

施工場所：ティンブー市モディタン高校、教員用トイレ棟隣接地 沈殿分離槽＋トレンチ工 - 6

施工期間：2013年2月1日 完了日：2013年2月9日



- ・トレンチ 1
- ・掘削状況



- ・トレンチ 1
- ・掘削完了



- ・トレンチ 1
- ・止水シート敷設・毛管砂充填状況



- ・トレンチ 1
- ・毛管砂充填完了

施工場所：ティンブー市モディタン高校、教員用トイレ棟隣接地 沈殿分離槽＋トレンチ工 - 7
施工期間：2013年2月1日 完了日：2013年2月9日



- ・トレンチ 1
- ・スリット加工管(110)敷設
- ・毛管礫充填開始



- ・トレンチ 1
- ・毛管礫充填完了



- ・トレンチ 1
- ・毛管網敷設完了



- ・トレンチ 1
- ・被覆土壌(良質土選別)充填状況

施工場所：ティンブー市モディタン高校、教員用トイレ棟隣接地 沈殿分離槽＋トレンチ工 - 8

施工期間：2013年2月1日 完了日：2013年2月9日



- ・トレンチ 2
- ・掘削状況



- ・トレンチ 2
- ・掘削完了



- ・トレンチ 2
- ・止水シート・毛管砂充填
- ・スリット加工管(110)敷設



- ・トレンチ 2
- ・毛管礫充填完了

施工場所：ティンブー市モディタン高校、教員用トイレ棟隣接地 沈殿分離槽＋トレンチ工 - 9
施工期間：2013年2月1日 完了日：2013年2月9日



- ・トレンチ 2
- ・毛管網敷設完了



- ・トレンチ 2
- ・被覆土壌(良質土選別)充填状況



- ・トレンチ 1・2
- ・被覆土壌(良質土選別)充填仕上げ状況



- ・トレンチ 1・2
- ・トレンチ部外溝仕上げ状況

施工場所：ティンブー市モディタン高校、教員用トイレ棟隣接地 沈殿分離槽＋トレンチ工 - 10
施工期間：2013年2月1日 完了日：2013年2月9日



- ・トレンチ 1・ 2
- ・トレンチ部外溝完了



- ・教員用トイレ棟配管 1
- ・トイレ棟内個室便器・2箇所
- ・それぞれの既設配管から沈殿分離槽へ導水する切換を行った。(写真破線部分)



- ・教員用トイレ棟配管 2



- ・トレンチ分水榘 1
- ・トレンチ 1への導水確認

施工場所：ティンブー市モディタン高校、教員用トイレ棟隣接地 沈殿分離槽＋トレンチ工 - 1 1
施工期間：2013年2月1日 完了日：2013年2月9日



- ・トレンチ分水桧2
- ・トレンチ 2への導水確認



- ・完成 1
- ・沈殿分離槽側より撮影(奥がトレンチ部)



- ・完成 2
- ・分水桧トレンチ部を撮影



- ・ブータン政府観光局職員2名視察
- ・所属 Tourism Council of Bhutan
Director ServicesDepartment

施工場所：ティンブー市モディタン高校、教員用トイレ棟隣接地 沈殿分離槽+トレンチ工 - 1 2

施工期間：2013年2月1日 完了日：2013年2月9日



- ・教員用トイレ棟内部1
- ・「紙を流さないで下さい」のお願いとゴミ箱の設置を実施。



- ・教員用トイレ棟内部2



- ・教員用トイレ棟内部3

4. 建設コスト

4.1 個別住宅における建設コスト

4 - 表1 土壌脱臭床建設コスト 1Nu (1.73 円)

種 別	金 額(Nu)	金 額(円)
材料費	11,131	19,257
直接人件費	3,267	5,651
直接経費	1,378	2,385
日本からの材料費	12,139	21,000
計	27,915	48,293
技術経費等 (計の80%)	22,332	38,634
合 計	50,247	86,927

4 - 表2 雑排水トレンチ建設コスト 1Nu (1.73 円)

種 別	金 額(Nu)	金 額(円)
材料費	28,584	49,450
直接人件費	6,533	11,303
直接経費	2,757	4,769
日本からの材料費	12,370	21,400
計	50,244	86,922
技術経費等 (計の80%)	40,195	69,538
合 計	90,439	156,460
再 計	90,000	156,000

トレンチ 1m当り 9,044Nu (15,650 円)

4.2 集合処理における建設コスト

4 - 表3 沈殿分離槽+トレンチ建設コスト 1Nu (1.73 円)

種 別	金 額(Nu)	金 額(円)
材料費	30,566	52,879
直接人件費	33,000	57,090
直接経費	2,090	3,616
日本からの材料費	45,509	78,730
計	111,165	192,315
技術経費等 (計の80%)	88,932	153,852
合 計	200,097	346,167
再 計	200,000	346,000

4 - 表4 沈殿分離槽コスト・トレンチ建設コスト 1Nu (1.73 円)

種 別	金 額(Nu)	金 額(円)
トレンチ建設コスト	90,000	156,000
沈殿分離槽建設コスト	110,000	190,000
計	200,000	346,000

5. 既設下水処理場の現状調査

5.1 ティンブーの既設下水処理場の現状

ティンブー市の既設下水処理場は、以下の状況で現在稼動中である。

5 - 表1 ティンブー市既設処理場概要

項目	概要	備考
処理方式	酸化安定池法	
計画処理人口	12,500 人	25,000 人規模まで拡張予定
計画流入水量	1,750m ³ /日	
流入水質	BOD 325mg/ℓ	
放流水質	BOD 50mg/ℓ	除去率 85%
処理池面積	670 m ²	5 - 図1 参照
処理池面積	760 m ²	5 - 図1 参照
処理池面積	10,380 m ²	5 - 図1 参照
処理池面積	4,490 m ²	5 - 図1 参照
処理池面積	10,740 m ²	5 - 図1 参照
処理池面積	4,400 m ²	5 - 図1 参照
処理池面積計	31,440 m ²	5 - 図1 参照

5.2 ティンブーの既設下水処理場の問題点

- ・ 覆蓋がなく、臭気対策及び病原菌飛散等の二次公害対策が施されていない。
- ・ 滞留日数が長く、広大な敷地面積が必要となっている。

既設処理場を 5 - 図1 に示す。



ティンブー市 既設下水道処理施設平面図

5 - 図1 ティンブー市既設下水処理場

5.3 ティンブーの既設下水処理場の改修案

ティンブー市下水既設処理場の改修案を5 - 表2 に示す。

5 - 表2 ティンブー市下水既設処理場の改修案

項目	改修案
処理方式	土壌被覆型接触酸化法
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ W15.0 × L30.0 × H5.0 程度 × 4 系列 ・ 1 系列当り 440m³/日 ・ 計画水量 1,760m³/日 ・ 放流水質 BOD20mg/リットル ・ 除去率 95%
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処理槽上部を土壌被覆することで臭気及び二次公害発生を防止。 ・ 他の方式に比べて、設置面積は小さい。 ・ 既存施設の 池の箇所に納まるため、残りの 27,000 m²は緑地もしくは、他の施設として利用可能。
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 接触酸化槽でエアレーションをするため等の機器が必要、そのための動力源が必要。 ・ 深さが 5m 程度と、若干深くなる。
施設建設金額	370,910 千 Nu
評価	
総評	<p>市街地の下水処理場を建設する場合は、流入水量が多くなる。従ってプータンのように急峻な山に囲まれた国で、平坦地の少ないところでは、土壌被覆工法を利用する。この工法は汚水を浄化するために電気エネルギーを必要とするが、現在のオープン処理場の空間を緑地公園として利用することが可能になる。汚水処理槽は、図のような場所で設置できるために残った空間をサッカーグラウンドや子供たちが遊事のできる公園として利用できる。</p> <p>土壌被覆工法は、流入水量が増加する場合には増設工事が簡単に追加できるために、過大処理場を建設する必要は無い。</p>

既設処理場改修案平面図を5 - 図2 に示す。



ティンブー市 既設下水道処理施設平面図

改修 第1案

5 - 図2 ティンブー市既設下水処理場 改修案

.ブータン全国下水道整備計画

1. ブータン全国下水道整備計画の概要

1.1 全国下水道整備計画の目的

ブータンでは、首都ティンブー市の下水道も十分に未整備された状況でない。今までは自然との共生をテーマに、生ごみ等も土壌で分解できる範囲の生活が行われていた。テレビやコンピューターの利用により、近代的な情報が入手出来るようになると、生活の仕方も変化しはじめている。

土壌浄化法は、小規模下水道を可能にする技術であるために、未整備の今の状況だからこそ有効な手法といえる。今回の調査において、ブータン全域を対象にした生活排水処理の基本計画を策定することにより、今後の生活排水処理整備の概要を把握する事を目的とする。

