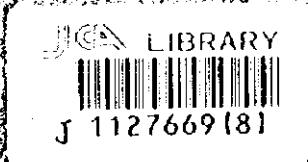


国際協力事業団

ブータン国
農業省

ブータン国
ウオンディフォドラン県
地下水開発計画調査
ファイナル レポート
要約

平成8年3月



株式会社 パンフイック コンサルティング インターナショナル
中央開発株式会社

機関
J R
96/014

国際協力事業団

ブータン国
農業省

ブータン国
ウォンディフォドラン県
地下水開発計画調査
ファイナル レポート
要 約

平成8年3月

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル
中 央 開 発 株 式 会 社

本報告書では、事業費を1995年7月時点の市場価格で見積り、通貨交換レートは以下の通りである。
US\$ 1.00=Nu. 30.85=J.Yen 100.00



1127669{8}

序 文

日本国政府は、ブータン国政府の要請に基づき、同国のウオンディフオドラン県地下水開発計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成6年2月から平成8年1月までの間、4回にわたり、株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルの金津昭治氏を団長とし、同社及び中央開発株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ブータン政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成8年3月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎

伝達状

平成8年3月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎 殿

拝啓

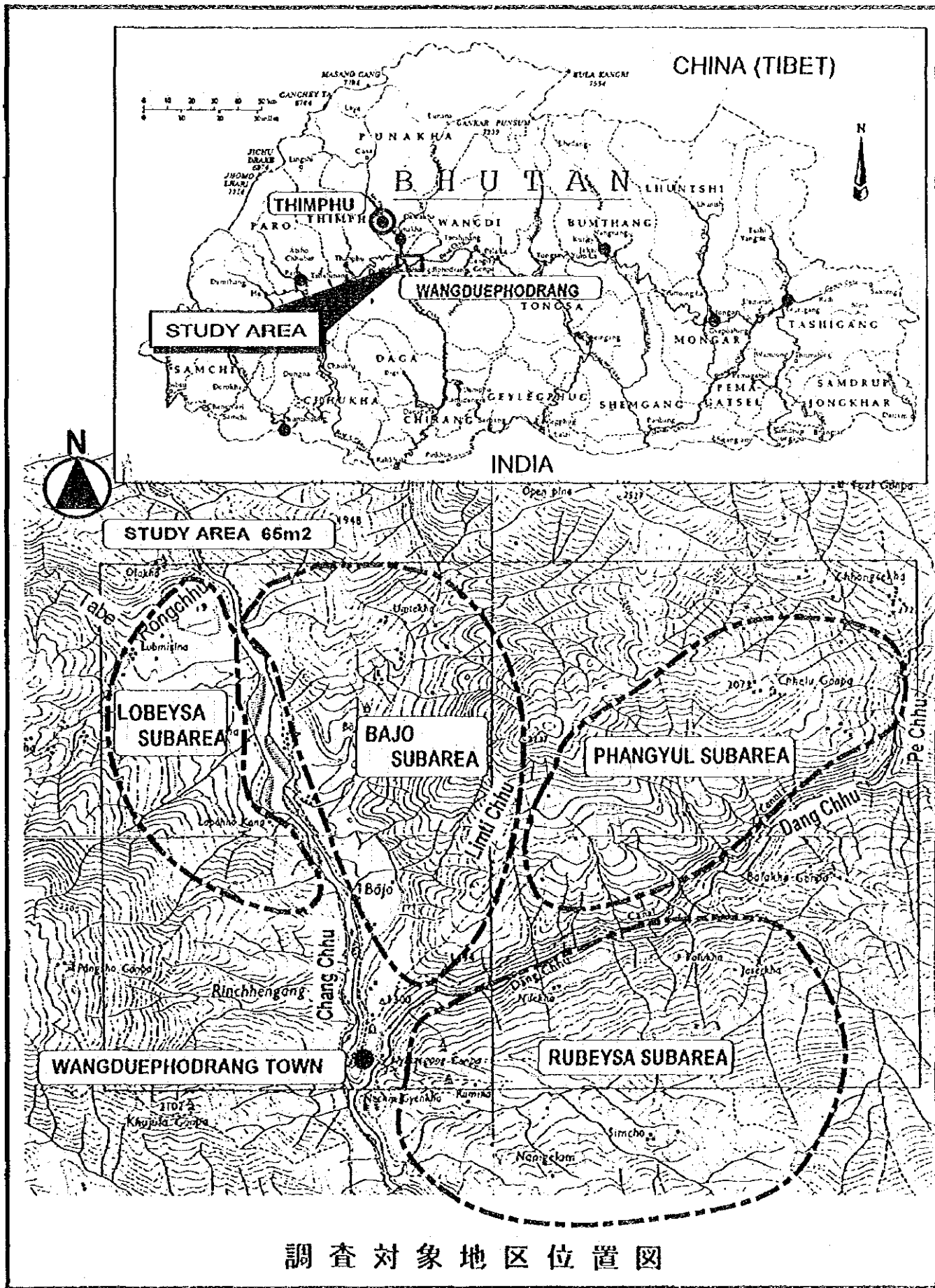
ブータン国ウォンディフォドラン県地下水開発計画調査の報告書を提出申し上げます。
本報告書は、貴事業団と株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルおよび
中央開発株式会社との間で締結された契約に従って作成されました。

本報告書は、要約、主報告書および付属報告書によって構成されています。要約は全調
査結果を簡潔にまとめ、主報告書には水資源の現況分析および評価、水資源開発基本計画、
ウォンディフォドラン市への給水計画、調査地区の灌漑改善計画等全ての調査結果が記載
されています。付属報告書には、各種調査、検討内容および事業計画内容について詳細に
記載しています。さらに、図面集、データ集も併せて提出いたします。

本報告書の提出にあたり、調査団に対し多大なご支援を賜った貴事業団、外務省、在
インド日本大使館、JICA インド事務所および在ブータン協力隊調整員事務所の諸賢、なら
びにブータン国政府機関の関係各位に対して、心から感謝の意を表するとともに、本調査
の成果がウォンディフォドラン県の生活用水、灌漑用水の改善と社会経済の発展の一助と
なる事を希望する次第です。

敬具

調査団長
金津 昭治



調查对象地区位置图

ブータン国ウォンディフオドラン県地下水開発計画調査

計画概要

1. 水資源開発基本計画

1.1 基本構想

本基本計画における基本構想は以下のように考えられる。

- | 灌漑用水供給 | 生活用水供給 |
|----------------|-----------------|
| - 効率的灌漑用水利用の達成 | - 伝染病の駆逐 |
| - 効率的土地利用の達成 | - 都市給水及び村落給水の普及 |
| | - BHNの提供 |

1.2 開発計画の目的

- (1) 灌漑用水供給
- 食料自給率向上のための持続可能な農業生産の増大
 - 農村地域住民の生活レベルと収入の改善
 - 天然資源の継続的利用
- (2) 生活用水供給
- 病害の心配の無い安全な水の供給
 - 信頼性の高い安定した水供給の実現

1.3 目標年次

- 中期目標年次 2002 年
- 長期目標年次 2007 年

1.4 灌漑用水資源開発計画

(1) 灌漑用水供給のための基本戦略

考えられる様々な開発手法に関するケーススタディの結果に基づいて、灌漑用水資源開発計画策定のために次のような開発戦略が提案される。

土地分類	目標年次	開発戦略
低平地	中期	- 灌漑用水不足の解消 (灌漑水路の改修・強化) - 現況水田面積の 40% を二期作に転換する
	長期	- 灌漑用水不足の解消 - 現況水田面積の 100% を二期作に転換する
丘陵地	中期	- 合理的水管理体制の確立 (分水施設の新設) - 現況水田面積の 10% を畑作に転換する
	長期	- 合理的水管理体制の改善 - 最適な転換作物の導入

(2) 灌漑用水資源開発基本計画の概要

開発戦略に基づいて必要施設の概略設計を行い、右表に要約される灌漑用水資源開発計画を策定する。

地区分類	低 平 地	丘陵地
水路長 (km)	30.2	30.6
支配面積 (ha)	504	254
受益農家戸数	292	266
分水施設箇所数	119	153
総事業費 (1000Nu.)	9,195	1,021
維持管理費 (1000Nu./year)	102	115

1.5 生活用水資源開発計画

(1) ウォンディフオドラン市域給水計画

1) 給水地区・人口・計画給水量

	2002年	2007年
面積:	110 ha	130 ha
人口:	9,847人	11,212人
水使用原単位	120 l/p/d	145 l/p/d
水需要量	1,133 m ³ /day	1,546 m ³ /day

2) 施設計画

取水施設	既設の取水施設を現況のまま利用する。
送水施設	送水施設は現況の 8 l/sec から 20 l/sec に拡張する。
浄水施設	浄水処理能力を現況の 780 m ³ /day から 1,700 m ³ /day に拡張する。 配水槽の有効容量を現況の 600 m ³ から 850 m ³ に増加させる。 水質の濁度を下げて色度を改善するような処理機能を持たせる。
給水施設	老朽管路網の付け替え・延長、量水メーターを設置する。

(2) 村落給水計画

各村落の給水施設は現況施設の整備状況、水源地水量の有無等について異なった条件にある。各村落の置かれている状況に基づいて必要となる施設を分類し、その施設ごとに必要な対策と対象村落数及び受益人口を下表に示す。

調査地区名	項目	新規建設 (6戸以上)	新規建設 (有既設) (6戸以上)	新規建設 (5戸以下)	施設追加	既設拡張 (6戸以上)	既設拡張 (5戸以下)	簡易処理追加
調査地区	対象村落数計	9	1	12	1	4	3	1
全体	平均人口	131	49	24	185	99	40	123

1.6 概算事業費

水資源開発基本計画の概算事業費は下記のように概算される。

灌漑用水資源開発計画	14.6 百万Nu
ウォンディフオドラン市域給水計画	231.2 百万Nu
村落給水計画	44.1 百万Nu
合計	289.9 百万Nu

1.7 経済評価

経済内部収益率は15.4%と計算され、本事業の実施は経済的に妥当であると判断される。

2. ウォンディフォドラン市域の給水施設計画

2.1 施設計画

- (1) 送水施設
 - 設計流量： 1,700m³/day (20 l/sec)
 - 送水距離： 約8.4 km
 - 管 径： 8 インチ
 - 管 種： ダクタイル鋳鉄管

- (2) 浄水施設
 - 受水槽： 鉄筋コンクリート製 5.5 m(L) x 1.5 m(W) x 1.5 m (H)
 - フロキュレータ： コンクリート製水路、0.7 m(W) x 10.0 m(L) x 4 Nos.
 - 薬品注入設備： コンクリート製タンク 1.5 m(W) x 1.5 m(L) x 1.2 m (D)
 - 沈砂槽： 既存沈砂槽 (950 m³)を補強
 - 濾過設備： 重力式急速濾過装置 (濾過面積24m², 濾過速度1.2m³/分)
 - 配水槽： 既存配水槽 (600 m³)を200 m³追加
 - 塩素注入設備： 円形プラスチック製溶解槽、0.8 m 径、1.0 m 深
 - 管理棟： 木造2階建 (90 m²)
 - 進入道路： 幹線道路より約80 m

- (3) 配水施設
 - 配水本管は漏水及び盗水防止のため既存のポリエチレン管から鋼管に取替る。
 - 配水本管が長すぎる箇所は、水圧のアンバランスな負荷を軽減させるため新しい管路を設置する。
 - バジョ地区に新たな給水地区を追加するため既存配水管路を延長する。
 - 末端配水管路は各戸配水とし各家庭に水道メーターを設置する。

2.2 概算事業費

本事業の実施に係わる直接工事費、設計監理費、管理費及び予備費を含めた全費用は表の通りで、総額Nu. 231,200,000 (約 749百万円)である。

ウォンディフォドラン市域給水施設 (単位：百万Nu)

項 目	価 格
1. 直接工事費	172.6
1.1 送水施設工事	60.1
1.2 浄水施設及び配水施設工事	95.4
1.3 配水管網施設及び末端施設工事	17.1
2. 設計監理費	35.0
3. 政府事務費	6.2
小計	213.9
4. 予備費	17.3
合計	231.2

2.3 事業評価

(1) 経済評価

経済内部収益率は11.1%となり、本事業の実施は経済的に妥当であると判断される。EIRRは資本の機会費用10%を少し越える程度であるが、住民の健康と生活水準の向上と云う計算不能の間接的便益も考慮されるべきであろう。

(2) 財務評価 (水道料金解析)

ウォンディフォドラン市においてもティンブー市と同様の料金体系が採用されたとすれば、総収入は年間約Nu. 564千となり、これは本事業の維持管理費の約21%に相当するものである。

3. バジョ及びファンギル地区の灌漑改善計画

灌漑用水資源開発計画で策定された基本計画の中から、事業の緊急性と重用性を考して、下記の2水路の灌漑改善計画が最優先計画として選定された。

- 低平地： バジョ水路
- 丘陵地： ファンギル水路

3.1 灌漑改善計画

(1) 作付計画及び灌漑用水量

バジョ地区については現況水田面積の40%について二期作を導入する。ファンギル地区については10%の作付転換を図る。灌漑用水量は5年確率のものを採用し、最大灌漑用水量は右表に示す通り算定される。

水路名 コード	Bajo C9	Phangyul C10
米-小麦 (CP1)	34	31
米-辛子 (CP2)	15	1
米-米-辛子 (CP3)	55	0
米 (CP4)	34	46
野菜-野菜 (CP5)	7	13
合計	144	91

