

3.5.3 TWS の給水施設



出所：JICA 調査団

図 3-50 CWS の給水タンクと接続管

TWS は浄水場(井戸を含む)、送水管、配水池、配水管網により構成される。その位置図を Appendix C-2 に示し、その施設概要を表 3-23 に示す。

(1) 浄水施設(井戸を含む)

浄水施設の生産能力は Motithang 浄水場、 $6,500\text{m}^3/\text{日}$ 、Jongshina 浄水場、 $6,500\text{m}^3/\text{日}$ 、井戸、 $1,000\text{m}^3/\text{日}$ の合計、 $14,000\text{m}^3/\text{日}$ であるが、前述のように Jongshina 浄水場送水ポンプの能力不足から設計容量を下回る運転をしていて、逆に、Motithang 浄水場ではその不足を補うため設計水量を上回る $8,000\text{m}^3/\text{日}$ の生産

を行っている。

一般には Motithang 浄水場のような過負荷運転は濁質の除去不足、ろ過池の閉塞を起こすが、本浄水場の原水は通常は極めて清澄な為、特に問題は起こっていない。ただし、雨天の高濁度時には濁度除去が不十分になり濁度の高い水が給水されている。

浄水処理は硫酸バンドによる凝集沈殿、急速ろ過処理であるが、原水が清澄時には硫酸バンドの添加は行っていない。原水濁度が 5 度を超えた場合に硫酸バンドを添加している。なお、Jongshina 浄水場には Swimming Pool 配水池、Langjuphaka 配水池、Dzong 配水池に送水する送水ポンプ場が併設されている。

(2) 配水池

配水池は 11 か所ある。配水池の多くは 320m^3 、 230m^3 のユニットを複数個設置する形式である。全配水池の容量の合計は $4,480\text{m}^3$ で、給水量 $13,245\text{m}^3$ (表 3-20 参照) に対して 32% (日給水量の 7.5 時間分) である。TWS のように規模の小さな水道では水使用量の時間変動が大きい為、その変動を吸収するため給水量に対して 50%か 100%の容量が必要で、必要量を満たしていないといえる。これが、24 時間給水できない原因の一つとも考えられる。

(3) 送配水管

市からの聞き取りによれば送配水管の全延長は約 170 kmである。このうち 50%が 100 mm から 250mm のダクタイルアイロン管であり、残りが 32mm から 150mm の亜鉛引き鋼管である。亜鉛引き鋼管は 1990 年代に DANIDA により敷設されたが、すでに劣化していることが疑われる。DANIDA は 2000 年に Jongshina 浄水場建設時に配管交換プログラムに資金提供をして、亜鉛引き鋼管をダクタイル管に敷き替えた。ティンブー市役所はその後、交換プログラムを続けているが、資金不足のため、施工距離は 1 年に 1km から 1.5 kmに留まっている。

管径別の管長を表 3-24 に示す。配管ルート、管径、管長は現在ティンブー市役所が作成中の GIS データによっているため、上記の市の聞き取り結果とは一致せず、あくまでも暫定的な参考資料である。

本図によれば、配水管は極めて疎であり、各戸に給水する接続管が接続される 2 次、あるいは 3 次配水管の一部は含まれていない。しかしながら、管径からは 3 次管とも考えられ（最小 50mm で、この太さは接続管にも使われる細い管である。）、配水管網が不十分な可能性が高い、長い接続管が必要となる理由とも考えられる。

表 3-23 水道供給システムの概況

Facility	Name	Description	
Supply Source	Motithang WTP	Construction:	1960's
		Water source:	3 streams in the Motithang valley
		Design Capacity:	6,500 m ³ /day
		Treatment process:	Rapid filtration
	Jongshina WTP	Construction:	2005
		Water source:	Discharge from hydro-power station
		Design Capacity:	6,500 m ³ /day
		Treatment process:	Rapid filtration
	Bore wells	Construction:	2012
		Numbers	3
Transmission pumping station	Jongshina Pumping Station	Design Capacity:	Total 1000 m ³ /day
		Depth	32 m
		Construction:	2005
		Number of pump:	To Swimming pool 2+1 to Langjuphaka and Dzong 1+1
		Capacity:	to Swimming pool 90m ³ /hr x 43.2m to Langjuphaka and Dzong 1 90m ³ /hr x 65.5m
Reservoir	R1	Number:	2
		Capacity:	640m ³
		Elevation:	2,592 m
	3 Tanks	Number:	3
		Capacity:	960 m ³
		Elevation:	2,435 m
	Hospital	Number:	2
		Capacity:	350 m ³
		Elevation:	2,392 m
	RICB	Number:	1
		Capacity:	320 m ³
		Elevation:	2,400 m
	Bhutan Hotel	Number:	1
		Capacity:	320 m ³
		Elevation:	2,355 m
	Swimming pool	Number:	2
		Capacity:	460 m ³
		Elevation:	2,372 m
	Changbangdu	Number:	1
		Capacity:	230 m ³
		Elevation:	2,480 m
	YHS	Number:	1

		Capacity:	320 m ³
		Elevation:	2,403 m
	Langjuphaka	Number:	1
		Capacity:	230 m ³
		Elevation:	2,380 m
	Dzong Tank	Number:	1
		Capacity:	250 m ³
		Elevation:	2,395 m
	Jongshina	Number:	1
		Capacity:	400 m ³
		Elevation:	2,355 m

出所：ティンプー市

表 3-24 水道本館及び配水管一覧

Pipe Diameter (mm)	Length (m)
50	5,508
80	20,918
100	22,284
150	10,161
200	3,584
250	4,086
合計	66,542

出所：ティンプー市

3.5.4 簡易水質調査

水道水の快適性、安全性を評価するために、Motithang 浄水場、Jongshina 浄水場、及び Olaron Chhu、Samteling の CWS で簡易な水質試験を実施した。表 3-25 に示す結果によれば、水質の快適性に関係する項目（Fe、MN、硬度、色度、濁度）では濁度はいずれも 0.1 度以下で清澄な水と判断されるが、色度は快適性を損ねる恐れのある高さである。その他の項目はいずれも低濃度で、上流部で取水されほとんど汚染を受けていないと考えられる。

一方、安全性に関連する一般細菌、大腸菌群、アンモニアは Motithang 浄水場、Jongshina 浄水場の処理水から検出された。細菌性の汚染が疑われるが、本水質試験のための水質試験では殺菌した水を準備できなかったため、器具に細菌が付着していた可能性があり、この結果から細菌汚染と判断することはできない。通常細菌汚染は動物の排泄物に由来することが多いが、その場合にはアンモニア濃度も高くなるのが通常であるのに対して、今回の試験ではアンモニアは低濃度で、排泄物由来の細菌汚染とは考えにくい。

重金属類は測定していないが、上流部にほとんど人為活動がない流域環境ではこうした汚染の可能性は低い。人為由来でない汚染としては地下水中のヒ素がよく知られているが、表流水中のヒ素汚染は鉱山排水、工場排水による汚染以外は知られていない。

表 3-25 水質分析結果

Facility	Sampling Point	pH	EC	Fe	Mn	+NH ₄	-NO ₂	-NO ₃	-TH	COL	TUR	Coliform	E. Col
			mS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	unit	unit	count/ml	count/ml
Jungshina WTP	1-1 Arriving Well	6.87	< 0.01	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	< 1.0	< 20	16.0	< 0.1	6	3
	1-2 Sedimentation Outlet	6.82	< 0.01	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	< 1.0	< 20	15.5	< 0.1	21	3
	1-3 Filtration Outlet	7.47	< 0.01	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	< 1.0	< 20	16.5	< 0.1	18	4
Motithang WTP	2-1 Arriving Well	6.90	0.06	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	< 1.0	< 20	7.0	< 0.1	15	4
	2-2 Sedimentation Outlet	7.62	< 0.01	< 0.20	< 0.60	< 0.20	0.048	< 1.0	< 20	6.0	< 0.1	12	1
	2-3 Filtration Outlet	7.57	< 0.01	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	< 1.0	< 20	6.0	< 0.1	24	1
Community WS	3-1 Olaronchuu (Tank outlet)	7.04	< 0.01	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	< 1.0	< 20	38.0	< 0.1	10+half over	1
	3-2 Samteling (Source of Jungshina)	6.78	< 0.01	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	< 1.0	< 20	15.0	< 0.1	20	8

出所：JICA 調査団

3.5.5 進行中のプロジェクト

3.3.7 に記するように現在、都市開発関連の借款プロジェクトが2件進行中である。現在進行中の上水道整備に係るプロジェクトはローカル・エリア・プランの一部としての水道施設建設である。ADB の資金によりティンブー南部に給水するために浄水場付の給水システムを建設中である。また、世銀は北部に2つのシステムの建設を計画している。

ADB のプロジェクトは Lungtenphu、Simtokha、Babesa、Changbangdu の4つの Urban Village の中でローカル・エリア・プランニングの完了した地域への給水を対象としている。ローカル・エリア・プランが完了していない地域は対象としていないが、施設計画は4つの Urban Village を対象としていて、浄水場は計画の半分の容量で建設、導水管、送水管は計画どおり、配水池、配水管はローカル・エリア・プラン完了地域のみで建設する。ただし、残り地域のローカル・エリア・プランが完了した後に必要な残り施設の建設については資金提供の目途は立っていない。

世銀のプロジェクトはローカル・エリア・プランの完了した地域のみを対象として小規模な給水システムを建設する計画である。

以下にプロジェクトの概要を示し、プロジェクトの給水区域を図 3-51 に示す。なお、下記 C) のプロジェクトは Langjophaka を対象とするが、Langjophaka には現在 TWS の水が給水されている。本プロジェクトでは Jongshina 浄水場内に送水ポンプを設置して Jongshina 浄水場浄水を Langjophaka に送る計画である。Jongshina 浄水場では現在送水ポンプ能力の不足から設計能力を約 2,000m³/日下回る運転をしているが、本プロジェクトにより送水能力が増加するので設計容量での運転が可能となる。したがって、本プロジェクトでは TWS 給水人口は増加しないが、TWS の浄水能力を向上させる。

A) Urban Infrastructure Development Project, Bhutan (ADB Loan No. 2258-BHU)

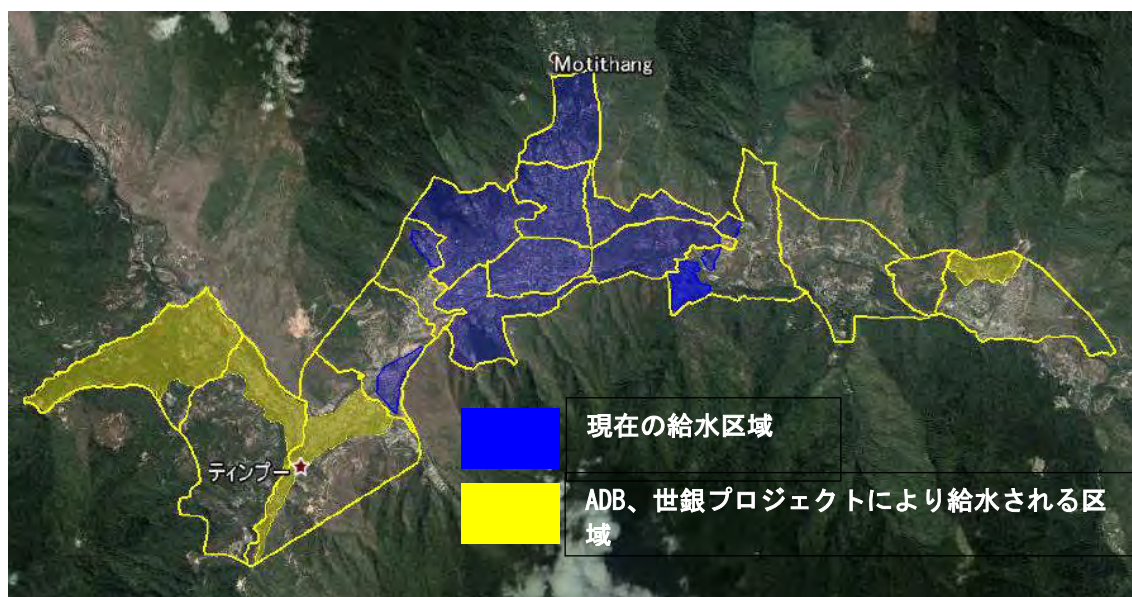
Target areas:	Areas with LAP in Lungtenphu, Simtokha, Babesa and Changbangdu Urban Villages
Population:	63,360 in 2027
Facilities to be constructed:	New intake and Water treatment plant at Megeypang Transmission of the water from the WTP to the project areas Local reservoirs and break pressure tanks Water distribution network in the project areas
Capacity of Facilities:	All the facilities other than WTL and distribution networks are designed and to be constructed at the capacity of 13,000 m ³ /day. However, WTP is constructed at its 50% of capacity, 6,500 m ³ /day and distribution networks are constructed in the areas presently equipped with LAP.

B) Second Bhutan Urban Development Project – Package II (Dechencholing)

Target areas:	Dechencholing
Population:	6,760 in 2027
Facilities to be constructed:	New intake and Water treatment plant at Dechencholing Transmission of the water from the WTP to the project areas Local reservoirs Water distribution network in the project areas
Capacity of Facilities:	1,400 m ³ /day

C) Second Bhutan Urban Development Project – Package III (Langjophaka)

Target areas:	Langjophaka
Population:	10,500 in 2027
Facilities to be constructed:	Pumping station in Jongshina WTP Transmission of the water from the pumping station to the project areas Local reservoir Water distribution network in the project areas
Capacity of Facilities:	2,891 m ³ /day



出所：JICA 調査団

図 3-51 現在の給水区域と ADB、世銀プロジェクトにより給水される区域

3.5.6 需給バランス

現状の上水道整備では CWS 解消のためのプロジェクトが進行、計画されているが、これらのプロジェクトを前提とした需給バランスを表 3-26 に示す。本表から明らかなように、TWS が給水している Thimphu Core エリアでは 2012 年では生産量が水需要量を上回り（配水ロスがあるため生産量の全量が使用されていない。）特段の給水量の不足はないものと考えられる。しかしながら、15 年後の将来をみると、現在建設中、計画中の水道施設が運転を開始してもティンブー全体で約 15,000m³/日、需要量の約 33%が不足することになる。

表 3-26 上水需給分析

Name of Urban Village	Area	Population ¹		Water Demand (Including loss) ² (m ³ /day)		Water Production (m ³ /day)		Deficit in 2027
		2012	2027	2012	2027	2012	2027	
Taba-Jongshina	North	22,837	59,268	4,567	11,854	CWS	4,291 ⁴	-7,563
Dechencholing								
Changzamtog	Core	59,887	90,279	11,977	18,056	13,245 ³	13,245	-4,811
Changangkha								
Yangchenphug								
Core City								
Lower Motithang								
Upper Motithang								
Zilukha								
Hejo-Langjophapka								
Dzong Precinct								
Babesa	South	28,697	82,092	5,739	16,418	CWS	13,000 ⁵	-3,418
Simtokha								
Lungtenphu								
Changbangdu								
Total		97,088	231, 637	22,284	46,328	13,245	30,536	-15,792

1: Population is calculated from 2005 Census population applying 5% of growth rate.

2: Water demand is calculated by assuming 140 l/capita/day and 30% loss.

3: Present actual production rate.

4: Production capacity after Second Urban Development Project (SUDP) -II -III.

5: Production capacity after on-going ADB project (6,500m³/day) and an additional project (6,500m³/day)

出所：ティンプー市

南部については、現在建設中の浄水場の取水河川の水源開発量が十分あるので、もう一つ浄水場を建設することで需要量を満たせる可能性がある。北部の不足量解消は現在の方針でいけばローカル・エリア・プラン整備の一部としてローカル・エリア・プラン毎に個別の上水道システムが建設されることになるが、小規模な水道システムを多数建設することは、建設費、維持管理費の点から不利であり、Wang Chhu に流入する小さな支川を水源とする整備方法では水源の確保という点から不確実性が残る。

また、中心部の水量不足は水源能力から考え Motithang 浄水場の増設は困難であり、水源能力的には Jongshina 浄水場の増設が可能と考えられる。この場合、地理的な条件から Jongshina 浄水場増設は北部の水道施設整備と連携することも可能と考えられる。

一方、ティンプー北部での Wang Chhu（流域面積約 480 km²）の水源開発能力は 166,233m³/日（10 年渇水比流量を 0.4m³/sec とする）に上り、給水原単位 200 l/人/日として 80 万人以上に給水可能である⁹。従って、北部の上水道整備と中心部の給水能力の増強を総合的に解決する計画を立案することが望ましい。

⁹ Thim Chhu の Begana に 20MW の小水力発電所の建設を計画する Benaga Small Power Hydropower Project も発電所の放流水を活用することにより 155,520 m³/日の水を開発することが可能として、Benaga に浄水場を建設する予備的な考察をしている。(Feasibility Study Report, Executive Summary, Bhutan Power Corporation Limited, August 2009)

3.5.7 上下水道運営管理体制

(1) 組織

上水道の運営管理は 2 つの局が関係している。上水道計画及び全体の管理については、Engineering Division の Water Supply Section が担当する。その他の維持管理運営については、Customer Service の Water Section が担当している。この課に上下水道関係者としてエンジニア 3 名及びワーカー（日給）約 60 人が配置され、配管網のメンテナンス、末端接続、メーター設置、バルブ開閉、料金回収等を行う。バルブ開閉は間欠給水を行っていることに起因する。両部署の担当範囲、人員を表 3-27 に示す。

表 3-27 水道の維持管理組織

部署	活動	人員（市本部の人員は含まず）
技術部浄水係	取水、導水、浄水施設の維持管理	Motithang 浄水場: 1 engineer, 2 operators and 2 helpers. （昼夜交代はなく、要員は浄水場内に居住） Jongshina 浄水場: 1 electrical technician, 1 civil technician, 1 operator and 1 helper （昼夜交代はなく、要員は浄水場内に居住）
顧客部上水係	送水管、配水池、ポンプ場、配水管網、接続管の維持管理。 漏水発見、修理。 メーター読み取り、請求書発行、料金徴収。 苦情処理。	1 配管工 and 3 to 4 アシスタントで 1 組で、 合計 6 組 この他メーター読み取り 12 名

出所：ティンブー市

(2) 情報システム

ティンブー市は請求書発行システムを 1990 年代に FoxPro で整備した。しかし、本年早々にダウンした。2012/13 年のデータを見ると矛盾点があり、一部データが失われた可能性がある。よって、セキュリティが高く、バックアップがとれ、データ解析やサマリーを出せる最新システムを導入し、財務や台帳等を管理する時期とも考えられる。GIS による資産台帳管理は、地籍、ユーティリティー、道路ネットワーク等を集約する形で構築が進行中である。

3.5.8 上下水道財政

表 3-28 はティンブー市における上下水道料金である。今年度から一律 9% の値上げが 2 年ぶりに実施されている。

表 3-28 ティンブー市における上下水道料金

Water consumption (m ³)	2011/12 (Existing) Nu./m ³		Approved new tariff (2013/14) Nu/m ³		Changes	
	Residential	Commercial	Residential	Commercial	Residential	Commercial
0-20	2.65	2.65	2.90	2.90	9%	9%
21-40	3.20	5.30	3.50	5.80	9%	9%
>41	4.00	10.60	4.35	11.60	9%	9%

出所：ティンブー市役所

表 3-29 は、ティンプー市の上下水道サービスのオペレーションにおける収支を示したものである。一般論としては、かなり良い運営状況であると考えられる。表の最下行に利益率が示されており、収入の約半分であることがわかり、市への貢献ができていることを示している。

無収水（UFW）のレベルは 25%以下である。上水供給におけるこの UFW のレベルは世界基準と比較しても許容レベルであり、南アジアにおいては、極めて良いレベルである。1.6～1.7 Nu./m³ という浄水の単価は非常に低く、また 3.1～3.5 Nu./m³ というタリフの平均単価も低い。上下水道サプライヤー及び受益者の双方がメリットを享受している状況は稀なケースである。ADB の分析によれば¹⁰、現在の料金では低所得者層の平均月収（Nu.2,462）の約 3%が上下水道サービスの支払いに支出されており、支払い可能な水準に収まっている。

下水道サービスの運営状況はさらに良い。下水道維持管理費用は、0.5～0.7Nu./m³ であるが、平均タリフは 1.5～1.8 Nu./m³ である。下水道事業の利益率は 60%以上である。利益率が高い理由は、ラグーン方式というほとんど薬品や電気を消費しない下水処理方式に起因する。

ADB の資金協力により導入される新しいシステムは、こうした財務状況に影響を及ぼす可能性がある。ADB の財務分析¹¹でも、現在検討されている Urban Infrastructure Project による上下水道システムを導入し、更に予定通り PHASE II まで実施した場合、投下資本を料金で全部回収するには、2020 年までに料金を 1253%上昇、操業保守費用だけを回収する場合でも 2020 年までに料金を 624%上昇させる必要があるとのシミュレーション結果を示している。その結果、平均低所得者層の平均月収が年率 6%で上昇したとしても、上下水道支出は、全投資を回収する場合は収入の 23%、操業メンテ費用のみを回収する場合でも 11%程度の割合を占めることが明らかにされている¹²。対応策として、操業メンテ費用にも政府から補助金を支出し、料金上昇率を累計で 245%に押さえれば、平均月収の 5%以内に収めることが出来ると提言している。