1.2 全国下水道整備計画対象地域

基本的にブータン全域とする。詳細検討に当たっては、パロ県をサンプルとし集合処理と個別処理に区分し、集合処理に関しては、区域、規模、箇所数等について検討する。

2. ブータンにおける水質汚濁対策の現状

2.1 ブータンにおける水質汚濁の状況

ブータンにおける水質汚濁の状況を把握している機関は、国家環境委員会で 1988 年よりブータン全土 172 地点でモニタリングしている。水質環境項目としては、COD、T-N、T-P、pH 等であるがモニタリングは不定期でデータの欠如も多い。河川の水質汚濁状況として COD についてまとめたものを参考資料に示す。このモニタリングポイントの設定については、都市部周辺の河川環境を示したものである。

基本的にブータンの主要河川は、標高差のある国土であるため、全ての河川が急流でありかつヒマラヤ山脈の氷河等を源とすることから渇水期でも水量が豊富である。このような状況から、主要河川の水質は比較的良好であるが、都市部を流れる小河川並び排水路の合流地点では COD 等の水質の悪化が見られる。特に首都であるティンブー市繁華街の排水路からティンブー川に合流する付近では COD18mg/l（年間平均）を示す。その他の地区でも場所によっては高い値を示すポイントはあるものの平均的には 1～2mg/l 前後であり徐々に水質汚濁が進行しつつあるものと考えられる。

2.2 ブータンにおける水質汚濁対策の現状

ブータンにおける水質汚濁対策としては、水質環境基準の設定が行われているほか、特定施設においては、排水基準が設けられている。

都市における下水道事業に関しては全国で 4 箇所の下水処理場が建設され稼働している。これらの施設は、デンマークの国際開発援助によるより建設されたものであるが、一部拡張計画（アジア銀行からの融資を受けてブータンが実施）はあるものの、ブータンが順調な経済成長を遂げていることから、今後同国からの国際開発援助は数年以内に打ち切られる事が決定している。

3. 下水道セクターの制度的・組織的枠組み

3.1 下水道セクターの制度

ブータン国内では、首都ティンブーの他 3 箇所下水道整備が行われているが、海外からの援助によるものである。今回の調査では、これらの下水道整備を司る MOWHS でヒアリングを行うと共にティンブーにある下水処理場を見学させていただいた。

ブータンにおける下水道セクターの制度は、現在確立したものが無く今後整備して行く状況にあると見られた。

現状としては、下水道整備区域の把握が十分されて無い事や処理場に流入する下水も計画容量の 2 倍近い水量が流入してくる等、適切な下水道計画に基づき整備されている状況でない事が伺われた。

また、環境法をサポートする法令は NEC によって整備されている。河川の水質環境基準や下水道施設からの排水基準等は、インドの技術協力により策定されたものである。しかしながら、基準となる BOD 等を分析する機関が少なくかつ精度にも問題が有り、法の実際の効果は非常に弱いといえる。(NEC において BOD 分析可能な人材は JICA のボランティアのみである)

ティンブーの処理場では施設内で分析している状況で、その精度確保が難しい状況にあるようである。(NEC では BOD 測定のための希釈倍率について留意する様にとの報告書が作成されている)

今後は、下水道法やブータンに適した計画設計の指針、施設の維持管理指針等の整備とともに関連する汚泥処理処分施設、検査機関の設置や分析技術向上等、制度構築から始まり関連施設整備、技術者の養成等ほぼ全てをブータンとして構築して行く必要がある。

3.2 組織的枠組み

ブータンでは下水道法等の法整備がされていない。このため下水を集合処理するための施設であって、公共事業として整備が行われるもの全体をここでは下水道等と呼ぶ。

現在のブータンにおける下水道セクターの制度はいささか複雑である。原則として、都市の下水道等に関する事項は公共事業省 (MOWHS)、都市周辺の集落などの集合処理は保健省 (MOH) によって取組まれているが、海外からの技術導入に関しては国民総幸福委員会 (GNHC) によって事前に審査される。また下水道等からの排水を規制管理するのは国家環境委員会 (NEC) によって取組まれている。

4. 下水道セクターの投資計画と財政状況

今回の調査では下水道セクターでの制度が確立されていない中、投資計画や財政状況の確認まで調査内容を広げることができない状況であった。

5. 設計諸元

5.1 計画策定における基本方針

下水道整備計画は、2段階に区分し策定される、即ちマクロプランとマスタープランである。マクロプラン策定に当っては、下水道整備長期目標を構成する基本設計諸元について検討を行う。計画目標年次・排除方式・集合処理区域・計画人口・計画汚水量・計画汚濁負荷量、下水処理方式等の検討である。次いでマスタープランは、プータンの玄関口でありながら下水道整備が行われていないパロ県において実施する。

下水道施設規模は、目標年次における下水量で決定される。計画下水量は計画処理人口に汚水量原単位を乗じて求める。更に流入下水の水質を下水処理施設設計のため策定する。これらの設計諸元に関する検討を行う。

プータンにおける下水道整備計画：プータンでは下水道法等の法整備がされていない。このため下水を集合処理するための施設であって、公共事業として整備が行われるもの全体をここでは下水道等と呼ぶ。

また、下水の処理を下水道等で行うのが適当な区域を集合処理区域と呼ぶ。これに対して下水の処理を下水道等以外で行うのが適当な区域を個別処理区域と呼ぶ。

(1) 計画目標年次

下水道は、その施設の耐用年数が長期にわたることや管渠などは段階的に能力を増大させる事が困難である事等から長期的計画にもとづいて整備しなければならない。したがって推定可能な期間として計画目標年次を基準年から概ね20～30年と定める事を原則としている。「下水道施設計画・設計指針と解説2009 日本下水道協会」

今回の調査では「Statistical Yearbook of Bhutan 2012」に示されている人口予測の期間2030年を計画目標年次として設定する。

計画目標年次：2030年

(2) 下水の排除方式及びその決定の理由

下水道排除方式には、分流式と合流式がある。分流式は汚水と雨水を別々の管渠系統で、合流式は同一の管渠系統で排除する方式である。

合流式は単一管渠で汚水と雨水を排除するため、雨水排除施設が整っていない地域では、分流式に比べ施工が容易で経済的に有利となる場合がある。しかし、合流式は降雨時に一定倍率以上に希釈された汚水が直接放流されるため、公共用水域の水質保全面では分流式が優れている。プータンにおける既設下水道も分流式で整備が進められていることから、ここでは、分流式を採用する。

下水の排除方式：分流式

(3) 集合処理区域

集合処理区域の設定方法は、マスタープランにおいては以下の項目に留意して線引きする。

集落界及び集落特性

家屋間限界距離（限界距離を100mと設定）

集合処理最低戸数（10戸以上）

接続ルート沿いの個別処理家屋の取り込み

地形的分断線（大河川、逆勾配、道路、農地区画、排水路等）

マクロプランにおいては、「Statistical Yearbook of Bhutan 2012」において県別排水路普及率が示されており、この整備率を各県人口に乘じこれを集合処理人口とした。ここで県別排水路普及率を用いた理由は、排水路網が整備されている箇所は都市部並びに集落地域であり、孤立した住宅ではなく集合処理が可能な範囲を示しているものと考えた。

尚、集合処理人口以外は個別処理人口となる。

5 - 表1 県別排水路普及率

Dzongkhag	Percentage Coverage						
	Latrine	Water Supply	Household with Functional Piped water	Drainage & Footpath	Household with Animal Shed	Household with Vegetable Garden	Household with Garbage Pit
Bumthang	99.5	97.2	96.8	78.1	71	84.8	65.7
Chhukha	93.0	86.3	83.2	50.3	39.5	66.5	71.5
Dagana	94.0	86.7	81.2	59.9	55.0	78.7	78.9
Gasa	90.3	61.8	57.7	39.2	60.2	79.1	83.2
Haa	97.5	94.9	94.3	78.6	20.8	75.6	90.5
Lhuentse	92.0	96.1	93.2	58.0	55.5	89.2	74.4
Monggar	94.6	93.6	92.7	69.8	57.6	67.8	80.6
Paro	93.0	96.1	91.4	75.7	26.1	60.7	72.4
Pema Gatshel	98.4	99.2	95.1	50.2	59.4	81.6	64.3
Punakha	95.2	91.6	88.9	74.6	49.7	67.6	77.0
Samdrup Jongkhar	90.8	68.1	66.9	46.8	46.4	68.5	76
Samtse	95.0	89.6	85.9	44.6	64.4	72.5	79.6
Sarpang	97.4	92.2	90.2	55.6	44.1	66.6	76.2
Thimphu	97.4	98.0	97.1	69.5	27.2	63.7	48.6
Trashigang	92.5	92.4	89.0	53.6	51.9	78.6	68.3
Trashigang	94.4	96.7	86.2	75.9	65.2	84.7	84.4
Trongsa	86.9	90.0	85.5	47.4	29.9	71.2	57.3
Tsirang	94.6	89.3	83.2	36.9	65.0	76.6	67.8
Wangdue Phodrang	94.3	83.6	78.4	76.1	52.8	66.8	84.8
Zhemgang	97.5	93.0	89.2	61.0	38.0	83.9	78.2
Bhutan	94.5	90.3	86.8	58.6	49.9	72.5	74.2

Source: Annual Health Bulletin 2012, MoH, Thimphu.

