功に至っていない。

事例(b): NGO の Oxfam は上流水位の情報に基づく早期警報発令の活動を行ったが減災の効果を挙げていない。彼らは警報を発令出来ているが洪水到達時間が短いことから、収穫作業に必要な人夫を十分に集めることができず、作物の刈り取りが遅れてしまった。通常、効果的な穀物被害軽減には7日前の発令が必要と言われている（ADB、2006）

実施中および計画中の活動: 現在、活動は無い。

評価: 簡易警報システムは、大規模な設備を駆使する従来型の警報システムと比べて安価で短期間に運用開始できる利点から高い適用性を有している。しかし、現時点では適切な計画・実施体制・住民参加の導入が不足しておりハオール地域では有効な対策にはなっていない。

更なる対策の可能性/必要性: これまでの失敗などから得られた教訓が、適切な実施体制のもとで生かされるならば、簡易警報システムは低廉で短期間に推進できる対策であり、導入の適用性は高いと考えられる。

(5) 地域防災計画

これには、(a)避難計画、(b)ハザードマップ作成、(c)洪水避難所設置、(d)防災意識の啓発、(e)種子および食物銀行、(f)作物保険が含まれる。

現況: 避難計画を含めた洪水警報への対応はほとんど実施されていない。これは有用でない警報の内容と貧弱な伝達体制に起因している。多くの NGO (POPI, Concern, Oxfam, CNRS など)は、CDMP II の下で防災意識啓発の促進、地域ハザードマップの作成、種子銀行と多目的洪水避難所の建設に力を注いでいるが、作物保険は無い。

実施中および計画中の活動: 最近の活動には、(a) CDMP II プロジェクト下の簡易コミュニティ・リスク評価(CRA)策、(b) CDMP II プロジェクト下の情報通信機材を用いた注意喚起体制の構築、水防団の編成、災害管理の学校カリキュラムへの導入、災害管理に関する高等教育、政府職員の訓練、救命胴衣の配布、太陽光手提げランプ及びラジオの配布等、(c)ADB の気象指標を基にする作物保険に関するパイロットプロジェクト計画(Japan Fund)、および(d) Asian Disaster Preparedness Center (ADPC) による“Multi-Hazard Risk and Vulnerability Assessments, Modeling and Mapping”、(e)

実施中の JICA 地形図作成プロジェクトで得られる新しい DEM データが利用可能になった後に計画される地方レベルの氾濫図作成が含まれる。

評価: この計画に伴う効果の発現は、以下に示す様々な状況の中で期待できる。

- (a) 避難計画や洪水災害対応体制は、ハオール地域において人命の損失が大きな関心事ではないことから、現在どの組織も担当していない。
- (b) ハオール地域には、効果的なハザードマップが現在作成されていないことから、住民は既存の洪水管理プログラムを正確に理解していない。
- (c) ハオール地域には、少数の洪水避難所が設けられているものの、ハオールでは人的被害が深刻な問題ではないことから、政府や NGO はこの洪水避難所の設置を重視していない。また、住民は、洪水時に家屋内に留まることができなくなる限界まで避難をしない。その共通の理由は、家屋内資産の略奪に会うリスクがあることやほとんどの避難所に女性用トイレや家畜用の避難所がないことである。
- (d) CDMPII は防災意識の啓発に関する活動を実施しているが、適切な避難計画、ハザードマップ、洪水避難所が整備されるまではその成功は望めない。
- (e) 種子銀行は新しい発想であり、広く農民の参加を促すにはさらなる推進運動が求められる。

さらなる対策の可能性/必要性: 上記の実施中活動の成果を踏まえて次段階の施策を吟味することになる。

(6) 生計の多様化

ボロ米一期作に過度に生計を依存することがハオール地域の洪水被害に対する脆弱性を強めている。生計の多様化の目的は、(a)米の品種の多様化 (b)作物の多様化、(c)雇用の多様化、および (d)市場へのアクセス改善を通して、洪水被害を軽減することである。