表 3-29 上下水道のオペレーションと財務状況水道の維持管理組織

		Unit	2009/10	2010/11
Water	Production	m ³	4,481,166	4,653,929
	Consumption	m ³	3,447,659	3,545,632
	Un-accounted For Water (UFW)	m ³	1,033,507	1,108,297
		%	23%	24%
	Revenue	Nu	10,768,415	12,521,197
	Expenditure	NU	7,397,977	7,400,805
	Surplus	Nu	3,370,438	5,120,392
	Unit Cost	Nu/m ³	1.7	1.6
	Average Tariff	Nu/m ³	3.1	3.5
	Average Revenue	Nu/m ³	2.4	2.7
Sewerage	Revenue	Nu	5,057,180	6,246,403
	Expenditure	NU	1,601,667	2,363,013
	Surplus	Nu	3,455,513	3,883,390
	Unit Cost	Nu/m ³	0.5	0.7
	Average Tariff	Nu/m ³	1.5	1.8

¹⁰ ADB TA 7630 Urban Infrastructure Project Progress Report, ANNEX 4.2

¹¹ 同上

¹² レポートには 24%と記載されているが、誤記と推定されるので修正した。

Total	Revenue	Nu	15,825,595	18,767,600
	Expenditure	Nu	8,999,644	9,763,818
	Surplus	Nu	6,825,951	9,003,782
		%	43%	48%

出所：ティンプーチ

上述の給水量請求額回収額の記録表を見ると、請求書に対する支払額の比率は過去 2 年において、100%以上と非常に良い結果を示しており、住民の支払いレベルが高い。上下水道料金徴収は、市の Customer Service が他の税金やチャージの回収と共にやっている。

3.5.9 上水道の開発課題

TW-1: 長期的供給能力不足

3.5.6 に記述のとおり、需給バランスの分析の結果、近い将来供給不足が予想される。南部地域では現在進行中のプロジェクトで適切な資金調達が行われれば供給不足をほぼ解決すると考えられる。しかしながら、北部地域については、ローカル・エリア・プランが実施されている地域が一部の地域であり、その地域に限定した水道施設であり、他の地域への拡張性がないため、今後残りの地域にローカル・エリア・プランが実施される場合には新たに個別の水道施設の整備が必要となる。また、市中心部の供給不足については既存施設の拡張は水源の限界から困難であり、新たな浄水場建設が求められ、地理的な条件から北部地域に北部に建設することが合理的と考えられる。したがって、南部地域は現在建設、計画中のプロジェクトに委ねるとしても、北部、市中心部については統合した施設整備計画が必要である。

TW-2: 上水道マスタープランの欠如

ストラクチャー・プラン+地区計画を基本とした現在の都市計画方式の最大の弱点は都市インフラの長期的計画の欠如である。ストラクチャー・プランで示す上下水道の計画はあくまでも概算的な計画でしかない。水源と浄水場の検討もなければ、配水網の範囲、方式の最適化の技術的検討もない。従って、上水道計画及び実施設計はすべてローカル・エリア・プランに委ねられることになる。しかしながらローカル・エリア・プランはあくまでも 1km² 程度の面積の宅地開発が主任務であるため、都市インフラという市全体の計画を立てるには負担が大きすぎる。結果として、つぎはぎ的なインフラ整備が進むことを助長しがちである。

TW-3: 長期的な上水供給コストの上昇

3.5.8 上下水道財政に示すように、現在の上下水道料金は低廉な価格で健全な財務状況を維持している。しかしながら、現在進められるプロジェクトが実施されると、資本集約的な技術導入と小規模なスケールのために、操業コストが大幅に上昇、政府の補助金なしには低所得者を含んだ支払い可能性の確保が難しくなることがドナー側からも指摘されている。

TW-4: 間欠給水

コア・エリアでは多くの地域で間欠給水が行われている。間欠給水は利用上の不便さだけではなく、コア・エリアに顕著な露出配管と相まって生活排水による汚染の原因となる可能性が高い。現状では需要量と供給量はほぼバランスしていることから、間欠給水が必要となる理由は給水量の不足ではなく、配水施設の問題、特に配水池容量の不足が原因と考

えられる。配水池容量の増強、配水管網の整備、老朽・破損管の交換、露出配管の地下埋設により改善が可能と考えられる。

TW-5: CWS の改善

CWS は暫定的な給水システムと位置づけられ、速やかに解消することが望まれるが、既存の TWS にはその余力がなく、ローカル・エリア・プラン整備等による建設を待たなければならない。また、ローカル・エリア・プラン整備による浄水場建設は上述のようにティンブー全体の水道整備という観点からは必ずしも得策ではなく、長期的な水道整備計画の中で扱われるべきと考えられる。したがって、CWS の解消は早急に達成できるものではなく、今後ある一定の期間、現状の CWS に依存せざるをえないと考えるのが現実的である。CWS の一番の問題点は浄水処理を行わないため、高濁度水が給水され、水源、あるいは配水過程での汚染のリスクがあることである。高濁度水は通常の浄水処理が不可欠であるが、汚染リスクについては給水タンクで塩素消毒を施すことにより改善が可能である。CWS の軽微な改修により塩素消毒施設を付設して、少なくとも細菌汚染のリスクを軽減することが望まれる。

3.6 下水道及び排水

ブータンの近代的水道及び下水処理場は、DANIDA の支援によって、1996 年にティンブー市とプンツォリン市で建設された。これらの下水処理場では、大きな用地を必要とするラグーン処理法（安定化池法）を採用している。下水道サービス人口は、水道の供給人口より少ない。しかし、ティンブー市とプンツォリン市の下水道事業において、都市化による人口増加や持続可能な下水道事業に適合する長期マスタープランは策定されていない。

ティンブー市をはじめとして、ブータンの下水道は分流式である。これは、ブータンの都市が背後に急勾配の斜面を持ち、狭く細長い河川流域に沿って発達しており、雨水を斜面に沿って容易に直接河川に排水することができるためである。

ティンブーの雨水排水システムは、都市化に伴い整備されてきた。主要河川に接続する自然水路が都市域の雨水排水路として利用されているが、自然水路の能力不足や適当な水路が無い場合には、急斜面に沿って直接河川に排水する人工水路が建設されている。これらの排水路は、雨水の排水だけでなく、污水管未整備地域では道路側溝等を通して、各家庭の雑排水や浄化槽越流水を受け入れている。

3.6.1 下水道に関する法規制

「RGOB Building Rules 2002」は、住宅所有者が住宅の排水設備を市下水道に接続すること、あるいは市下水道が整備されていない場合には、浸透槽付浄化槽を設置することを義務付けている。さらに、「RGOB Water and Sanitation Rules 1995」によれば、「住宅所有者は、各家庭のトイレあるいは雑排水を市下水道か浄化槽に接続させなければならない」、「市の污水管から 70m 以内に位置するすべての住宅所有者は、市の污水管に接続させなければならない」と定めている。上水道サービス区域の住宅所有者は、たとえ下水道に接続してなくとも、水道料金に付加された下水道料金を支払う義務がある。そこで、市はそのような污水管未整備区域で各家庭の浄化槽汚泥を除去するサービス（年 1 回無料）を提供している。

「下水処理場の排水基準」は、2010 年 11 月に NEC によって公告された環境基準の中に、以下のように定められている。

- BOD: 30 mg/l
- TSS: 100mg/l
- 糞便性大腸菌群数: 1,000 MPN/100ml

3.6.2 下水道施設の設計諸元

ティンブー市の下水道は、DANIDA の財政支援によって第 1 期施設が、1993 年 12 月建設着手、1996 年に完成した。この支援には、各戸の排水設備、污水管網、污水幹線、処理場が含まれている。その他、下水道施設の維持管理用に、タンクローリー、ジェットクリーナーも提供された。

Babesa 下水処理場の第 1 期施設の設計諸元（2005）は、以下のとおりである。

- 計画人口: 12,500PE（人口当量）
- 計画流入水量: 1,750m³/日
- 計画 BOD 負荷: 45g/人・日
- 計画流入水質 BOD: 325mg/l
- 設計水温（最寒）: 8℃

上記の計画人口（第 1 期）は、ティンブー市人口の 15%程度しかカバーしていない。この計画では、第 2 期の計画人口を 25,000PE（人口当量）と想定していた。

Babesa 下水処理場の詳細は以下のとおりである。

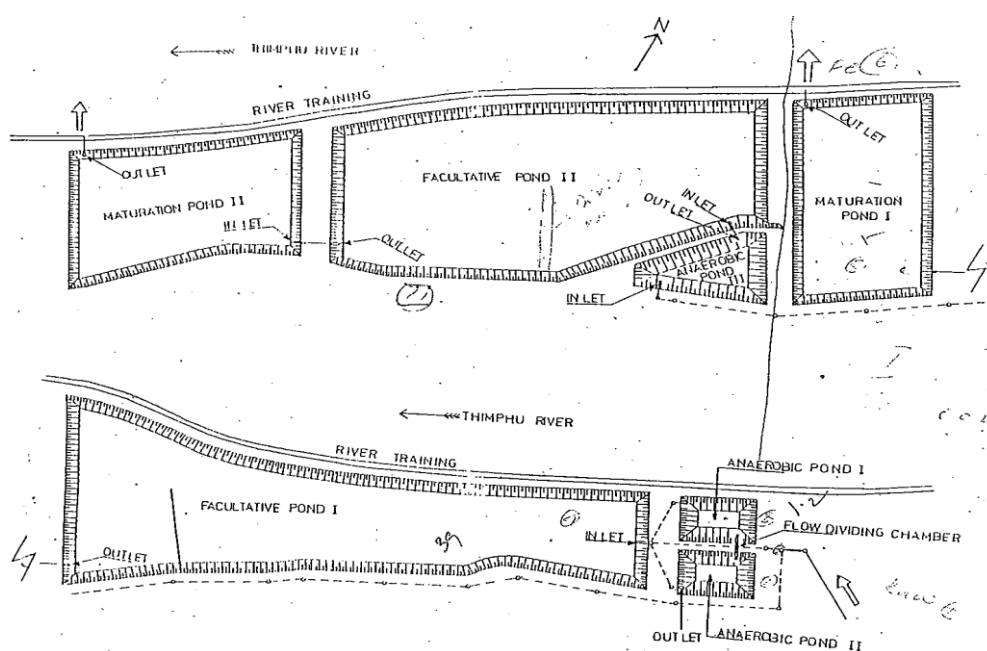
- 処理場敷地面積及び場所: 4.9ha、ティンブー市 Babesa 地区
- 処理方式: 安定化池法
- 各施設の設計諸元: 表 3-30 参照。

表 3-30 Babesa 下水処理場施設設計諸元

	面積	水深	滞留時間
嫌気性池	1,896m ² (473m ² ×2 池+947m ² ×1 池)	3.0m	3.25 日
通性池	3.42ha (1.72ha×2 池)	2.0m	39 日
熟成池	1.42ha (0.71ha×2 池)	1.5m	12.2 日

出所: JICA 調査団

Babesa 下水処理場の施設配置図を図 3-52 に示す。施設は安定化池法を構成する嫌気性地、通性地、熟成池が直列に、2 系列配置されている。



出所: ティンプー市

図 3-52 Babesa 下水処理場の施設配置図

3.6.3 下水処理の現状

Babesa 下水処理場の嫌気性池、通性池、熟成池の外観を図 3-53 に、示す。



出所: JICA 調査団

図 3-53 Babesa 下水処理場の嫌気性池(左)、通性池(中)、熟成池(右)

現在、下水処理場の運転状況は、以下のとおりである。

- 流入水量: 1,400-1,560m³/日 (2013 年 4 月~6 月、設計水量 1,750m³/日より 10-20% 低い)
- 処理水質: 自主排水基準値 (BOD<50 mg/l、SS:60-120mg/l など) 以下 (2011 年以前、処理場排水基準は未設定)

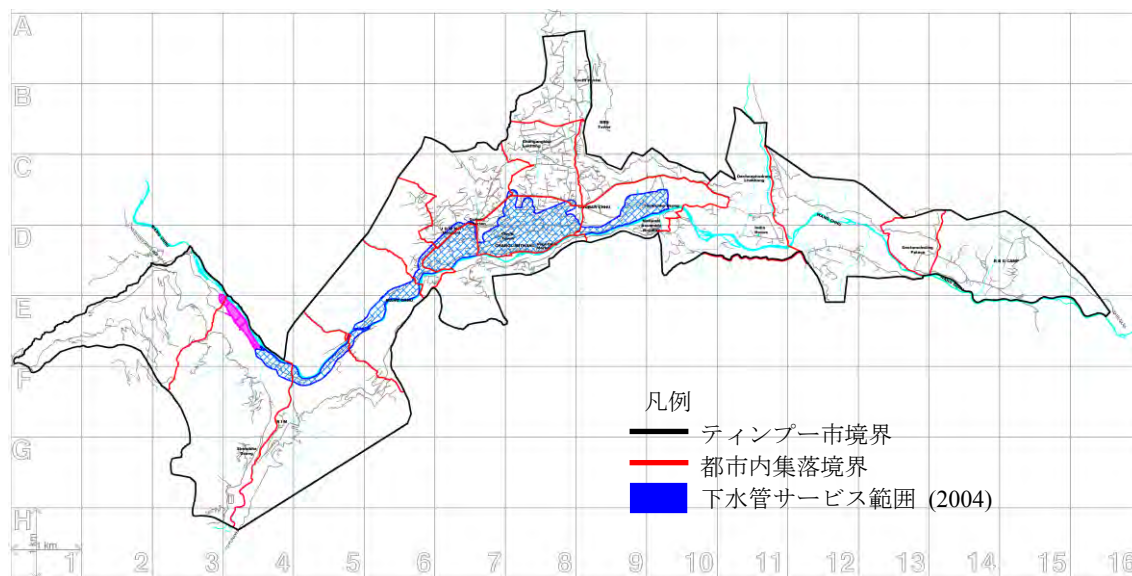
現在の流入水量は、ティンプー市人口の 10%~15%の発生量に相当するが、既に Babesa 処理場設計水量の 80%~90%に達している。そのため、ADB の支援による既存下水処理場の拡張プロジェクトが進行している。

3.6.4 下水管網の現状

1996 年 DANIDA の支援によって建設された第 1 期ティンブー市下水道の管渠網は、上流の Trashichho Dzong から下水処理場までを網羅し、管渠延長(硬質ポリ塩化ビニール管)は 21km で、接続管(高密度ポリエチレン管)は 35km の延長がある。

既存の下水処理場の位置及び 2004 年当時の既存下水管のサービス範囲(ストラクチャー・プラン 2004 年)を図 3-54 に示す。その後、ティンブー市は新たに約 9km の幹線管渠を建設し、主に市中心部の Changzamtog 地区、Changangkha 地区及び Lower Motithang 地域に下水道サービス区域を拡張している。最新の幹線管渠(2012 年)をプロットした図面を図 3-55 に示す。

その他の下水管未整備地域では、し尿は浄化槽によって処理され、雑排水は道路側溝を通して排水される。現在の下水管未整備地域は、市南部の 4 都市内集落(Babesa-Serbithang, Simtokha, Lungtenphu and Changbangdu-Chang)、市中心部の 4 都市内集落(Changankha, Lower Motithang, Upper Motithang and Kawang Jangsa-Zilikha)、市北部の 3 都市内集落(Langjophaka-Hejo, Taba-Jongshina and Dechencholing)である。



出所:ティンブー・ストラクチャー・プラン 2004 年

図 3-54 ティンブー・ストラクチャー・プランによる下水管網のサービス範囲

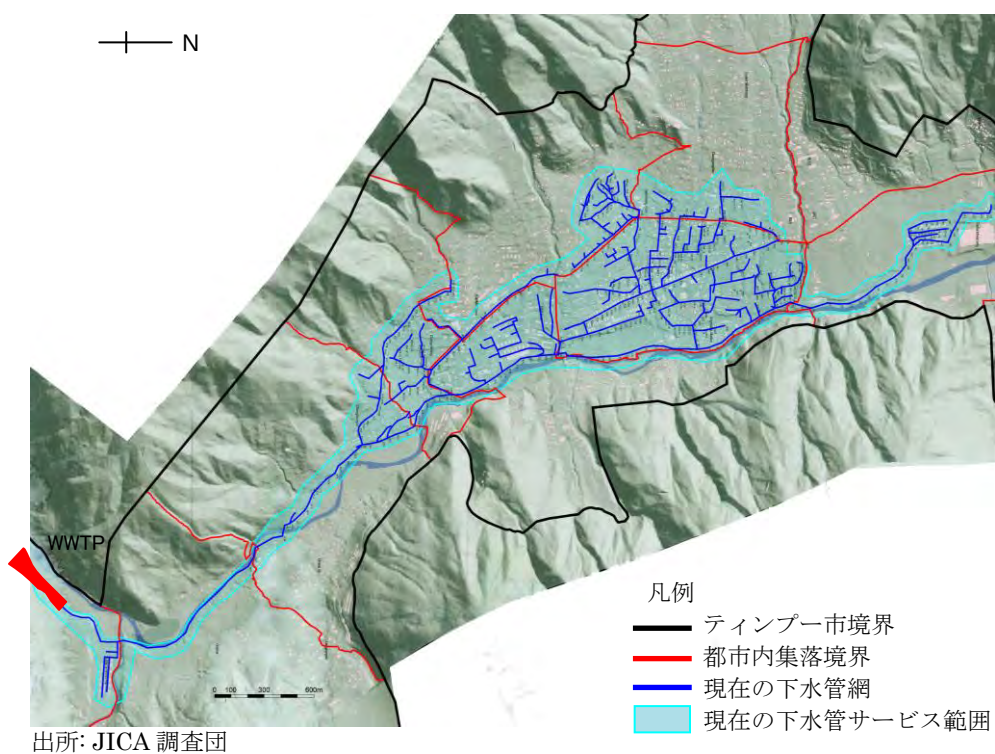


図 3-55 現在のティンブー下水管網 (2012)

図 3-56 に、ティンブー市内の一連の下水管路施設（道路下のマンホール、排水路内のマンホール、道路側のマンホール、河川横断管路橋）を示す。

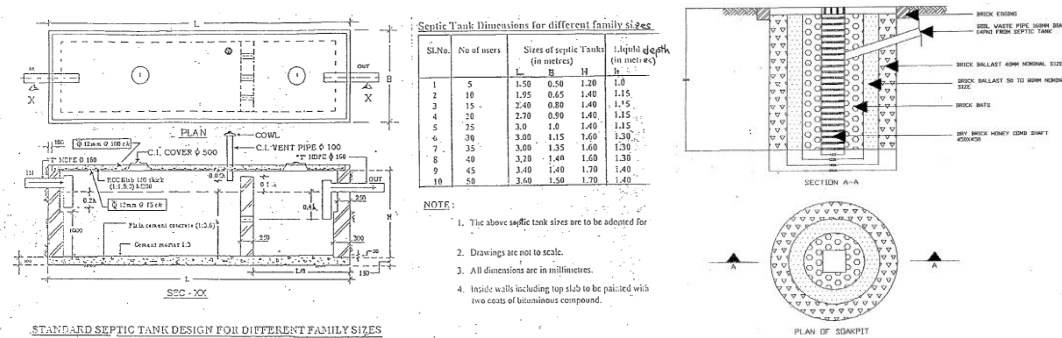


出所: JICA 調査団

図 3-56 一連の下水管路施設（各種マンホール及び河川横断管路橋）

3.6.5 浄化槽の現状

下水道未整備区域の住宅所有者には、浸透ます付浄化槽を設置することが義務付けられている。市は住居所有者に対し、使用人数別の浄化槽標準図（図 3-57 参照）を提示し、完成時には建築確認の一環として検査及び証明を行う。



出所: ティンブー市

図 3-57 浄化槽及び浸透ますの標準図（使用人数別）

各戸浄化槽の清掃は市所有のタンクローリーで行い、収集汚泥は最寄りの下水マンホールに投棄される（図 3-58（左）参照）。市全体の収集汚泥量は年間 1,000 m³ になる。下水道未整備区域でも水道料金を支払っている場合には下水道料金（年 1 回の浄化槽汚泥収集料金）が上乗せされているが、年 2 回目以上及び水道普及区域外では 1 回当たり 1,000Nu/戸の浄化槽汚泥収集料金を支払う必要がある。市は積極的に浄化槽汚泥清掃を促進する市民広報（図 3-58（右）参照）を行っている。



出所: JICA 調査団

出所: ティンブー市

図 3-58 浄化槽の清掃作業（左）及び投棄作業（中）
浄化槽汚泥の清掃促進市民広報（右）

浄化槽整備区域には以下のような問題点がある。

- 家庭雑排水が無処理で区域内の排水路に排出される。
- 浄化槽・浸透ますの適正管理が行われず、浄化槽越流水が排水路に流出する。
- 浸透ますが設置されていない場合もある。

このため、浄化槽整備区域ではこれらの汚水が、下流の住宅地域・市街地に流れ出て水環境を悪化させ、最終的には Wang Chhu の水質汚染を引き起こしている（図 3-59）。