「Statistical Yearbook of Bhutan 2012」より

5.2 人口予測

(1) 一般事項

計画処理人口は下水道施設整備計画の規模を決定する最も基本的な設計緒元である。計画処理人口は目標年次における将来人口で、将来人口過去の人口データに基づき予測される。

ブータンの人口データは 2005 年人口及び住宅センサスを基本としており、2005 年 5 月 31 日時点のブータンの人口は、634,982 人であった。

(2) 人口予測

2005 年の人口及び住宅センサスを基にブータン政府は、コホート要因法による人口予測を行っているこの結果を以下に示す。

5 - 表 2 ブータン人口予測 2010 ~ 2030 年

(in numbers)

Year	Persons			Percent		
	Total	Male	Female	Total	Male	Female
2010	695,822	363,383	332,439	100.0	52.2	47.8
2011	708,265	369,476	338,789	100.0	52.2	47.8
2012	720,679	375,554	345,125	100.0	52.1	47.9
2013	733,004	381,582	351,422	100.0	52.1	47.9
2014	745,153	387,520	357,633	100.0	52.0	48.0
2015	757,042	393,324	363,718	100.0	52.0	48.0
2016	768,577	398,948	369,629	100.0	51.9	48.1
2017	779,666	404,347	375,319	100.0	51.9	48.1
2018	790,215	409,474	380,741	100.0	51.8	48.2
2019	800,154	414,293	385,861	100.0	51.8	48.2
2020	809,397	418,760	390,637	100.0	51.7	48.3
2021	818,370	423,085	395,285	100.0	51.7	48.3
2022	827,038	427,250	399,788	100.0	51.7	48.3
2023	835,379	431,247	404,132	100.0	51.6	48.4
2024	843,363	435,058	408,305	100.0	51.6	48.4
2025	850,976	438,679	412,297	100.0	51.6	48.4
2026	858,410	442,200	416,210	100.0	51.5	48.5
2027	865,662	445,626	420,036	100.0	51.5	48.5
2028	872,759	448,965	423,794	100.0	51.4	48.6
2029	879,707	452,224	427,483	100.0	51.4	48.6
2030	886,523	455,409	431,114	100.0	51.4	48.6

Source: Population Projections Bhutan, 2005-2030, NSB

「Statistical Yearbook of Bhutan 2012」より

(3)各県人口予測

各県別人口と集合処理人口、個別処理人口を以下に示す。集合処理人口は県別人口に排水路普及率を乗じた値である。

5 - 表3 県別人口予測及び集合処理個別処理人

	県名	県名	人口区分	予 測 年					
				2010	2013	2015	2020	2025	2030
1	Bumthang	ブムタン県	県内人口	17,547	18,412	18,965	20,235	21,274	22,163
2	Chhukha	チュカ県	県内人口	81,363	85,608	88,342	94,699	99,564	103,723
3	Dagana	ダガナ県	県内人口	25,070	26,553	27,522	29,138	30,635	31,915
4	Gasa	ガサ県	県内人口	3,404	3,580	3,692	4,047	4,255	4,433
5	Haa	ハ県	県内人口	12,586	13,147	13,501	14,569	15,318	15,957
6	Lhuentse	ルンツェ県	県内人口	16,530	17,200	17,618	19,426	20,423	21,277
7	Mongar	モンガル県	県内人口	40,653	42,843	44,258	46,945	49,357	51,418
8	Paro	パロ県	県内人口	39,804	41,852	43,168	46,136	48,506	50,532
9	Pema Gatsel	ペマガツェル県	県内人口	23,777	24,646	25,180	27,519	28,933	30,142
10	Punakha	プナカ県	県内人口	25,650	26,981	27,838	29,948	31,486	32,801
11	Samdrup Jongkhar	サムドゥブ・ジョンカル県	県内人口	37,307	39,405	40,768	43,707	45,953	47,872
12	Samtse	サムツェ県	県内人口	65,387	68,579	70,618	76,083	79,992	83,333
13	Sarpang	サルパン県	県内人口	41,300	43,915	45,637	47,754	50,208	52,305
14	Thimphu	ティンブー県	県内人口	104,214	111,305	116,012	121,410	127,646	132,978
15	Trashigang	タシガン県	県内人口	52,538	54,768	56,168	61,514	64,674	67,376
16	Trashi Yangtse	タシ・ヤンツェ県	県内人口	19,314	20,266	20,874	22,663	23,827	24,823
17	Trongsa	トンサ県	県内人口	14,712	15,502	16,012	16,997	17,870	18,617
18	Tsirang	チラン県	県内人口	20,254	21,209	21,816	23,473	24,678	25,709
19	Wangdue Phodrang	ワンデュ・ボダン県	県内人口	34,320	36,279	37,553	39,660	41,698	43,440
20	Zhemgang	シェムガン県	県内人口	20,091	20,656	21,501	23,473	24,678	25,709
計	Bhutan	ブータン全土	国内人口	695,821	732,706	757,043	809,397	850,976	886,523

5.3 下水水量及び水質

下水水量及び水質は、下水道施設の計画・設計の基礎数値であり、日変動、時間変動を勘案して計画1日平均汚水量、計画1日最大汚水量、計画時間最大汚水量を求めるのが一般的である。日本の下水道では計画1日最大汚水量を用いて処理場等の施設設計を行ない、計画時間最大汚水量で管渠設計を行う事となっている。

ブータンでのこれまでの調査の結果、既設の下水処理場では、下記の原単位を用いて設計しており変動率の設定はされていなかった。上水道や既設処理場の流入実績が整備されていない状況では変動率を求めるのは困難である。従って既存設計値を計画1日平均汚水量とみなす。

(1) 下水水量原単位

ブータンの上水関連データは全く整備されていないため、正確な下水水量原単位予測は極めて困難である。従って、既存報告書（Design of Thimphu and Phuentsholing Waste Stabilisation Ponds）に記載されている首都ティンブー市の下水道計画値に基づいて下水水量原単位を予測する。既存報告書による下水水量原単位を以下に示す。

5 - 表4 既存報告書による設計値

地区	Thimphu
下水道計画人口（人）	12,500
下水水量原単位（ $\frac{\text{L}}{\text{人}}$ ）	140
計画下水水量（ $\text{m}^3/\text{日}$ ）	1,750

下水水量原単位：140 $\frac{\text{L}}{\text{日}}$

(2) 下水水質

下水水質についても、既存報告書（Design of Thimphu and Phuentsholing Waste Stabilisation Ponds）に記載されている首都ティンブー市の下水道計画値に基づいて下水水質を算定する。既存報告書による下水水質と下水水量原単位を以下に示す。

5 - 表5 汚濁負荷及び計画下水水質

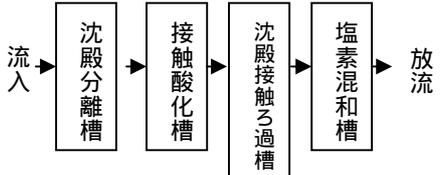
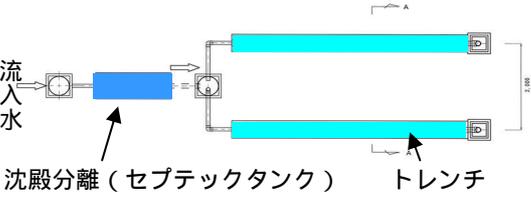
項目	汚濁負荷量（ $\text{g}/\text{日}\cdot\text{人}$ ）	計画下水水質（ mg/l ）
BOD	45	325

汚濁負荷量原単位（BOD）：45 $\text{g}/\text{日}\cdot\text{人}$

5.4 下水処理方式

下水処理方式は、2つの処理方式を提案する。基本的には都市：公共事業省（MOWHS）、集落：保健省（MOH）の所管する都市及び集落の下水道についてはスケールメリットが発揮されるため集合処理として土壌被覆型工法を、保健省（MOH）の所管する個別・小規模集合処理には毛管浸潤トレンチ工法提案する。以下にその概要を示す。