現況: これらは最も広範に適用されている洪水被害軽減策であり、今日最も成功している施策である。 Bangladesh 米研究所(BRRI)は、早期植え付け型、早期収穫型、短期成熟型の数多くの米の品種を開発した。さらに、野菜、ジャガイモ、油糧種子は現在ハオール地域で栽培可能である。ある特別なジャガイモ品種は、わずか 40 日間で成熟し、ジャガイモの収穫後 Boro 米を作付できる。

実施中および計画中の活動: 生計の多様化については多くの活動が展開されており、成功事例を以下に示す。

- (a) ビール (beel) 漁業による雇用の多様化が、IFAD が支援する 2 つの LGED 事業により実践されている。第 1 の事業は、「Sunamganj Community Based Resource Management Project (SCBRMP)」であり、シュナムゴンジ県においてビール (beel) 養魚事業を実践して成果を収め、次に続く「Haor Infrastructure and Livelihood Improvement Project (HILIP)」においても引き継がれている。

この事業では、政府所有の beel を「Beel User Group (BUG)」と呼ばれる漁業グループがリース契約を結んで利用する。BUG は、この事業の中で研修を受けた後 beel 漁業を運営することになる。この活動は、漁業の生産性を高め、農業への洪水被害を補うべく地域の住民に新たな収入源をもたらし、地域住民の生計を改善した。今後、約 2 万人の BUG メンバー（内、少なくとも 20% が女性）が beel 漁業で利益を得るものと期待されている。

- (b) HILIP 事業の「Livelihood Protection Component」は、市場へのアクセス改善を推進している。

このコンポーネントの大きな目的は、農作物や家畜にかかる生産性の向上、多様化、販売体制の強化であり、小規模生産者の能力も開発している。計 94,000 名がこの事業下にある 26 オポヅラにて直接の便益を受けることを期待されている。

さらに、HILIP の成功を踏まえ、IFAD は HILIP モデルを普及するべく現在 CALIP と呼ばれる新規の事業を計画中である。

評価: 生計の多様化は、以下に整理するように洪水被害の軽減に向けて効果的である。

(a) 米の品種の多様化では、フラッシュフラッドに備えて多くの品種が開発され、ハオール地域の米の生産量は 20~30 年前に比べて増加している。

(b) 以前は、ハオール全域がボロ米一期作に依存していたことからフラッシュフラッドに見舞われれば被害は極端に深刻であった。しかし、野菜、ジャガイモや油糧種子生産の導入など作物の多様化により、全ハオール地域で作付率 (cropping intensity) が 1 以上に向上している。

(c) IFAD 事業を通して、ビール漁業による雇用の多様化が貧困層へのフラッシュフラッド被害の軽減に寄与している。

(d) 市場へのアクセス改善は IFAD 事業における施策の一環であり、この成功が新規の IFAD 事業の中で広く普及することが期待される。

更なる対策の可能性/必要性: 多くの施策が実施され、また実施中であるが、さらに多くの施策が今後取り込まれることが期待できる。

(7) 生活環境の耐水化

これに関連する施策は、家屋・管井・便所・仮置場などの床上げや宅地/市場に使用する洪水位より高いプラットフォームの建設を含んでいる。これら耐水化の施策は建設工事を伴うものの、非構造物対策として広く認識されている。ユネスコのガイドライン(Guidelines on Non-Structural Measures in Urban Flood Management, International Hydrological Programme -V | Technical Documents in Hydrology | No. 50, UNESCO, Paris, 2001)によれば、「耐水化は、建物や公共施設への洪水浸水を防ぐため、または洪水浸水に伴う被害を最小化するための恒久的または一時的/緊急的な技法」とされる。

現況: 様々な世代が生活しているハオール地域では、モンスーン洪水と共生できる生活様式が採用されている。多くの場合、家屋、井戸、便所、仮置場、家畜小屋などは通常の洪水位より高い位置に建設されている。このようにして、ハオール地域の人々は、自力ないし NGO の支援を得て生活環境を改善し、洪水被害を軽減している。