出所: JICA 調査団

図 3-59 家庭雑排水の状況（左：宅地内、中：宅地から排水路へ、右：排水路）

3.6.6 維持管理の現状

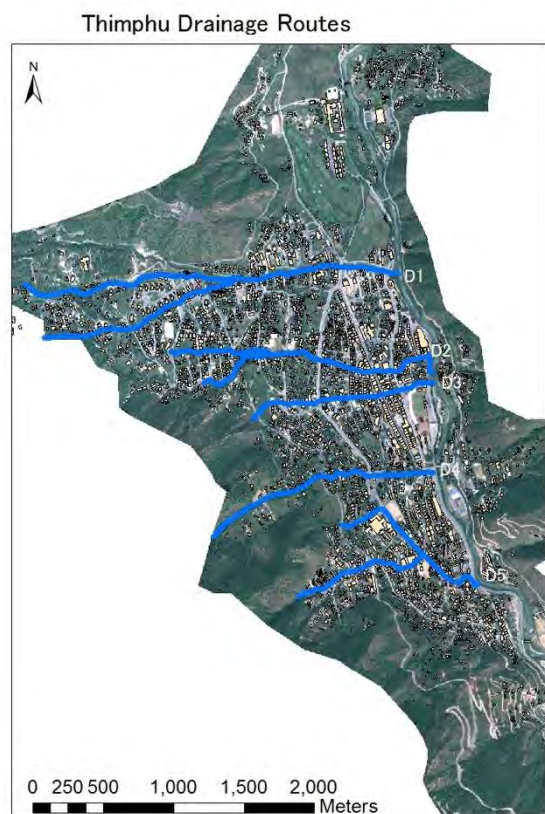
ティンプー市における汚水関連の維持管理業務は、下水道マネージャーの下、Babesa 下水処理場の維持管理、浄化槽及び管渠の清掃業務、汚水溢水等の苦情対応などを行っている。

Babesa 下水処理場の維持管理スタッフは、処理場長が水質分析業務を兼務し、その他 5 名の作業員がいる。各戸浄化槽の清掃業務は、以下の 3 台の清掃車によって行っており、スタッフは主任を含め 10 名体制である。

- A) 容量 6m^3 のタンクローリー 1 台（吸引ポンプ及びジェットクリーナー付）
運転手 1 名、操作者 2 名
- B) 容量 3m^3 のタンクローリー 2 台（吸引ポンプ付）
運転手 2 名、操作者 4 名

下水管の清掃業務には A) のタンクローリーが使われるが、その他 5 名の管渠清掃作業員が清掃用具を使って人力で閉塞物を取り除く。

3.6.7 排水の現状



出所: ティンプー市役所

図 3-60 ティンプー市内排水幹線

多くの場合、開渠で通過し、周辺に汚臭を発散している。これらの排水路は元々、自然の溪流であったもので、ストラクチャー・プランの計画では小川沿いの緑道、つまりは、都市のアメニティとして整備されるべき対象となっている。

ティンプー市の Wang Chhu 右岸の中心市街地には、5 本の主要な排水支川及び排水路がある (図 3-60)。北から Chuba Chhu (D1)、市場近くに吐口がある排水路 (D2)、Dzongkhag 近くに吐口がある排水路 (D3)、Karisha 水路 (D4)、警察キャンプ内 (D5) の排水路である。これらの排水路は斜面をながれて Wang Chhu 川に一気に排出される構造になっている。

これらの排水路の状況を図 3-61 に示す。これら排水系統は急勾配であるため、ゴミによる排水路の閉塞によって道路が排水路代わりになるなどを除き、特に大きな問題はない。ただ、短時間に豪雨に見舞われると、排水路があふれて、乗用車の通行が困難になることがあるが、たいていの場合短時間で水が引き、通行も回復する (図 3-62)。

問題は、この排水路が、Motithang 地区を中心とした家庭用雑排水の排水に使用されており、また、時にはセプティックタンクから越流する汚水が浸入することである。上掲の排水路ルートから明らかに、D1-D3 は中心市街地を、



出所: JICA 調査団

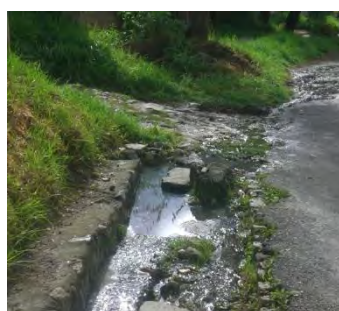
図 3-61 市内の主要な排水路 (左から Chuba Chhu(D1)、排水路 D2、排水路 D3、Karisha 水路(D4))



出所: JICA 調査団

図 3-62 豪雨後の洪水と道路状況
(2013 年 4 月)

親水緑道として整備されるには、後述する Motithang 地区の下水網への完全接続が前提となる。下水道が整備されて始めて、これらの排水路は、緑道整備が可能となる。また、遊水池、雨水涵養など、洪水制御の機能を持たせることは、急速排水を第一義とする計画と相反するために、不可能である。従って、都市美化、観光振興などの目的からもまずは、下水網の完備が優先課題となる。図 3-63 に、急勾配の枝線排水路及び排水路閉塞状況を示す。

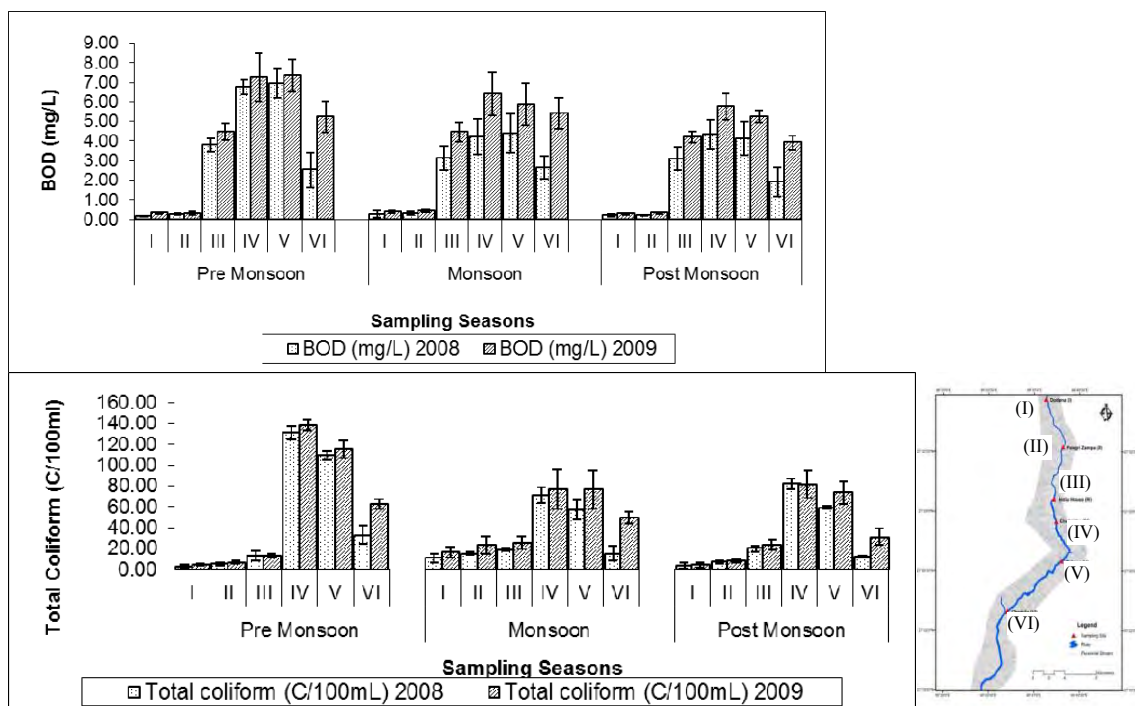


出所: JICA 調査団

図 3-63 急勾配の枝線排水路及び排水路閉塞状況

3.6.8 河川等の水質の現状

Wang Chhu の水質状況（2008 年及び 2009 年の BOD 及び全大腸菌群数）を図 3-64 に示す。これから、ティンプー市街が始まる (III) India House から水質悪化が始まり、中心市街地のある(IV) Chuba Chhu から下流の水質汚染が著しいことが一目瞭然である。特に Pre-monsoon 時期の BOD は 8 mg/l に近い数字を示しており、これは WHO の飲料水基準 6mg/l を越えている。また、窒素、リンの数字も同様の傾向を示している。



凡例：サンプリング箇所は、上流から (I) Dodena、(II) Pangri Zampa、(III) India House、(IV) Chuba Chhu、(V) Babesa、(VI) Charkilo、また、Pre Monsoon は 2 月～5 月、Monsoon は 6 月～9 月、Post Monsoon は 10 月～1 月。

出所：”URBAN GROWTH AND WATER QUALITY IN THIMPHU, BHUTAN” Journal of Urban and Environmental Engineering

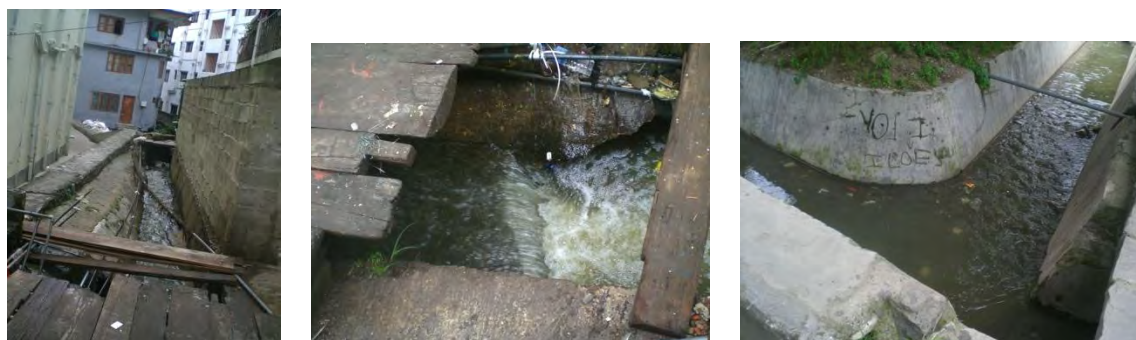
図 3-64 Wang Chhu の水質及びサンプリング箇所

今回調査団は、Chuba Chhu、排水路 D2、Karisha 水路において、簡易比色法などによる簡便な水質検査を行った。この結果は、これらの排水路（特に排水路 D2）の水質が、汚水の流入により、汚水並に汚染が進んでいることを示している（表 3-31 参照）。また、図 3-65 に、排水路の水質汚染状況を示す。

表 3-31 簡易水質検査結果

測定地点	pH	EC	DO	+NH ₃	-NO ₂	-NO ₃	COL	TU R	Coliform Count	E. Col.
Chuba Chhu	8.06	0.03	8.5	0.42	0.039	1.1	12.5	2.4	32	4
排水路 D2	7.20	0.30	6.7	>5.0	0.788	12.1	41.0	13.7	試験紙全面	試験紙の半分
Karisha	8.23	0.13	7.6	<0.2	0.085	6.3	17.5	3.2	12	0

出所：JICA 調査団



出所：JICA 調査団

図 3-65 市中心部の排水路 D2 の水質汚染状況

3.6.9 進行中のプロジェクト

ティンプー市都市計画のベースは、ストラクチャー・プラン とローカル・エリア・プランにある。3.3.7 に記するように現在、都市開発関連の借款プロジェクトが2件進行中である。現在、*The Urban Infrastructure Development Plan (UIDP) : 2007-2014* に続いて、*The Urban Infrastructure Project (UIP) : 2012-2018* が ADB の支援で進行中である。また、世銀は、*Bhutan Urban Development II* にてティンプー市北部のローカル・エリア・プランを支援している。

ADB は、ティンプー市南部4地区(Changbangdu, Lungtenphu, Simtokha and Babesa)のローカル・エリア・プランにおける人口増をカバーするため、既 Babesa 処理場の拡張を計画（第1期2020年、第2期2027年）している。この計画における、市南部地区及び中心地区の将来人口予測は表 3-32 のとおりである。

表 3-32 将来人口予測

Area	Design Population							
Project Areas	2005	2009	2010	2011	2012	2016	2027	2020
Changbangdu	3014	3309	3389	3489	3589	4039	5050	4380
Lungtenphu	2122	2388	3118	4077	5316	15480	19351	16789
Simtokha	3197	3598	3708	4488	5428	11646	19403	14022
Babesa	2350	2645	3266	4037	4989	11632	16625	13246
Serbithang	395	445	455	475	687	2989	3859	3280
Changjiji	3166	3597	3676	3766	3856	4225	5455	4636
City Core	52074	57480	58917	60390	61900	68326	89649	75419
						Total	159393	131771

出所：ADB TA 7630・BHUTAN Urban Infrastructure Project Final Report October 2011

これに基づく Babesa 下水処理場の下水発生量等拡張計画諸元は、以下のとおりである。

A) 計画人口

- 2020年：131,800人
- 2027年：159,400人

B) 計画水量

- 2020年：日平均流入水量 14,000m³/日
- 2027年：日平均流入水量 20,000m³/日

C) 計画処理区域

- 上記南部4ローカル・エリア・プランの他、Serbithang 地区、Changjiji 地区及び市中心地区

D) 下水処理方式

- Design Build and Operate (DBO)方式で調達される好気性生物学的処理方式



出所：JICA 調査団

図 3-66 建設中の Dechencholing 下水処理場

世銀の支援する Dechencholing ローカル・エリア・プランでは、Dechencholing 地区と隣接する王立ボディガードキャンプからの汚水を処理する小規模下水処理場(750 m³/日)を建設中である。また、Langjophaka ローカル・エリア・プランでも、小規模下水処理場(約 800 m³/日)を調査中である。図 3-66 に、Dechencholing 下水処理場の建設現場状況を示す。

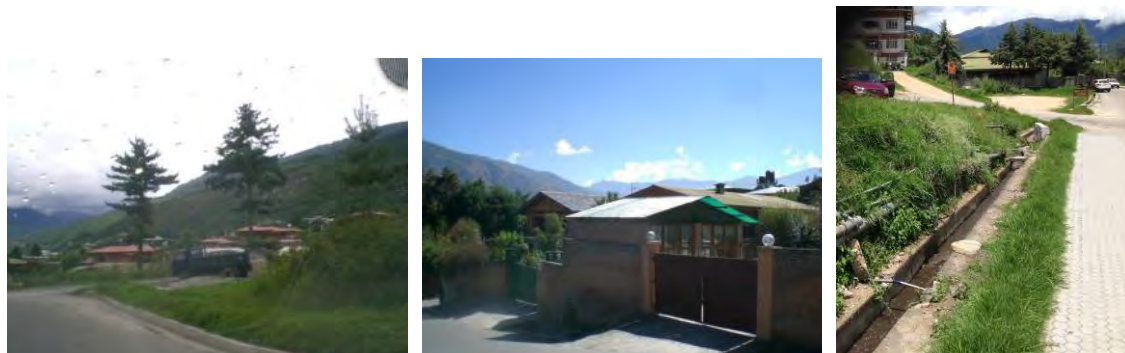
3.6.10 Motithang 地区及びその周辺地区の水環境改善

3.6.4 で示した現在の下水管未整備地域のうち、市南部の4つの Urban Village と市北部の3つの Urban Village の主要部分は、上記の進行中のプロジェクトによって下水道整備区域となる。残る市中心部の4つ Urban Village のうち最も重要な地区は、Lower Motithang 地区、Upper Motithang 地区及びその周辺地区である。Motithang 地区は、図 3-67 に示すように、市中心市街地の最上流部に位置する高級住宅地である。Motithang 地区から発生する汚水は、未処理のまま道路側溝・排水路を経由して排水され、しばしば下流の住宅地にあふれ問題を引き起こし、また下流市街地の水環境を悪化させ、Wang Chhu の水質悪化を招いている。図 3-68 及び図 3-59（前述）に、Motithang 地区内及び排水路を示す。



出所: JICA 調査団

図 3-67 Motithang 地区（左上）及び中心市街地



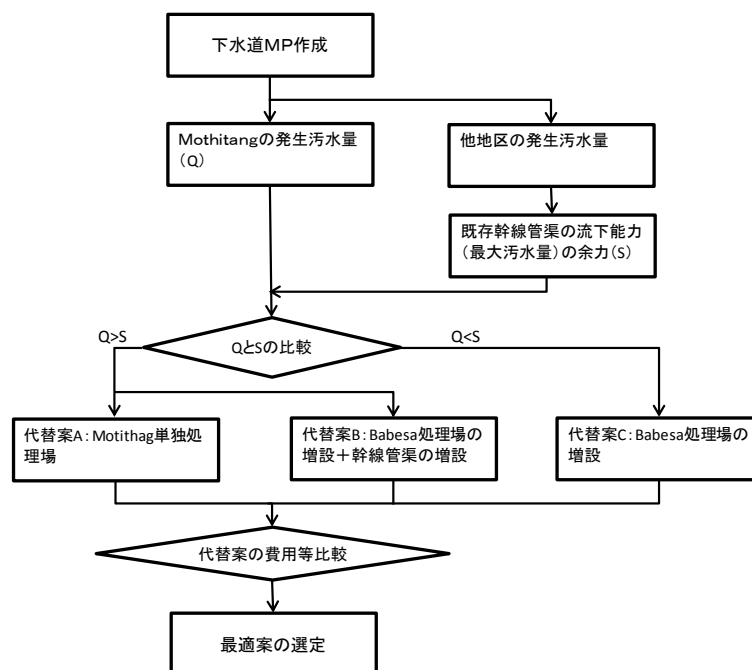
出所: JICA 調査団

図 3-68 Motithang 地区内及び排水路

これを解決するために、以下の3ケースの選択肢を調査検討する必要がある。

- ケース A): この地区近郊に小規模処理場を建設する。
(処理場候補地2ヶ所を確認)
- ケース B): 新たに処理場に接続する汚水幹線を敷設し、ティンプー処理場を増設する。
- ケース C): ティンプー処理場を増設する。

この計画手順は、図 3-69 のように考えられる。



出所: JICA 調査団

図 3-69 Motithang 地区計画手順

3.6.11 下水処理/排水の開発課題

TS-1: 市内水系環境汚染

3.6.8 に示すように、ティンプーの市内の河川及び排水路の水質の汚染が進んでいる。

TS-2: 中心部の排水路の緑道化のおくれ

3.3.11 (2)及び 3.6.7 に示すように Motithang 地区の下水接続が遅れているために中心市街地のかつての小川が排水路となり、そのためにストラクチャー・プランで計画する緑道化が遅れている。

TS-3: 下水道の処理能力の不足

3.6.3 及 3.6.10 に期すように現在の処理量は人口の 15%以下であり、その結果、Motithang ような高級住宅地にも下水道未接続地域が存在する。

TS-4: 長期的な下水処理コストの上昇

3.5.8 上下水道財政および、上水道の課題 (3.5.9) で示すように、現在の低廉な上下水道料金で運営される健全な財務状況は、現在進められている資本集約的な技術導入のために、操業コストが大幅に上昇、政府の補助金が必要となると予測されている。

TS-5: 下水道長期マスタープランの欠如

上水道整備と同じく、現在、下水道計画はローカル・エリア・プランレベルで決められており、これは全体的な経済効率性を求めるには余りにも小さい規模である。地区ごとに異

なる概念で下水道計画が立案されないように、市全域を対象とする総合的な下水道マスタープランが必要である。下水道マスタープランは、市の都市計画や水環境、下水道管理全体を概観し、人口増加に伴う需要と持続可能な下水道事業の育成を兼ね備えるものでなければならない。

3.7 ティンブー市の都市環境

3.7.1 廃棄物の現状

(1) 概論

MoWHS は 10 都市における固形廃棄物の現状を DANIDA の支援の下 2007 年に調査した。結果としては、固形廃棄物のうち 49%が生ごみ系、25.3%は紙類、13.7%はプラスチック、3.6%はガラス、3%は繊維系などであった。

2009 年に「廃棄物管理法 (Waste Management Act)」が施行され、廃棄物の分離、リサイクル、コンポストについて法的枠組みが定められている。この法律により個人は少なくとも生分解性とそうでないものを分ける必要がある。市或いは許可された回収業者が分別回収することとなっている。1 週間あたりの最低回収頻度は宅地では 2 回、都市部は 3 回となっている。但し現在これらは完全に導入されていない。

(2) ティンブー 市 ¹³

廃棄物発生量は現在一日当たり 60t から 65t である。最終処分場は Mermelakha 一か所にあるのみである。当処分場は 1994 年から利用されているが、許容年数は 8 年間で既に期限を超えている。しかし代替地がないことから、延長利用を行っている。日本からのシニアボランティア及び JICA パートナースhipプログラム (NGO の技術協力) を通じてシステム改善が行われている。

3R (Reduce, Reuse, Recycle) の概念は既に認知されて、3R を実施するために官民連携 (PPP) によりパイロット事業が市 16 地区のうち 3 地区で行われている。この結果発生廃棄物の 70%が最終処分場に運搬されている。廃棄物回収は、中心部では毎日、他の地区では週 2 回、市により行われている。パイロット事業では、廃棄物はウェットとドライの 2 種類に分別されている。ウェットは有機物系であり、コンポストプラントに運搬され、コンポストに転換されている。コンポストプラントは Serbithang に日量処理能力 25 トンから 30 トンであり、DANIDA の協力により設立されている。しかしながら、回収量の不足が主な理由で、現在の受入れ量は 1 トン程度である。

ドライ廃棄物は、分別処理場に運搬されリサイクル可能なものが回収されている。使用済みのペットボトル、プラスチック、金属、紙類、ガラス等が回収されている¹⁴。ブータンの Green Way というベンチャー企業が民間として参加し、ドライの分別を行っている。回収されたものは、インドに輸出されている。既存の分別処理プラントは規模が十分でなく、Green