5 - 表6 下水処理方式

項目	集合処理 (土壌被覆型工法)	個別・小規模集合処理 (毛管浸潤トレンチ工法)
概要	<p>土壌被覆型工法は、接触酸化法の水処理槽を土壌で被覆したものであり、臭気や処理によって発生する泡の飛散など二次公害を防止する事が可能な処理方式である。汚水が水処理槽に流入した後は、水槽の中を押し流されて移流する事によって処理する技術である。</p>	<p>毛管浸潤トレンチ工法は、比較的低濃度（一次処理または二次処理した後の処理水）の汚水を不飽和流動によって生物的活性の高い土壌部分に導き、有機物を酸化分解させる工法である。毛管浸潤トレンチ工法の特徴は、電気エネルギーなどを使用しないで高度な処理水が確保できる事にある。また、維持管理が容易である事や放流水が流れ出ないので水域への負担が少なく自然にやさしい工法である。その反面、広い土壌空間を必要とすると共に浄化能力を自然の力にたよる装置であるため設置場所での土壌調査を必要とし、この結果から設置が可能であるか判断する等、条件が合わなければ設置できない。</p>
フロー		
所管	<p>都市：公共事業省（MOWHS） 集落：保健省（MOH）</p>	<p>保健省（MOH）</p>
適用する規模等	<p>都市及び集落の下水道</p>	<p>個別・小規模集合処理 個別処理</p>
処理施設 1m ³ 当りの 建設金額	<p>1,100 千円/m³ 212 千 Nu/m³</p>	<p>295 千 Nu/m³</p>

6. 下水道施設整備計画マスタープランの策定

6.1 下水道整備区域の策定

「5.設計諸元」を元に、パロ県をモデルとして下水道施設整備計画マスタープランの策定を行う。

6.2 パロ県集合処理区域面積の算定

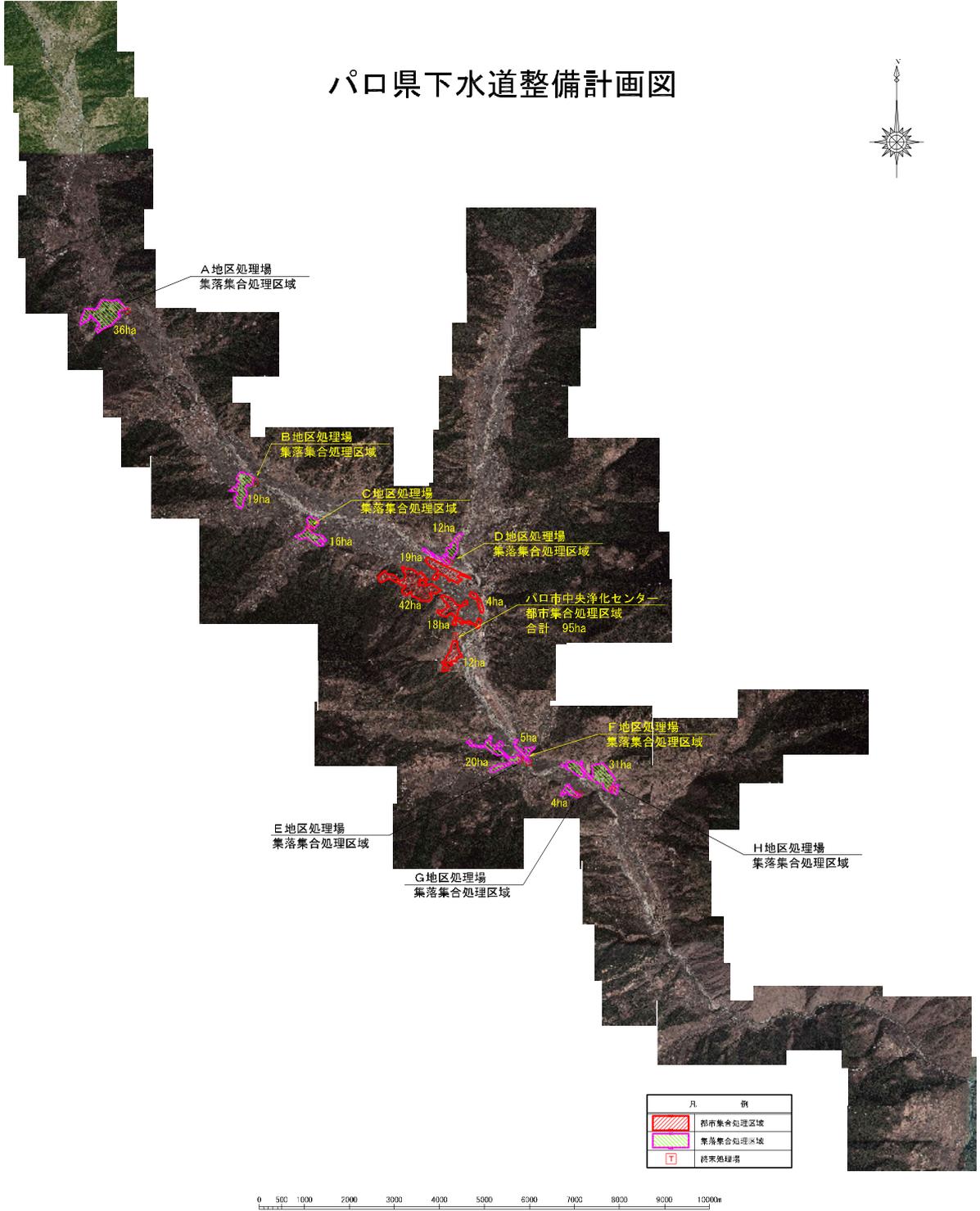
パロ県の下水道区域は、地形図及び設計諸元を元に算定した。
集合処理区域を、6 - 表 1 に示す。

6 - 表 1 パロ県集合処理区域面積

区 域 名	処理区面積	備 考
A	36ha	集落集合処理区域
B	19ha	集落集合処理区域
C	16ha	集落集合処理区域
D	12ha	集落集合処理区域
E	20ha	集落集合処理区域
F	5ha	集落集合処理区域
G	4ha	集落集合処理区域
H	31ha	集落集合処理区域
パロ市中央	95ha	都市集合処理区域
合 計	238ha	

パロ県の集合処理区域を、6 - 図 1 に示す。

パロ県下水道整備計画図



6 - 図1 パロ県下水道整備計画図

6.3 処理区域人口

処理区域人口は、現在人口の2013年の集合処理可能人口「32,000人」を元にした。

集合処理可能人口は、水路整備が完了している区域と仮定し、プータンの都市部の割合である30%を集合処理可能人口に乗じた値を集合処理区域人口とした。

各処理区に人口は、処理区域の面積比率を集合可能人口に乗じた値とした。

集合処理区域人口を、6 - 表2に示す。

6 - 表2 パロ県集合処理区域人口

区 域 名	処理区域人口	処理区面積比率	備 考
A	1,510 人	15.1%	
B	800 人	8.0%	
C	670 人	6.7%	
D	500 人	5.0%	
E	840 人	8.4%	
F	210 人	2.1%	
G	170 人	1.7%	
H	1,300 人	13.0%	
パロ市中央	4,000 人	40.0%	
合 計	10,000 人	100.0%	

6.4 個別・小規模集合処理人口

個別・小規模集合処理人口は、設計諸元の2013年のパロ県の全体人口から、集合処理区域人口を減じた値とする。

$$\begin{aligned} \text{個別・小規模集合処理人口} &= 42,000 \text{ 人 (全体人口)} - 10,000 \text{ 人 (集合処理区域人口)} \\ &= 32,000 \text{ 人 (個別・小規模集合処理人口)} \end{aligned}$$