NGO の一つである POPI は家屋を個別に嵩上げするという伝統的な手法を発展させて市場かまたは村の用地として利用する広いプラットフォームを建設する新しいアイデアを採用し (参照: 写真 9.1.1、9.1.2)、2011 年から 2013 年の間に 4 つのプラットフォームをニキリ (Nikli) ウパヅラ (キショレゴンジ(Kishoreganj)県) に川の浚渫材料を使用して建設した。その一つは市場に、残りは居住用地に利用される。

実施中および計画中の活動: POPI が居住地用に建設した 3 箇所のプラットフォームにおいて、土地はリース契約により「家なし住民」に 10 年間土地所有権無しで与えられる。優先順位は、河岸の侵食により家を失った住民、母子家族、耕作地無し住民、極貧住民の順である。この 3 地区には合計 250 家族が、其々 7.6 m x 4.6 m の土地を保有し家を再建して生活している。一方、市場に利用するプラットフォームでは、土地は既存の小規模商店や貧困層に与えられた。

この POPI の成功例を踏まえ、BWDB はカルニ・クシヤラ浚渫事業にも取り込んで新規プラットフォームの建設を推進する計画である



出典: POPI

写真 9.1.1 新規プラットフォームの建設 (1/2)
(シュナムゴンジ県ニキリ・ウパジラ)



出典: JICA 調査団

写真 9.1.2 新規プラットフォームの建設 (2/2)
(シュナムゴンジ県ニキリ・ウパジラ)

評価: 生活環境の耐水化は、以下に整理するように洪水被害の効果的な対策となっている。

- (a) ハオール地域ではほとんどの家屋や管井戸、便所、仮置場などは通常のモンスーン洪水位より高く建設されて洪水浸水被害は受けにくく、人命、家畜ならびに貴重な家財道具を洪水から守る重要な対策となっている。
- (b) 新規プラットフォームの建設や村全体の嵩上げも有効な対策である。特に、新規プラットフォームの建設は、生活に必要な新規の土地を提供することから、人口の増加や河川沿いの侵食への対応策としてその重要性は高い。

更なる対策の可能性/必要性: 上記の実施中活動を踏まえて次段階の施策を吟味することになる。

(8) 参加型水資源管理

この対策は、一つの独立した非構造物対策ではなく、むしろ構造物洪水対策の適切な維持管理を確実に推進するための施策であり、ステークホルダーや受益者の参画が重要になる。

現況: (a) ADB や JICA の資金援助で実施されている LGED の小規模水資源開発事業は、事業で建設した施設の参加型運営管理のために水管理協力組合(WMCA)を各サブプロジェクトに設立している。

(b) 国際 NGO のひとつである Concern は、21 箇所の宅地用マウンド（盛立用地）波浪侵食対策を実施するために参加型手法を採用して、対象の村に共同組合を組織し、前払い方式の維持管理資金制度も構築した。建設段階では、受益者である住民も労働者として参画した。事業の完成後は、所有権が村の共同組合に移管され全ての維持管理の責任を引き継いでいる。

実施中および計画中の活動: 実施中の(a)小規模水資源開発事業(LGED)は、2017 年までに 1,000 以上のサブプロジェクトの各々に WMCA を組織する計画であり、また(b) BWDB は、維持管理活動を水管理組合(WMA)に移管するパイロット事業を世界銀行が融資する WMIP プロジェクトで実施している。

評価: (a) LGED の内部評価によれば、課題はあるものの小規模水資源開発事業(SSWRDP)は成功したモデル事業として考えられている。(b)Concern によれば、過去 5 年間に 21 マウンド波浪対策事業の中では 2 箇所で施設の崩壊が発生したが、村民は Concern の支援無しに独自で修復した。このことから、参加型モデル事業は効果的に機能していると考えられる。

更なる対策の可能性/必要性: 上記の実施中活動を踏まえて次段階の施策を吟味することになる。

9.2 効果的と考えられる非構造物洪水対策

上記を踏まえるとハオール地域に適切な非構造物洪水対策は、(1) 地域防災計画、(2) 生計の多様化、(3) 生活環境の耐水化、および(4)参加型水資源管理である。