¹³ 本校の基本情報は廃棄物シニアエキスパートでティンブー市に派遣されているの柏木氏から得たものである。

¹⁴ プラスチック系の袋やラップは 1999 年から禁止されているが、廃棄物の 12%はペットボトル、ごみ袋、ラップ等のプラゴミである。実際には商店ではプラスチック系の袋が未だに利用されている。民間のイニシアティブで回収が行われている状況である。

Way 及び市が新たなトランスファーステーションを提案した。しかしながら、その場所は認可が下りず、異なる場所に設置される計画である。この新規の導入により、カバーエリアは市の半分になる模様である。

医療廃棄物は、ティンブー市の JDRMWH 病院でオートクレーブにて処理されている。廃棄物は 120° C で 1 時間処理された後、最終処分場で廃棄される。専用廃棄物ピットはない。

約 10 年前、インドのコンサルタントが新たな最終処分場建設のための調査を行い、複数の候補地を提案した。しかしどれも不適切という結果となった。コンポストプラントがある Serbithang も候補地であったが、住居や学校が近接することから不適切となっている。よって唯一の可能性は、既存の Mermelakha 処分場の近接地域である。

3.7.2 他の環境面

本調査の重点分野でないが、概要は以下の通りである。

交通関係、上水道、下水道の状況については、上述の各項を参照のこと。大気汚染に関しては、2012 年の議会報告にあるように、著しい大気汚染はみられない。

交通量増加や生産設備増加に伴い、大気汚染と微粒子状物質の増加をもたらす可能性がある。ティンブー市の場合、市は急峻な溪谷に囲まれ、雨量が少ないことから、冬季において大気の逆転層による粒子状物質を持つ淀んだ大気が生じるリスクがある。メキシコのメキシコ市、チリのサンチアゴ市、ボリビアのラパス市で見られるように、淀んだ大気は健康への被害をもたらす。よって長期的には適切な規制を導入する必要がある。

3.7.3 現在進行中のプロジェクト

廃棄物

1) JICA 廃棄物処理管理者育成プロジェクト

支援機関：JICA

プロジェクト形態 技術協力

実施時期：2014 年から 2 年

受入れ機関：ティンブー市

2) JICA：パートナーシッププログラム ティンブー市における廃棄物に起因する環境汚染対策に関する技術移転事業

支援機関：JICA

プロジェクト形態 技術協力

実施時期：2013 年 7 月から 2016 年 3 月 July 2013 - March 2016

受入れ機関：ティンブー市

事業内容：ティンブー市における廃棄物に関連する環境保全技術の技術移転

Technology transfer operations regarding the environmental pollution control measure resulting from the wastes in Thimphu city (Technical cooperation under partnership with NGOs)

第4章 プンツォリンの都市整備の現状

4.1 一般概況

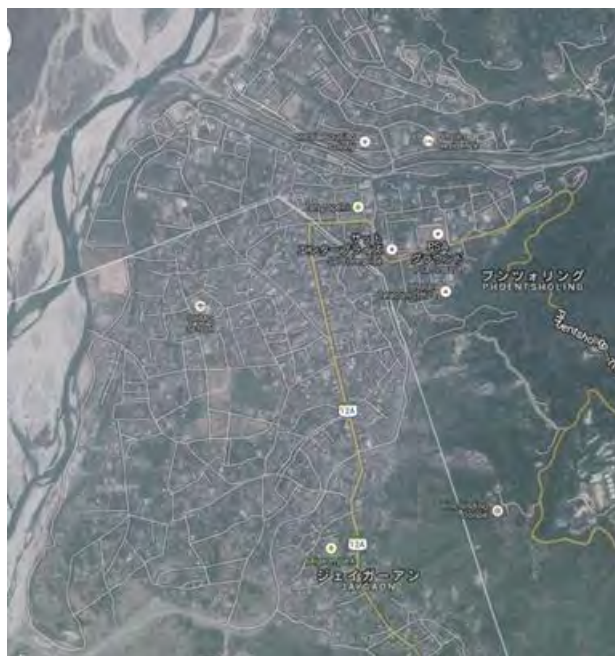
4.1.1 地理・地形

プンツォリン市はブータンの西部の南端、北緯 26 度 51 分、東経 89 度 23 分、インド国境沿いに位置する国境の町である。ティンプーと同市を結ぶ国道 1 号線は、プンツォリンに入る直前の峠の標高 1,500m から市街地の標高 200m へ降下する。

プンツォリン市の西側を Am Mo Chhu という大河が流れており、西隣りにある Samtse 県とはブータン国内からは直接アクセスすることができない。現在ブータンの南部を東西に繋ぐハイウェイ整備計画が進行中で、Samtse とプンツォリンは程なく、道路で直接繋がるのが期待されている。街の中心には Om Chhu という Am Mo Chhu の支流が流れているが、国内でも最も急峻な地形の一つのために、かなりの急流で、時に氾濫を起こす暴れ川である。2000 年 8 月の大雨の際には、堤防を越流して市街地が洪水に見舞われるという災害を引き起こしている。

都市化は国境を越え、インドにも及んでいる。下図 4-1 に示すように、インド側には Jaigaon という都市が隣接しており、少なくとも 4 万人程度の人口がいとされている。Jaigaon 市の経済の根幹はブータンとの交易である。実際に生鮮食品、肉、魚、金物、日用品などを含む商業サービスはその量、種類共に、プンツォリン側の商業施設を凌駕している。通常プンツォリンの住人も、市外から来るブータン人も、国境を越えて買い物をするのが一般である。また、多くの低賃金のブータン人労働者（推定 2,000 人）は、インド側の賃貸住宅に住んで通勤しているとされており、反対に一部の高所得者インド人は、より閑静なプンツ

ォリン側に居住しているとも推測されている。国境の入管の検査も簡単で、人々の往来は大変に盛んである。Jaigaon 側は地形上平らな土地が続く、都市拡張上の制約はないといってもよい。



出所： JICA 調査団/グーグルアース

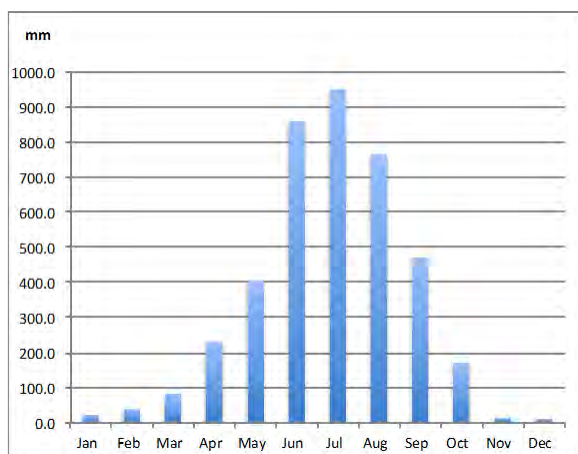
図 4-1 プンツォリンおよび Jaigaon

西を大河、南をインド、北及び東を丘に囲まれ、プンツォリンの中心街は拡張の余地がない。その市域面積は 4.6 km² であったが、2006 年に北西の地域と丘を隔てた東の Pasakha 地区を市域に統合したため、現在の市域面積は 19.68km² に拡大した。Pasakha には工業団地が設けられている。ここにはビール、清涼飲料水などの工場のほか、ブータンの低廉な電力を利用したフェロマシリコン、カルシウムカーバイドなど電気化学工業の工場が集積している。

4.1.2 気候・水文

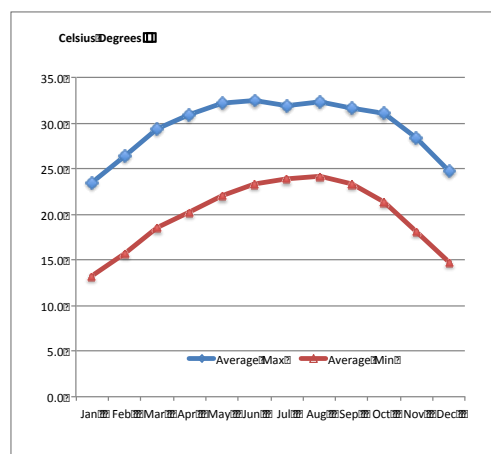
プンツォリンの年平均降雨量は 4,018mm(1996-2011:プンツォリン測候所)である。降雨量の少ないティンプーに比べると、年間の降雨量は 7 倍近い。日本の平均降雨量 (1,700mm) の

倍以上である。インド洋のモンスーンが運ぶ湿気が最初にぶつかる 1,000m 以上の山々が壁のようにプンツォリンの北部にあり、殆どの湿気がプンツォリンに降り注いでいる。図 4-2 は 1996-2011 年の月平均降水量を示したものである。一般に雨期は 6 月から 9 月のモンスーンの時期とされており、最も雨量が多いのが 7 月 950mm、次いで 6 月 850mm である。他方冬場の 11 月から 3 月までは殆ど降雨がない。月別の平均気温は、図 4-3 をみると、最高気温が 6 月の摂氏 32.5 度、最低気温は 1 月で摂氏 13.3 度である。夏冬共に温度が高く、ほぼ熱帯性の気候といえる。



出所：Metrological Department/Ministry of Economic Affairs

図 4-2 プンツォリン月平均降水量
(1996 年-2011 年)



出所：Metrological Department/Ministry of Economic Affairs

図 4-3 プンツォリン月平均最高/最低気温 (1996 年-2011 年)

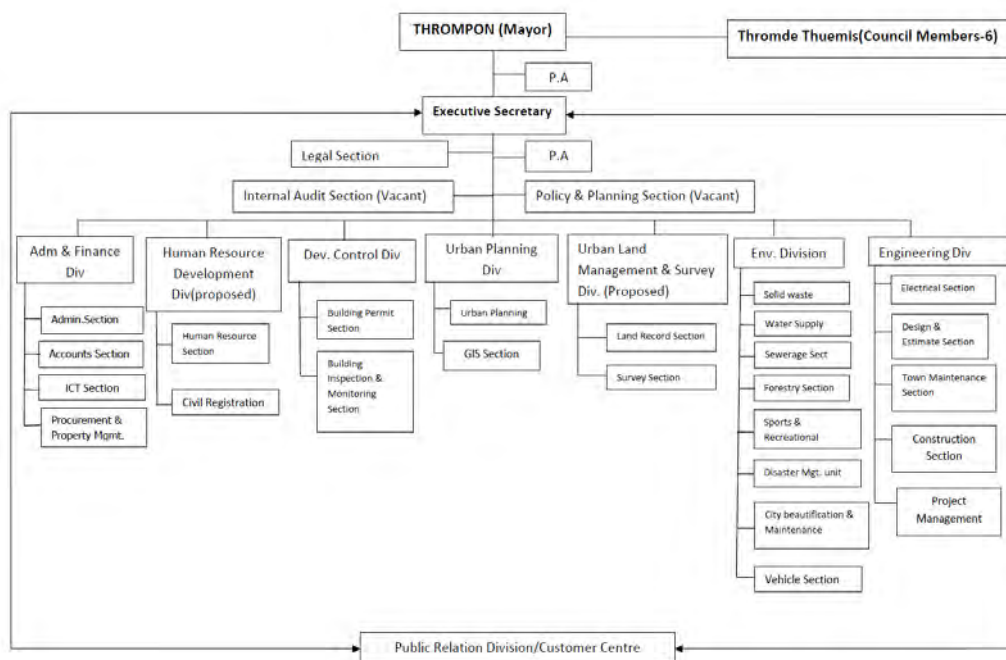
プンツォリンの年総降雨量は、年毎の変動が激しく、1996 年-2011 年の間で最高降雨量は 1998 年の 6,699mm、最低は 2008 年の 1,631mm でその差は 3 倍以上ある。長期的にはティンプーと同じく、降雨量の低下の可能性がある。2004 年以降年間降雨量が 4,000mm を超えた年は 2 年である。一方、それ以前の 8 年間で 4,000mm を超えなかった年は 1 年のみである。ブータンの水資源が枯れつつあるということが一般に懸念されているが、ティンプー同様、1996 年から 16 年間を見る限り、降雨量が減りつつある傾向が認められる。

大河 Am Mo Chhu はプンツォリン市の西側を流れ、支流である Om Chhu は東西に流れ、市を横切り Am Mo Chhu へ流れ込んでいる。この Am Mo Chhu は中国に源がありその流域面積は約 3,600km² であるが、Om Chhu は 20km² に過ぎない。Om Chhu は長さ 9km 未満に過ぎないが非常に急流で、平均斜度 13%、5 キロより上流は 25%以上の斜面になっている。2000 年 8 月の洪水により市は数日間マヒ状態となり、上水道、下水道システムが破壊され、Pasakha 地区では 40 数名の死者が出た。

4.2 行財政制度

4.2.1 組織

プンツォリン市役所の組織構造を図 4-4 に示す。



出所: プンツォリン市

図 4-4 プンツォリン市の組織図

プンツォリン市役所には、管理財務、人的資源開発、開発管理、都市計画、都市土地管理、環境、エンジニアリングの7つの局がる。それぞれの人員構成を表 4-1 に示す。市長、次官、法務担当を合わせると、合計で約 90 名となる。

表 4-1 プンツォリン市の局毎の人員構成

Adm. & Finance	Human Resource Develop.	Develop. Control	Urban Planning	Urban Land Management	Environment	Engineering
23	1	11	7	4	22	19

出所: プンツォリン市

プンツォリンの道路担当は、エンジニアリング局に 3 名と、道路及び排水溝の日常のメンテナンスが主業務とする非熟練労働者が 20 名からなる。道路担当は他の環境とも兼任することがあることから、市自体の建設管理能力はまだ発展途上で、必要に応じてコンサルタントを雇用している。ADB 案件では、職員一人にコンサルタントを雇用し、実施ユニットとして施工管理を任せている。Samtse への国道の市内部分は、本来市の管轄であるが、現在のところ MoWHS が整備している。この国道は建設途上で、Am Mo Chhu を渡るための橋は業者が工事から逃避状態であり、また工事の川沿いの区間は、至る所で土砂崩れのために塞がっている等、治山、砂防技術は全く未発達であり、プロジェクト管理面でも改善の余地は大きい。

上下水道セクターには、環境局環境部に上水道 3 名、下水道 2 名と、この他に非熟練労働者が 60 名程いる。多くの浄水場、下水処理場をカバーする必要があることから、人手が不足している。DANIDA の支援で建設された取水施設は 2000 年の洪水で破壊されたが、自力で 100%の給水率を回復している。技術的な面では下水網の不備にみられるように水理面で

の技術が不足していると思われる。また、下水処理技術についてもコンサルタントに全面依存しており、自前の知見による最適技術の探索が出来る水準にない。

上下水道料金徴収を行うセクションも少人数であるが、簡易で信頼性の高いデータベースを導入、職員も使用方法にも習熟している。データの管理も正確である。料金徴収率、メータの設置率も高く、住民からの信頼をベースとした財務が行われている。

都市計画局は7名である。既に Kabreytar、Dhamdara 地区のローカル・エリア・プランを自主管理で策定し終えている。その内容は地形に配慮したもので、担当者のコミットメントをうかがい知ることが出来る。しかしながら、洪水、地滑りなどの自然の驚異に対する知見・技術はまだ不足している。

環境担当は環境局の22名のうち5名で、主に廃棄物回収を行っている。廃棄物回収用トラック、分別機材などが不足しており、人口増加に対処しにくい。但し、エンジニア1名が3か月の JICA での研修後、自らオープンダンピングであった最終処分場を福岡方式に転換して、環境面で優れた最終処分場を自主設計、建設しており、業務に対する真摯な態度と向学心のあるスタッフに恵まれているといえる。災害担当は環境局の職員が2名程兼任しているが、局は発足したばかりで能力があるとは言えない。

4.2.2 財政

過去5年のプンツォリン市役所の収入を表4-2に示す。収入の内訳は、資産税、土地税、水及び下水道料金、土地リース料、資産移転税、駐車料金などである。過去5年の支出を表4-3に示す¹。

プンツォリン市によれば、中央政府からの補助金は資本投資に利用され、市の収入は、維持管理費用として使われている。中央政府からの補助金は資本投資に利用されているが、その内訳を表4-4に示す。市の収入は上下水道、破棄物の維持管理、道路照明、給料、事務費用、電力代等に支出されている。

表 4-2 プンツォリン市役所の収入

Original Local Revenue	Thousands in Nu.
2008/2009	33,742
2009/2010	41,544
2010/2011	45,696
2011/2012	54,631
2012/2013	49,821
Total	225,434

出所：プンツォリン市

¹ 市役所の説明によれば、表4-3の市独自財源の収入と表4-4の Own Revenue での支出が一致しないのは、年度をまたがる支出があるためである。

表 4-3 過去 5 年投資支出内容 (Nu.百万)

Investment	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13
Water Supply			11.5	5.3	8
Sewerage			2.1	3.7	8.2
Solid Waste			0	0	1
Roads, Bridges, Footpath			41.6	31.5	36.3
Consultancy, Survey Outsourcing			16.9	11.7	69.4
Total	9	24	72.1	52.2	122.9

出所：プンツォリン市

表 4-4 プンツォリン市の資金源別支出 (Nu.千)

(In Thousand Nu.)	Central Government	Own Revenue	ADB Project	Total
2008/2009	8,979	32,214	5,658	46,851
2009/2010	23,953	29,508	36,694	90,155
2010/2011	72,008	37,136	11,934	121,078
2011/2012	52,234	50,483	4,315	107,032
2012/2013	122,872	56,054	43,751	222,677
Total	280,046	205,395	102,352	587,793

出所：プンツォリン市

プンツォリン市の第 11 次 5 か年計画を表 4-5 に示す。第 10 次まではティンピー市同様、予算は MoWHS の下にあったが、今次の 5 か年計画で他の Class A 市と共に初めて独立計上されたものである²。プンツォリン市の総予算は Nu.1,064 百万である³。このうち最大の予算は道路ネットワークの開発と向上 (Nu.481 百万) で、この他に、橋梁 (Nu.110 百万)、上下水道 (Nu.33 百万) 衛生関連 (Nu.31 百万) のインフラ予算がある。

この予算はブータン政府の独自予算というよりも、ドナーからの援助を計算に入れた部分がある。中にはプレッジ段階のプロジェクト資金も入っている。道路/橋梁予算にもかなりの部分が ADB によるリングロード建設の予算が入っている。これらドナー予算を除くと、自主的に使える予算はかなり限られているのが実情である。他に、教育促進 (合計 Nu.162 百万)、街灯設置 (Nu.15 百万)、遊興施設 (Nu.5 百万) という生活水準の向上のための予算がある。

² GNHC はティンピー市の予算は Nu. 2, 000 百万で、他の 3 つの Class A 都市はそれぞれ Nu. 1, 000 百万としている。

³ GNHC は、市の総予算は Nu. 1, 000 百万で、教育の予算 Nu. 162 百万を除いた額を示している。

表 4-5 プンツォリン市 11 次 5 カ年計画予算 (Nu.百万)

Sl No	Activity	
A	Local Area Plan	7
B	Development of Thromde infrastructures	145
C	Development and improvement of road networks	481
D	Sewerage and waste management	31
E	Construction and improvement of drainage system and footpath	31
F	Construction and improvement of Thromde water supply & sanitation	33
G	Construction of vehicle parking	5
H	Strengthening of Thromde Institutional Capacity	14
I	Construction and improvement of bridges	110
J	Disaster management and risk reduction	21
K	Development of parks and recreational facilities	5
L	Development of public transport system	3
M	Installation and maintenance of street lighting and CCTVs	15
N	Cultural and community development programs	6
O	Education Infrastructure Development	160
P	Support for disadvantage children and Value education	1
Q	Youth and literacy Program	1
	Total	1,064
	Total Education	162
	Total without education	902

出所：GNHC

4.3 都市開発

4.3.1 プンツォリン人口予測

プンツォリンの 2000 年の人口は 12,625 人で、これが 2005 年の国勢調査によれば 20,537 人に成長した。2012 年の人口は推計で 23,915 人である⁴。このことは、プンツォリンは 2000-2005 年の 5 年間に年率 10.2%の成長を遂げたが、2005-2012 年の成長率は 2.2%にとどまったということを意味している。

現在ドラフトのストラクチャー・プランでは 3%及び 5%の 2 つのシナリオで人口予測を行っている。表 4-6 に示すように 3%の場合には 2037 年の人口は、50,066 人、5%の場合には 80,975 人になるとしている。

⁴ 出所： <http://worldgazetteer.com> & <http://www.countrywatch.com>

表 4-6 将来人口予測

Year	Population Projection with 3.0 % * Compound Annual Growth Rate	Population Projection with 5.0% ** Compound Annual Growth Rate
2012	23,912	23,912
2017	27,721	30,518
2022	32,136	38,950
2027	37,254	49,711
2032	43,188	63,446
2037	50,066	80,975

出所：ブンツォリン・ストラクチャー・プラン（2013-2028）

* ブンツォリン都市開発計画（2002-2017）参照、**ティンブー・ストラクチャー・プラン参照

4.3.2 地区別の現況人口、収容可能人口、将来人口予測

2004年に承認されたブンツォリン都市開発計画に基づく2003年の現況地区別人口を表4-7に示す。2013年のブンツォリン・ストラクチャー・プランでは2005年国勢調査に基づく人口数値である20,537人をブンツォリンの現況人口として活用しており、市内の地区別・地域別の現状人口の算出は行っておらず、2004年のブンツォリン都市開発計画の地区別の人口数値の見直しも行っていない。