6.5 各処理区域下水処理水量

各処理区域下水処理水量は、設計諸元の1人当り140 $\frac{\text{リットル}}{\text{日}}$ を元にした。

各処理区域下水処理水量を、6 - 表3に示す。

6 - 表3 各処理区域下水処理水量

区 域 名	下水処理水量	備 考
A	210 m ³ /日	1,510 人 × 140 $\frac{\text{リットル}}{\text{人}} \cdot \text{日} / 1,000 \frac{\text{リットル}}{\text{m}^3}$
B	110 m ³ /日	800 人 × 140 $\frac{\text{リットル}}{\text{人}} \cdot \text{日} / 1,000 \frac{\text{リットル}}{\text{m}^3}$
C	90 m ³ /日	670 人 × 140 $\frac{\text{リットル}}{\text{人}} \cdot \text{日} / 1,000 \frac{\text{リットル}}{\text{m}^3}$
D	70 m ³ /日	500 人 × 140 $\frac{\text{リットル}}{\text{人}} \cdot \text{日} / 1,000 \frac{\text{リットル}}{\text{m}^3}$
E	120 m ³ /日	840 人 × 140 $\frac{\text{リットル}}{\text{人}} \cdot \text{日} / 1,000 \frac{\text{リットル}}{\text{m}^3}$
F	30 m ³ /日	210 人 × 140 $\frac{\text{リットル}}{\text{人}} \cdot \text{日} / 1,000 \frac{\text{リットル}}{\text{m}^3}$
G	20 m ³ /日	170 人 × 140 $\frac{\text{リットル}}{\text{人}} \cdot \text{日} / 1,000 \frac{\text{リットル}}{\text{m}^3}$
H	180 m ³ /日	1,300 人 × 140 $\frac{\text{リットル}}{\text{人}} \cdot \text{日} / 1,000 \frac{\text{リットル}}{\text{m}^3}$
パロ市中央	560 m ³ /日	4,000 人 × 140 $\frac{\text{リットル}}{\text{人}} \cdot \text{日} / 1,000 \frac{\text{リットル}}{\text{m}^3}$
個別・小規模集合処理	4,480 m ³ /日	32,000 人 × 140 $\frac{\text{リットル}}{\text{人}} \cdot \text{日} / 1,000 \frac{\text{リットル}}{\text{m}^3}$

6.6 処理施設建設金額

集合処理施設の建設金額は、日本における同処理方式の処理場の工事金額を処理量比率にて1m³当りの単価を算出し、建設金額を算出する。

6 - 表4 処理施設建設工事費

処理施設名	処理施設建設金額	処理水量	1m ³ 当り単価	備 考
A 町 J 浄化センター	292,959 千円	351.0 m ³ /日	835 千円/m ³	
A 町 N 浄化センター	111,363 千円	75.6 m ³ /日	1,473 千円/m ³	
A 市 S 浄化センター	809,450 千円	810.0 m ³ /日	999 千円/m ³	
A 市 U 処理場	360,804 千円	318.6 m ³ /日	1,132 千円/m ³	
T 町 S 浄化センター	263,513 千円	261.9 m ³ /日	1,006 千円/m ³	
平均値	367,618 千円		1,089 千円/m ³	
採用値			1,100 千円/m ³	

個別・小規模集合処理の建設金額は、現地ブータンにてモデル施設を建設したときの価格である「295 千 Nu/m³」とする。

各処理区域の処理施設建設金額を、6 - 表5 に示す。

6 - 表5 各処理区域処理施設建設金額

区 域 名	下水処理水量	処理施設建設金額	備 考
A	210 m ³ /日	231,000 千円	210 m ³ /日 × 1,100 千円
B	110 m ³ /日	121,000 千円	110 m ³ /日 × 1,100 千円
C	90 m ³ /日	99,000 千円	90 m ³ /日 × 1,100 千円
D	70 m ³ /日	77,000 千円	70 m ³ /日 × 1,100 千円
E	120 m ³ /日	132,000 千円	120 m ³ /日 × 1,100 千円
F	30 m ³ /日	33,000 千円	30 m ³ /日 × 1,100 千円
G	20 m ³ /日	22,000 千円	20 m ³ /日 × 1,100 千円
H	180 m ³ /日	198,000 千円	180 m ³ /日 × 1,100 千円
パロ市中央	560 m ³ /日	616,000 千円	560 m ³ /日 × 1,100 千円
個別・小規模集合処理	4,480 m ³ /日	1,321,600 千 Nu	4,480 m ³ /日 × 295 千 Nu

6.7 処理区域集水管路延長

汚水集水のための管路延長は、都市部と集落部の ha 当りの管路延長をサンプルとして算出し、その平均値を下水道整備計画における ha 当りの集水管路延長とする。

都市部と集落部管路を次に示す。



6 - 図2 都市部集水管路サンプル図



6 - 図3 集落部集水管路サンプル図

$$\text{都市部集水管路延長} = 79+31+88+25+82 = 305\text{m/ha}$$

$$\text{集落部集水管路延長} = 27+20+33+12+17 = 109\text{m/ha}$$

$$\text{下水道整備 ha 当りの集水管路延長} = (305+109) \div 2 = 200\text{m/ha とする。}$$

各処理区域の集水管路延長を、6 - 表6 に示す。

6 - 表 6 各処理区域の集水管路延長

区 域 名	処理区面積	集水管路延長	備 考
A	36ha	7,200 m	36ha × 200m /ha
B	19ha	3,800 m	19ha × 200m /ha
C	16ha	3,200 m	16ha × 200m /ha
D	12ha	2,400 m	12ha × 200m /ha
E	20ha	4,000 m	20ha × 200m /ha
F	5ha	1,000 m	5ha × 200m /ha
G	4ha	800 m	4ha × 200m /ha
H	31ha	6,200 m	31ha × 200m /ha
パロ市中央	95ha	19,000 m	95ha × 200m /ha
合計	238ha	47,600 m	

6.8 処理区域集水管路建設金額

管路の建設金額は、「効率的な汚水処理施設整備のための都道府県構想マニュアル」に掲載されている、1m当り 65 千円の値を採用した。

各処理区域集水管路の建設金額を、6 - 表 7 に示す。

6 - 表 7 各処理区域集水管路建設金額

区 域 名	集水管路延長	集水管路建設金額	備 考
A	7,200 m	468,000 千円	7,200m × 65 千円
B	3,800 m	247,000 千円	3,800m × 65 千円
C	3,200 m	208,000 千円	3,200m × 65 千円
D	2,400 m	156,000 千円	2,400m × 65 千円
E	4,000 m	260,000 千円	4,000m × 65 千円
F	1,000 m	65,000 千円	1,000m × 65 千円
G	800 m	52,000 千円	800m × 65 千円
H	6,200 m	403,000 千円	6,200m × 65 千円
パロ市中央	19,000 m	1,235,000 千円	19,000m × 65 千円
合計	47,600 m	3,094,000 千円	

6.9 パロ県下水道整備概算事業費

パロ県の下水道整備計画の事業費を 6 - 表 8 に示す。

6 - 表 8 パロ県下水道整備計画 施設建設金額

処理施設名	処理施設建設金額	集水管路建設金額	合計	備考
A	231,000 千円	468,000 千円	699,000 千円	
B	121,000 千円	247,000 千円	368,000 千円	
C	99,000 千円	208,000 千円	307,000 千円	
D	77,000 千円	156,000 千円	233,000 千円	
E	132,000 千円	260,000 千円	392,000 千円	
F	33,000 千円	65,000 千円	98,000 千円	
G	22,000 千円	52,000 千円	74,000 千円	
H	198,000 千円	403,000 千円	601,000 千円	
パロ市中央	616,000 千円	1,235,000 千円	1,851,000 千円	
個別・小規模集合処理分	1,321,600 千 Nu		1,321,600 千 Nu	

ブータン通貨の Nu に換算したパロ県の下水道整備計画の事業費を 6 - 表 9 に示す。

換算は、次の通りとする。

Nu 換算 = 物価指数を 1/3 換算レート 1.73 (2013/2/20 現在)