本節では、これら 4 対策について考えられる事業を吟味し、JICA 支援事業として効果的と考えられる案件を整理する。

9.2.1 ハオール地域で考えられる非構造物洪水対策事業

(1) 地域防災計画

前節で述べたとおり、多くの組織がこの施策のために活動している。実施中および計画中の事業は以下に示すとおり整理できる。附録 9-1 にその詳細を記載している。

表 9.2.1 「地域防災計画」の事業

サブセクター	実施中および計画中の事業	評価等
洪水対応/ 避難計画	a. 国家災害管理訓練・研究センターの設立(CDMP II) 国家災害管理ボランティア協会の設立(CDMP II) b. 地方自治体レベルでのリスク軽減行動計画(RRAPs)へのファストトラック・リスク評価(FTRA)の利用(CDMP II)	2012年には242ヶ所のユニオンがRRAPsにFTRAを利用した。CDMP IIは1,780箇所のユニオンにて実施することを目標とする。新規事業の適用の前に現在の取り組みの成果の評価が必要。
ハザードマップ作成	a. ローカルコミュニティによる全国ハザードマップ作成(CDMP IIの予算によりNGOが実施)。 b. 「バングラデシュ国における複合ハザードリスクおよび脆弱性の評価、モデル化、地図化(ノルウェーが出資してADPCが実施、2014年5月に完了予定)	新規事業の適用の前に現在の取り組みの成果の評価が必要。
洪水避難所	具体的な計画はない。	地域の洪水特性を鑑みると、洪水避難所整備の優先度は高くない。既存施設の利用度も低い。利用者に配慮した洪水避難所が求められている。貯蔵や市場などの他目的を兼ねた施設が経済活性化の面でも望ましい。
防災啓蒙活動	a. 救命胴衣、太陽発電式ランプ、ラジオの供与(CDMP II) b. 災害管理教育(ローカルコミュニティ・リスク評価(CRA)(CDMP II)の一環として) c. 学校の教科書への災害管理の導入(CDMP II) d. ベンガル語版および英語版の災害管理入門(IDM)・総合的災害管理(CDM)モジュールの整備(http://elearning.cdmp.org.bd)(CDMP II) e. 100万枚のポスターと5万冊のリーフレットを防災教育教材として全国の学校へ配布(CDMP II) f. 洪水管理ボランティア(コミュニティ警察などを対象)のための訓練(CDMP II)	新規事業の適用の前に現在の取り組みの成果の評価が必要。
種子・食物銀行	(幾つかのNGOによる試行段階)	綿密に計画された調査が必要。
洪水被害/作物保険	a. 作物保険のパイロット事業(TA-46284)がADBの日本無償資金により実施の予定。	新規事業の適用の前にパイロット事業の成果の評価が必要。

出典: JICA 調査団

この対策で考えられる案件は以下のものである。

- 利用者に配慮した洪水避難所兼市場の計画および実施
- 種子・食物銀行の調査

(2) 生計の多様化

前節で述べたとおり、ハオール地域においてはこの対策が洪水被害軽減のために最も効果的と考えられる。多くの組織が複数のサブセクターにおいてこの対策を実施中である。実施中および計画中の事業は以下に示すとおり整理できる。その詳細は附録 9-1 に記載している。