表 4-7 地区別の現況人口（2003）

Area	Population
EXISTING CITY CORPORATION AREA	12,750
HOUSELESS (SLUMS)	600
EXTENDED AREAS	4,700
PIPAL DARA	200
DAMDARA	250
KABREYTAR	650
RINCHENDING	1,000
PASAKHA	2,600
SPECIAL AREAS	1,650
RBA & RBP	1,000
IMTRAT, GREF & DANTAK, INDIA HOUSE	600
ROYAL HOUSES/ G. HOUSES	50
TOTAL POPULATION OF PUA	19,700
BHUTANESE STAYING IN JAIGAON	1,500
FLOATING POPULATION	5,400
DAILY WORKFORCE	4,800
LABOUR CAMPS & HUTMENTS	600
TOTAL POPULATION	26,600

出所：ブンツォリン都市開発計画（2002-2017）

ストラクチャー・プランにおける新規開発用地への人口収容能力の解析では、次の表4-8の様な分析を行っている。この分析によれば人口収容力は57,416人あることになる。しかし、その候補地をみると、過半がAm Mo Chhu川の埋め立て計画に依存している。Toorsa Tar、及びAm Mo Chhuというのは、両方とも埋め立て予定地を指している。ここに3万人の人口を吸収する予定である。次に大きな収容力を持つToribariにしても、ここは東方に離れたPasakha工業団地により近い農村地帯である。2027年の人口予測数値の合計と収容可能人口の合計を比較すると、需要に対する供給が間に合っているように見られるが、Am Mo Chhu、

Toribari、Toorsa Tar は未開発・未計画地域であり、開発が確定している地域ではない。今後、これらの地域が開発されない場合の人口収容シナリオを検討する必要がある。

他方、ブンツォリンは国境を挟んでインド側の都市である Jaigaon 市と接している。市域面積で3倍以上の規模を持つ Jaigaon はブンツォリンの人口圧力の受け皿として機能している。ストラクチャー・プランによる推計では、現在少なくとも 2,000 人のブータン人がインド側に居住してブータン側で働くという形をとっており、その意味では都市圏全体の人口吸収力としては両方の収容力を考慮する必要がある⁵。

表 4-8 地区別の収容可能人口

Neighborhood	Area for Development and Population accommodated						Total Pop
	Residential		Terraced Housing		Mixed Use		
	Area (Ha)	Pop	Area (Ha)	Pop	Area (Ha)	Pop	
Toorsa Tar	41.2	11,175	0	0	5.16	467	11,642
Am Mo Chhu	53.72	14,572	5.34	543	52.97	4,790	19,904
above Kabreytar	0	0	1.05	107	0	0	107
Kharaley,Khareyphu, Dokhiya	4.33	1,175	3.51	357	0	0	1,531
Rinchending	0	0	15.53	1,579	0	0	1,579
Ahlay	7.33	1,989	5.7	579	0	0	2,569
Toribari	26.56	7,205	5.94	604	15.39	1,392	9,200
Changmari and Gurung Dangra	19.9	5,398	22.34	2,272	0	0	7,670
Malbase	6.4	1,736	1.37	139	0	631	2,506
Pasakha	1.94	526	1.79	182	0	0	707
Total	161.38	43,775	62.54	6,362	73.53	7,280	57,416
Total Area (Hectares)	297.45						
Total Pop Accommodated	57,416						

出所：ブンツォリン・ストラクチャー・プラン（2013-2028）

ブンツォリン・ストラクチャー・プランでは 2005 年の国勢調査の人口を現況人口として活用しているが、調査が行われてから 8 年が経過している為、都市人口、また、それに伴う都市環境の現況把握と将来予測の見直しが必要である。

4.3.3 都市開発の現状

(1) 予想される宅地開発地域

Pasakha を中心とする工業、インドとの交易の急速な発展に押されて上昇する宅地需要に宅地供給が追いつかない状況である。ブンツォリン・ストラクチャー・プランでは 2 種類の人口成長シナリオ（3%と 5%）を想定し、2027 年に人口を約 37,200 人（3%成長の場合）ないしは、約 49,700 人（5%成長の場合）と予測している。当面の人口増の吸収策としては、策定中であるローカル・エリア・プラン 3 件の実施により収容する予定である。ブンツォリン・ストラクチャー・プランでは、その他にも大型な未開発地域の開発（Greenfield Development）を中核とする人口収容の可能性を想定している。

⁵ 単純に言えば、ブンツォリン側の経済性の低い住宅地より、国境を越えた住宅地を選択する可能性もあることを意味する。

(2) Am Mo Chhu 開拓事業

プンツォリン・ストラクチャー・プランでは、Am Mo Chhu 開拓事業「*Amocchu Reclamation and Township Project*」が実現した際の収容可能人口を約 19,900 人と算出している。Am Mo Chhu 開拓事業予定地を図 4-5 に示す。プンツォリン市によれば、ブータン国政府は Druk Holdings Investments (DHI)⁶の子会社である DHI INFRA Ltd.に事業を委託している。DHI INFRA は 2001 年に「*Amocchu Land Reclamation and Development of New Phuentsholing City - Consultancy Package 1*」を策定している。事業の現況は次の通りである。

- 資金調達： PPP 手法（Public Private Partnership）
- 総開発面積： Am Mo Chhu 川沿いの約 350.53 Ha
- 進捗状況： インドのコンサルティング会社が水文学的調査を再調査中



出所：JICA 調査団

図 4-5 Am Mo Chhu 開拓事業の予定地

(3) Toribari の 開発事業



出所：JICA 調査団

図 4-6 Toribari の開発事業の予定地

プンツォリン・ストラクチャー・プランでは、Toribari の開発事業が実現した際の収容可能人口を約 9,200 人と算出している。図 4-6 に示す通り、Toribari は開発に必要な平地が比較的確保しやすいという理由で選定されているが、未開発地域である為、環境アセスメントや開発許可が難しいとも考えられる。現段階では、プンツォリン・ストラクチャー・プランにて土地利用が計画されているのみで、開発に必要な調査各種やローカル・エリア・プラン等はまだ策定されていない。

⁶ Druk Holdings Investments (DHI) は、King Jigme Khesar Namgyel Wangchuck 国王からの勅許により、財務省全額出資により 2007 年に設立された。DHI INFRA は DHI の子会社として、「国の社会経済促進の為のインフラ開発と推進」を目的に 2011 年に設立され、現在ティンプー市付近の Education City、Am Mo Chhu 開拓事業、また、PPP モデルによる Gelephu、Samtse、Samdrup Jongkhar 等の経済特別区域の開発を行っている。

(4) Toorsa Tar の 開発事業

ブンツォリン・ストラクチャー・プランでは、Toorsa Tar の開発事業が実現した際の収容可能人口を約 11,600 人と算出している。ここは、Am Mo Chhu 川北部の未開発地域であり、現段階ではアクセス道路が存在しない。現在建設中の Samtse-Phuentsholing Highway ルート上に位置している為、今後開発のポテンシャルがあると考えられるが、ブンツォリン市からはかなりの距離がある。現段階では、ブンツォリン・ストラクチャー・プランにて土地利用が計画されているのみで、開発に必要な調査各種やローカル・エリア・プラン等はまだ策定されていない。

4.3.4 ブンツォリン・ストラクチャー・プラン

(1) 開発の目的

ブンツォリン市は人口と経済活動の規模においてティンプー市に次ぐ第二の都市であり、ブータンの貿易ハブである。インドとの国境沿いに位置するブンツォリンは表 4-9 が示す通りブータン国輸出入のゲートウェイを担う重要な拠点であり、全国の輸入総額の 83%、また輸出総額の 73%を占めている。

表 4-9 2010 年のブンツォリン地域での貿易

Phuentsholing share in total imports in 2010			
	Imports from India	Imports from third countries	Total imports
Phuentsholing region	23,725,263	8,776,684	32,501,947
Overall for Bhutan	29,329,106	9,746,092	39,075,198
% share of Phuentsholing	81%	90%	83%
Phuentsholing share in total exports in 2010			
	Exports to India	Exports to third countries	Total Exports
Phuentsholing region	11,530,236	2,190,989	13,721,225
Overall for Bhutan	15,589,427	3,323,499	18,912,926
% share of Phuentsholing	74%	66%	73%

出所：ブンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)

また、ブンツォリン市はブータン西部を南北に繋ぐ Phuentsholing-Thimphu Highway と現在計画中の Samtse-Phuentsholing-Sarpang-Gelephu-Samdrup Jongkhar の南部国境都市を繋ぐ南部東西回廊（Southern East West Corridor）の合流地点でもあり、経済回廊上の重要な拠点であり、今後の経済活動の活発化が想定される。

ブンツォリン市の強みである経済活動に有利な立地条件に対して、弱点と言えるのがブンツォリン市の非常に限られた開発用地である。限られた開発用地を最大限に有効活用し、ブンツォリン市を南部の商業・ビジネス・観光ハブにする事が市の開発ビジョンであり、下記の通り、ブンツォリン・ストラクチャー・プランのビジョンとしても掲げられている。

Vision:

Strengthen Phuentsholing as a business and recreational hub with adequate support infrastructure within the south-western region of Bhutan; by applying the smart growth principle.

ブンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)

(2) 都市開発計画とストラクチャー・プラン

プンツォリンの都市開発は下記の 3 件の都市開発計画とストラクチャー・プランにより形成されているが、法的規制力、実施計画への継続という意味ではティンピー同様にストラクチャー・プランが最も重要な影響力を有している。

- 1) 第1次プンツォリン都市開発計画 (1987-2001)
- 2) 第2次プンツォリン都市開発計画 (2002-2017)
- 3) プンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)

プンツォリン都市開発計画 (2002-2017)

2004 年に DANIDA 支援により策定されたプンツォリン都市開発計画 (Phuentsholing Urban Development Plan (2002-2017)) は 1) 貿易と商業、2) 工業開発 3) 倉庫保管 4) 建設の 4 セクターを成長戦略の柱とした。図 4-7 に示すとおり、プンツォリン市の境界線内の地域である約 186 Ha を対象とし、土地利用計画が策定されている。

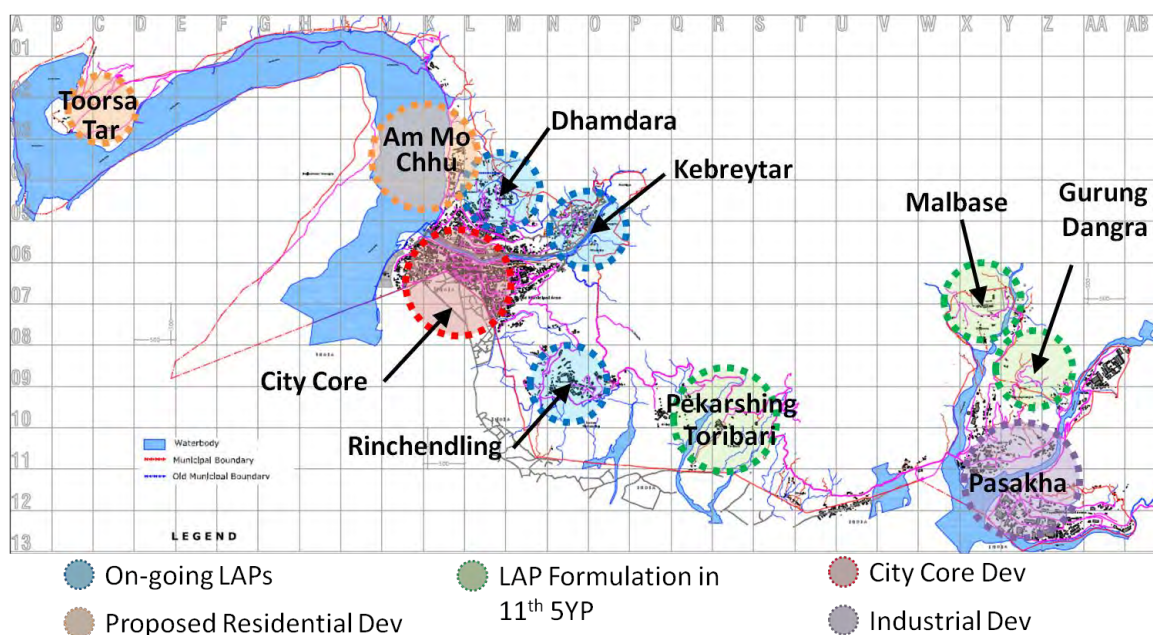


出所：プンツォリン都市開発計画(2002-2017)

図 4-7 プンツォリン都市開発計画 2002-2017 における土地利用計画

プンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)

2013 年に策定されたプンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)は 7 月にドラフトが提出され、現在、政府の承認待ちである。急速な人口増加と経済発展に伴う開発需要の見直しが必要とされ、今後の成長も考慮した上でのストラクチャー・プランとなっている。図 4-8 が示す通り、プンツォリン・ストラクチャー・プランに含まれる計画用地はプンツォリン都市開発計画にて検討されているプンツォリン市境界線内の用地 (約 186 Ha) のみではなく、その先の農村地域やパサカ工業団地を含む、約 1,680 Ha となる。



出所： プンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)

図 4-8 プンツォリン・ストラクチャー・プランに含まれる地域

ティンプー・ストラクチャー・プランに学び、プンツォリン・ストラクチャー・プランは、国家理念である国民総幸福量（GNH）のもと、表 4-10 に示すとおり、そのビジョンは、8つの原理、5つのテーマ、また8つの戦略に基づき構成されている。

表 4-10 プンツォリン・ストラクチャー・プランの原理、テーマと戦略

Principles (8) of Smart Growth	1. Community and Stakeholders' Involvement	6. Preserve Open Space, Natural Beauty and Critical Environment Areas
	2. Walkable Neighbourhood	7. Provide a Variety of Transport Options
Themes of the Structure Plan (5)	3. Create Attractive Communities with Strong Sense of Place	8. Create a Range of Housing Opportunity
	4. Mix Land Uses	
Planning Components (8)	5. Make Development Fair and Cost Effective	
	1. Creating an Economic Base	2. Gateway to the Kingdom
	➤ Special Policies for Catalyzing Growth	➤ Passenger Entrance
	➤ Economic Infrastructure and Industrial Estates	➤ Cargo Entrance
	➤ Dry Port and Free Trade Zones	3. Sustainable Environment
	➤ New Phuentsholing-Samtse and Phuentsholing-Sarpang National Highways	4. Integrity among Tradition and Technology
		5. Community, Conviviality and Human Scale
	1. The City Core	6.
	2. The Public Domain and Community Participation	1. Foot Path System
	3. Open Space System	2. Neighbourhoods
	4. Urban Corridor	3. Forest Boundary and Natural Landscape
		4. Peripheral Zone Control

出所： プンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)

(3) ストラクチャー・プラン投資計画

次表 4-11 はプンツォリン・ストラクチャー・プランにおける投資計画のまとめを示したものである。ストラクチャー・プランの投資計画は総額約 Nu.63 億で、第 11 次 5 カ年計画の予算である約 Nu.10 億（表 4-5）と比して 6 倍強と、意欲的な見積りである。なかでも洪水対策関連に約 Nu.16 億の予算が積まれているのが特徴的である。

表 4-11 プンツォリン・ストラクチャー・プラン投資計画

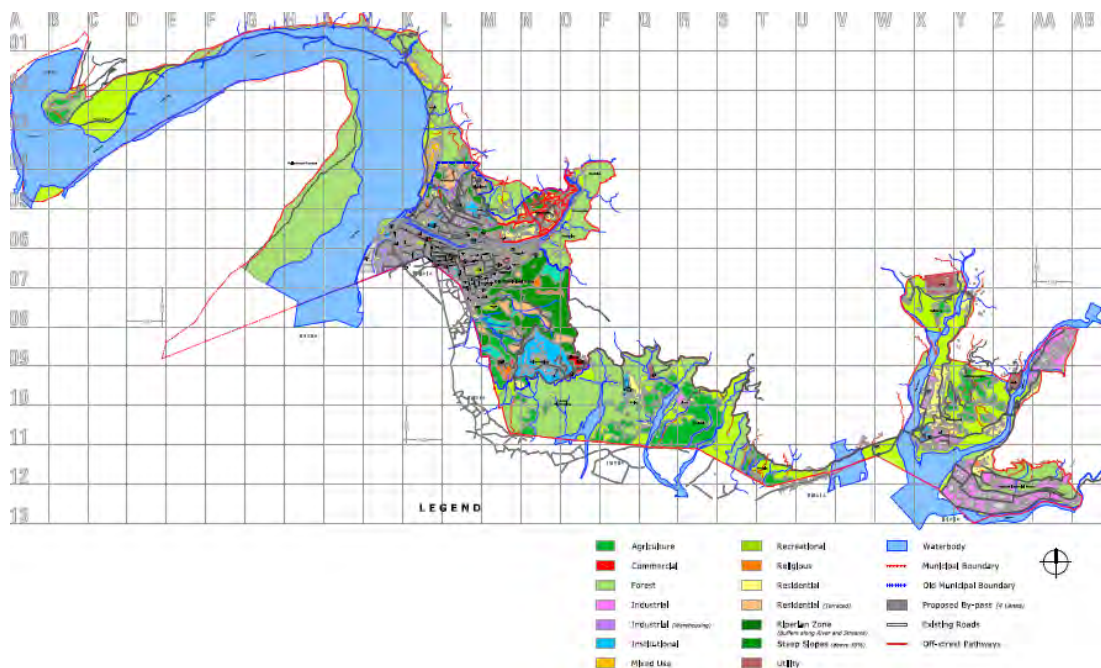
SI. No.	Utilities and Infrastructure	Estimated Cost	
		Nu in Million	USD (\$) in million
1	Water Supply System and Network System	844.9	15.36
	A: Raw Water Transmission & Raw Water Reservoir	105.6	1.92
	B: Water Treatment Plant & Treated Water Reservoirs	290.1	5.274
	C: Break Pressure Tanks	3.6	0.066
	D: Distribution Networks	375.9	6.835
	E: Design & Supervision Cost	69.8	1.269
2	Sewerage System	803.4	14.608
	A: Sewage Treatment Plant including desludging and sludge drying beds	508.2	9.24
	B: Sewer Networks	228.9	4.162
	C: Design & Supervision Cost	66.3	1.206
3	Storm Water Drainage system, Flood Protection and River Training Work	1,611.6	29.3
	A: Protection & River Training Works	1,344.3	24.443
	B: Storm Water Drainage	134.2	2.44
	C: Design & Supervision Cost	133.1	2.419
4	Solid Waste Collection and Disposal System	43.7	0.79
	A: Collection Structures	40.1	0.728
	B: Design & Supervision Cost	3.6	0.065
5	Electrical (Power) Distribution System	494.3	8.987
	A: Transformer	0.1	0.001
	B: Electrical Distribution Lines	467.2	8.495
	C: Design & Supervision Cost	27.0	0.491
6	Street Lighting	57.0	1.04
	A: Street Lighting System	52.3	0.951
	B: Design & Supervision Cost	4.7	0.086
7	Telecommunication System	177.1	3.22
	A: Telecommunication System	162.5	2.955
	B: Design & Supervision Cost	14.6	0.266
8	Transportation System	2,351.0	42.75
	A: Upgradation of Existing Roads	565.5	10.283
	B: Proposed New Roads	779.6	14.174
	C: Bridge & Culverts	811.8	14.760
	D: Design & Supervision Cost	194.1	3.530
9	Local Area Plan Implementation and Landscaping	57.3	1.04
	A: Preparation of Local Area Plan	12.1	0.22
	B: Landscape Design	40.4	0.735
	C: Design & Supervision Cost	4.7	0.086
	Total	6,273.0	117.10

出所：プンツォリン市役所

4.3.5 土地利用

(1) 現況

ブンツォリン・ストラクチャー・プランにて検討されている約 1,680 Ha の現況土地利用とその面積を図 4-9 と表 4-12 に示す。現在、土地利用面積全体の約 46%は農業・森林・空地であり、37%は河川（主に Am Mo Chhu 川と Om Chhu 川）であり、現段階では土地開発が進んでいるのは限られた面積と言える。



出所：ブンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)