バジョ水路改修計画は、以下の設計条件を採用した。

- 最大計画流速： 0.6 m/sec
- 粗度係数： 0.035 (土水路)
0.025 (石積水路)

水路名 コード	Bajo C9	Phangyul C10
最大灌漑用水量	210	240

(2) 灌漑改善計画の内容

バジョ水路は水路保護工や水管理に必要な分水工施設が計画される。ファンギル水路は分水施設のみが設置される。灌漑改善計画の内容は右表に示す通りである。

水路名 コード	Bajo C9	Phangyul C10
水路長 (km)	15	16
受益面積 (ha)	143	91
受益農家戸数	52	42
分水施設個数	35	32
防災地質危険度	46.8	41.3
設計流量	210	240

3.2 概算事業費

灌漑改善事業の概算事業費は下表のように見積もられる。

(1) ファンギル水路改善計画の概算事業費

水路コード	地区名	受益面積	水路長	設計流量
C10	Phangyul	91 ha	16 km	240 l/s
内容	単位	数量	単価	適川
分水施設	個所	32	Nu. 8,924	Nu. 285,578

(2) バジヨ水路改善計画の概算事業費

水路コード C9	水路名 Bajo Canal	受益面積 143 ha	水路長 15 km	設計流量 210 l/s
内容	単位	数量	単価 (Nu.)	金額 (Nu.)
水路工				
練石積水路	m	614.00	1,238.26	760,295
土水路	m	14,386.00	50.92	732,479
急流落差工 (練石積水路区間)	m (落差)	18.00	2,255.36	40,596
急流落差工 (土水路区間)	m (落差)	162.00	1,935.36	313,528
分水施設	個所	35.00	9,810.71	343,375
小計				2,190,273
防護工				
防護工 タイプ PA	m	235.90	7,602.76	1,793,491
防護工 タイプ PB	m	39.90	2,790.91	111,357
防護工 タイプ PC	m	39.90	6,250.61	249,399
防護工 タイプ PD	m	176.70	1,525.61	269,575
水路橋	m	39.24	6,708.68	263,249
管水路	m	82.18	1,683.41	138,345
小計				2,825,416
合計				5,015,689

3.3 事業評価

(1) 経済評価

経済内部収益率は11.2%、本事業の実施は経済的に妥当であると判断される。
 評価の結果、EIRRは全体の灌漑用水資源開発計画の10.7%を超過し、ENPVは正、E/B/C
 は1.0 以上であり、本事業の実施は経済的に妥当であると判断される。

(2) 財務評価

灌漑改善事業実施後の一農家当たりの農業純益は実施前に比較してバジヨ地区で1.29
 倍、ファンギル地区で1.26倍となると推定される。農業純益はそれぞれNu. 8,518とNu. 2,
 642の増加が見込まれこれは一ヶ月当たりの最低賃金 (Nu. 1,400) の6.11ヶ月と1.89
 ヶ月分に相当する。

ブータン国

ウォンディフオドラン県

地下水開発計画調査

要 約

目 次

	頁
1. 序 論.....	1
2. 調査地区の現況.....	1
2.1 社会経済.....	1
2.2 地質・水理地質.....	2
2.3 気象・水文.....	2
2.4 農 業.....	3
2.5 給水施設.....	3
2.5.1 ウォンディフオドラン市域の給水施設.....	3
2.5.2 村落給水施設.....	4
3. 水資源賦存量と開発可能量.....	4
3.1 水利用の概況.....	4
3.2 水資源賦存量.....	5
3.2.1 伏流水及び地下水.....	5
3.2.2 表流水.....	5
3.3 水資源の評価.....	6
3.3.1 水収支.....	6
3.3.2 水 質.....	6
3.3.3 環境に対する影響.....	7
4. 水資源開発基本計画.....	7
4.1 基本構想と計画基準.....	7
4.1.1 水資源開発基本計画の基本構想.....	7
4.1.2 計画基準.....	7
4.2 灌漑用水資源開発計画.....	8
4.3 生活用水資源開発計画.....	9
4.3.1 現況及び将来水需要.....	9
4.3.2 ウォンディフオドラン市域給水計画.....	10
4.3.3 村落給水計画.....	11
4.4 実施計画及び概算事業費.....	12

	頁
4.5 事業評価.....	13
4.5.1 経済評価.....	13
4.5.2 財務評価.....	14
4.5.3 社会経済評価.....	14
4.6 実施体制.....	15
5. ウォンディフオドラン市域の給水施設計画.....	15
5.1 施設計画.....	15
5.1.1 取水施設.....	15
5.1.2 浄水施設.....	15
5.1.3 配水施設.....	16
5.2 実施計画及び概算事業費.....	16
5.2.1 実施計画.....	16
5.2.2 概算事業費.....	16
5.3 事業評価.....	17
5.3.1 経済評価.....	17
5.3.2 財務評価.....	17
6. バジヨ及びファンギル地区の灌漑改善計画.....	17
6.1 灌漑改善計画.....	17
6.1.1 作付計画及び灌漑用水量.....	17
6.1.2 灌漑改善計画の内容.....	18
6.2 実施計画及び概算事業費.....	18
6.2.1 実施計画.....	18
6.2.2 概算事業費.....	18
6.3 事業評価.....	19
6.3.1 経済評価.....	19
6.3.2 財務評価.....	19
7. 勸告.....	19

図・表リスト

	頁
表-1 表流水の水収支.....	22
図-1 調査対象地域の村落位置図.....	23
図-2 地下水資源評価図.....	24
図-3 調査対象地域周辺の灌漑水路.....	25
図-4 ウォンディフオドラン市域の既存給水施設.....	26
図-5 ウォンディフオドラン市域の水需要予測.....	27
図-6 ウォンディフオドラン市域給水計画の浄水施設改善内容.....	28
図-7 灌漑改善計画の計画作付体系.....	29

要 約

1. 序 論

ブータン国はヒマラヤ山脈の東方に位置する面積約 46,500 km² の小国であり、人口約 60 万人の約 90 %が農業に依存している。同国の第7次5ヶ年計画（1992 - 1997）においては自然資源と人的資源の有効活用により、農村部の整備及び均衡ある地域開発が重点課題の一つに掲げられている。また、この国の食糧自給率は現在 64%と発表されている。第8次5ヶ年計画の終了時である 2002 年にはこれを 80 - 90 %まで引き上げる事を目標としているため、第7次5ヶ年計画に引き続き第8次5ヶ年計画においても国家レベルと住民レベルの食糧自給率の向上が大きな目標の一つとなろう。

一方、ブータン国の農村部では、生活用水及び灌漑用水とも必要水量が不足しているため種々の問題が生じている。地域住民の生産性の向上をはかり、理想的な社会生活環境を実現するためには、水供給不足の問題を解決することが不可欠である。

ウオンディフォドラン県の市域及び村落地域における住民の多くは、現在、飲料水の不足に加え衛生面での水質にも問題を抱えており、安全で衛生的な水の恒常的な確保が必要不可欠となっている。

また、ウオンディフォドラン県はブータン国の主要な農業生産地であり、多くの住民は農業に依存しているため、地域住民の所得の増加と生活レベルの向上を図るためには農業生産性の向上が不可欠である。

本調査は、国際協力事業団（JICA）の調査団がブータン国農業省及び関連機関と協力して 1994 年 2 月から 1995 年 11 月にかけて実施したものである。本調査の目的は地域住民の生活の向上を目途として、ウオンディフォドラン県の県都を中心とする地域を対象に地下水を中心とした水資源開発基本計画を策定するものである。併せて、調査の実施を通じてカウンターパートへの技術移転を行う。

調査対象地域は、ウオンディフォドラン県のルベサ（Rubeysa）、ファンギル（Phangyul）、ロベサ（Loheysa）、バジョ（Bajo）の各地域を含む県都周辺地域（約 65 km²）である。

2. 調査地区の現況

調査地区別の村落数、戸数及び人口

2.1 社会経済

(1) 戸数及び人口

調査地区別の村落数、戸数、人口は右表に示す通りである。

調査地区名	村落数	戸数	人口
Lobeysa	21	177	3,686
Bajo	8	115	983
Phangyul	18	156	1,159
Rubeysa	17	179	1,456
合計	64	627	6,684

(2) 地域経済

調査対象地域の主要産業は、農業と畜産である。ウオンディフォドラン - ブナカ渓谷は、ブータン国の全水田作付面積の 12%を有し、国全体の 18%の米を生産している米作の主要生産地である。米の生産は地域の最も重要な経済活動であり、米は住民にとっての自給食糧となる他、換金作物や交換作物ともなっている。ウオンディフォドラン

市はティンブー県とウオンディフォドラン県周辺の経済活動の中心地である。

(3) 社会基盤

首都ティンブー市からタシガン市への東西に通ずる幹線国道が、ウオンディフォドラン市を貫通している。ウオンディフォドラン市からはティンブー市、プナカ市、ブンツォリン市、タシガン市を結ぶ定期バスが運行されている。しかし、ウオンディフォドラン市から村落を結ぶ道のほとんどは、車の走行が不可能な狭い道である。

2.2 地質・水理地質

(1) 地形・地質

ブータンは、他のヒマラヤ山地に比べると、隆起運動が緩やかであったため山体の尾根に準平原の遺物としての平坦面が残っているのが特徴である。これが豊かな生態系を支えている。地域の地質は、次のように大別される。

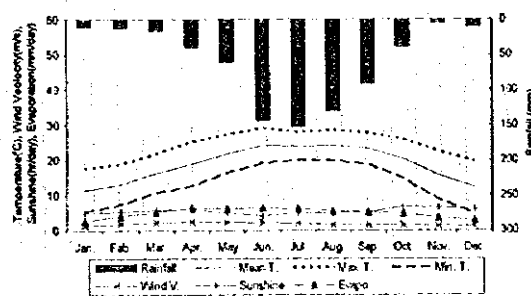
- 第四系 河岸段丘、泥流
- チェカ累層 中生代～先カンブリア紀；千枚岩・変堆積岩
- パロ累層 先カンブリア紀；千枚岩・片岩
- ティンブー累層 先カンブリア紀；片麻岩

(2) 水理地質

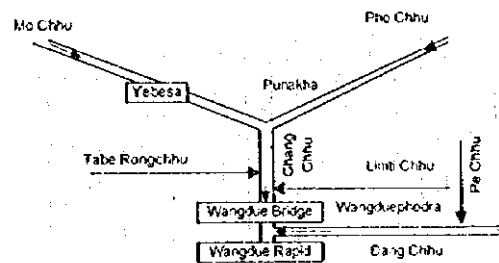
水理地質学的にはチェカ累層以下の透水性に乏しい基盤岩類と、多孔質でより透水性の第四系の二層構造と考えられる。帯水層としては、河岸段丘、泥流堆積物の他にも山腹の各所に緩斜面を形成している地すべり堆積物が重要である。

2.3 気象・水文

調査対象地域の気候は高山性気候帯から温帯性気候帯に特徴づけられる。月間降雨量は雨季の4月から9月に多く、乾季の10月から3月に少なくなる。Chang Chhu 川上流の流域面積は 5,640 km² で、Mo Chhu 川、Po Chhu 川、Tabe Rongchhu 川、Limi Chhu 川、Dang Chhu 川を含む。Chang Chhu 川の流域系統図を下図に示す。



調査対象地域の気象



CHANG CHHU 川流域系統図

2.4 農 業

(1) 土地利用

調査対象地域の土地利用面積及び構成比は下表の通りである。

現況土地利用

(単位: ha)

分 類	全調査地域	調査地区別			
		Lobeysa	Bajo	Phangyul	Rubeysa
1 森 林	4,066 (62.6%)	10 (2.4%)	12 (6.3%)	769 (68.1%)	410 (50.6%)
2 農 地					
水 田	1,099 (16.9%)	216 (52.8%)	161 (85.2%)	151 (13.3%)	218 (25.1%)
畑 地	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	8 (0.7%)	70 (8.0%)
そ の 他	471 (7.2%)	132 (32.3%)	5 (2.6%)	115 (10.2%)	43 (4.9%)
小 計	1,570 (24.2%)	348 (85.1%)	166 (87.8%)	274 (24.2%)	331 (38.0%)
3 果樹及び園芸	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
4 草 地	253 (3.9%)	35 (8.6%)	0 (0.0%)	87 (7.7%)	80 (9.2%)
5 宅 地	93 (1.4%)	-	-	-	-
6 そ の 他	518 (8.0%)	16 (3.9%)	11 (5.8%)	-	19 (2.2%)
合 計	6,500 (100.0%)	409 (100.0%)	189 (100.0%)	1,130 (100.0%)	870 (100.0%)

注: NOA土地利用計画プロジェクトの作業図上で実測

(2) 現況農業

調査対象地域の作物栽培は大きく雨季と乾季の2季節に分類される。雨季の主要栽培作物は米、乾季では小麦、辛子である。山間地では少ない面積ではあるが天水田で野菜が栽培されている。最近、IFADの援助により何本かの灌漑水路が改修され、一部の地区では年間を通して灌漑が可能になった。面積的には少ないが、これらの地区では乾季の2月であっても水田の田植え作業を始めることができ、2期作栽培が可能となっている。雨季における灌漑可能地の95%で米作栽培がされている。各サブ・エリアの作物作付面積、生産量、単位収量は下表の通りである。