表 9.2.2 「生計の多様化」の事業

サブセクター	実施中および計画中の事業	評価等
米の品種の多様化	<p> Bangladesh 米研究所(BRRI) が数多くの米の品種を開発している。例えば、短期成熟型の BR-28 タイプ (140 日)、高収量型の BR-29 タイプ(7.5 t/ha)、早期収穫型の BR-45 タイプ (4 月初旬に収穫) などである。</p>	<p> BR-45 は収穫時期に穀物が落ちてしまい、BR-29 は低温に弱い。更なる改良が必要である。</p>
作物の多様化	<p> 農業振興局 (DAE) と複数の NGO がポロ米の作付け前に野菜、ジャガイモ、油糧種子、牧草、竹などを栽培することを指導している。</p> <p> CDMP-II のコンポーネントとして、DAE が農業における災害および気候リスク管理(DCRMA) を 2011 年から実施中である。DCRMA は作物の多様化、農業の統合化、順応的農業、農民の能力強化などに取り組んでおり、4 県(Habiganj, Netrokona, Sunamganj and Moulvibazar)で実施中である。</p>	<p> DCRMA に類似した事業の実施余地はある。</p>
雇用の多様化	<p> a. ハオールのコミュニティにおける生計改善および洪水被害の軽減に向けて、ビール (beel) 漁業が国連機関の一つ国際農業開発基金 (IFAD: International Fund for Agricultural Development)の融資の下、LGED により実施されている。「Sunamganj Community Based Resource Management Project (SCBRMP)」と「Haor Infrastructure and Livelihood Improvement Project (HILIP)」は成功事例である。</p> <p> b. HILIP は主に女性による農業製品の屋内製造による増収入の訓練と資金の支援を提案している。</p> <p> c. HILIP の生計向上コンポーネントは小規模生産者の市場参入に係る能力の開発を目指す。</p>	<p> ビール (beel) 漁業の対象受益者は SCBRMP 下では約 9 万人の農民、HILIP では 688,000 世帯である。これらの事業の成功を踏まえ、IFAD は現在「Climate Resilience and Livelihood Improvement Project」(CALIP)と呼ばれる新規の事業を計画中である。合計 94,000 人がこの事業下にある 26 ウパジラにて直接の便益を受けることが期待されている。多くの事業が進行中であるが、未だ対象拡大の余地がある。</p>

出典: JICA 調査団

この対策で考えられる案件は以下のものである。

- フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた米品種の多様化に係る研究開発
- フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた作物の多様化および市場へのアクセス改善
- ビール (beel) 漁業の普及

(3) 生活環境の耐水化

前節で述べたとおり、この対策は洪水被害軽減のために効果的と考えられる。実施中および計画中の事業は以下に示すとおりに整理できる。その詳細は附録 9-1 に記載している。

表 9.2.3 「生活環境の耐水化」の事業

サブセクター	実施中および計画中の事業	評価等
居住地の嵩げ	ハオール地域の人々は、一般的には通常の洪水位より高い台地に家屋を建てて洪水被害を軽減している。その資金は自己資金や借金による。	これは伝統的な対応活動であり、NGO による支援が適切であろう。
宅地や市場のための新規プラットフォーム (台地) の建設	a. 複数の NGO が独自にこの活動を実施している。 b. カルニ・クシアラ浚渫事業 (GOB 資金) でも浚渫土を活用した新規プラットフォームの建設を推進する計画である。	新規のプラットフォームは埋め立てによるものであり、「家なし住民」が居住している。浚渫土を利用して、波浪対策工事との併用で経済的な土地の造成が可能である。

出典: JICA 調査団

この対策で考えられる案件は以下のものである。

- 河川浚渫および波浪対策工事と併合した宅地や市場のための新規プラットフォーム (台地) の建設

(4) 参加型水資源管理

前節で述べたとおり、本対策は一つの独立した非構造物対策ではなく、むしろ構造物洪水対策の適切な維持管理を確実に推進するための施策である。完了、実施中および計画中の事業は以下に示すとおりに整理できる、詳細は附録 9-1 に記載している。

表 9.2.4 「参加型水資源管理」の事業

サブセクター	実施中および計画中の事業	評価等
WMIP モデル (維持管理に受益者が参加するが資産の移管は無い)	WMIP (Water Management Improvement Project) は世界銀行とオランダの融資の下で BWDB が実施中で有り、2015 年に完了の予定である。水資源管理事業におけるコミュニティの役割を定義する。	BWDB の今後の管理方針に強く影響する。 新規事業の適用の前に現在の取り組みの成果の評価が必要。
LGED モデル (維持管理のために資産を移管するが、その後も支援する)	JICA および ADB の融資の下、小規模水資源開発事業では水管理協同組合 (WMCA) を各サブプロジェクトに設立し、施設の維持管理を移管している。2000 年に実施が開始され 2017 年まで続く予定である。	課題もあるが、一般的には成功事例とされている。 新規事業の適用の前に現在の取り組みの成果の評価が必要。