図 4-9 ブンツォリン・ストラクチャー・プランの現況土地利用図

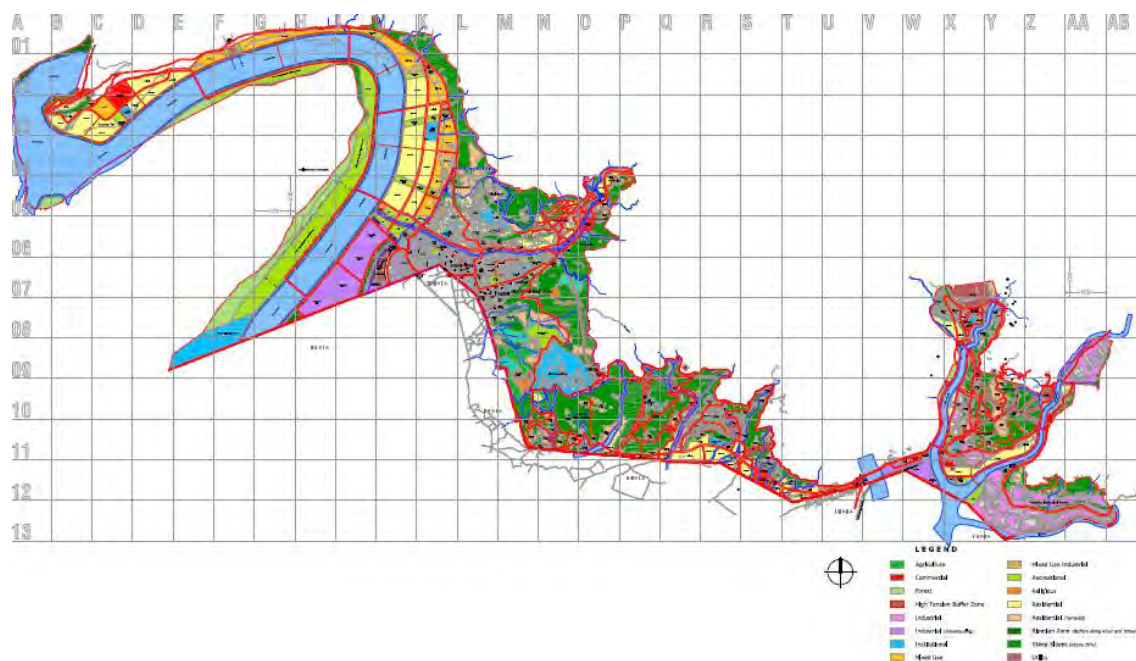
表 4-12 ブンツォリン・ストラクチャー・プランの現況土地利用別面積

Land Type	Area		%
	Sq Mt	Ha	
Not surveyed (mostly forested, open)	772,475.97	77.25	4.60%
Agricultural	1,025,139.06	102.51	6.10%
Commercial	3,944.64	0.39	0.02%
Forest	4,083,489.35	408.35	24.30%
Industrial	840,368.71	84.04	5.00%
Institutional	57,265.71	5.73	0.34%
Mixed	162,451.28	16.25	0.97%
Open	2,649,468.80	264.95	15.77%
Recreational	10,972.68	1.1	0.07%
Religious	14,458.72	1.45	0.09%
Residential	493,768.81	49.38	2.94%
Utility	141,603.66	14.16	0.84%
Waterbody	6,279,913.28	627.99	37.37%
Roads	269,779.34	26.98	1.61%
Total	16,805,100.00	1,680.51	100.00%

出所：ブンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)、ブンツォリン市

(2) 土地利用計画

プンツォリン・ストラクチャー・プランにおける将来土地利用計画図と土地利用別の面積を図 4-10 と表 4-13 に示す。土地利用計画において、宅地用の土地利用比率は、現行の 2.9% から新規宅地開発によって 13.3% に上がると計画されている。



出所：プンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)

図 4-10 プンツォリン・ストラクチャー・プランの土地利用計画図

表 4-13 プンツォリン・ストラクチャー・プランの土地利用計画別面積

Land Use	Area		%
	Sq.m	Ha.	
Residential (Terrace)	625,446.90	62.54	3.72%
Residential	1,613,758.77	161.38	9.60%
Mixed	581,368.80	58.14	3.46%
Mixed Use Industrial	223,710.72	22.37	1.33%
Commercial	193,261.87	19.33	1.15%
Institutional	361,879.23	36.19	2.15%
Steep Slopes	3,566,699.80	356.67	21.22%
Forest	499,695.60	49.97	2.97%
Agriculture	0	0	0.00%
Riparian Zone	1,029,333.93	102.93	6.13%
Recreational	1,206,967.35	120.7	7.18%
International Buffer	170,245.95	17.02	1.01%
HT Lines Buffer	266,262.90	26.63	1.58%
Religious	28,519.18	2.85	0.17%
Industry (non-polluting)	822,295.10	82.23	4.89%
Industry (polluting)			
Warehousing	560,309.66	56.03	3.33%
Water body (major)	3,989,811.83	398.98	23.74%
Utility	215,529.69	21.55	1.28%

Parking	18,094.19	1.81	0.11%
Roads	831,650.44	83.17	4.95%
Total	16,804,841.90	1,680.48	100.00%

出所：ブンツォリン・ストラクチャー・プラン (2013-2028)

4.3.6 土地所有形態・土地税・地価

(1) 市街地の土地税

ブンツォリン市境界線内の土地（ブンツォリン都市開発計画の約 186 Ha）は、市街地と認識され土地税も農村部の土地税より高額である。現段階で、ブンツォリン・ストラクチャー・プランにて検討されている残りの約 1,494 Ha（1,680 Ha 引く 186 Ha）は、基本的には農村部の土地税率が適用されるが、開発の実施状況等に応じて市街地の都市税率が適用される。

(2) 地価

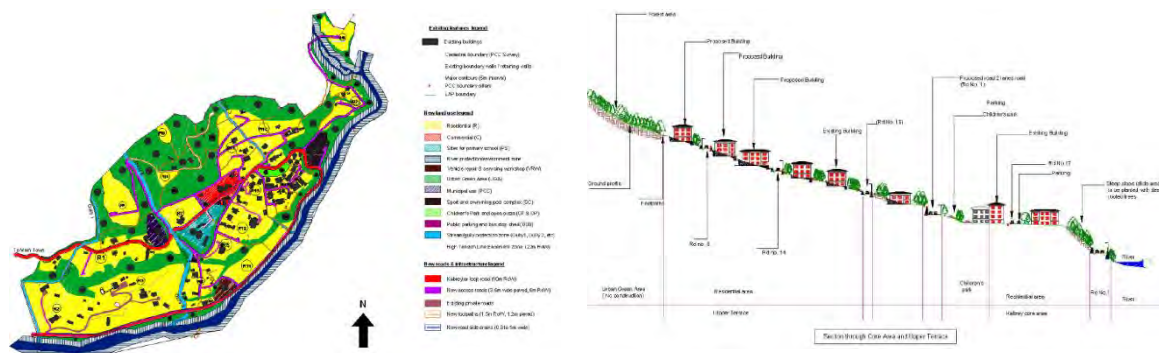
PAVA による 2009 年のブンツォリン市地価評価は、宅地については一律で 3,508Nu./m²、他方中心部の商業地域は 9,778Nu./m² - 9,829Nu./m² と地区における差異は殆どない。ティンプーのケースと同じく PAVA の評価が実勢取引価格を反映しているとは思えず、政治的配慮も反映されていると思われる。

4.3.7 ローカル・エリア・プランの整備状況とその整備状況

現在 Kabreytar、Rinchending、Dhamdara、の 3 地域のローカル・エリア・プランが策定済み、策定もしくは承認中であり、ブンツォリン市としては、これらの地域を重点的に宅地開発し、近い将来の人口増加を収容する計画である。3 件のローカル・エリア・プランの土地利用計画図他を図 4-11 と図 4-12 に示す。また、2013 年 9 月に承認された第 11 期 5 カ年計画では、更に、Malbase、Gurung Dangra、また Pekarshing（Toribari と同地区）の 3 地区のローカル・エリア・プランの計画が予算に含まれている。

(1) Kabreytar ローカル・エリア・プラン

Kabreytar のローカル・エリア・プランは 2002 年に Department of Urban Development & Engineering Services により作成された。土地利用は主には宅地（37%）、公共用地（傾斜地を含み、29%）、空き地（18%）と農業用地（11%）である。

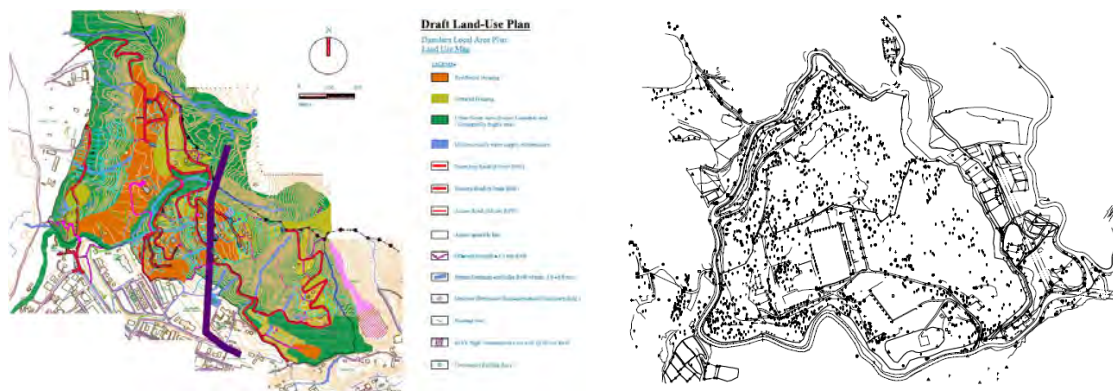


Kabreytar 土地利用計画図
出所：Kabreytar ローカル・エリア・プラン

図 4-11 Kabreytar ローカル・エリア・プランにおける土地利用図と断面図

(2) Dhamdara と Rinchending ローカル・エリア・プラン

Dhamdara の既存土地利用は主に住宅（傾斜上の）であり、Rinchending の主要既存土地利用は公共用地である。将来土地利用計画に置いて用途の変更は計画されていないが、ローカル・エリア・プランの策定により、都市インフラの整備が期待されている。



策定中の Dhamdara 土地利用計画（案） 策定中の Rinchending ローカル・エリア・プラン
出所：Dhamdara ローカル・エリア・プラン、Rinchending ローカル・エリア・プラン
図 4-12 Dhamdara と Rinchending における土地利用計画（案）

4.3.8 ローカルエリア・プランの実施状況

(1) Kabreytar ローカル・エリア・プラン

面積約 45 Ha の Kabreytar は Om Chhu 北部にて、下層、中層、上層の 3 つ段丘（テラス）によって構成されており、開発に適している平地は限られている。得に中層部では Kabreytar 道路を軸に建物の開発は進んでおり、一部の都市インフラも整備されている。また、ランド・プーリング実施に際する前提条件である地籍の境界線等の未解決課題ということもあり、Kabreytar ではランド・プーリングの手法を用いる事が可能ではない。更には同様の地籍境界線等の未解決課題と傾斜のある地形により、誘導的土地開発も地域全体で実施する事が困難である。

上記の理由で、Kabreytar では Land Act 2007 と誘導的土地開発の両方を地域に合わせて適用している。比較的平坦で土地の形が整っている場合は誘導的土地開発手法が適用され、その他の地域では Land Act 2007 の規定に沿って、政府機関が適切な承認プロセスの下、道路や都市インフラに必要な土地を地権者から買収することになる。地権者は PAVA により算定された所有地と資産に対する現金補償、また可能な場合は市内に位置する代用地を政府より提供される。

(2) Rinchending ローカル・エリア・プラン

Rinchending のランド・プーリングにて地権者から提供される土地の割合は 15%であるが、既に開発が進んでいて提供する土地が無い地権者に関しては、金銭的な貢献が適用される。所有地の全土地面積が高危険地帯（High Hazard zone）に位置する地権者に関しては、ランド・プーリングは適用されない。所有地の大半が高危険地帯位置しているが、10 デシメル⁷以上の面積が安全地帯に位置している地権者の場合にはランド・プーリングが適用される。

⁷ 1 Decimal = 1/100 acre (40.46 m²)

(3) Dhamdara ローカル・エリア・プラン

Dhamdara のローカル・エリア・プランは現在策定中でランド・プーリングに関しても検討中である。

4.3.9 都市景観と開発

図 4-13 が示すとおり、プンツォリン市はインドまで流れる Am Mo Chhu と山々に囲まれた都市であり、プンツォリン・ストラクチャー・プランはティンプー・ストラクチャー・プラン同様に持続可能な環境に配慮した都市開発を目指している。



Am Mo Chhu 川と Om Chhu 川の合流地点



下水処理施設と Am Mo Chhu 川向かいの自然

出所：JICA 調査団

図 4-13 プンツォリン市の自然環境

国境沿いの商業都市という特徴から、街の中心にインドとの国境ゲートやウェイブリッジ（車両測量台）が位置し、長距離トラックが市内を通過し、歩行者の安全性が懸念される状況である。ADB 支援により、長距離トラック輸送を中心市街地から迂回させるのを目的とした、リングロードと第 2 ゲートの建設、ウェイブリッジの移転等を実施する予定であり、都市中心部は、より歩行者に適した環境に改善されることが期待されている。図 4-14 が示すとおり、既に存在するフットパスや歩行者専用の橋、バスターミナル等を活用しつつ、歩きやすい（Walkable）街づくりが指向されている。



Om Chhu 川堤防上の歩道



Om Chhu 川の歩行者専用橋



市中心部の位置するインドとのゲート

出所：JICA 調査団



RSTA のバスターミナル

図 4-14 プンツォリン市の歩行者環境のポテンシャル

プンツォリン市では、ティンブー市同様に環境との調和や歩きやすさを念頭に置いた都市計画を実施しているが、ティンブー市ほど伝統や文化に重きを置いていないと感じられる。プンツォリン市の建物は、図 4-15 の現況写真が示す通り、構造上はブータンの建築基準を順守しているが、ティンブー市ほど伝統装飾等が見られない。図 4-15（右、案）に緑化や City Beautification を導入した中心市街地の空きスペースの活用（案）を示す。



中心市街地スペースの活用（現況）

出所：JICA 調査団



中心市街地スペースの活用（案）

図 4-15 プンツォリン市における City Beautification（案）

4.3.10 ファーマーズマーケットの移転

Om Chhu 橋のふもとには地元の農民による小さな農産物市場がある。これは元々、南側の現在のトラック駐車場にあったが、2000 年の洪水で破壊され、この土地に一次的に移転された市場である。この土地は市役所の所有で、リングロードの建設のために、この市場を再び代替地に移す必要が生じている。

プンツォリンはインド側の Jaigaon 市を巻き込んで発展している。Jaigaon は面積的には 3 倍あり、また人口的には 2 倍以上（一説には 8 倍）あると言われている。国境はあるが、事実上行き来に制限はない。ブータン人によっては、日常的に国境を越えてショッピングに出かけている。インドに対してプンツォリン市は商業機会を損失しているが、しかし同時に、他の地域のブータン人にとっては、Jaigaon 市が提供する商業機会無くしてはプンツォリンは魅力のない都市にも映る。換言すれば、両市の関係は競争的であり且つ協業的である。産業政策的な観点からは、高付加価値産業となる商業、サービス、レクリエーション等の開発が、プンツォリン市が生き残る条件となる。

本調査団と市の都市計画課との協議の中から、現在のファーマーズ/マーケットを単純に移転するのではなく、日本の「道の駅」コンセプトを取り入れて、旅行者にブータンブランドをプロモートする国際的なマーケットに格上げしたマーケット+休憩所+レストランといった複合施設を建設するというアイデアが生まれた。

リングロードは、市の中心部から周辺への不要な重量車両を迂回することになる。これは、都市環境を改善する効果は大きいですが、同時に商業機会の遺失につながるリスクもある。市の産業政策的にはリングロード道路上の交通からの商業機会を最大限活用する方策も重要である。現在建設中の Samtse への国道が完成すれば、プンツォリン市が Samtse との交通の要所にもなる。その国道は、リングロードと Om Chhu 橋の道路が交わるロータリーに接続する。

図 4-16 に示すようにファーマーズマーケットの代替地があるが、そのうちの一つは、現在の市場の隣のバスターミナルの横である。ここは、RTSA の敷地の一部なので彼らの協力が必要であるが、この地は商業拠点としては理想的なロケーションにある。

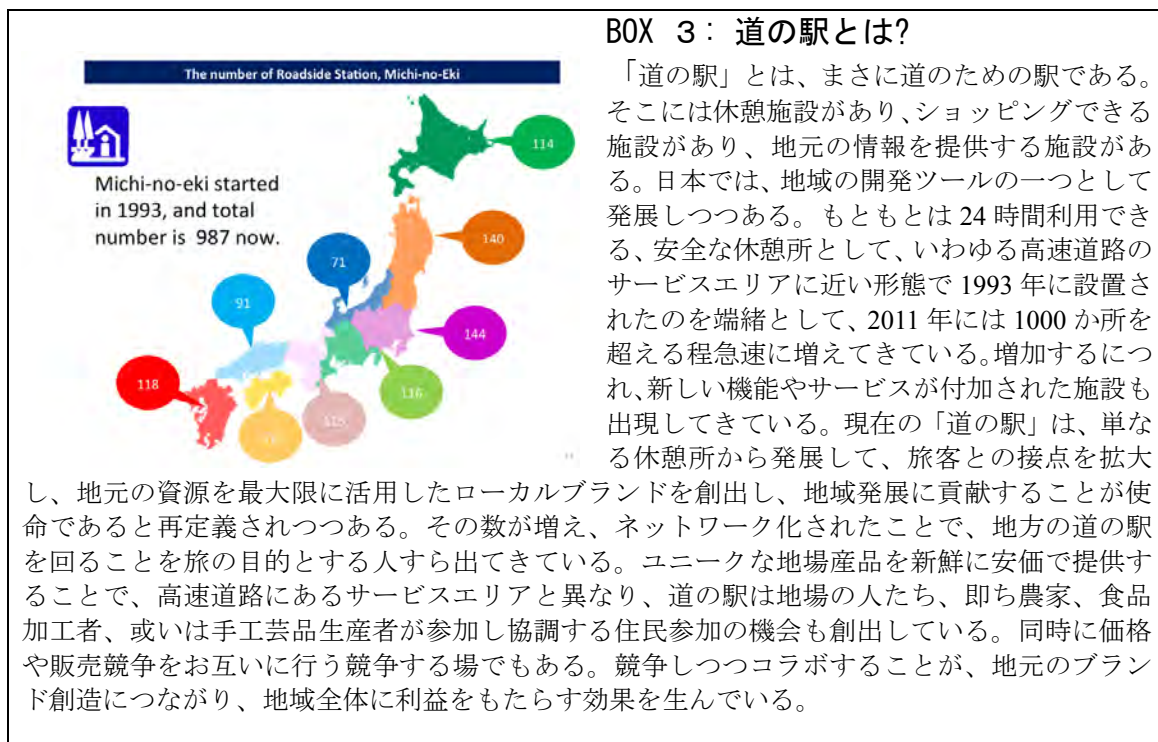


出所：JICA 調査団

図 4-16 道の駅の代替候補地

第一に、ここは長距離バスのターミナルの一角である。第二に建設されるリングロードに面している。そして、Samtse-プンツォリンの国道にも隣接している。ここに、単に農産物市場を移転するのではなく、カフェやレストランや土産物屋を市場と共に併設することで、日本にある「道の駅」のように旅人に地元の商品、メニューを紹介する場所とすることが可能に

なる。更にアメニティを付加した施設を設けることで複合的なシナジーを生む場所としての発展も期待できる。長期的には地元商業の競争力を高め、ブータンやプンツォリンブランドの開発促進することもできるであろう。このように「道の駅」は、国際的なゲートウェイ都市としてプンツォリン市が発展するための一助になると考えられる。



また、住民主導の特産品の開発、地域ブランド確立の戦略としては日本の「一村一品」運動が著名である。その意味でもファーマーズマーケットの移転を契機により広域の住民参加型の地域おこしを目標にすることも可能である。

MoWHS では現在、地方道路整備の一環として、道路サイドに農産品市場を設けることを既に次の5か年計画から予算化している。本調査団の紹介した「道の駅」および「一村一品」は時宜を得た提案として、省内でも基本計画づくりに取り込んでいくことが確認された。

4.3.11 都市開発における課題

上記に基づき、都市開発における重要課題を下記の通りまとめる。

PU-1: ストラクチャー・プラン人口予測の見直し

ブンツォリン・ストラクチャー・プランでは2005年の国勢調査の既存人口に対して、3%と5%の複合年間成長率を用いて将来の人口予測を算出している。2005年の国勢調査が実施されてから8年が経過している為、最新の都市人口の動向、また、それに伴う都市環境の現況把握と将来予測の見直しが必要である。既に2013年7月にブンツォリン・ストラクチャー・プランの最終案が政府に提出され、現在承認待ちの段階で有る為、すぐの見直しは難しいかと考えられがちであるが、逆に、計画立案に係わった人員を再招集し、修正を行うことは比較的低コスト、短期間に行うことも可能である。

PU-2: 大規模埋め立て事業への人口吸収依存リスク

ブンツォリン・ストラクチャー・プランにて算出されているブンツォリン市全体の2027年人口予測（約3.7万人（3%成長の場合）と約4.97万人（5%成長の場合））は同ストラクチャー・プランにて算出されている将来的に収容可能人口（5.7万人）を下回るが、Am Mo Chhu、Toribari、Toorsa Tar等の未開発地域の収容可能人口も含まれている為、実質的に将来人口を

どのように収容するかは大きな課題であり、早急な戦略が必要とされる。開発が実現しない場合、現在の市街地周辺の高密度化が必要となる。そのためには政府用地の転用、低密度利用地の高度化促進などの対策がなさねばならない。4.3.7 と 4.3.8 項に記載する通り、3 件のローカル・エリア・プランの区域では既に開発が進んでおり、急増する人口に伴う宅地需要に対する供給案も含め、早急な策定と承認、また実施が重要である。

PU-3: ファーマーズマーケットの移転

4.3.10 に示すように、リングロード建設のためのファーマーズマーケットの移転を余儀なくされているが、これを機会ととらえて、特産品開発、地域ブランド確立のための拠点として「道の駅」化することが求められている。