主要農産物の生産量

調査地区名	米			小麦			辛子		
	作付面積(ha)	単収(t/ha)	生産量(t)	作付面積(ha)	単収(t/ha)	生産量(t)	作付面積(ha)	単収(t/ha)	生産量(t)
Lobeysa	285	2.67	760	121	1.31	159	33	1.00	33
Bajo	112	3.16	354	52	1.47	76	14	0.80	11
Phangyul	64	3.17	203	29	1.47	43	8	0.83	7
Rubeysa	131	3.16	414	58	1.50	87	16	0.86	14
合 計	592	-	1,731	260	-	365	71	-	65

2.5 給水施設

2.5.1 ウォンディフォドラン市域の給水施設

ウォンディフォドラン市域の給水人口

(1) 現況給水人口及び給水地区

ウォンディフォドラン市域の給水面積は約110haである。市域への給水は給水量の不足のため1日3回の合計7.5時間の時間給水(朝3時間、昼2.5時間、夜2時間)により行われている。1995年の給水人口は右表に示す通りである。

内 容	給水人口 (1995)	
	常住人口	流動人口
市街地区	1,820	0
商業地区	520	400
寺院	65	0
行政地区	60	150
RBA地区	3,140	370
RBA 病院	175	200
小・中学校	30	1,200
農業試験場	225	0
合 計	6,035	2,320

(2) 既存給水施設

現在の給水システムは取水量の全量を Pe Chhu 川の表流水から取水している。現在の取水量は Pe Chhu 川からの送水管の容量が小さいため 780 m³/day に限定されている。現在の給水システムは 1969 年に建設された。当初、Pe Chhu 川より取水してバジョ灌漑水路を利用して配水池まで送水されていたが、開水路での水質汚染防止等のため 1991 年には、幹線国道沿いに鋼管により 9 km の送水パイプへの切替え工事が行われた。市の配水場は沈砂槽と配水槽で構成され、配水場から給水地区へ配水管により配水されている。市の給水システムはウォンディンフォドラン県の PWD セクションにより管理・運営されている。

2.5.2 村落給水施設

調査地域には合計 64 の村落があり、これら村落の給水施設の多くは UNICEF の援助で建設されたものである。調査地域には UNICEF の援助で建設された給水施設が 31

調査地区別人口及び戸数

調査地区名	戸数	人口	調査地区名	戸数	人口
Lobeysa Sub-area	177	3,086	Phangyul Sub-area	156	1,159
Babesa Gewog	134	2,604	Phangyul Gewog	156	1,159
Thetso Gewog	43	482			
Bajo Sub-area	115	983	Rubeyisa Sub-area	179	1,456
Thetso Gewog	58	496	Rubeyisa Gewog	102	744
Lingbukha Gewog	31	250	Jena Gewog	64	616
Babesa Gewog	26	237	Thetso Gewog	13	96
			合計	627	6,684

箇所あり、共同水栓が故障中の箇所がいくつか見られるが大半の施設は良好に運営されている。一般的な村落給水施設は湧水/溪流を水源とした取水施設、導水パイプ、減圧タンク、貯留タンク、配水パイプ、共同水栓等で構成される。調査地区別の人口及び戸数は上表の通りである。

3. 水資源賦存量と開発可能量

3.1 水利用の概況

(1) ロベリ地区 (Lobeysa Sub-area)

本地区の灌漑用水は Tabe Rongchhu 川を水源とし Upper Lobeysa と Lower Lobeysa 水路を利用して供給されている。生活用水については UNICEF の協力でウォンディンフォドラン県の PWD セクションによって安定した水供給を行うための施設が建設されている。この施設は村落近隣の湧水を利用しており、政府関係のその他の施設もこれらの湧水を水源としている。

(2) バジョ地区 (Bajo Sub-area)

本地区の灌漑用水は Pe Chhu 川を水源とし Bajo 水路を利用して供給されている。Pe Chhu 川の河川水はウォンディンフォドラン市域の生活用水供給にも利用されている。本地区の丘陵部では近隣の湧水を生活用水の水源としているが、湧水等の水源の無い村落では Chang Chhu 川及びその支流または灌漑用水路より直接生活用水を取水している。

(3) ファンギル地区 (Phangyul Sub-area)

本地区には幾つかの灌漑用水路があり山間高地の溪流をその水源としている。UNICEFによる湧水を利用した生活用水のための施設が幾つか点在しているが、この施設が無い所では季節的に発生する溪流や湧水地近隣の水溜まりの水を生活用水に利用している。

(4) ルビサ地区 (Rubeysa Sub-area)

本地区には UNICEF による湧水を利用した生活用水のための施設が幾つかある。また、幾つかの灌漑用水路があり山間高地の溪流をその水源としている。

3.2 水資源賦存量

調査対象地域の地下水賦存量

3.2.1 伏流水及び地下水

本調査地区には伏流水と地下水の水資源賦存量は十分にある。地下水の発生源は、i) 河岸段丘、ii) 地滑り地帯、iii) 泥流堆積地帯の三種類があり、各調査地区での地下水の発生量は右表に示すように考えられその合計は 7,900 l/min と推定される。

調査地区名	伏流水 (l/min)	地下水 (l/min)			合計 (l/min)
		河岸段丘	地滑り地帯	泥流堆積物	
Lobeysa	Nil	N/A	450	2,450	2,900
Bajo	1,000	800	400	N/A	2,200
Phangyul	N/A	N/A	1,000	450	1,450
Rubeysa	N/A	N/A	450	900	1,350

3.2.2 表流水

表流水については、下流に対する影響を考えると河川の自流量の少なくとも 20% を維持流量として流下させなければならない。従って、80% までの河川流量が利用可能であり、現況取水施設地点における各河川の季別利用可能水量は下表のように推定される。

各取水地点における季別利用可能河川水量

河川名	(単位: m ³ /sec)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Tabo Rongchhu	2.081	2.000	1.862	2.585	3.227	6.423	9.963	13.404	10.862	4.853	3.429	2.423
Pe Chhu	2.540	2.440	2.272	3.154	3.938	7.837	12.157	16.357	13.254	5.922	4.181	2.957
Lachhu	0.039	0.037	0.035	0.048	0.060	0.120	0.186	0.250	0.202	0.090	0.064	0.045
Uship	0.015	0.014	0.013	0.018	0.023	0.045	0.070	0.094	0.076	0.034	0.024	0.017
Mochuna	0.153	0.147	0.137	0.190	0.237	0.472	0.732	0.985	0.798	0.357	0.252	0.178
Taka Rongchhu	0.119	0.114	0.106	0.147	0.184	0.366	0.567	0.763	0.619	0.276	0.195	0.138

Chang Chhu 川の河川水は豊富であるが、利用可能水量は取水施設等の適性規模及び利用目的等に応じて制限される。

3.3 水資源の評価

3.3.1 水収支

(1) 伏流水及び地下水

1) 伏流水

伏流水の水資源はバジョ地区に豊富に存在するが、当地区の作物消費水量を考慮すると灌漑を目的とした水源としては期待できない。

2) 地下水

地下水についても以下のような条件で利用可能と考えられるが、水量的に灌漑を目的としては適用できない。

a) 河岸段丘の地下水

バジョ地区において、Chang Chhu 川沿いの河岸段丘からは約 800 l/min の地下水が利用可能と考えられる。この量は 1,152 m³/day に相当し当地区の現況及び将来の生活用水需要量 (44 m³/day 及び 66 m³/day) に対し十分な水量が確保できるものと予想される。

b) 地滑り地帯の地下水

全地区において地滑り地帯の地下水の利用可能量は将来の生活用水需要量より多いと推定される。しかしながら、バジョ地区においては丘陵地帯にのみ適用可能と考えられ、低平地については他のタイプの水源を適用して水資源を開発した方が施設の経済性と資源の有効利用の面から適当と考えられる。

c) 泥流堆積物の地下水

水理地質の解析結果からバジョ地区において泥流堆積物からの地下水は存在しないと推定される。他の地区についてはこれの利用可能量は将来の生活用水需要量に比較して十分あると考えられるが、ファンギル及びルベサ地区ではその地形的条件から井戸掘削作業が不可能でありこれを適用する事は適当でないと判断される。

(2) 表流水

現況において、表流水は灌漑とウォンディフオドラン市の生活用水の供給に利用されている。ロベサ及びバジョ地区については将来にわたり十分な利用可能水量が確保されていると考えられるが、ファンギル及びルベサ地区については現況においても灌漑用水が不足する季節がある。

3.3.2 水質

地下水については飲料用として問題となるような汚染物質は含まれておらず安全と判断されるが、表流水については飲料用に供するためには処理が必要である。灌漑用水としては両者とも問題ない。

3.3.3 環境に対する影響

地下水については過剰な利用をしない限り環境に対するいかなる悪影響も考えられない。表流水の利用に関しても地下水と同様であるが河川構造物施工中に発生する土砂等についての対策を考える必要がある。

4. 水資源開発基本計画

4.1 基本構想と計画基準

4.1.1 水資源開発基本計画の基本構想

(1) 基本計画の構成要素

本基本計画は以下の二つの計画によって構成される。

- 灌漑用水供給のための水資源開発計画
- 生活用水供給のための水資源開発計画

(2) 基本構想

本基本計画における基本構想は以下のように考えられる。

灌漑用水供給

- 効率的灌漑用水利用の達成
- 効率的土地利用の達成

生活用水供給

- 伝染病の駆逐
- 都市給水及び村落給水の普及
- BIN の提供

4.1.2 計画基準

(1) 水資源開発計画の目的

1) 灌漑用水供給

- 食料自給率向上のための持続可能な農業生産の増大
- 農村地域住民の生活レベルと収入の改善
- 天然資源の継続的利用

2) 生活用水供給

- 病害の心配の無い安全な水の供給
- 信頼性の高い安定した水供給の実現

(2) 目標年次

目標年次の設定については以下の点に留意した。

- 住民の理解
- 関係機関等との調整
- 不測の事故
- 財務措置の遅れ

これらについてブータン側と協議の結果、次のように目標年次を設定した。

- 中期目標年次 2002 年
- 長期目標年次 2007 年

4.2 灌漑用水資源開発計画

考えられる様々な開発手法に関するケーススタディの結果に基づいて、灌漑用水資源開発計画策定のために次のような開発戦略が提案される。

灌漑用水供給のための基本戦略

土地分類	目標年次	開発戦略
低平地	中期	- 灌漑用水不足の解消(灌漑水路の改修・強化) - 現況水田面積の 40% を二期作に転換する
	長期	- 灌漑用水不足の解消 - 現況水田面積の 100% を二期作に転換する
丘陵地	中期	- 合理的水管理体制の確立(分水施設の新設) - 現況水田面積の 10% を畑作に転換する
	長期	- 合理的水管理体制の改善 - 最適な転換作物の導入

この開発戦略に基づいて必要施設の概略設計を行い、以下に要約される灌漑用水資源開発計画を策定する。

灌漑用水資源開発基本計画の概要 (1/2)

(ロベサ及びバジョ地区)

地区分類 調査地区名	低平地			合計
	Lobeysa		Bajo	
水路名	Upper Lobeysa	Lower Lobeysa	Bajo	
コード	C1	C2	C9	
水路長 (km)	7.1	8.1	15.0	30.2
支配面積 (ha)	61	300	143	504
受益農家戸数	117	123	52	292
分水施設箇所数	32	52	35	119
具体的対策	灌漑水路の改修及び防護工の強化 合理的水管理体制の確立 二期作の導入(中期目標40%, 長期目標100%)			
総事業費 (1000Nu.)	1,152	3,027	5,016	9,195
維持管理費 (1000Nu./year)	21	32	48	102
ネット B/C 比率	2.25	2.21	2.80	-

(→次頁の表へ続く)

灌漑用水資源開発基本計画の概要(2/2)
(前頁表の続き)

(ファンギル及びビルピサ地区)

地区分類 調査地区名	丘陵地			
	Pangyul		Rubeyssa	
水路名	Phangyul	Genkha	Nalakha	Rutekha
コード	C10	C15	C18	C19
水路長 (km)	16.0	3.5	3.9	2.2
支配面積 (ha)	91	15	29	40
受益農家戸数	42	23	60	44
分水施設箇所数	32	12	20	28
具体的対策	分水施設の建設 合理的水管理体制の確立 現況水田面積の10%を畑作に転換			
総事業費 (1000Nu.)	286	47	119	207
維持管理費 (1000Nu./year)	58	12	15	10
ネット B/C 比率	1.95	1.53	1.57	1.88
調査地区名	Rubeyssa			合 計
水路名	Maphekha	Naykoyuwa	Rumina	
コード	C20	C21	C22	
水路長 (km)	2.2	1.7	1.1	30.6
支配面積 (ha)	27	24	28	254
受益農家戸数	44	18	35	266
分水施設箇所数	25	20	16	153
具体的対策	分水施設の建設 合理的水管理体制の確立 現況水田面積の10%を畑作に転換			
総事業費 (1000Nu.)	148	119	95	1,021
維持管理費 (1000Nu./year)	9	7	5	115
ネット B/C 比率	1.59	1.74	1.91	
最適転換作物研究開発事業				
事業費 (1000Nu./year)	487			

4.3 生活用水資源開発計画

4.3.1 現況及び将来水需要

(1) ウォンディフオドラン市域

計画給水人口

2002年と2007年における計画給水人口は右表に示すように設定する。また、次頁の左表に示すように2007年における消費給水原単位は現況の75 l/dayから125 l/dayと増加するが、一人当たりの総給水原単位は2002年に125 l/dayから120 l/dayにいったん減少し2007年には145 l/dayと増加する。