建設金額 (日本円) × 1/3 (物価指数) / 1.73

個別・小規模集合処理は、現地価格で算出したため、Nu 表示としている。

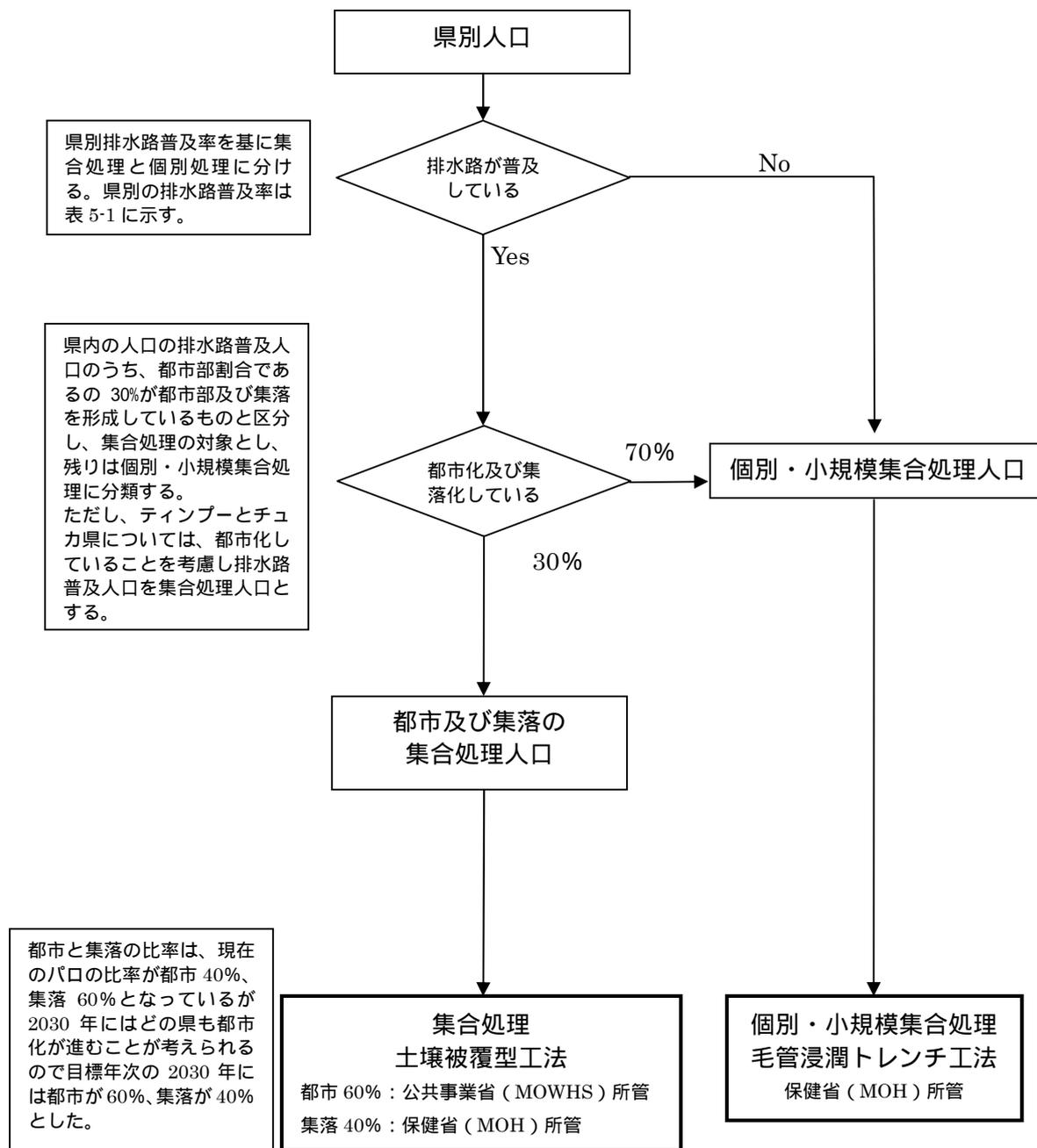
6 - 表 9 パロ県下水道整備計画 施設建設金額

処理施設名	処理施設建設金額	集水管路建設金額	合計	備考
A	44,510 千 Nu	90,170 千 Nu	134,680 千 Nu	
B	23,310 千 Nu	47,590 千 Nu	70,900 千 Nu	
C	19,080 千 Nu	40,080 千 Nu	59,160 千 Nu	
D	14,840 千 Nu	30,060 千 Nu	44,900 千 Nu	
E	25,430 千 Nu	50,100 千 Nu	75,530 千 Nu	
F	6,360 千 Nu	12,520 千 Nu	18,880 千 Nu	
G	4,240 千 Nu	10,020 千 Nu	14,260 千 Nu	
H	38,150 千 Nu	77,650 千 Nu	115,800 千 Nu	
パロ市中央	118,690 千 Nu	237,960 千 Nu	356,650 千 Nu	
個別・小規模集合処理分	1,321,600 千 Nu		1,321,600 千 Nu	
合計	1,616,210 千 Nu	596,150 千 Nu	2,212,360 千 Nu	

7. 概算事業費及び事業実施計画

7.1 各県別の事業計画策定方法

県別人口及びマスタープラン等で得られた情報を基に、以下に示す手順で目標年次である2030年の県別事業計画を策定する。その後、概算事業費を県毎に算出する。



7 - 図 1 集合処理と個別・小規模集合処理区分フロー

7 - 表1 県別処理規模 1/2

県名	人口区分	予 測 年	排水路普及率 %	プータン国 都市部比率 %	集合処理人口 個別処理人口区分 人	都市集落区分率 %	処理方式別人口 人	下水道原単位 m ³ /人	下水流量 m ³ /日	各事業の 整備率
		2030 人								
ブムタン県	県内人口	22,163								
	集合処理可能人口		78.1		17,309					
	集合処理区域人口			30.0	5,193					
	都市集合処理人口					60	3,116	0.14	437	14%
	集落集合処理人口					40	2,077	0.14	291	9%
	個別・小規模集合処理人口				16,970		16,970	0.14	2,376	77%
チュカ県	県内人口	103,723								
	集合処理可能人口		50.3		52,173					
	集合処理区域人口			50.3	26,243					
	都市集合処理人口					60	15,746	0.14	2,205	15%
	集落集合処理人口					40	10,497	0.14	1,470	10%
	個別・小規模集合処理人口				77,480		77,480	0.14	10,848	75%
ダガナ県	県内人口	31,915								
	集合処理可能人口		59.9		19,117					
	集合処理区域人口			30.0	5,735					
	都市集合処理人口					60	3,441	0.14	482	11%
	集落集合処理人口					40	2,294	0.14	322	7%
	個別・小規模集合処理人口				26,180		26,180	0.14	3,666	82%
ガサ県	県内人口	4,433								
	集合処理可能人口		39.2		1,738					
	集合処理区域人口			30.0	521					
	都市集合処理人口					60	313	0.14	44	7%
	集落集合処理人口					40	208	0.14	30	5%
	個別・小規模集合処理人口				3,912		3,912	0.14	548	88%
ハ県	県内人口	15,957								
	集合処理可能人口		78.6		12,542					
	集合処理区域人口			30.0	3,763					
	都市集合処理人口					60	2,258	0.14	317	14%
	集落集合処理人口					40	1,505	0.14	211	9%
	個別・小規模集合処理人口				12,194		12,194	0.14	1,708	76%
ルンツェ県	県内人口	21,277								
	集合処理可能人口		58.0		12,341					
	集合処理区域人口			30.0	3,702					
	都市集合処理人口					60	2,221	0.14	311	10%
	集落集合処理人口					40	1,481	0.14	208	7%
	個別・小規模集合処理人口				17,575		17,575	0.14	2,461	83%
モンガル県	県内人口	51,418								
	集合処理可能人口		69.8		35,890					
	集合処理区域人口			30.0	10,767					
	都市集合処理人口					60	6,460	0.14	905	13%
	集落集合処理人口					40	4,307	0.14	603	8%
	個別・小規模集合処理人口				40,651		40,651	0.14	5,692	79%
パロ県	県内人口	50,532								
	集合処理可能人口		75.7		38,253					
	集合処理区域人口			30.0	11,476					
	都市集合処理人口					60	6,886	0.14	965	14%
	集落集合処理人口					40	4,590	0.14	643	9%
	個別・小規模集合処理人口				39,056		39,056	0.14	5,468	77%
ベマガツェル県	県内人口	30,142								
	集合処理可能人口		50.2		15,131					
	集合処理区域人口			30.0	4,539					
	都市集合処理人口					60	2,723	0.14	382	9%
	集落集合処理人口					40	1,816	0.14	255	6%
	個別・小規模集合処理人口				25,603		25,603	0.14	3,585	85%
ブナカ県	県内人口	32,801								
	集合処理可能人口		74.6		24,470					
	集合処理区域人口			30.0	7,341					
	都市集合処理人口					60	4,405	0.14	617	13%
	集落集合処理人口					40	2,936	0.14	412	9%
	個別・小規模集合処理人口				25,460		25,460	0.14	3,565	78%