PU-4: 南部の商業・ビジネス・観光ハブ化

プンツォリン・ストラクチャー・プランのビジョンは「プンツォリン市を南部の商業・ビジネス・観光ハブにする」事であるが、残念ながら現段階で都市環境の整備はそれに至っていないと考えられる。ブータン独自の伝統や文化を考慮しつつ、恵まれた自然環境、また、国境都市特有の産業活動を融合しつつ、南部のハブ都市としての成長戦略が必要である。それらを実現する手法として、フットパス・ネットワークの整備や緑化等を含む City Beautification、商業施設（例えば日本における「道の駅」の様な施設）の整備、都市のシンボリックなゲートウェイ、ランドマーク、広場（例えばシティ・ホール）等の試みも重要である。また、5 章で取り上げている Om Chhu 流域は通常は清涼な親水空間を提供している。現在も多くの散歩者がその堤を利用しているが、さらには上流まで遊歩、4.7.1 において提案している砂防ダムを利用したレクリエーション施設の建設など、自然資源を生かした親水空間の創造の可能性を持っている。

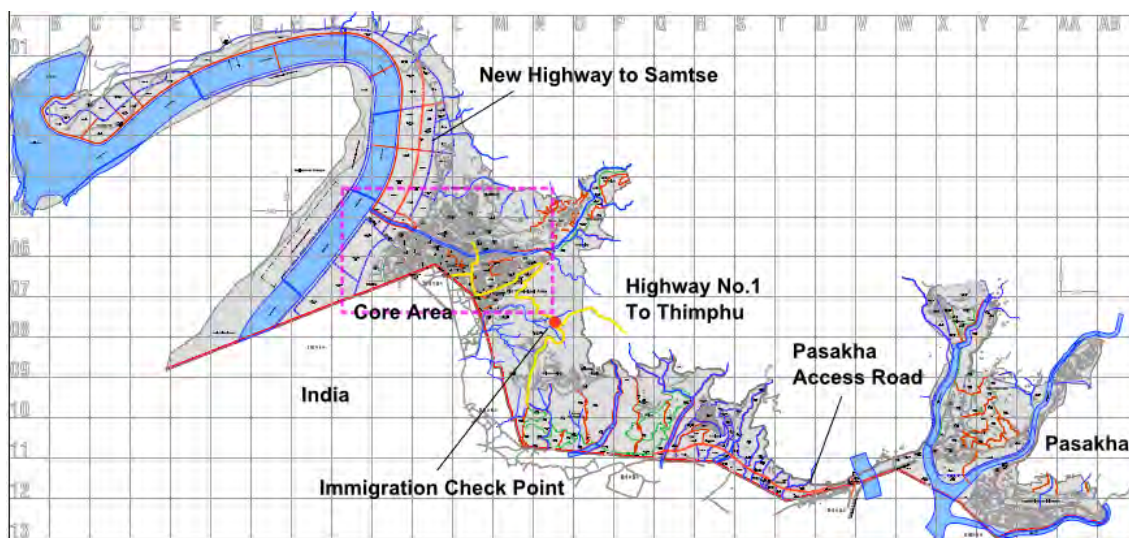
リングロード、ドライポートの建設により、多くのトラック交通の迂回が実現し、中心市街地の交通の動きを歩行者に適した環境にする可能性を提供する。これを契機として、フットパスの整備や緑化により、歩きやすい（Walkable）街づくりが重要である。

4.4 都市交通

4.4.1 道路網

プンツォリンはインドとティンブーほかブータン国内を結ぶハイウェイ 1 号線上に位置する。1 号線は主要幹線道路でありながら、インド政府の道路整備機関である DANTAK が建設、維持管理を行うものである。1 号線から東の工業エリアである Pasakha 地区に分岐する地点にブータン入国管理局のチェックポイントがあり、国境地点では、ほとんどチェックなしで車両の行き来が可能である代わりに、このチェックポイントで各種証明書の確認と通行管理を行っている。通常、インドのトラック・ドライバーはこのチェックポイントから Pasakha 方面のみには進めるが、ティンブー方面への通行は制限される。

図 4-17 に示す Pasakha 方面のアクセス道路及び Samtse 方面へのハイウェイは、幅員 18m の主要道路規格で前者は ADB、後者はブータン政府により今後整備される。プンツォリンと Samtse 間の移動は現在インド側の道路を経由しなければならないが、新規ハイウェイの建設により大幅なアクセス改善が期待される。本調査の主眼は都市交通であることから、以下の部分では実質的な都市としてのまとまりがあるコア・エリアに焦点を絞り、その外については対象としない。



出所：ドラフト・ストラクチャー・プランをベースに JICA 調査団作成

図 4-17 プンツォリン全域の道路網と計画

プンツォリン中心部の主要な交通関係施設の配置とトラックの動きを図 4-18 に示す。インドとの国境付近に既存市街地があり、主要道路に接している。業務・商業の機能はこの一帯に集積しており、国境通過がきわめて容易であることから、インド側との経済交流や交通の行き来も活発である。中心部は Om Chu 川で南北に分かれており、車両が通行できる橋は現在 1 本のみ存在する。このほか、西側に歩行者専用の横断橋も設置されている。



出所：JICA 調査団

図 4-18 プンツォリン主要交通施設とトラックの動線

国境都市であるプンツォリンでは多くの貨物車両が通行している。国

境とティンブー方面を結ぶ道路が市街地を横切っており、2 車線しかない道路に大型貨物車両と一般乗用車が混在しているため、この道路上では混雑が生じている。これにより、移動にかかる時間的損失だけでなく、大型車両の割合が高いため事故の危険性増大や排気ガスによる大気汚染及び二酸化炭素の排出増加、舗装劣化の進行など、様々な問題を引き起こしている。具体的な要因については下記に示す。

- 輸出入車両は入管や通関など様々な手続きが必要となるが、これらを行う施設が市内に散在している。そのため、トラックによる税関事務所と車重計の往復など不必要な動きが生じており、交通量が過大になっている（図 4-18、図 4-19 i、ii）。
- 車重計は計測と書類確認のため 1 台あたり 3 分程度の時間を要するが、一度に 1 台しか処理できず、検査を待つ車両がピーク時には 20 台程度列をなしている（図 4-19 v、

- vi)。この区間は2車線なので、追い越して通行せざるを得ない車両が対向車と接触する危険性が高い。また、路肩も劣化している。
- 車重計からティンブー方面へのハイウェイ1号線は傾斜のある山道であるが、登板車線がないため上述のような追い越しによる事故発生の危険性や、低速でしか走れない大型車両による通行の阻害が生じやすい。
 - 長距離トラックは停車や貨物の積み降ろし・積み替えをするため、市内にあるトラックターミナルや倉庫、空きスペースを利用している。主要なものは市が保有する新旧のトラックターミナルと、北側の河川沿いにある未舗装のスペースである(図4-19 iii、iv)。これらにアクセスするため、トラックが市街地やOm Chu北岸の生活エリアも通行している。



(i) 国境ゲート付近の混雑



(ii) 税関事務所付近の混雑



(iii) 新トラックターミナル



(iv) Om Chu 北岸のトラック停車エリア



(v) 車重計



(vi) 幹線道路上の車重計待ち行列

出所：JICA 調査団

図 4-19 プンツォリン中心部の主要交通関係施設の現況



(i) 橋梁上の劣化状況



(ii) 橋の接続部交差点の舗装劣化

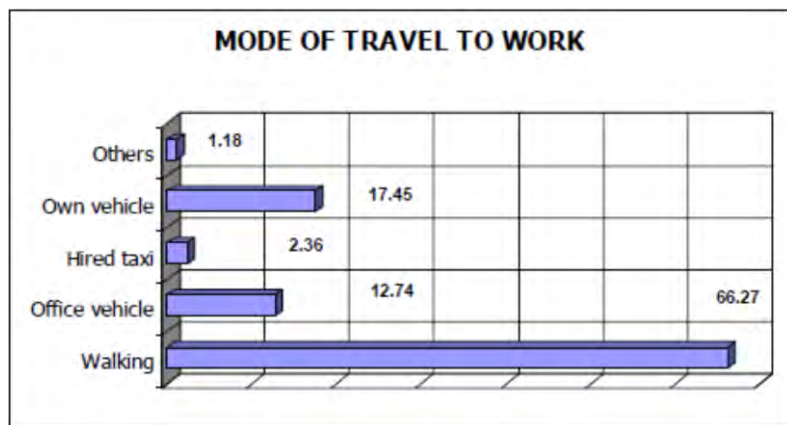
出所：JICA 調査団

図 4-20 Om Chu 架橋周辺の道路劣化状況

Om Chu 川にかかる自動車通行用の橋は現在 1 本しかなく、市の南北を行き来する車両が集中している。また、上述のように北岸にアクセスする大型貨物車や、都市間バスターミナルを利用するバスも通行するため、橋の構造には大きな負荷がかかる。この橋は 2003 年に建設されたものの、増加する交通量のため急速に劣化が進行しており、市には安全性を不安視する声が届けられている。また、橋の北側は傾斜地になりプンツォリンは雨量が多い土地のため、特に舗装の劣化が進みやすくなっている（図 4-20）。

4.4.2 交通モード

非常に小さくまとまったプンツォリン中心部では公共交通サービスが存在しておらず、移動はかなりの程度が徒歩で行われることになる。古いデータとなるが、2003 年に市内中心部で行われた世帯調査によると、通勤トリップの 3 分の 2 が徒歩によってなされている（図 4-21）。後述するように最近 10 年でモータリゼーションが急激に進行しているため、この数字は減少しているとみられるが、中心部の入り組んだ道路の通過や駐車場の確保といった面で自動車の利用は必ずしも利便性が高いとは言えず、依然として徒歩トリップの割合は高いとみられる。



出所：Urban Development Plan (2002-2017)

図 4-21 プンツォリン中心部の通勤モード

また、市域のコンパクトさという観点から、自動二輪車の利用が多いというのもプンツォリンの特徴といえる。今回実施した交通量調査によれば、ティンプーではほとんど自動二輪車の利用が見られなかったのに対し、プンツォリン中心部の調査地点では台数ベースで通行車両のおよそ 13%が自動二輪車であった。越境が容易なインド側から流入してくるものも多いとみられる。

4.4.3 自動車保有の動向

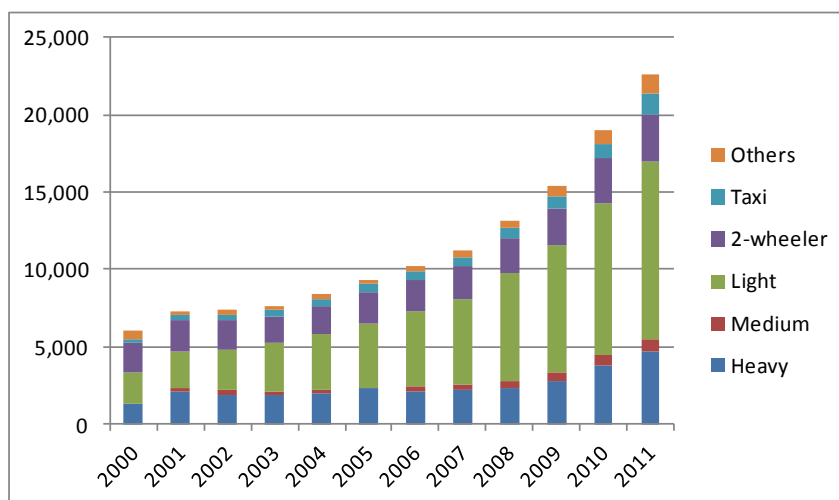
プンツォリンにおける登録車両の推移を下図 4-22 に示す。10 年単位のトレンドで見ると分かるように、普通乗用車を中心に登録車両総数は指数関数的な伸びを示しており、3 倍以上に膨れ上がっている。特に 2000 年代後半からの伸びが顕著であり、今後も当面はこのモータリゼーションの進行は続くと思われる。

4.4.4 マストランジットの現状

前述のように、プンツォリンの市域は非常に小さくまとまったものであり、市内の公共交通は存在していない。自動車を持たない市民が徒歩圏外に移動する手段はタクシーとなる（図 4-23）。

ストラクチャー・プラン案によると、当面は導入の必要性が低いとするものの、将来は拡大する開発エリアから中心部への足を確保すべく、主要道路沿いにバスを走らせることを検討しておりルートが示されている。

市内バスはないものの、中長距離のバスは現在でも運行されている。ティンプーでも市内バスを運行している Bhutan Post が中心部と Pasakha 地区間の路線を持っており、2 台のバスで営業している。そのほか民間オペレーターも同ルートを走っており、工場などの従業員送迎バスも見られる。都市間道路から中心部の入口にあるスペースがターミナル的に利用されており、これらの中距離バスはそこを発着拠点としている。（図 4-24）



注： Light = less than 3 ton, Medium = 3-5 ton, Heavy = more than 5 ton
 出所：Structure Plan for Phuentsholing (2013)

図 4-22 プンツォリンの登録車両数推移



出所：JICA 調査団

図 4-23 タクシーターミナル



出所：JICA 調査団

図 4-24 都市間バスターミナル

長距離バスにとってプンツォリンはハブ的な位置にあり、プンツォリンとブータン各地を結ぶ路線があるほか、インド西ベンガル州の Kolkata、Siliguri 間のバスも発着している。都市間バスターミナルはティンプー同様 RSTA（Road Safety and Transport Authority）が保有しており、現状のバス運行数からすると広大な敷地を Om Chu 川北岸に有している。複数の民間バスオペレーターがこのターミナルを拠点としている。上述の通り、現状で市内バスは運行されていないが中距離路線を Bhutan Post などが運行しているほか、複数の民間オペレーターにより都市間バスが運行されている。

4.4.5 歩行者空間・ネットワーク

交通モードの項で述べたように、プンツォリンでは移動において徒歩が重要な役割を担っている。中心部のコンパクトなサイズと入り組んで狭隘な街路構造を考えると、自動車に比べて徒歩の利便性が高いといえる。既存市街地エリアと Om Chu 北岸の住居、バスターミナル、野菜市場、学校などを行き来する需要もあり、歩行者専用建設された橋がその機能の一部を果たしている。また、Om Chu 両岸の堤防上は歩道化されており、散歩に使う市民も多く見られる。

既存の都市構造と資源を生かしつつ、より歩行者にとって快適かつ利便性の高い環境を整えることが、自動車への転換を抑制する手段ともなりうる。例えば、豪雨の際には勾配により大量の水が滝のように流れ、勢いで足を取られてしまいかねないほどの状態になることもある。このような場合にも安全を確保するには、排水と段差の確保といった対策が考えられる。

4.4.6 交通マネジメント・規制・安全

プンツォリン市内には信号交差点がなく、多くの貨物車両が通行しており、安全面では望ましいとはいえない状況にある。中心部は狭く入り組んだ道路となっており、トラック侵入の時間帯規制がかかっている。事故の危険性としては、舗装の悪化している区間やトラックが通る2車線の坂道区間などで特に大きい。

4.4.7 駐車空間

プンツォリンにおいては乗用車よりも貨物車両の需要が高く、市によりトラックターミナルが整備・運営されている（図 4-19 参照）。従来のトラックターミナルは多くのトラックに利用され手狭になってきており、市内の中心部に近い立地でもあるため、より広く舗装されたスペースを持つ新たなターミナルが西側に整備されている。

インドから来たトラックはティンプー方面には通行できないため、プンツォリン市内において貨物の積み替えを行う。また、プンツォリン発着の貨物の積み下ろしも行われる。これは上述のトラックターミナルで行われるほか、インフォーマルな駐車スペースでも行われる。また、倉庫業者や卸売業者は零細な事業者も多く、市内各所の路上で積み下ろしが行われている例も見られる。中心部の将来にわたる機能と環境を考えたときに、拠点となる荷捌きエリアが適切な位置に確保される必要がある。また、一般自動車の数も引き続き増加していくと予想されるため、限られたスペースの中で駐車用地を確保しておく必要がある。土地の制約を考えると、駐車場は立体化や、ビルとの一体化により設置することが効率的である。

4.4.8 交通調査

(1) 調査の概要

プンツォリンの主要道路の状況を把握するため、下表 4-14 の要領で調査を実施した。

表 4-14 プンツォリンにおける交通調査の概要

	調査項目	
	車両カウント	インタビュー
目的	市内の交通需要の把握	移動ルートの把握
調査地点	3 箇所×2 方向	1 箇所（車重計）
対象	乗用車、タクシー、バス、小型トラック、中大型トラック、バイク、その他	車重計を利用する車両のうち 10%
時間	2013 年 8 月 29 日（木）および 9 月 2 日（日）の 7:00～19:00（12 時間） 15 分ごとのカウント	

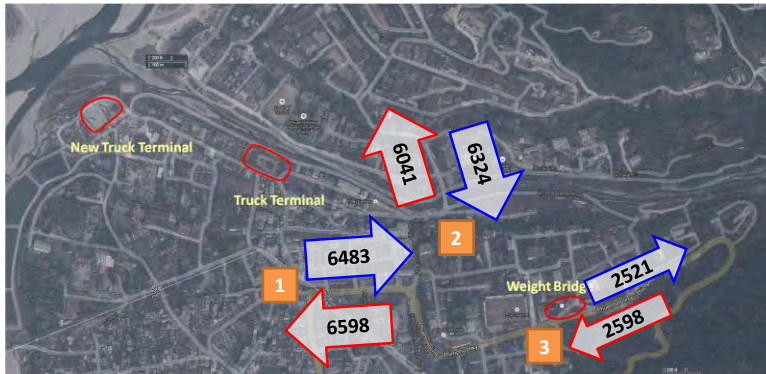
出所：JICA 調査団

(2) 調査結果

車両カウントの結果による各調査断面の交通量を図 4-25、表 4-15 および図 4-26 に整理する。

この調査結果から、以下のことが読み取れる（調査詳細については Appendix F 参照）。

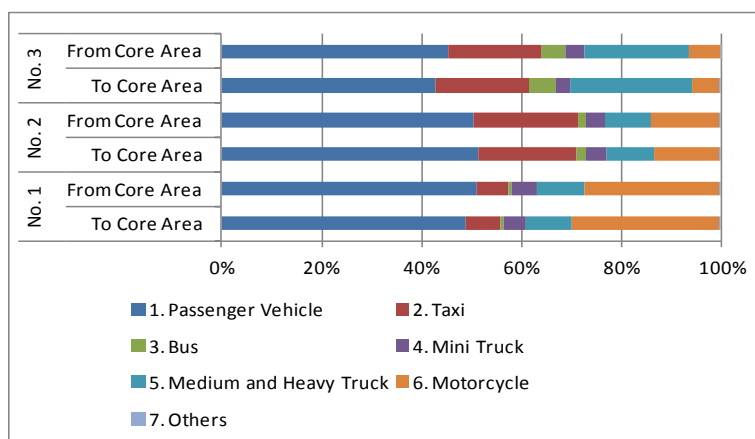
- 国境及び橋の交通量が大きい。これはトラックに加え、乗用車や二輪車による交通も高いためである。



単位：PCU

出所：JICA 調査団

図 4-25 プンツォリン市内の交通流動（平日 12 時間）



出所：JICA 調査団

図 4-26 調査地点における車両構成（台数ベース）

表 4-15 ルート調査の結果（平日分）

Trip Direction	Number
Inward	27
to Pasakha	8
to Thimphu and Inland Bhutan	10
Stop at Phuentsholing	9
Outward	3
N/A	1
Total	31

注：Inward はブータン国内上り方向、Outward は下り方向を示す。

出所：JICA 調査団

- 乗用車や二輪車の通行は時間的に変動があるが、トラックにおいては比較的少なく、常に一定数が通行している。トラック 1 台が道路上で占有するスペースは乗用車換算では 2 台分以上に相当すると扱われるので、台数ベースの割合以上にトラックによる道路混雑への影響は大きい。

- 車重計付近のトラックの交通量は、国境付近の 6 割強である。このことは、車重計より先のブータン内部とは関係なく、プンツォリン発着の貨物輸送も一定数あることを示している。

- インタビューによると、ティンムー方面行と Pasakha 方面行の割合はおよそ半々に分かれる。

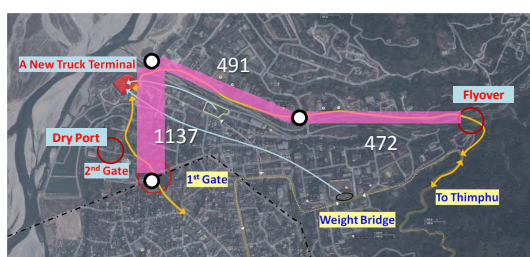
- インタビューで上り方向でプンツォリン止まりとなっている回答は、車重計測後に市内へ引き返す動きであり、計測のためだけに市内からこの位置まで移動する車両である。