年 次	1995	2002	2007
1. 現況給水区域			
常住人口	6,035	6,932	7,654
増加率 (%)		(200)	(200)
流動人口 (35%)	2,293	2,634	2,908
小計	8,328	9,567	10,562
2. 将来拡張区域			
常住人口	0	47	202
流動人口	0	233	448
小計	0	280	650
3. 総給水人口			
常住人口	6,035	6,979	7,856
流動人口	2,293	2,867	3,356
合 計	8,328	9,847	11,212

現況及び将来の一人当たり給水原単位

(l/day/capita)

使用目的	現況	将来	
	1995	2002	2007
洗濯	30	35	40
便所	5	10	20
風呂	30	30	40
炊事	10	15	25
小計	75	90	125
損失水量 (総需要量の%)	50 (49%)	30 (25%)	20 (14%)
総需要水量	125	120	145

ウォンディーフオドラ市の推定需要水量と必要追加容量

(m³/day)

年次	日平均需要水量	日最大需要水量	必要追加容量
	1995	812	1,015
2002	906	1,133	363
2007	1,236	1,546	776

日平均需要水量と日最大需要水量（日平均の25%増）は上表に示すように計算される。日最大需要水量より現況施設容量(780 m³/day)を差し引いたものが必要追加容量となる。

(2) 村落部

村落部の現況及び将来水需要量

(m³/day)

村落部における調査地区別の現況及び将来の水需要量は右表に示すように計算され、2007年の総需要水量は449 m³/dayと推定される。

調査地区名	需要水量		
	現況 1995	将来 2002	将来 2007
Lobeysa	139	176	207
Bajo	44	56	66
Phangyul	52	66	78
Rubeysa	66	83	98
合計	301	381	449

4.3.2 ウォンディーフオドラ市域給水計画

(1) 給水地区と計画給水量

現況の給水地区は市街地区、行政地区、商業地区その他を含み、面積は約110 haである。将来的には、この施設よりさらにDSC/AMCと現在建設中の中学校の敷地(約23 ha)を加え給水面積の合計は133 haとなる。

2007年における日最大需要量は1,546 m³/dayとなるため給水施設の計画給水量を1,600 m³/dayとする。浄水施設及び送水施設については5%の浄水場の洗浄用水等維持管理用水を考慮して1,700 m³/dayとする。

(2) 施設計画

1) 取水施設及び送水施設

- 既設の取水施設(溪流取水工、沈砂工、導水路)の容量は0.4 m³/sec (34,000 m³/day)以上と推定されるため現況のまま利用するものとする。
- 送水施設については施設容量を現況の8 l/sec から20 l/secに増加させる。

2) 浄水施設

- 浄水処理能力を現況の 780 m³/day から 1,700 m³/day に増加させる。また、配水槽の有効容量を現況の 600 m³ から 850 m³ に増加させる。
- また、水質処理に関して濁度を下げて色度を改善するような処理機能を持たせる必要がある。

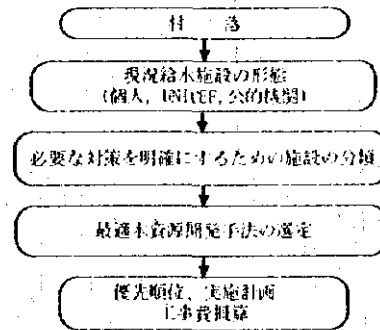
3) 給水配管網と末端施設

現況配管網は市域の殆どを網羅している。しかし、末端給水栓は現在公的機関の事務所及びRBA地区の宿舍等には配備されているが、一般家庭用には公共水栓が若干設置されているだけである。また、給水栓には量水メーターはついていない。従って、給水配管施設改善には老朽管路網の付け替え・延長、給水管等末端施設の整備及び量水メーターの設置等を実施する。

4.3.3 村落給水計画

(1) 計画手法

各村落の給水施設は現況施設の整備状況、水源地水量の有無等について異なった条件にあり、その各々について個別に計画を策定する事は困難である。そこで、右図に示すような流れに沿ってまず各村落の置かれている状況に基づいて必要となる施設を分類し、その施設ごとに対応策を検討し最適となる水資源開発計画を策定する。



村落部の水資源開発計画策定の流れ

(2) 必要な対策

前頁に示す流れ図に従い必要な対策に関し検討した。下表に必要な対策及び対象村落数を示す。

対策別村落数と受益人口

調査地区名	項目	新規建設 (6戸以上)	新規建設 (有既設) (6戸以上)	新規建設 (5戸以下)	施設追加	既設拡張 (6戸以上)	既設拡張 (5戸以下)	簡易処理 追加
Lobeysa	対象村落数	1	0	2	0	0	1	0
	平均人口	250	0	29	0	0	67	0
Bajo	対象村落数	3	0	1	1	0	0	0
	平均人口	128	0	61	185	0	0	0
Phangyul	対象村落数	3	1	7	0	3	0	0
	平均人口	120	49	18	0	76	0	0
Rubeysa	対象村落数	2	0	2	0	1	2	1
	平均人口	93	0	21	0	169	27	123
調査地区 全体	対象村落数計	9	1	12	1	4	3	1
	平均人口	131	49	24	185	99	40	123

4.4 実施計画及び概算事業費

(1) 実施計画

水資源開発基本計画の実施計画は以下のように考えられる。

灌漑用水資源開発実施計画

土地分類	調査 地区名	水路名	コード	優先 順位	年次											
					1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
低平地	Lobeyssa	Upper Lobeyssa	C1	②												
		Lower Lobeyssa	C2	③												
	Bajo	Bajo	C9	①												
丘陵地	Phangyul	Phangyul	C10	①												
		Gembha	C15	⑦												
	Rubeyssa	Nalokha	C18	⑥												
		Rutekha	C19	③												
		Mapchokha	C20	⑤												
		Naykoyuwa	C21	④												
Rumina	C22	②														

ウォンディフオドラン市域給水事業実施計画

作業項目	年次										
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
実施設計及び実施準備											
送水路工事											
浄水場及び配水場工事											
配管網及び末端施設工事											

村落給水事業実施計画

調査地区名/開発手法	優先 順位	年次										
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Lobeyssa Sub-area	④											
新規建設 (6戸以上)	0-1											
新規建設 (5戸以下)	0-2											
既設拡張 (5戸以下)	0-3											
Bajo Sub-area	②											
新規建設 (6戸以上)	0-1											
新規建設 (5戸以下)	0-3											
施設追加 (6戸以上)	0-2											
Phangyul Sub-area	①											
新規建設 (6戸以上)	0-1											
新規建設 (有既設, 6戸以上)	0-2											
新規建設 (5戸以下)	0-4											
既設拡張 (6戸以上)	0-3											
Rubeyssa Sub-area	③											
新規建設 (6戸以上)	0-1											
新規建設 (5戸以下)	0-4											
既設拡張 (6戸以上)	0-2											
既設拡張 (5戸以下)	0-3											
簡易処理追加	0-5											

(2) 概算事業費

基本計画の概算事業費は下表の通り要約される。

基本計画の概算事業費

記述		事業費	記述		事業費
I. ウォンディフォドラン市域給水計画			III. 灌漑用水資源開発計画		
1. 直接工事費		172.6	1. Lobeyssa Sub-area		4.2
1.1 送水施設工事		60.1	2. Bajo Sub-area		5.0
1.2 浄水施設及び配水施設工事		95.4	3. Phangyul Sub-area		0.3
1.3 配水管網施設及び末端施設工事		17.1	4. Rubeyssa Sub-area		0.7
2. 設計監理費		3.5	5. Research Activities		4.4
3. 政府事務費		6.2	合計(3)		14.6
小計		213.9			
4. 予備費		17.3			
合計(I)		231.2			
II. 村落給水計画					
1. Lobeyssa Sub-area		4.2			
2. Bajo Sub-area		18.1			
3. Phangyul Sub-area		14.9			
4. Rubeyssa Sub-area		6.9			
合計(2)		44.1	総合計		289.9

上記事業費は1995年7月時点の市場価格で見積り、通過交換レートはUS\$1.00=Bhutan Ngultrum (Nu.) 30.85=日本円(Y)100である。

各計画における維持管理費は以下のように概算される。

ウォンディフォドラン市域及び村落給水事業維持管理費

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
市域給水事業	526	526	526	526	2,220	2,312	2,312	2,312	2,312	2,628	2,667
村落給水事業	282	335	406	431	583	704	739	757	772	797	815
合計	808	861	932	958	2,802	3,016	3,052	3,070	3,084	3,425	3,482

灌漑用水資源開発事業維持管理費

土地分類	調査地区名	水路名	コード	年次										
				1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
低平地	Lobeyssa	Upper Lobeyssa	C1						21	21	21	21	21	21
		Lower Lobeyssa	C2					32	32	32	32	32	32	
	Bajo	Bajo	C9				48	48	48	48	48	48	48	
丘陵地	Phangyul	Phangyul	C10			58	58	58	58	58	58	58	58	
		Gemkha	C15						12	12	12	12	12	
	Rubeyssa	Nalakha	C18						15	15	15	15	15	
		Rutekha	C19				10	10	10	10	10	10	10	
		Maphckha	C20					9	9	9	9	9	9	
Naykoyuwa	C21					7	7	7	7	7	7			
Rumina	C22			5	5	5	5	5	5	5	5			
年間合計						62	120	168	216	216	216	216	216	

4.5 事業評価

4.5.1 経済評価

全体事業における経済内部収益率 (EIRR) は15.4%となり、割引率10%の時の経済純生産価値 (ENPV) はNu. 127百万、経済便益/事業費 (E.B/C) は1.53となる。EIRRが資本の機会費用10%を越えており割引率10%の時のENPVがプラスかつE.B/Cが1より大きくなっている。従って、本事業の実施は経済的に妥当であると判断される。

4.5.2 財務評価

(1) 農家経済分析

基本計画実施後の一農家当たりの農業純益は実施前に比較して1.16~1.33倍(平均1.28倍)となると推定される。農業純益はNu.804~Nu.8,548(平均Nu.3,270)の増加が見込まれこれは一ヶ月当たりの最低賃金(Nu.1,400)の0.57から6.11ヶ月分に相当する。パジョ地区における効果が一番大きい。

(2) 水道料金の分析

生活用水供給計画を成功させるためには、少なくとも維持管理費は受益者により負担されるべきであろう。しかしながら、特に村落部において、水は政府から供給されるものであり基本的に代金を支払うものではないと言う概念が根強く定着している。

1) 村落給水計画

村落給水計画を発展させるためには住民の参加は非常に重要であろう。公共事業局及びウオンディフオドラン県は計画に住民を参加させ施設の運営も住民が独自に行うべきだと言う方針である。

2) ウオンディフオドラン市域給水計画

近年、ティンブー市において上下水整備事業がティンブーシティコーポレーションにより実施された。この事業において、一ヶ月に20m³を越えると水道料金が高くなるような新しい水道料金が設定された。この新しい料金体系では、家族数5人の場合その家庭の一ヶ月の水道料金は約Nu.25.0となる。ウオンディフオドラン市においても同様の料金体系が採用されたとすれば、総収入は年間約Nu.564千となり、これは本事業の維持管理費の約21%に相当するものである。

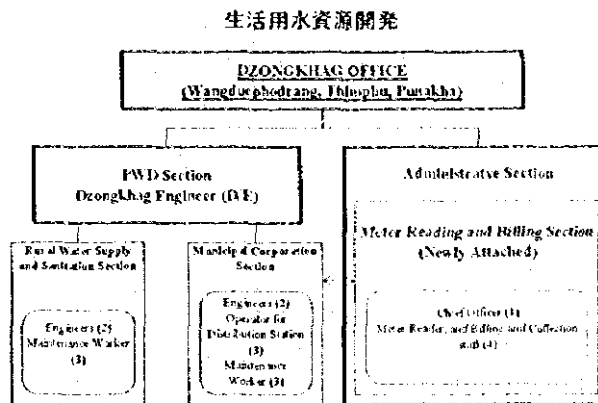
4.5.3 社会経済評価

本基本計画により期待される便益は、計量可能な直接便益の他以下のような間接便益がある。

- 国家開発計画への寄与
- 食料の安定的供給
- 生活水準の改善
- 地域経済の活性化
- 公衆衛生環境の改善
- 女性の労働軽減

4.6 実施体制

本計画の実施機関は右図のように考えられる。



5. ウォンディフォドラン市場の給水施設計画

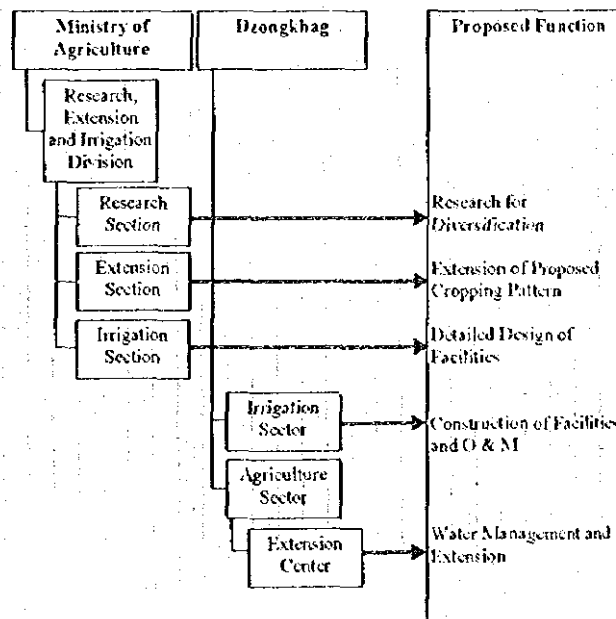
5.1 施設計画

5.1.1 取水施設

取水施設及び土砂除去施設は既存施設をそのまま利用する。設計流量 20 l/sec を送水するためには、既存送水管の流量は 8 l/sec しかないので送水管は新規送水管に取替える必要がある。新規送水管の設計諸元は下記のように示される。