7 - 表2 県別処理規模 2/2

県名	人口区分	予 測 年		集合処理人口 個別処理人口区分	都市集落区分率	処理方式別人口	下水量原単位 m3/人	下水量 m3/日	各事業の整備率	
		2030	排水路普及率							
		人	%							
サムドゥブ・ジョンカル県	県内人口	47,872								
	集合処理可能人口		46.8	22,404						
	集合処理区域人口			6,721	30.0					
	都市集合処理人口					60	4,033	0.14	565	8%
	集落集合処理人口					40	2,688	0.14	377	6%
個別・小規模集合処理人口			41,151			41,151	0.14	5,762	86%	
サムツェ県	県内人口	83,333								
	集合処理可能人口		44.6	37,167						
	集合処理区域人口			11,150	30.0					
	都市集合処理人口					60	6,690	0.14	937	8%
	集落集合処理人口					40	4,460	0.14	625	5%
個別・小規模集合処理人口			72,183			72,183	0.14	10,106	87%	
サルバン県	県内人口	52,305								
	集合処理可能人口		55.6	29,082						
	集合処理区域人口			8,725	30.0					
	都市集合処理人口					60	5,235	0.14	733	10%
	集落集合処理人口					40	3,490	0.14	489	7%
個別・小規模集合処理人口			43,580			43,580	0.14	6,102	83%	
ティンブー県	県内人口	132,978								
	集合処理可能人口		69.5	92,420						
	集合処理区域人口			64,232	69.5					
	都市集合処理人口					60	38,539	0.14	5,396	29%
	集落集合処理人口					40	25,693	0.14	3,598	19%
個別・小規模集合処理人口			68,746			68,746	0.14	9,625	52%	
タシガン県	県内人口	67,376								
	集合処理可能人口		53.6	36,114						
	集合処理区域人口			10,834	30.0					
	都市集合処理人口					60	6,500	0.14	910	10%
	集落集合処理人口					40	4,334	0.14	607	6%
個別・小規模集合処理人口			56,542			56,542	0.14	7,916	84%	
タシ・ヤンツェ県	県内人口	24,823								
	集合処理可能人口		75.9	18,841						
	集合処理区域人口			5,652	30.0					
	都市集合処理人口					60	3,391	0.14	475	14%
	集落集合処理人口					40	2,261	0.14	317	9%
個別・小規模集合処理人口			19,171			19,171	0.14	2,684	77%	
トンサ県	県内人口	18,617								
	集合処理可能人口		47.4	8,824						
	集合処理区域人口			2,647	30.0					
	都市集合処理人口					60	1,588	0.14	223	9%
	集落集合処理人口					40	1,059	0.14	149	6%
個別・小規模集合処理人口			15,970			15,970	0.14	2,236	86%	
チラン県	県内人口	25,709								
	集合処理可能人口		36.9	9,487						
	集合処理区域人口			2,846	30.0					
	都市集合処理人口					60	1,708	0.14	240	7%
	集落集合処理人口					40	1,138	0.14	160	4%
個別・小規模集合処理人口			22,863			22,863	0.14	3,201	89%	
ワンデュ・ボダン県	県内人口	43,440								
	集合処理可能人口		76.1	33,058						
	集合処理区域人口			9,917	30.0					
	都市集合処理人口					60	5,950	0.14	833	14%
	集落集合処理人口					40	3,967	0.14	556	9%
個別・小規模集合処理人口			33,523			33,523	0.14	4,694	77%	
シェムガン県	県内人口	25,709								
	集合処理可能人口		61.0	15,682						
	集合処理区域人口			4,705	30.0					
	都市集合処理人口					60	2,823	0.14	396	11%
	集落集合処理人口					40	1,882	0.14	264	7%
個別・小規模集合処理人口			21,004			21,004	0.14	2,941	82%	
ブータン全土	ブータン人口	886,523								
	都市集合処理人口						124,026			14%
	集落集合処理人口						82,683			9%
	個別・小規模集合処理人口						679,814			77%

7 - 表3 県別下水処理事業費 1/2

県名	人口区分	計画人口	計画処理 水量	処理施設 1m ³ 当り単価	処理施設 建設金額	管路1人当り 延長	管路施設 建設延長	管路施設 1m当り単価	管路施設 建設金額	施設建設金額 合計	処理施設 建設金額	管路施設 建設金額	施設建設金額 合計
		人	m ³ /日	千円	千円	m	m	千円	千円	千円	千円	千円	千円
ブムタン県	都市集合処理区域	3,116	437	1,100	480,700	5.0	15,600	65	1,014,000	1,494,700	92,600	195,400	288,000
	集落集合処理区域	2,077	291	1,100	320,100	5.0	10,400	65	676,000	996,100	61,700	130,300	192,000
	個別・小規模集合処理	16,970	2,376	510	1,211,800					1,211,800	700,500		700,500
	合計	22,163	3,104		2,012,600				1,690,000	3,702,600	854,800	325,700	1,180,500
チュカ県	都市集合処理区域	15,746	2,205	1,100	2,425,500	5.0	78,800	65	5,122,000	7,547,500	467,300	986,900	1,454,200
	集落集合処理区域	10,497	1,470	1,100	1,617,000	5.0	52,500	65	3,412,500	5,029,500	311,600	657,500	969,100
	個別・小規模集合処理	77,480	10,848	510	5,532,500					5,532,500	3,198,000		3,198,000
	合計	103,723	14,523		9,575,000				8,534,500	18,109,500	3,976,900	1,644,400	5,621,300
ダガナ県	都市集合処理区域	3,441	482	1,100	530,200	5.0	17,300	65	1,124,500	1,654,700	102,200	216,700	318,900
	集落集合処理区域	2,294	322	1,100	354,200	5.0	11,500	65	747,500	1,101,700	68,200	144,000	212,200
	個別・小規模集合処理	26,180	3,666	510	1,869,700					1,869,700	1,080,800		1,080,800
	合計	31,915	4,470		2,754,100				1,872,000	4,626,100	1,251,200	360,700	1,611,900
ガサ県	都市集合処理区域	313	44	1,100	48,400	5.0	1,600	65	104,000	152,400	9,300	20,000	29,300
	集落集合処理区域	208	30	1,100	33,000	5.0	1,100	65	71,500	104,500	6,400	13,800	20,200
	個別・小規模集合処理	3,912	548	510	279,500					279,500	161,600		161,600
	合計	4,433	622		360,900				175,500	536,400	177,300	33,800	211,100
八県	都市集合処理区域	2,258	317	1,100	348,700	5.0	11,300	65	734,500	1,083,200	67,200	141,500	208,700
	集落集合処理区域	1,505	211	1,100	232,100	5.0	7,600	65	494,000	726,100	44,700	95,200	139,900
	個別・小規模集合処理	12,194	1,708	510	871,100					871,100	503,500		503,500
	合計	15,957	2,236		1,451,900				1,228,500	2,680,400	615,400	236,700	852,100
ルンツェ県	都市集合処理区域	2,221	311	1,100	342,100	5.0	11,200	65	728,000	1,070,100	65,900	140,300	206,200
	集落集合処理区域	1,481	208	1,100	228,800	5.0	7,500	65	487,500	716,300	44,100	93,900	138,000
	個別・小規模集合処理	17,575	2,461	510	1,255,100					1,255,100	725,500		725,500
	合計	21,277	2,980		1,826,000				1,215,500	3,041,500	835,500	234,200	1,069,700
モンガル県	都市集合処理区域	6,460	905	1,100	995,500	5.0	32,300	65	2,099,500	3,095,000	191,800	404,500	596,300
	集落集合処理区域	4,307	603	1,100	663,300	5.0	21,600	65	1,404,000	2,067,300	127,800	270,500	398,300
	個別・小規模集合処理	40,651	5,692	510	2,902,900					2,902,900	1,678,000		1,678,000
	合計	51,418	7,200		4,561,700				3,503,500	8,065,200	1,997,600	675,000	2,672,600
バロ県	都市集合処理区域	6,886	965	1,100	1,061,500	5.0	34,500	65	2,242,500	3,304,000	204,500	432,100	636,600
	集落集合処理区域	4,590	643	1,100	707,300	5.0	23,000	65	1,495,000	2,202,300	136,300	288,100	424,400
	個別・小規模集合処理	39,056	5,468	510	2,788,700					2,788,700	1,612,000		1,612,000
	合計	50,532	7,076		4,557,500				3,737,500	8,295,000	1,952,800	720,200	2,673,000
バマガツェル県	都市集合処理区域	2,723	382	1,100	420,200	5.0	13,700	65	890,500	1,310,700	81,000	171,600	252,600
	集落集合処理区域	1,816	255	1,100	280,500	5.0	9,100	65	591,500	872,000	54,000	114,000	168,000
	個別・小規模集合処理	25,603	3,585	510	1,828,400					1,828,400	1,056,900		1,056,900
	合計	30,142	4,222		2,529,100				1,482,000	4,011,100	1,191,900	285,600	1,477,500
ブナカ県	都市集合処理区域	4,405	617	1,100	678,700	5.0	22,100	65	1,436,500	2,115,200	130,800	276,800	407,600
	集落集合処理区域	2,936	412	1,100	453,200	5.0	14,700	65	955,500	1,408,700	87,300	184,100	271,400
	個別・小規模集合処理	25,460	3,565	510	1,818,200					1,818,200	1,051,000		1,051,000
	合計	32,801	4,594		2,950,100				2,392,000	5,342,100	1,269,100	460,900	1,730,000
小計(1)		364,361	51,027	32,578,900					25,831,000	58,409,900	14,122,500	4,977,200	19,099,700