サブセクター	実施中および計画中の事業	評価等
“Concern” モデル (資産を移管し、訓練を除くその後の支援は無い)	アイルランドに拠点を置く国際 NGO の Concern は Irish Aid and European Commission の出資の下、21 箇所の村落波浪対策事業をハオール地域で実施した。実施期間は 2006 年 10 月から 2011 年 12 月までであった。	Concern によれば、21 対策事業の内 2 箇所で施設の崩壊が発生したが、村民は Concern の支援無しに独自で再建修復した。このことから、参加型モデル事業は効果的に機能していると考えられる。

出典: JICA 調査団

この対策では、新規事業の吟味の前に WMIP 及び LGED モデルで採用した取り組みの成果の評価が必要である。

9.2.2 JICA 支援事業として効果的と考えられる非構造物洪水対策

ハオール地域における今後の非構造物洪水対策として考えられる案件は先述したとおりであり、以下の通り列挙できる。

- 利用者に配慮した洪水避難所兼市場の計画および実施
- 種子・食物銀行の調査
- フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた米品種の多様化に係る研究開発
- フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた作物の多様化および市場へのアクセス改善
- ビール (beel) 漁業の普及
- 河川浚渫および波浪対策工事と併合した宅地や市場のための新規プラットフォーム (台地) の建設

いずれの対策も洪水被害軽減に寄与するものであるが、JICA 支援の面から表 9.2.5 のように整理した。

表 9.2.5 各対策の JICA 支援としての適性の分析結果

考えられる今後の非構造物洪水対策	適性分析	JICA 支援の適性
利用者に配慮した洪水避難所兼市場の計画および実施	学校、病院、市場などと兼用できる洪水避難所が効率的でニーズも高い。市場や貯蔵庫との兼用とした場合、経済活動の活性化が期待される。	有
種子・食物銀行の調査	技術協力プロジェクトもしくは協力準備調査に適している。	有
フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた米品種の多様化に係る研究開発	BRRRI は広範な専門知識・経験を有しており、また「International Rice Research Institute, Manila」(IRRI)とも密接に協力している。JICA 支援の必要性は低いと判断される。	無

考えられる今後の非構造物洪水対策	適性分析	JICA 支援の適性
フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた作物の多様化および市場へのアクセス改善	輸送、貯蔵および市場へのアクセスと統合した作物の多様化・生計の向上を通して、経済活動の活性化が期待できる。	有
ビール (beel) 漁業の普及	輸送、貯蔵および市場へのアクセスとの統合を通して経済活動の活性化・生計の向上が期待できる。	有
河川浚渫および波浪対策工事と併合した宅地や市場のための新規プラットフォームの建設	特に、河川浚渫との併合の中で最大便益を得られるが、河川浚渫のコンポーネントは JICA 支援事業に含まれない。	無

出典: JICA 調査団

表 9.2.5 を踏まえ、ハオール地域における今後の非構造物洪水対策について、JICA 支援事業として効果的と考えられる案件は以下の通りである。

- NSM-1 : 利用者に配慮した洪水避難所兼市場の計画および実施
- NSM-2 : 種子・食物銀行の調査
- NSM-3 : フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた作物の多様化および市場へのアクセス改善
- NSM-4 : ビール (beel) 漁業の普及

なお、JICA の支援には適さないとされる対策も「バ」国により実施されることが望まれる。

上記 4 非構造物洪水対策の案件概要を以下に整理している。

(1) NSM-1 : 利用者に配慮した洪水避難所兼市場の計画および実施

- 1) 事業位置 : ディープハオールが所在する 5 県
- 2) 目的 : 大規模洪水が発生した際の避難所の提供 (本施設は公共の貯蔵庫および市場としても機能する)
- 3) 主な活動 : 洪水避難所は通常、複数階の鉄筋コンクリート構造とする。女性用のトイレ、女性や子供用の部屋も設置する。牛や家禽のスペースも必要となり、階段は牛の歩行が可能なよう広く設計すべきである。この構造は週末市場 (「ハット」と呼ばれる) にも利用可能となる。収穫期には穀物の仮置きや脱穀作業のスペースとしても利用する。乾季の移動経路確保のためには道路整備が必要であり、洪水避難所の設備として幾つかのポートも設置すべきである。
- 4) 受益地/受益者 : 5 県全てに便益が見込まれる。
- 5) 実施機関 : 事業は LGED により実施され、維持管理は受益者グループに委ねられる。
- 6) JICA 支援の緊急性 : 中位