- 設計流量： 1,700m³/day (20 l/sec)
- 設計水位： 土砂除去施設
LWL 1,428.0 m
HWL 1,430.5 m
受水槽
1,344.0 m
- 送水距離： 約 8.4 km
- 管 径： 8 インチ
- 管 種： ダクタイル鋳鉄管

灌漑用水資源開発



5.1.2 浄水施設

浄水施設の整備内容は下記に示す通りである。

- 受水槽： 鉄筋コンクリート製 5.5 m(L) x 1.5 m(W) x 1.5 m (H)
附帯施設 (バクブライ弁、積算流量計、濁度計等)
- フロキュレーター： コンクリート製水路、0.7 m(W) x 10.0 m(L) x 4 Nos.
- 薬品注入設備： コンクリート製タンク 1.5 m(W) x 1.5 m(L) x 1.2 m (H)
薬品注入ポンプ (1,400 cc/min)
- 沈砂槽： 既存沈砂槽 (950 m³) を補強
- 濾過設備： 重力式急速濾過装置 (濾過面積 24m², 濾過速度 1.2m³/分)

- 配水槽： 既存配水槽 (600 m³)を 200 m³追加
- 塩素注入設備： 円形プラスチック製溶解槽、0.8 m 径、1.0 m 深
附帯施設 (レベルゲージ、ドレイン管、注入ポンプ)
- 管理棟： 木造2階建 (90 m²)
- 進入道路： 幹線道路より約 80 m
- 雑工： 電気、フェンス、土留め、排水路他

5.1.3 配水施設

配水施設の整備内容は下記に示す通りである。

- 配水本管は漏水及び盗水防止のため、既存のポリエチレン管から鋼管に取替える。
- 配水本管が長すぎる個所については、水圧のアンバランスな負荷を軽減させるため新しい管路を設置する。
- バジョ地区に新たな給水地区を追加するため既存配水管路を延長する。
- 末端配水管路は各戸配水とし各家庭に水道メーターを設置する。

5.2 実施計画及び概算事業費

5.2.1 実施計画

ウォンディフォドラン市域の給水施設事業の実実施計画は下表に示す通りである。

ウォンディフォドラン市域の給水施設事業実施計画

作業項目	年次										
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
実施設計及び実施準備											
送水路工事											
浄水場及び配水場工事											
配管網及び末端施設工事											

5.2.2 概算事業費

ウォンディフォドラン市域
給水施設事業概算事業費

(単位：百万Nu)

(1) 概算事業費

本事業の実施に係わる直接工事費、設計監理費、管理費及び予備費を含めた全費用は表の通りで、総額 Nu. 231,200,000 (約 749 百万円) である。

項目	価格
1. 直接工事費	172.6
1.1 送水施設工事	60.1
1.2 浄水施設及び配水施設工事	95.4
1.3 配水管網施設及び末端施設工事	17.1
2. 設計監理費	35.0
3. 政府事務費	6.2
小計	213.9
4. 予備費	17.3
合計	231.2

(2) 維持管理費

年間の維持管理費は、下表に示す通りである。

ウォンディフォドラン市域給水施設事業維持管理費

(単位：千Nu)

年次	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
年間維持管理費	526	526	526	526	2220	2312	2312	2312	2312	2628	2667

5.3 事業評価

5.3.1 経済評価

本事業における経済内部収益率 (EIRR) は 11.1% となり、割引率 10% の時の経済純生産価値 (ENPV) は Nu. 20.9 百万 (1995 年 7 月時点の現在価格)、経済便益/事業費 (E.B/C) は 1.11 となる。EIRR が資本の機会費用 10% を越えており割引率 10% の時の ENPV がプラスかつ E.B/C が 1 より大きくなっている。従って、本事業の実施は経済的に妥当であると判断される。EIRR は資本の機会費用 10% を少し越える程度であるが、住民の健康と生活水準の向上と言う計算不能の間接的便益も考慮されるべきであろう。

5.3.2 財務評価 (水道料金解析)

ウォンディフォドラン市においてもティンブー市と同様の料金体系が採用されたとすれば、総収入は年間約 Nu. 564 千となり、これは本事業の維持管理費の約 21% に相当するものである。

6. バジヨ及びファンギル地区の灌漑改善計画

灌漑用水資源開発計画で策定された基本計画の中から、事業の緊急性と重用性を考慮して、次に示す 2 水路の灌漑改善計画が最優先計画として選定された。

- 低平地： バジヨ水路
- 丘陵地： ファンギル水路

6.1 灌漑改善計画

6.1.1 作付計画及び灌漑用水量

バジヨ地区については現況水田面積の 40% について二期作を導入する。ファンギル地区については 10% の作付転換を図る。灌漑用水量は 5 年確率のものを採用し、最大灌漑用水量は右表に示す通り算定される。

水路名 コード	Bajo C9	Phangyul C10
米-小麦 (CP1)	31	31
米-辛子 (CP2)	15	1
米-米-辛子 (CP3)	55	0
米 (CP4)	34	46
野菜-野菜 (CP5)	7	13
合計	144	91

バジヨ水路改修計画は、以下の設計条件を採用した。

- 最大計画流速 : 0.6 m/sec
- 粗度係数 : 0.035 (土水路)
0.025 (石積水路)

水路名 コード	Bajo C9	Phangyul C10
最大灌漑用水量	210	240

6.1.2 灌漑改善計画の内容

バジョ水路改善計画として水路保護工や水管理に必要な分水路施設の建設が計画された。ファンギル水路については水管理に必要な分水施設のみを新設する。灌漑改善計画の内容は右表に示す通りである。

灌漑改善計画

水路名 コード	Bajo C9	Phangyul C10
水路長 (km)	15	16
受益面積 (ha)	143	91
受益農家戸数	52	42
分水施設個数	35	32
防災地質危険度	46.8	41.3
設計流量	210	240

6.2 実施計画及び概算事業費

6.2.1 実施計画

灌漑改善事業の実施計画は下表の通りである。

灌漑改善事業の実施計画

土地分類	調査地区名	水路名	コード	年次												
				1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
低平地	Bajo	Bajo	C9													
丘陵地	Phangyul	Phangyul	C10													

6.2.2 概算事業費

灌漑改善事業の概算事業費は下表のように見積もられる。

ファンギル水路改善計画の概算事業費

水路コード C10	地区名 Phangyul		受益面積 91 ha	水路長 16 km	設計流量 240 l/s
内容	単位	数量	単価	金額	適用
分水施設	箇所	32	Nu. 8,924	Nu. 285,578	

バジョ水路改善計画の概算事業費

水路コード C9	水路名 Bajo Canal	受益面積 143 ha	水路長 15 km	設計流量 210 l/s
内容	単位	数量	単価 (Nu.)	金額 (Nu.)
水路工				
練石積水路	m	614.00	1,238.26	760,295
土水路	m	14,186.00	50.92	732,479
急流落差工 (練石積水路区間)	m (落差)	18.00	2,255.36	40,596
急流落差工 (土水路区間)	m (落差)	162.00	1,935.36	313,528
分水施設	箇所	35.00	9,810.71	343,375
小計				2,190,273
防護工				
防護工 タイプ PA	m	235.90	7,602.76	1,793,491
防護工 タイプ PB	m	39.90	2,790.91	111,357
防護工 タイプ PC	m	39.90	6,250.61	249,399
防護工 タイプ PD	m	176.70	1,525.61	269,575
水路橋	m	39.24	6,708.68	263,249
管水路	m	82.18	1,683.44	138,345
小計				2,825,416
合計				5,015,689

本事業の年間維持管理費は下表に示す通りである。

灌漑改善事業の維持管理費

(単位：千Nu.)

土地分類	調査地区名	水路名	コード	年次											
				1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
低平地	Bajo	Bajo	C9				48	48	48	48	48	48	48	48	48
丘陵地	Phangyul	Phangyul	C10			58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
合計						58	106	106	106	106	106	106	106	106	106

6.3 事業評価

6.3.1 経済評価

試算の結果、本事業の経済内部収益率 (EIRR)は 11.2%、割引率 10%での経済純現在価値 (ENPV)は、1995年7月価格で Nu. 525,000 である。また、同割引率での経済便益費用比率 (E.B/C)は 1.09 である。評価の結果、EIRR は全体の灌漑用水資源開発計画の 10.7%を超過し、ENPV は正、E.B/C は 1.0 以上であり、本事業の実施は経済的に妥当であると判断される。

6.3.2 財務評価

灌漑改善事業実施後の一農家当たりの農業純益は実施前に比較してバジョ地区で 1.29 倍、ファンギル地区で 1.26 倍となると推定される。農業純益はそれぞれ Nu. 8,518 と Nu. 2,642 の増加が見込まれこれは一ヶ月当たりの最低賃金 (Nu. 1,400) の 6.11ヶ月と 1.89ヶ月分に相当する。

7. 勧 告

(1) 事業の早期実施

近年における都市と農村部の経済活動の成長は顕著で特筆に値する。しかし、人口の急激な増加により、国民の生活条件は悪化してきており、またこれのために穀物のかなりの量を輸入に依存し近隣諸国との貿易不均衡の問題も大きくなっている。

このような状況下において、地域住民の生活向上と農業生産性の改善はブータン国にとって重要な課題であり、このためには安全かつ安定的な各種用水の供給が必要不可欠である。また、灌漑用水の安定供給により農業の生産性向上が図られれば、それは貿易不均衡問題の解決策の一つとなるであろう。従って、本基本計画を早期に実施する必要があり、実施による社会的インパクトは決して小さいものではないと考えられる。

(2) 事業実施の方法

村落給水事業と灌漑用水改善事業は、技術的にも規模的にも大きな問題を含むものではなく現況の組織体制で直営方式による実施が可能と考えられる。しかしながら、ウオンディフオドラン市域給水施設事業については、施設の中に複雑な輸入資機材を必要とするものを含み工事規模も比較的大きくなるため、経験ある国際的施工業者の熟達した技術とノウハウが必要となるであろう。

(3) 目的に応じた水資源開発と水利用計画

地下水と伏流水の水資源賦存量は灌漑を目的とすると決して十分であるとは言えないが、生活用水を主目的とするならば質的にも量的にも大きな問題は無い。従って、地下水と伏流水は主に生活用水の供給を目的として開発されるべきであろう。しかしながら、地下水と伏流水から大量の水を取水する事は、周辺環境に決して良い影響を与えるものではなく、その利用計画は十分に検討されなければならない。さらに開発された水の有効利用を図るために、受益者に対し節水の概念を浸透させることも重要な課題となる。一方、灌漑用水を目的とした場合その水源は表流水が主体とならざるを得ないが、的確な水管理計画により施設が運用されなければ効率的灌漑農業は実現しない。従って、施設面での充実も重要であるが、管理面での改善も重要な課題であろう。また、水源に十分な水量を期待できない場合は、思い切った作物転換等により土地の有効利用を図るような柔軟な対応も必要となる。さらにこれらの事項を検討するに当たっては周辺環境へ影響を十分に考慮しなければならず、それを極力小さくするような努力が必要である。

(4) 事業実施に必要なその他の事項

事業実施に必要なその他の事項について以下のようなものが考えられる。

1) ウォンディフオドラン市域給水計画

a) 受益者の節水観念

基本計画においては水の利用損失率が現況 40 %から将来 14 %へ変化する事を前提としている。水の料金制度が導入されなければ受益者は殆ど無制限に水を使用でき、開発された水の価値を理解する事もなく、結果的に基本計画で設定されたような利用損失率の低減は期待できなくなる事態も予想される。従って、あらゆる機会を利用して受益者に開発された水の価値と言うものを浸透させるような努力をしていく事が重要である。

b) 量水メーター製の導入

他の先進地区と同様に量水メーターを導入して使用水量に応じて料金を徴収する制度が望まれる。これは節水を奨励するためには最適の方法と考えられるが、料金については受益者の納得が得られるように設定される必要がある。