7 - 表 4 県別下水処理事業費 2/2

県名	人口区分	計画人口	計画処理	処理施設	処理施設	管路1人当り	管路施設	管路施設	管路施設	施設建設金額	処理施設	管路施設	施設建設金額
		人	水量 m ³ /日	1m ³ 当り単価 千円	建設金額 千円	延長 m	建設延長 m	1m当り単価 千円	建設金額 千円	合計 千円	建設金額 千円	建設金額 千円	合計 千円
	都市集合処理区域	4,033	565	1,100	621,500	5.0	20,200	65	1,313,000	1,934,500	119,700	253,000	372,700
	集落集合処理区域	2,688	377	1,100	414,700	5.0	13,500	65	877,500	1,292,200	79,900	169,100	249,000
	個別・小規模集合処理	41,151	5,762	510	2,938,600					2,938,600	1,698,600		1,698,600
	合計	47,872	6,704		3,974,800				2,190,500	6,165,300	1,898,200	422,100	2,320,300
サムドゥブ・ジョンカル県													
	都市集合処理区域	6,690	937	1,100	1,030,700	5.0	33,500	65	2,177,500	3,208,200	198,600	419,600	618,200
	集落集合処理区域	4,460	625	1,100	687,500	5.0	22,300	65	1,449,500	2,137,000	132,500	279,300	411,800
	個別・小規模集合処理	72,183	10,106	510	5,154,100					5,154,100	2,979,200		2,979,200
	合計	83,333	11,668		6,872,300				3,627,000	10,499,300	3,310,300	698,900	4,009,200
サムツェ県													
	都市集合処理区域	5,235	733	1,100	806,300	5.0	26,200	65	1,703,000	2,509,300	155,400	328,100	483,500
	集落集合処理区域	3,490	489	1,100	537,900	5.0	17,500	65	1,137,500	1,675,400	103,600	219,200	322,800
	個別・小規模集合処理	43,580	6,102	510	3,112,000					3,112,000	1,798,800		1,798,800
	合計	52,305	7,324		4,456,200				2,840,500	7,296,700	2,057,800	547,300	2,605,100
サルバン県													
	都市集合処理区域	38,539	5,396	1,100	5,935,600	5.0	192,700	65	12,525,500	18,461,100	1,143,700	2,413,400	3,557,100
	集落集合処理区域	25,693	3,598	1,100	3,957,800	5.0	128,500	65	8,352,500	12,310,300	762,600	1,609,300	2,371,900
	個別・小規模集合処理	68,746	9,625	510	4,908,800					4,908,800	2,837,500		2,837,500
	合計	132,978	18,619		14,802,200				20,878,000	35,680,200	4,743,800	4,022,700	8,766,500
ティンブー県													
	都市集合処理区域	6,500	910	1,100	1,001,000	5.0	32,500	65	2,112,500	3,113,500	192,900	407,000	599,900
	集落集合処理区域	4,334	607	1,100	667,700	5.0	21,700	65	1,410,500	2,078,200	128,700	271,800	400,500
	個別・小規模集合処理	56,542	7,916	510	4,037,200					4,037,200	2,333,600		2,333,600
	合計	67,376	9,433		5,705,900				3,523,000	9,228,900	2,655,200	678,800	3,334,000
タシガン県													
	都市集合処理区域	3,391	475	1,100	522,500	5.0	17,000	65	1,105,000	1,627,500	100,700	212,900	313,600
	集落集合処理区域	2,261	317	1,100	348,700	5.0	11,400	65	741,000	1,089,700	67,200	142,800	210,000
	個別・小規模集合処理	19,171	2,684	510	1,368,800					1,368,800	791,200		791,200
	合計	24,823	3,476		2,240,000				1,846,000	4,086,000	959,100	355,700	1,314,800
タシ・ヤンツェ県													
	都市集合処理区域	1,588	223	1,100	245,300	5.0	8,000	65	520,000	765,300	47,300	100,200	147,500
	集落集合処理区域	1,059	149	1,100	163,900	5.0	5,300	65	344,500	508,400	31,600	66,400	98,000
	個別・小規模集合処理	15,970	2,236	510	1,140,400					1,140,400	659,200		659,200
	合計	18,617	2,608		1,549,600				864,500	2,414,100	738,100	166,600	904,700
トンサ県													
	都市集合処理区域	1,708	240	1,100	264,000	5.0	8,600	65	559,000	823,000	50,900	107,700	158,600
	集落集合処理区域	1,138	160	1,100	176,000	5.0	5,700	65	370,500	546,500	33,900	71,400	105,300
	個別・小規模集合処理	22,863	3,201	510	1,632,500					1,632,500	943,600		943,600
	合計	25,709	3,601		2,072,500				929,500	3,002,000	1,028,400	179,100	1,207,500
チラン県													
	都市集合処理区域	5,950	833	1,100	916,300	5.0	29,800	65	1,937,000	2,853,300	176,600	373,200	549,800
	集落集合処理区域	3,967	556	1,100	611,600	5.0	19,900	65	1,293,500	1,905,100	117,800	249,200	367,000
	個別・小規模集合処理	33,523	4,694	510	2,393,900					2,393,900	1,383,800		1,383,800
	合計	43,440	6,083		3,921,800				3,230,500	7,152,300	1,678,200	622,400	2,300,600
ワンデュ・ボダン県													
	都市集合処理区域	2,823	396	1,100	435,600	5.0	14,200	65	923,000	1,358,600	83,900	177,800	261,700
	集落集合処理区域	1,882	264	1,100	290,400	5.0	9,500	65	617,500	907,900	56,000	119,000	175,000
	個別・小規模集合処理	21,004	2,941	510	1,499,900					1,499,900	867,000		867,000
	合計	25,709	3,601		2,225,900				1,540,500	3,766,400	1,006,900	296,800	1,303,700
シェムガン県													
小計(2)		522,162	73,117		47,821,200				41,470,000	89,291,200	20,076,000	7,990,400	28,066,400
合計		886,523	124,144		80,400,100				67,301,000	147,701,100	34,198,500	12,967,600	47,166,100

7.2 事業実施の効果

(1) 個別処理・小規模集合処理整備の効果

現在家庭排水は、し尿についてはセプテックタンクで一次処理を行った後、浸透槽で地下浸透されている。また雑排水は、直接側溝や河川に放流されている。このような状況と土壤浄化法による水処理技術を導入した場合の環境へのBOD汚濁負荷量の削減効果等を以下に示す。

7 - 表5 土壤浄化法を導入した場合のBOD汚濁負荷量の削減効果比較

項目	現在のプータンの個別処理状況	毛管浸潤トレンチ設置の場合
1人当りの汚濁負荷量 (g/人・日)	45 [し尿 18、雑排水 27 とする] (5.3 下水水質より)	45 [し尿 18、雑排水 27 とする] (5.3 下水水質より)
処理フロー 負荷除去計算	<pre> graph TD A[家庭からの汚濁負荷量 雑排水 (27g) し尿 (18g)] --> B[セプテックタンク (55%程度除去) 1 (8.1 8g)] A --> C[浸透槽] B --> D[雑排水 (27g) + し尿 (8g) = 35g] C --> D </pre>	<pre> graph TD A[家庭からの汚濁負荷量 雑排水 (27g) し尿 (18g)] --> B[27+18 = 45g] B --> C[沈殿分離槽 + 毛管浸潤トレンチ (97%程度除去) 2 (1.4 1g)] C --> D[1g] </pre>
除去率 1 日本の浄化槽構造基準で示されている沈殿放流の浄化槽のBOD除去率を採用。 2 実績値		
1人1日当り環境に放出される汚濁負荷量 (g/人・日)	35	1

(2) 集合処理整備の効果

現在ブータン国内には下水処理場が4箇所稼働しており、滞留時間54日間の酸化安定池法が採用されている。この処理場は、オープン処理場で臭気や害虫の発生が生じている。このような状況の処理場と土壌被覆型工法による水処理技術を導入した場合の環境へのBOD汚濁負荷量の削減効果等を以下に示す。

7 - 表6 土壌浄化法を導入した場合のBOD汚濁負荷量の削減効果比較

項目	既設の酸化安定池法	土壌被覆型工法
1人当りの汚濁負荷量 (g/人・日)	45 [し尿 18、雑排水 27 とする] (現地調査資料: ブータン全国下水道整備計画 5.3 下水水質より)	45 [し尿 18、雑排水 27 とする] (現地調査資料: ブータン全国下水道整備計画 5.3 下水水質より)
処理フロー 負荷除去計算		
除去率 3: ティンブーの処理場の設計値を採用。 4: 土壌被覆型礫間接触酸化法設計基準を採用。		
1人1日当り環境に放出される汚濁負荷量 (g/人・日)	7	3