(2) NSM-2 : 種子・食物銀行の調査

- 1) 事業位置 : 複数のウパジラ

- 2) 目的： 現地状況を考慮の上で種子・食物銀行を調査し、広範な展開の可能性を検討。
 - 3) 主な活動： 第一段階では国内外の事例に基づいて計画を策定する。第二段階では雨季・乾季におき調査を実施する。最終段階においては、大規模な展開の実施に向けて、その評価と修正を行う。
コミュニティ食物銀行(CFB)は雨季明けや水害時に食物を配給する緩衝在庫としてコミュニティにより運営される。CFBは受益者が預ける食物を保管し、食糧危機の状況下でそれを配給するものである。預託者は現金預金と同様に利息を加えた形で食物を引き戻せる。ウパジラレベルで中央貯蔵庫を管理し、各村に支店を設置することが望ましい。大規模洪水の発生後、種子が不足することが多く、この問題の解決には種子を貯蔵する施設が必要である。
 - 4) 受益地/受益者： (調査案件)
 - 5) 実施機関： 農業振興局 (DAE) と幾つかの NGO が協働。
 - 6) JICA 支援の緊急性： 中位
- (3) NSM-3：フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた作物の多様化および市場へのアクセス改善
- 1) 事業位置： ディープハオールが所在する 5 県
 - 2) 目的： 作物の多様化によりフラッシュフラッドによる農業被害を軽減し、貯蔵施設や市場への輸送路を確保。
 - 3) 主な活動： CDMP-II が支援する農業における災害および気候リスク管理 (DCRMA) および HILIP の生計向上コンポーネントがモデルとなる。
この事業は複数のコンポーネントにより構成され、第一のコンポーネントは作物の多様化、農業の統合化、順応的農業、農民の能力強化である。
農業生産システムは貯蔵と市場施設に密接に繋がるものであり、それらへのアクセス不全是農民の生産物を妥当な価格で販売することへの障壁となる。ほとんどの農民は収穫直後に村の市場にて生産物を安い価格で販売している。生産者達はオフシーズンの日常の消費のために穀類をより高い価格で購入せざるを得ない状況にある。
このため、第二のコンポーネントとして市場や貯蔵庫の整備、作物品質の等級化、生産物の標準化、重量・計量の標準化、毎日の市場価格の公示、輸送施設の改善が含まれる。このコンポーネントは、小規模生産者が市場原理に基づいたバリューチェーンへの参画や組織作りをするための能力開発である。
 - 4) 受益地/受益者： 5 県全てに便益が見込まれる。
 - 5) 実施機関： 事業は LGED が DAE と協働して実施し、維持管理は受益者グループに委ねられる。
 - 6) JICA 支援の緊急性： 緊急

(4) NSM-4：ビール (beel) 漁業の普及

- 1) 事業位置： ディープハオールが所在する 5 県
- 2) 目的： ビールにおけるハオール生息魚種の増産により、漁業者の生計を向上させる。
- 3) 主な活動： **HILIP** のコミュニティ資源管理のコンポーネントがモデルとなる。
ビールは通常ハオールの最深部にあり、乾季にも水が残る。公用地のビールは漁業者グループがリース契約を結ぶことにより利用可能となる。漁業者グループは持続的漁業の推進に向けて教育訓練を受ける。
- 4) 受益地/受益者： 5 県全てに便益が見込まれる。
- 5) 実施機関： 事業は **LGED** が漁業局と協働して実施し、維持管理は受益者グループに委ねられる。
- 6) JICA 支援の緊急性： 緊急

第 10 章 結論と提言

「バ」国の北東部を流れるメグナ川の上流部に位置するハオール地域（約 8,500km²）は、乾季は食糧基地として、雨季は豊富な漁場として地域経済を支えている。一方、雨季の始まりに北方インド領内の世界的な多雨地帯でもある山岳地域から流入するフラッシュ・フラッドや、雨季の間の長期間に渡る湛水によって被害が発生している。特に、雨季の始まりには、これまで2年～3年に一度の頻度でフラッシュフラッドにより深刻なボロ米被害を受けている。