2) バジョ地区及びファンギル地区灌漑改善計画

a) 基礎的資料・情報の整備

計画策定に当たって、降雨量、河川流量、土壌条件その他の中の幾つかの基礎的項目は推定されたものを使用している。事業実施地区における気象・水文、地質・水文地質、土壌/単位収量/生産費等営農条件、庭先価格/市場価格等経済状況、人口等社会状況などの資料・情報を整備して行くことが、重要である。

b) 現場条件の把握

現在、ブータンでは殆どのプロジェクトにおいて現場条件と無関係に 2.2 l/sec/ha の設計流量が適用されている。しかし、同国の農用地は標高 500 - 2,500 m の山岳地に散在し作物消費水量は現場条件に応じて大きく変化している。水源地水量の多少に関わらずこの設計流量を適用している例もある。従って、現場で収集される気象・水文、作付け条件、土壌等の資料・情報に基づいて、灌漑施設容量を決定していく必要がある。

c) 受益者の協力と理解

調査の結果によると、灌漑改善のための最も有効な対策は水管理体制の改善であった。合理的な水管理体制の確立のためには、受益者の理解と協力が不可欠である。

d) 農業支援体制の改善

農家財務状況の改善は灌漑改善計画の目的の一つである。事業を円滑に実施し期待通りの便益を得るためには、農民に対する技術的支援と同様に経済的支援体制も必要である。

付 図 ・ 付 表

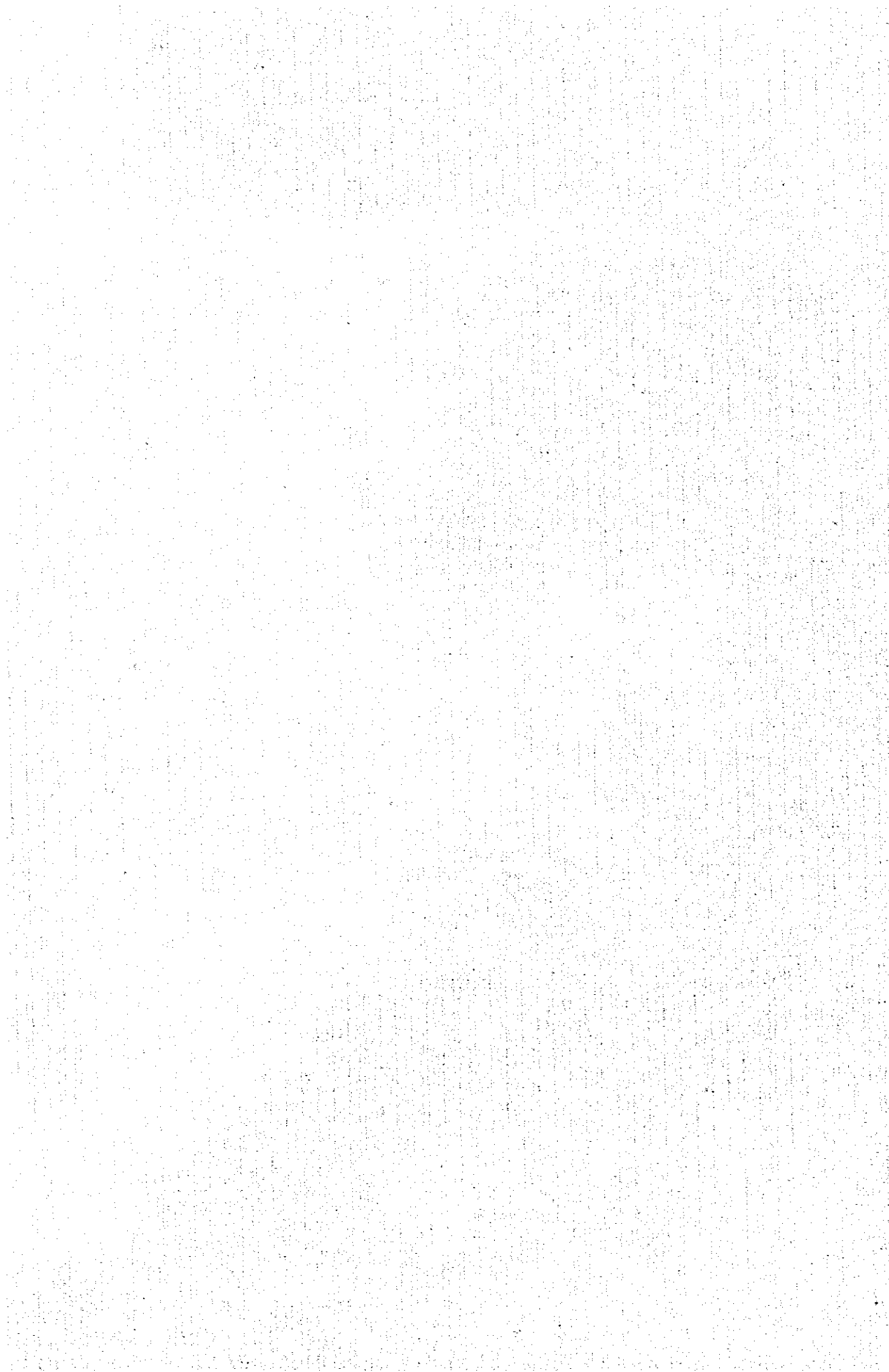
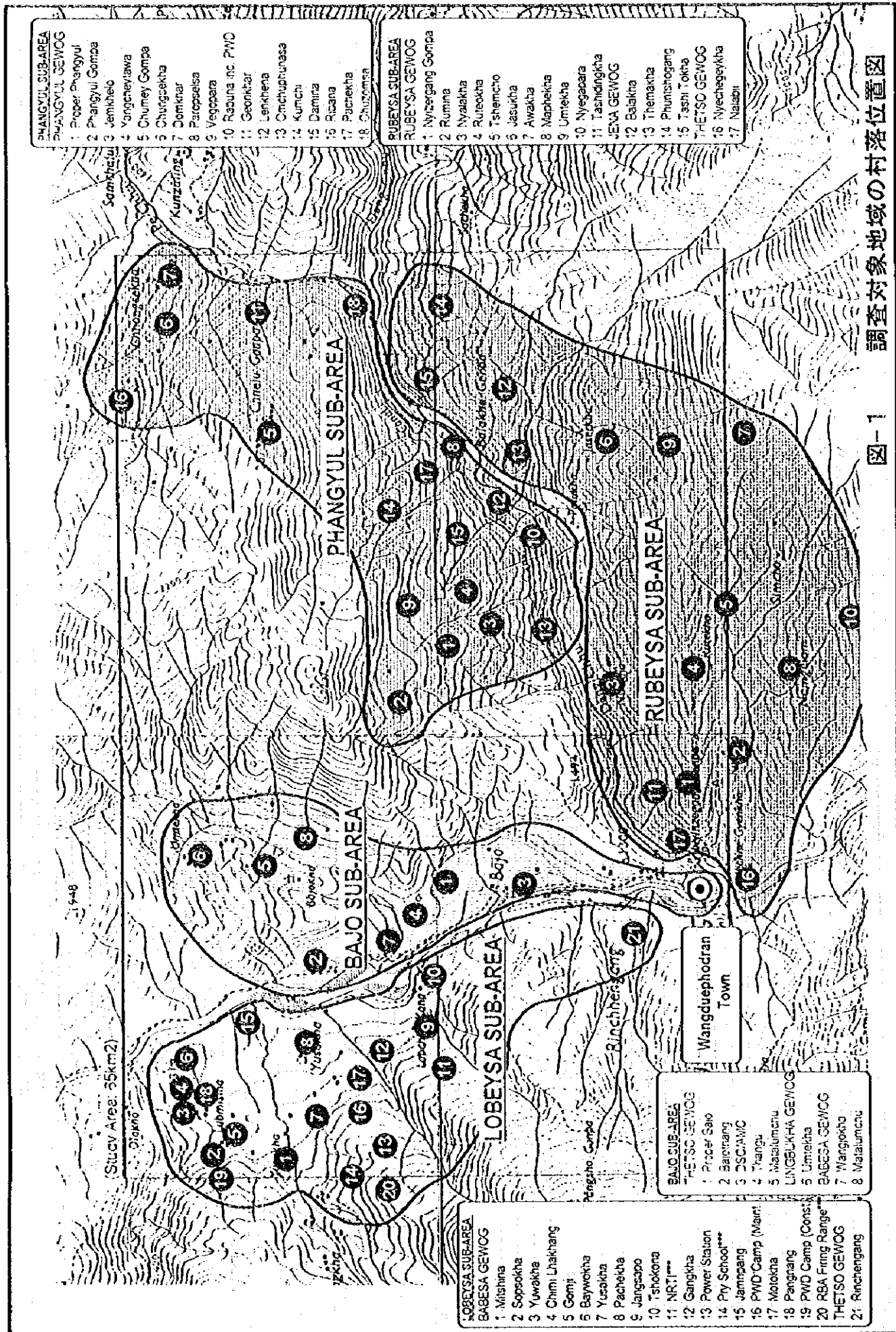


表-1 表流水の水収支

Sub-Area	Total Command Area (ha)												Catchment Area (km ²)														
	Upper Lobvesa - Lower Lobvesa						Eabetsone Chhu						119.4														
Lobvesa	Name of River												Name of River														
	Upper Lobvesa - Lower Lobvesa						Eabetsone Chhu						Eabetsone Chhu														
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Dec												
	2,081	2,081	2,000	1,862	1,862	3,585	3,227	3,227	3,227	3,227	3,429	3,429	3,429	3,429	3,429												
	0.165	0.167	0.243	0.237	0.281	0.206	0.152	0.053	0.000	1.133	0.995	0.710	0.304	0.326	0.302	0.350	0.313	0.108	0.000	0.071	0.117	0.145	0.166				
Total Command Area (ha)												Catchment Area (km ²)															
145												145.7															
Bain	Name of Canal												Name of River														
	Bain												Pe Chhu														
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Dec												
	2,540	2,540	2,440	2,272	2,272	3,154	3,938	3,938	3,938	3,938	3,938	3,938	3,938	3,938	3,938												
	0.065	0.066	0.098	0.095	0.111	0.082	0.054	0.023	0.000	0.45	0.398	0.280	0.251	0.127	0.159	0.129	0.144	0.129	0.042	0.000	0.028	0.046	0.057	0.066			
Total Command Area (ha)												Catchment Area (km ²)															
145												145.7															
Phanpyul	Name of Canal												Name of River														
	Phanpyul												Lachhu														
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Dec												
	0,039	0,039	0,037	0,037	0,035	0,053	0,048	0,048	0,060	0,060	0,120	0,120	0,186	0,186	0,250	0,250	0,202	0,202	0,090	0,090	0,064	0,064	0,045	0,045			
	0.043	0.043	0.050	0.048	0.067	0.049	0.024	0.003	0.000	0.256	0.216	0.148	0.127	0.052	0.048	0.043	0.056	0.047	0.028	0.000	0.019	0.020	0.037	0.042			
Total Command Area (ha)												Catchment Area (km ²)															
91												2.23															
Lachhu	Name of Canal												Name of River														
	Lachhu												Lachhu														
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Dec												
	0,004	0,004	0,012	0,011	0,033	0,014	0,024	0,024	0,060	0,060	0,196	0,196	0,099	0,059	0,202	0,202	0,146	0,155	0,062	0,090	0,045	0,054	0,008	0,008			
	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%	49%		
Total Command Area (ha)												Catchment Area (km ²)															
15												0.84															
Ushup	Name of Canal												Name of River														
	Gemkha												Ushup														
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Dec												
	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013	0,013	0,018	0,018	0,023	0,023	0,056	0,056	0,116	0,116	0,187	0,187	0,152	0,152	0,042	0,042	0,024	0,024	0,017	0,017			
	0.007	0.007	0.008	0.008	0.011	0.008	0.004	0.001	0.000	0.042	0.036	0.024	0.021	0.009	0.008	0.007	0.009	0.008	0.005	0.000	0.003	0.003	0.005	0.006	0.007		
Total Command Area (ha)												Catchment Area (km ²)															
29												8.78															
Mochuna	Name of Canal												Name of River														
	Nalakha												Mochuna														
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Dec												
	0,153	0,153	0,147	0,147	0,137	0,137	0,190	0,190	0,237	0,237	0,472	0,472	0,752	0,752	0,985	0,985	0,798	0,798	0,337	0,337	0,252	0,252	0,178	0,178			
	0.014	0.014	0.016	0.022	0.016	0.008	0.002	0.000	0.082	0.070	0.048	0.041	0.017	0.016	0.014	0.020	0.017	0.009	0.000	0.006	0.030	0.012	0.014	0.014			
Total Command Area (ha)												Catchment Area (km ²)															
39												8.78															
Rubysa	Name of Canal												Name of River														
	Rutcka, Manphska, Navkovska, Rumina												Eabetsone Chhu														
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Dec												
	0,119	0,119	0,114	0,114	0,106	0,106	0,147	0,147	0,184	0,184	0,366	0,366	0,567	0,567	0,763	0,763	0,619	0,619	0,276	0,276	0,195	0,195	0,158	0,158			
	0.056	0.057	0.069	0.067	0.090	0.066	0.055	0.010	0.000	0.537	0.286	0.198	0.168	0.072	0.060	0.059	0.080	0.069	0.056	0.000	0.024	0.040	0.049	0.056			
Total Command Area (ha)												Catchment Area (km ²)															
119												6.8															
Takarona Chhu	Name of Canal												Name of River														
	Rutcka, Manphska, Navkovska, Rumina												Eabetsone Chhu														
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Dec												
	0,063	0,062	0,045	0,047	0,016	0,040	0,112	0,138	0,184	0,184	0,153	0,153	0,080	0,168	0,496	0,496	0,698	0,698	0,705	0,538	0,501	0,240	0,276	0,171	0,156	0,089	0,082
	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%
Total Command Area (ha)												Catchment Area (km ²)															
119												6.8															



- PHANGYUL SUB-AREA**
PHANGYUL GEWOG
1. Proper Phangyul
 2. Phangyul Gompa
 3. Jamkhelo
 4. Vangcheyawa
 5. Chumey Gompa
 6. Chungsekha
 7. Domkar
 8. Paropselsa
 9. Vegpara
 10. Rabuna inc. PWD
 11. Geonkar
 12. Lenkheta
 13. Onchupunasa
 14. Kumchi
 15. Dairna
 16. Riama
 17. Patrekhia
 18. Chuzomsa

- RUBEYSA SUB-AREA**
RUBEYSA GEWOG
1. Nyergang Gompa
 2. Rumna
 3. Nyakha
 4. Rurekha
 5. Tshencho
 6. Jasukha
 7. Awakha
 8. Maphekha
 9. Umtekha
 10. Nvegapara
 11. Tashdingkha
 12. Balakha
 13. Themakha
 14. Phuntshogang
 15. Tashi Tokha
 16. Nyechegekha
 17. Nalabi

- LOBEYSA SUB-AREA**
BABESA GEWOG
1. Mishina
 2. Sopsokha
 3. Yuwakha
 4. Chimi Lhakhang
 5. Gomi
 6. Baywekha
 7. Yusakha
 8. Pachekha
 9. Jangsapo
 10. Tshokora
 11. NRT***
 12. Gangkha
 13. Power Station
 14. Pny School***
 15. Jamjang
 16. PWD Camp (Main)
 17. Motokha
 18. Pangnang
 19. PWD Camp (Const)
 20. RBA Firing Range***
 21. Rinchengang

- BAJO SUB-AREA**
THE TSO GEWOG
1. Pricer Saio
 2. Balrang
 3. DSCAWIC
 4. Thango
 5. Matalumnu
 6. LINGBUKHA GEWOG
 7. Umtekha
 8. BABESA GEWOG
 9. Wangokha
 10. Matalumnu

- RUBEYSA SUB-AREA**
THE TSO GEWOG
1. Pricer Saio
 2. Balrang
 3. DSCAWIC
 4. Thango
 5. Matalumnu
 6. LINGBUKHA GEWOG
 7. Umtekha
 8. BABESA GEWOG
 9. Wangokha
 10. Matalumnu

圖-1 調查對象地域の村落位置図

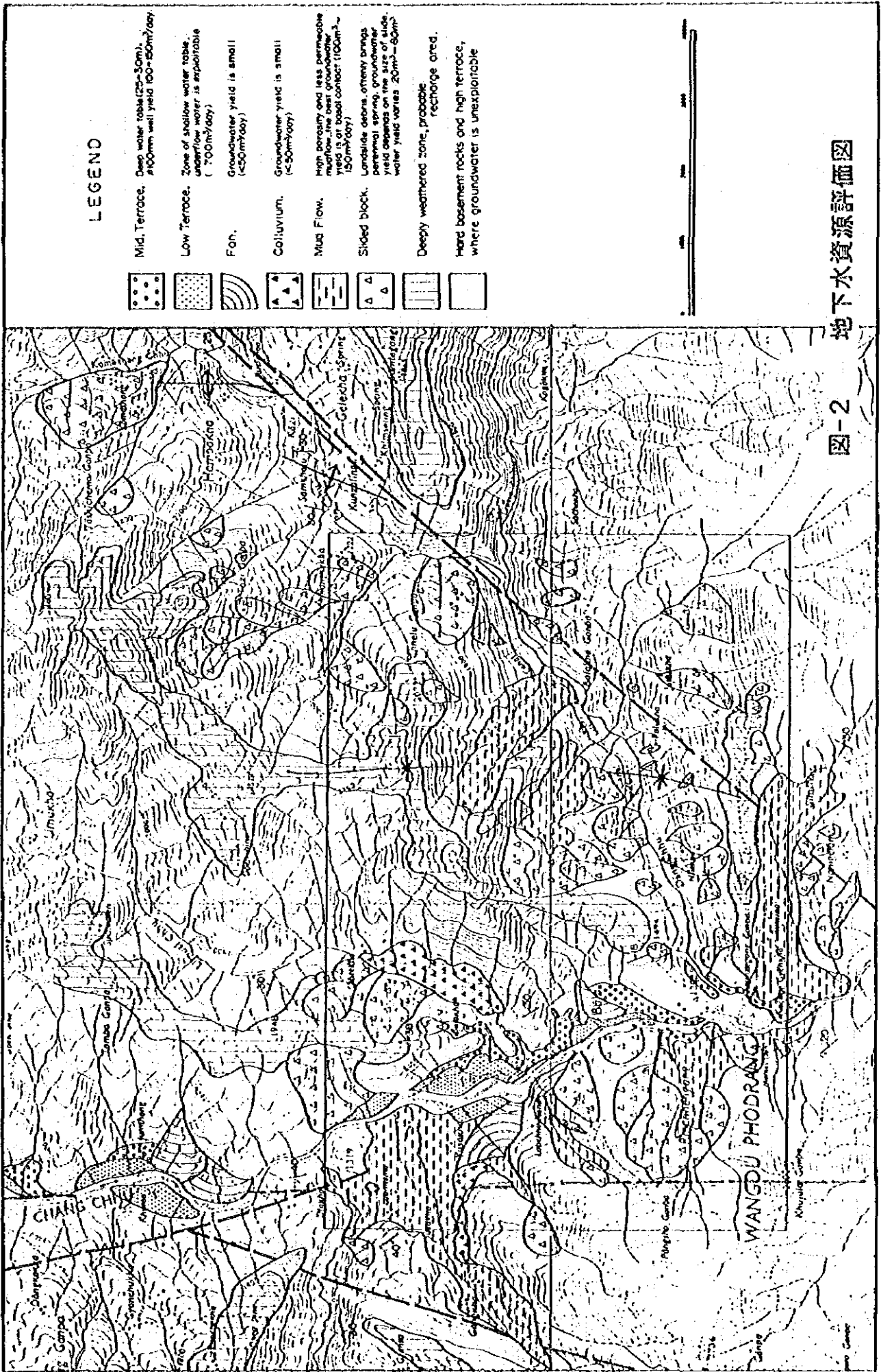


图-2 地下水資源評価図






0 5 Km



List of Irrigation Canals in and around the Study Area

Code	No.	Name of Canal	Canal Length (Km)	Command Area (Ha)
C1		Upper Lobeyssa	7.1	61
C2		Lower Lobeyssa	8.1	300
C3		Ruehchengang	9.0	65
C4		Omte	3.5	21
C5		Tan	2.0	22
C6		Sihru	5.8	52
C7		Gagu	1.6	41
C8		Tovye	3.5	26
C9		Bajo	15.0	143
C10		Phuangyul	26.0	91
C11		Komrathang	4.9	7
C12		Chungskha	6.9	209
C13		Lower Kashi	2.4	20
C14		Jaganokha	4.3	16
C15		Gemkha	3.5	15
C16		Balabha	4.0	40
C17		Thamkha	3.1	40
C18		Nalabha	3.9	29
C19		Rurabha	2.2	40
C20		Naphobha	2.2	27
C21		Nykyoyava	1.7	24
C22		Rumita	1.1	28

LEGEND

-  Highland
-  Lowland
-  Canal selected for improvement plan
-  Canal selected for case study
-  Canal in and around the study area

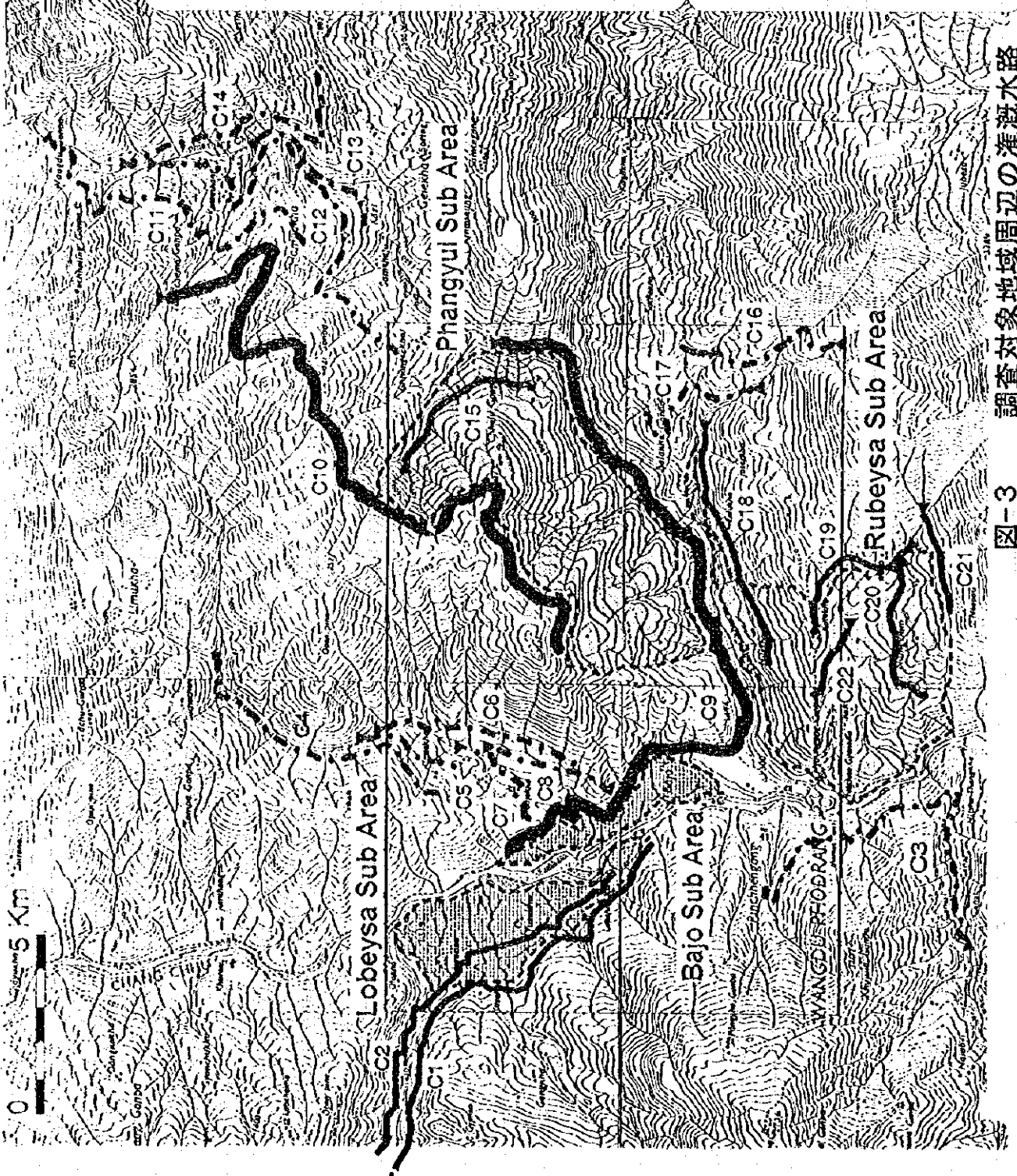


图-3 調査対象地域周辺の灌漑水路

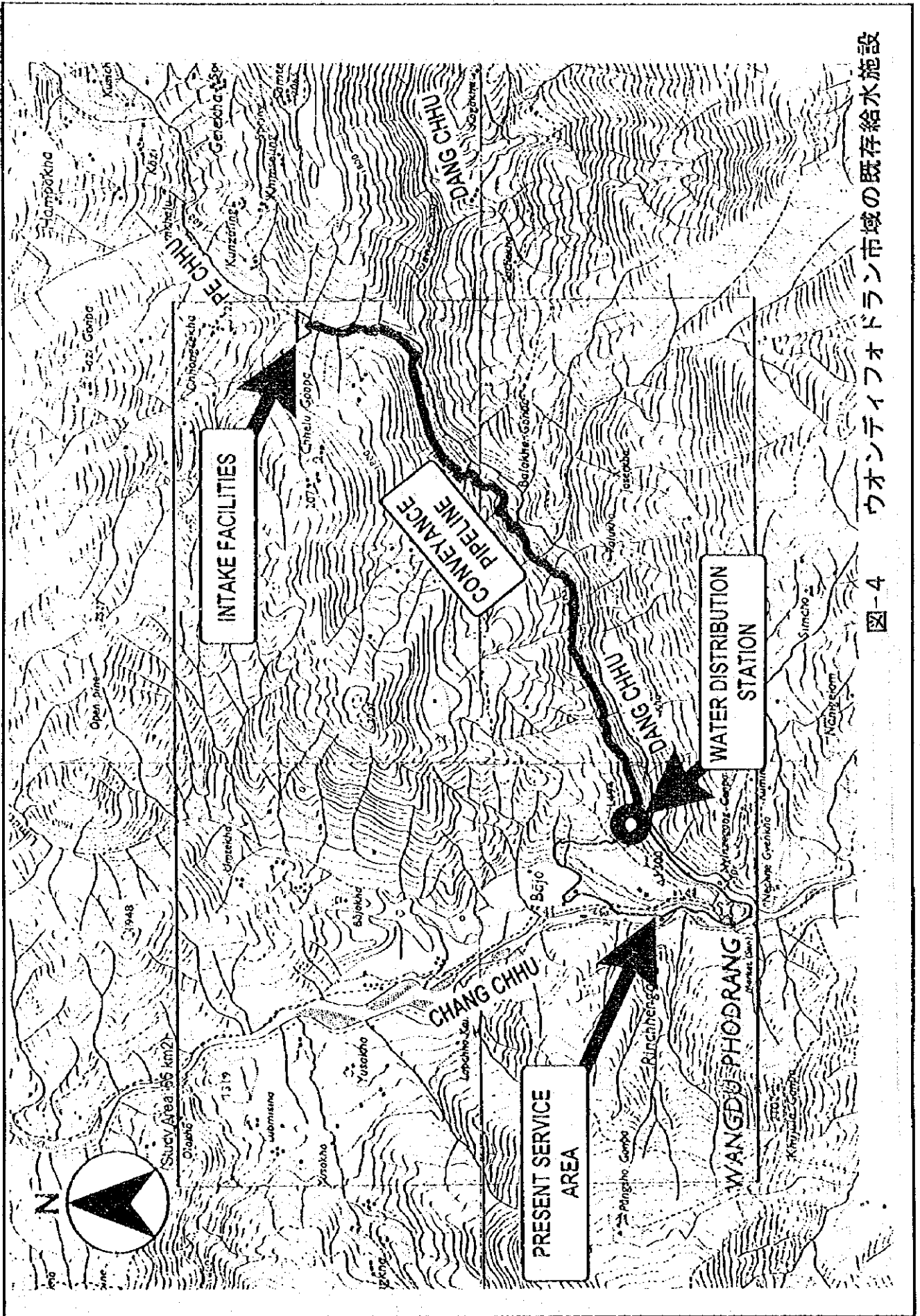


図-4 ウォンディフォドラン地域の既存給水施設

Year	Average Daily Demand (m ³ /d)	Daily Maximum Demand (m ³ /d)
1995	812	1,015
2002	906	1,133
2007	1,236	1,546