ハオール湿地帯開発庁（BHWDB）は、今後 20 年間のハオール地域における包括的な開発計画として「ハオール地域開発マスタープラン（M/P）」を 2012 年 4 月に策定している。この M/P は今後のハオール地域への具体的な JICA 支援の実施にあたって、上位計画となるものである。しかし、M/P は現状・課題分析および参加型プロセスなどを通して地域住民のニーズやその重要性・緊急性を反映する優先事業等を取りまとめているものの、事業実施による上下流地域への影響に関する水理解析やその他技術面からの十分な吟味・検証は実施されていない。本調査は、このことを踏まえ、ハオール地域における今後の JICA 事業形成・実施のベースとなる本 M/P のレビュー及び補完的な基礎的調査を行い、当該地域における洪水対策・河川管理計画の中で JICA が支援すべき優先度が高い事業として、以下の構造物・非構造物対策を提案している。

(1) 構造物対策

- ハオール地域におけるプレモンスーン洪水防御・排水事業（ハオール事業のリハビリ事業ならびに新規建設事業；以下「ハオール事業」）

(2) 非構造物対策

- フラッシュフラッドによる被害軽減に向けた作物の多様化および市場へのアクセス改善
- ビール（beel）漁業の普及

この内、構造物対策の維持管理に係る事項および非構造物対策については、その事業内容の形成が、現在進行中の「Bangladesh 国 メグナ川上流域水資源管理事業準備調査（JICA）」に委ねられている。従って、本調査では構造物対策について、技術面からの基礎的な検討に重点を置いて事業内容を取りまとめている。このことを踏まえ、本事業の実現に向けて下記の点を提言する。

- (1) オール事業を構成するサブプロジェクト群として選定されている 37 案件（リハビリ案件：15、新規建設案件：22）については、上述のように主として技術面の検討から事業を形成した。今後の実施に向けたハオール事業の形成では、経済性および環境・社会配慮の面からの評価も含めたレビュー・事業内容の吟味が求められる。
- (2) ハオール地域では、河川の水位・流量観測が実施されているが、同国の洪水位による管理体制からの要請もあり人力（目視）による日中（午前 6:00～午後 6:00）の水位観測が基本になっている。今後の当該地域における水資源管理では河川流水の量的な把握も取り込んだ管理も重要になることから、自記水位計を利用した水位観測ならびに「水位 - 流量曲線」の整備を推奨する。

- (3) 潜水堤防や樋門など洪水施設の計画における設計洪水位は、現在、水位の確率評価に基づいて設定されているが、今後の土地利用や河床/河道などの変化を考慮すると水位評価による計画から、洪水対策上の基準点において高水流量を決定し、流量を基本に設計洪水位を設定した計画の取り込みも望まれる。
- (4) 本調査では、約 8,500km² を有する広大なハオール地域を対象に IWM が保有する洪水解析モデルを一部改良して水理解析を行い流況を検討している。実施に際しては、事業地域を対象にしたより精緻な水理解析による流況などを確認することを推奨する。
- (5) 地盤調査（ダッチコーン試験）の結果、ごく一部ではあるが軟弱層が確認され、堤防高 2.0～2.5m 以上では押さえ盛土等の対策も必要になる。このため、実施段階では、構造物の詳細設計に反映すべく、計画する潜水堤防に沿って 500m 程度毎に、ならびに地形上留意すべき位置などにおいてボーリング調査による軟弱層（特に、ピート層）の有無の確認を提案する。
- (6) ハオール地域では雨季の始まりに、これまで 2 年～3 年に一度の頻度で発生するフラッシュフラッドにより深刻なボロ米被害を蒙っている。この悲惨な被害の現状を踏まえると、当該地域における洪水被害を軽減し、経済活動の活性化と貧困削減・生計向上に大きく資する提案事業の早期実現が強く求められている。この実現に向けて「バ」国政府が予算確保、技術支援の要請など、今後にとるべきアクションを遅滞なく実施することを提案する。