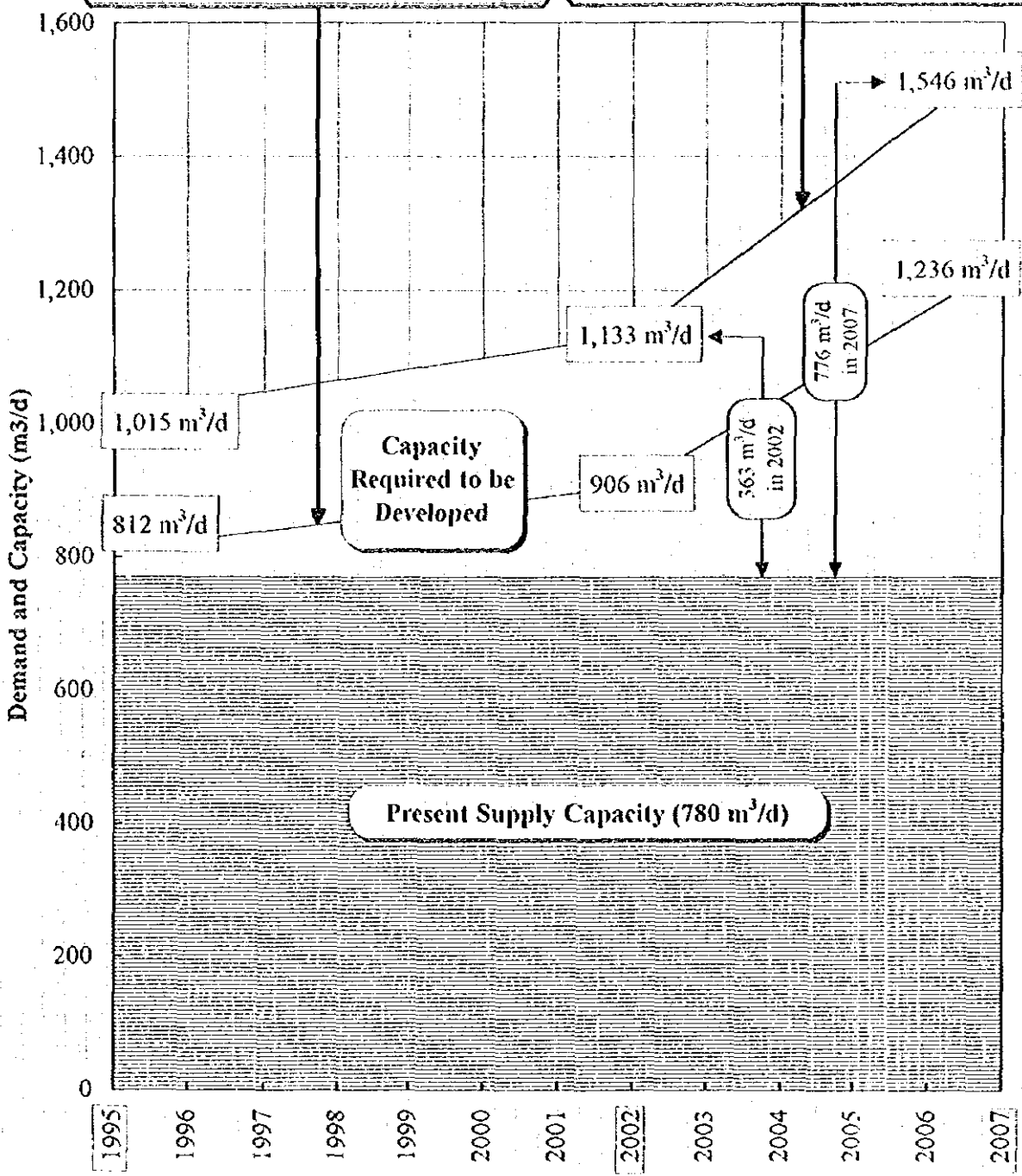


図-5 ウォンディフォドラン市域の水需要予測

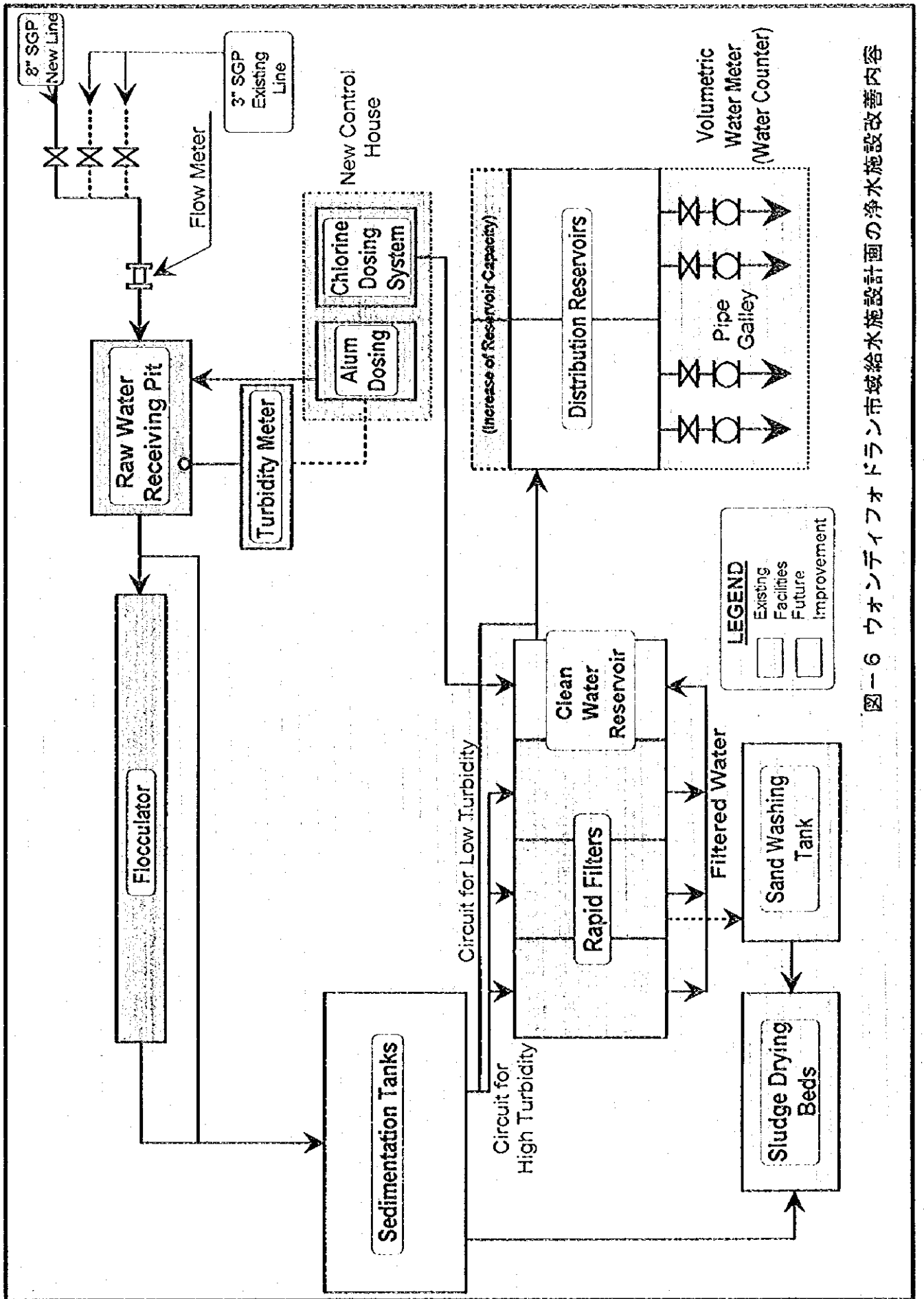
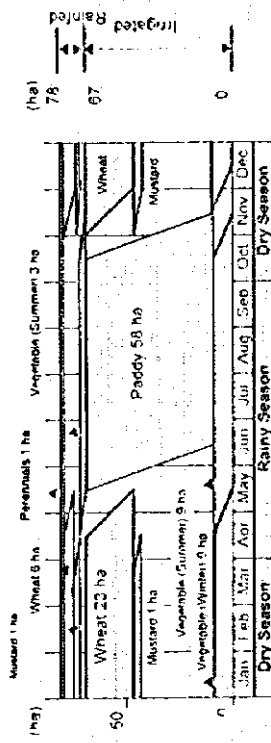
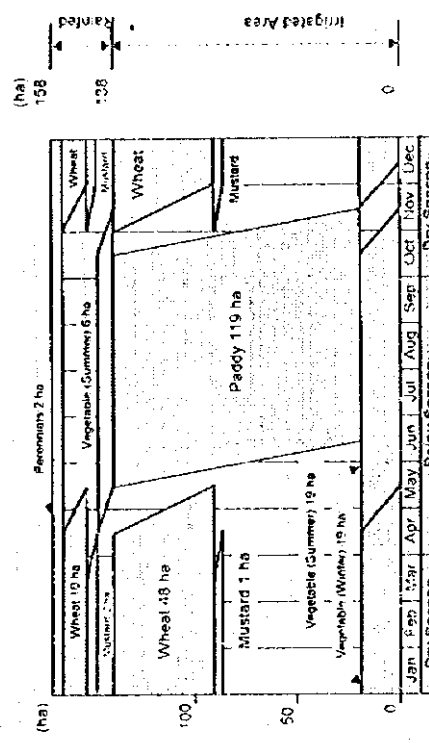


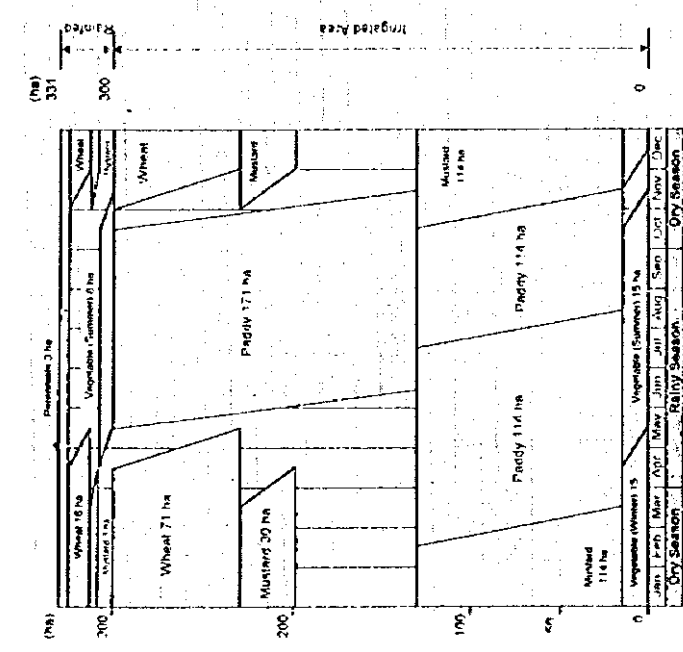
図-6 ウォンディフオランドラニ市域給水施設計画の浄水施設改善内容



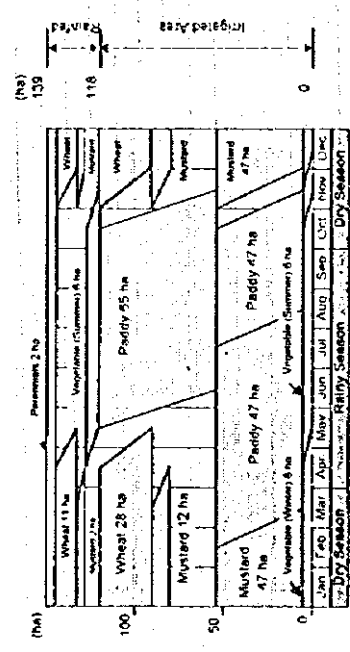
Phangyul Sub-Area (Applying 10% of Diversification)



Rubaysa Sub-Area (Applying 10% of Diversification)



Lobeysa Sub-area (Applying 40% of Paddy Double Cropping)



Bajo Sub-Area (Applying 40% of Paddy Double Cropping)

図-7 灌溉改善計画の計画作付体系

JICA