4.4.9 交通ボトルネックの分析

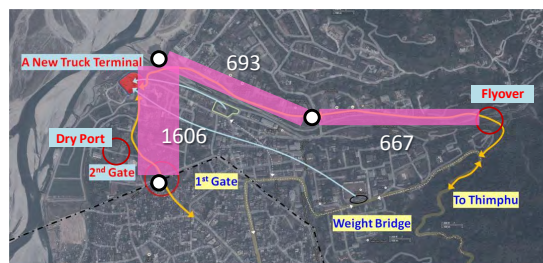
プンツォリンにおける都市交通上のボトルネックは国境につながる中心道路であり、貨物車の集中により渋滞発生、事故の危険性増大、都市環境の悪化、舗装の劣化など様々な問題を引き起こす要因となっている。規模の小さいプンツォリンでは、車両が通行する道路は限られており、この問題区間は都市の骨格をなす重要な道路であるが、そのために貨物車に加え一般乗用車も通行しており特に交通量が多い。さらに沿道施設への車両の出入りも多い。このため、日中の長時間にわたって混雑が生じている。要因は、既に前出の道路網の項で述べたとおり、根本的には貨物交通と旅客交通を分離できるような代替ルートが存在していないことである。市街地からトラックを迂回させるバイパスルートの確保は、プンツォリンにおいて切実な課題である。

4.4.10 交通発生量予測

後述するように、ADB は貨物車両を市街地から迂回させるバイパスルートの建設を検討しており、将来の交通需要を分析している。この結果を図 4-27 に図示する⁸。



(a) 2013 (仮にバイパスが存在する場合)



(b) 2027 (バイパス建設後)

単位：台／日（トラック・双方向合計）

出所：Regional Transport Development in South Asia, Bhutan Subregional Project (Phuentsholing): Draft Final Report (2013)に基づき作成

図 4-27 バイパスルート上のトラック需要予測

今回実施した交通量調査の結果によれば、国境を通過するトラックから Pasakha 方面の需要を除いた台数は 1,269 台となっており、市内とハイウェイ 1 号線の接続区間では 541 台となっている。これは上の仮定的状況における予測結果よりやや高くなっている。当予測における年平均の増加率はおよそ 2.5% である。現状の交通量が予測をやや上回っていることと、短期的には貿易貨物の増加が 2.5% よりも高いペースで進む可能性もあることから、実際の需要は予測より上ぶれすることが考えられる。

4.4.11 進行中のプロジェクト

(1) ストラクチャー・プラン

プンツォリン市は新たにストラクチャー・プランを作成し、最終化を行っている状況である。以下に挙げる ADB の一連のプロジェクトも、本ストラクチャー・プランの道路ネットワークにおいて位置づけられている（表 4-16 参照）。

⁸ Pasakha アクセス道路の建設も織り込まれている。

表 4-16 ストラクチャー・プラン記載のプロジェクト概要

	プロジェクト	概要
1	トランジット・ハブの整備	ターミナルの交通結節点として機能強化
2	市内複数箇所でのタクシー スタンド整備	主要施設、住区近辺での整備
3	階層的な道路整備	市内の様々なエリア間の連結性向上とコンパクトで歩行者志向の環境づくりの促進
4	新道の建設	
5	バス停施設の整備	バス停留所の指定と整備
6	歩行者通路の整備	歩行者にやさしい空間形成と移動の円滑化
7	歩行者用の橋梁整備	分断されたエリアの連結性向上と徒歩・自転車利用の促進
8	トラックターミナルの新設	駐車スペースの確保と移動の利便性向上
9	既存橋梁の改良と橋梁新設	将来の人口増加とハイウェイ接続への対応

出所：プンツォリン・ストラクチャー・プランより抜粋

(2) ドナー支援プロジェクト

プンツォリンにおいてはADBがSASEC Road Connectivity Projectの一環として都市交通の支援を行っている。プロジェクトの概要は次の通りである。

プロジェクト: SASEC Road Connectivity Project

支援機関: ADB

プロジェクト形態: 借款

事業費用: US\$50,350 千 (未承認) 実施時期: 2014 年より、具体的には未定

実施機関: MOWHS, DUDES、プンツォリン市役所

事業内容: ブータン南部対象地域とした南部都市回廊建設支援

具体的な事業とその想定投資額と経済分析結果は表 4-17 の通りである。

表 4-17 想定される各事業の投資額と収益率

事業	投資 (USD)	EIRR
リングロー (オプション 1)	5,900,150	17.5%
ド (オプション 2)	6,412,502	16.1%
ミニ・ドライポート	2,794,012	23.7%
Pasakha アクセス道路	7,411,428	18.8%

注: オプション 2 が上図で示すフライオーバー案で、オプション 1 はより西側で渡河する案となる。

出所: Regional Transport Development in South Asia, Bhutan Sub-regional Project (Phuentsholing): Draft Final Report (2013)

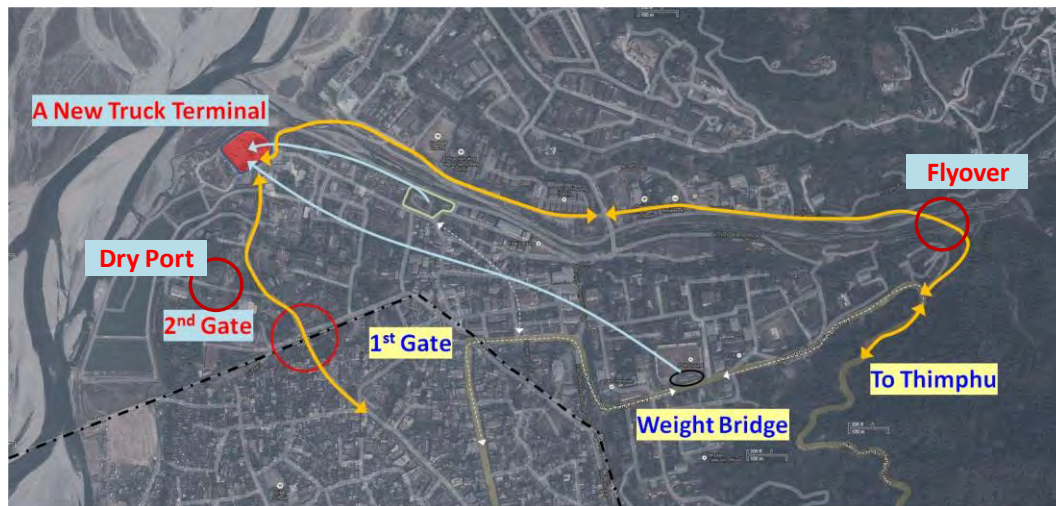
リングロード

- 新たな国境ゲートを設け、貨物車両を市街地から迂回させる道路及び橋梁を新設する事業である。市内での貨物車による混雑を大幅に軽減することを目的としている (図 4-28)。
- 区間には 2 本の渡河橋・フライオーバーを含む。

- この区間の線形オプションは確定していないが、一部移転が必要となる可能性がある。

ミニ・ドライポート

- 新国境ゲート付近の用地 2.2ha に整備され、通関、積み降ろし、積み替え機能を備える。
- 国際交通にかかる手続きを集約することで、貨物交通の円滑化を図る。

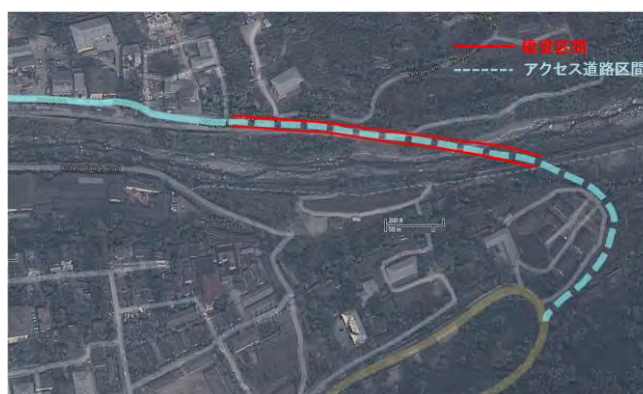


出所：JICA 調査団

図 4-28 リングロードの提案路線

Pasakha アクセス道路

- 工業エリアである Pasakha とインドとのアクセスを容易にするため、道路・橋梁を整備する。
- 新しく国境ゲートを設け、通関施設も整備する。
- Pasakha へのアクセスは現在プンツォリン市街を通るルートでなされているため、貨物交通の分散が期待される。



出所：JICA 調査団

図 4-29 フライオーバーの想定案

ADB は上記各案件について 2014 年第 2 四半期に Loan/Grant Agreement を取り結ぶ予定で準備作業を進めており、2015 年初頭の開始が想定されている。実施優先度としてはドライポートが高くなっているが、リングロードのフライオーバー区間は比較的長い工期が見込まれることから、早期の実施が望ましい。フライオーバー区間の想定案を図 4-29 に示す。

4.4.12 都市交通の開発課題

以上の現状分析から、プンツォリン都市交通セクターにおける開発課題を整理する。

PT-1: 貨物交通の市内通過迂回

プンツォリンにおける最大の課題は貨物車両の市街地進入抑制である。この解決策として ADB が検討を進めているリングロード事業の早期実現が望まれる。

PT-2: 劣化した道路・橋梁への対処

プンツォリンでは重量車両の通行や高い降水量、傾斜などの条件により、舗装や構造物が劣化しやすい環境にある。特に現在唯一の南北渡河地点であり、将来的に新設されるハイウェイとも接続する Om Chu 第一架橋において、劣化の問題が顕著であり安全確保のため対策を求める声が出ている。

PT-3: 道路やターミナル施設と経済活動のリンク

プンツォリンの交通状況はリングロード事業の実施などにより、将来的に大きく変わることが予想される。その際に、幹線となる道路沿いやターミナルとなる場所を戦略的に活用することで、市の経済・社会にとってポジティブな効果を生むこともできる。例えば、日本の道の駅のような施設を配置することで新たな商業活動を行う機会が生まれ、農産物販売など周辺農村部の住民に対する裨益も期待される。

PT-4: 自動車に頼らない交通空間の維持・強化

自動車利用は年々増加しているものの、プンツォリンは歩行によるトリップの割合が高いという特徴を有しており、これは将来にわたって生かされるべきものである。地形的に道路・橋梁の開発が制約される都市において、自動車に頼らない交通の環境とすることが望ましい。

4.5 上水道

プンツォリンでは市内の全域で市の水道サービスが提供されている。また区域外ながら市近接地域にも水道供給が行われている。Dhamdara や Pipaldara には農村給水システム Rural Water Supply Schemes (RWSS)で給水されている。

プンツォリン 市の給水サービスは北浄水場、南浄水場、Kharbandi 浄水場の浄水と市内深井戸からの地下水を、配水網を通じて給水している。水道施設は 2000 年の洪水により壊滅的な被害を受け、その後、ほとんどの施設が復旧したものの Am Mo Chhu の伏流水取水施設、Om Chhu の表流水取水施設が復旧していないため、多くの地域で間欠給水が行われている。

市の拡大エリアでは各開発地区が丘により分断された地形的な特徴から、各開発地区に独立した 10 の水道施設を建設することが計画されている。

4.5.1 水源

2000 年の洪水以前は Am Mo Chhu の伏流水、北浄水場、南浄水場水源であった Om Chhu の表流水が水源であったが、2000 年の洪水後は、市内の深井戸、北浄水場、南浄水場および洪水後建設された Kharbandi 浄水場の水源である Om Chhu の支川が水源となっている。

地下水の全給水量に占める割合は約 70%で地下水に依存する割合が高い。プンツォリンは Am Mo Chhu、Om Chhu の扇状地上に位置し、地下水は豊富と考えられる。しかしながら、

インド側に住む 20 万人ともいわれる人口がすべて地下水に依存していること、地下水賦存量に関する水理地質学調査がこれまで実施されていないこと、さらにインド側の調査をしない限り、賦存量に関する有意義な解析ができないことを考慮すると将来的には地下水への依存は下げるべきであると考えられる。地下水への依存を下げつつ給水能力を増やす選択をするならば、かつてのように、水源を Am Mo Chhu、Om Chhu に求めるのが必然である。

Am Mo Chhu の Dorokha Bridge の流域面積は 3,040 km²、10 年確率渇水比流量は 0.73m³/sec/100km² で 10 年確率渇水流量でも 200 万 m³/日に近い十分な流量を有する。Om Chhu 流入河川はいずれも小河川で流域面積は数 km² である。Om Chhu の流況観測は行われておらず、流量データは存在しない。Am Mo Chhu と同じ 10 年確率渇水比流量を想定すると、Om Chhu の流域面積は 21 km² で 13,000m³/日程度の渇水量を有し、水需要量のほとんどを満たすことができる。他方、現在取水が行われている Om Chhu 支流はいずれも小河川で流域面積は数 km² である日流量は 1,000 から 2,000m³/日と推定される（Appendix D: Draught Analysis 参照）。北、南浄水場の浄水能力は合計で 4000 m³/日であり、2 浄水場で 3 つの河川から取水しているが、その合計 10 年確率渇水流量は 3,000 から 6,000m³/日で水源能力は限界に近いといえる。

Am Mo Chhu からの将来的な取水を想定すると、河川規模は大きく、洪水に耐えうる河川構造物の建設は極めて大規模なものとなることが想定されるので、Am Mo Chhu からの取水施設は上流部の水力発電開発の一部として建設されることが必要と考えられる。

4.5.2 給水の現状

先に述べたようにプンツォリンでは市内のすべての地区に市の給水サービスによる水道水が配水されている。水道施設は浄水場（井戸を含む）、送水管、配水池、配水管網により構成される水道施設は、3 つの浄水場、2 つの井戸群及び 1 本の井戸、10 か所の配水池、約 12 キロの送水管、約 27 キロの配水管網からなり、870 のサービス接続を有する。給排水システムの大部分は 1990 年代に建設されたもので、径は 50～200 ミリである。管の 90%は亜鉛引き鋼管で、残りはダクタイル鋳鉄管である。浄水場、井戸群の設計給水能力は 1 日当たり 13,694 m³/日で表流水、地下水の比率はほぼ 3 対 7 である。

上記の各施設の設計能力に対して実際の生産量は 8,000 m³/日にとどまっているといわれている。2005 年国勢調査に基づく推計ではプンツォリンの人口は 2012 年人口で 23,915 といわれている。この人口によれば一人あたりの給水量は 292 l/人/日となる。都市規模、生活様式から考えかなり大きな値となるが、これはインド側から多量に流入する昼間人口、漏水等の影響が考えられる。

このように給水量は決して不足している状況ではないのにもかかわらず、多くの地域では 1 日当たり 4 時間から 17 時間の時間給水となっている。このため、多くの建物では貯水タンクを持っている。

4.5.3 給水施設

水道施設は浄水場（井戸を含む）、送水管、配水池、配水管網により構成される。それらの位置を図 4-30 に示す。

(1) 浄水施設（井戸を含む）

浄水施設の生産能力は表 4-18 に示すように北浄水場、2,000m³/日、South 浄水場、2,000m³/日、Kharbandi 浄水場、250 m³/日、井戸は表 4-19 に示すように、R&C 井戸 1,248m³/日、CHPC 井戸 8,100m³/日、Pemaling 井戸 540 m³/日である。

表 4-18 浄水場の概要

浄水場	浄水処理方式	設計浄水能力	生産量実績
北浄水場	緩速ろ過、消毒 (高濁度時の濁度除去のため凝集ろ過の前処理あり)	2,000	1,632
南浄水場		2,000	519
Kharbandi 浄水場	急速ろ過、消毒	250	313
合計		4,250	2,462

出所：ブンツォリン市

表 4-19 井戸の概要

井戸	設計容量	生産量実績
CHPC	9 ポンプ、45m ³ /時間井戸 6 ポンプは 24 時間運転 3 ポンプは 12 時間運転 計: 8,100 m ³ /日	4,187
R&C	2 ポンプ、28m ³ /時間/井戸 24 時間運転 計 1,344 m ³ /日	1,428
Pemaling (CST)	1 Pump、45m ³ /時間/井戸 時間運転 T 計 540m ³ /日	
計	9,444 m ³ /日	5,615

出所：ブンツォリン市

表 4-20 配水池容量

配水池名	容量(m ³)
North WTP	300
	320
MSD	200
Booster PS (Except Fire Reservoir)	530
	300
South WTP	660
	340
Kharbandi WTP	170
Pemaling	30
Peepaldara	230
計	3,080

出所：ブンツォリン市

浄水場はいずれも緩速濾過方式を採用しているが、北浄水場、南浄水場では高濁時の濁度除去のために前処理として急速濾過が導入されている。しかしながら、凝集工程がないため、急速濾過が正常に機能していない可能性が高い。

緩速濾過については1から2週間ごとに表面のろ膜の掻き取りが実施されていて、適切な運転が行われているが、ろ速が10m³/m²/dayを超えているため（通常3-5 m³/m²/day）ろ過効果が十分ではない可能性が高い。

(2) 配水池

送配水系（浄水場以降の送配水施設）には配水池が 7 か所、導水系（水源から浄水場までの導水管）には圧力解放池（水源と浄水場管の標高差が大きいため圧力が高くなるのを開けるために水压を開放するための貯水池）が 3 か所ある。配水池容量を表 4-20 に示す。プンツォリンのように規模の小さな水道では水使用量の時間変動が大きいため、その変動を吸収するため給水量に対して 50% から 100% の容量が必要であるが、現状では設計生産量、生産実績に対してそれぞれ 22%、38% で必要な容量を満たしていないといえる。これが、24 時間給水できない原因の一つとも考えられる。

(3) 送配水管

表 4-21 管の長さとは径

管径 (mm)	延長 (m)
50	4,305
75	7,986
100	3,642
150	3,922
200	449
合計	20,304

出所：プンツォリン市

表 4-21 は送配水管の管径別の長さを示す。このデータは市より提供された図面に基づくが、Khrabandi 浄水場配水区は幹線のみしか表示されていない。市からの聞き取りによれば送配水管の全長は 27km である。送配水管の多くは 1990 年代に建設され、垂鉛引き鋼管が多いといわれている。

(4) 上水消費量と無収水 (UFW)

表 4-22 は、プンツォリン市における 2012 年 7 月から 2013 年 6 月までの地区別及び消費者別 1 日当たりの平均消費量である。1 日当たりの消費量合計は 4,564 m³ である。一般家庭が最も多く 40% を占め、次いで商業セクターが 32%、官公庁 18%、工業 10% となっている。世界の都市と比較すると、プンツォリン市は一般家庭以外の需要が大きい⁹。プンツォリン市の水の消費形態は、市が国際貿易都市で、商業が主要な産業であるということを物語っている。

表 4-22 地区別及び消費者別 1 日当たりの平均消費量

Zone Name	Domestic		Institutional		Commercial		Industrial		Total	
	No of Customers	Consumption (m ³ /day)	No of Customers	Consumption (m ³ /day)	No of Customers	Consumption (m ³ /day)	No of Customers	Consumption (m ³ /day)	No of Customers	Consumption (m ³ /day)
Namgayling	24	54	1	2	19	111	3	8	47	175
Pemaling I	68	354	2	16	39	406	2	2	111	778
Pemaling II	270	219	25	269	15	77	3	9	313	574
Tashiling I	55	91	13	242	64	510	2	15	134	858
Tashiling II	192	974	2	25	37	276	8	48	239	1,323
Zorigling	40	137	17	288	22	72	25	359	104	856
Total	649	1,829	60	842	196	1,452	43	441	948	4,564

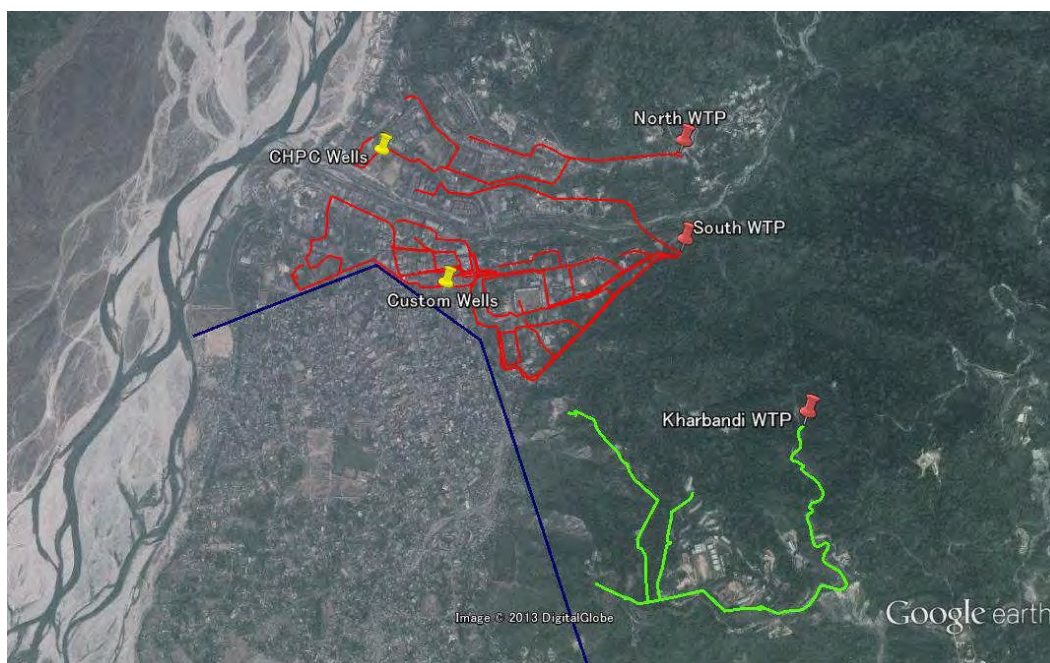
注記：日平均消費量は 2012 年 7 月から 2013 年 6 月までの 1 年間のデータから算出された者である。

出所：プンツォリン市

⁹ Non-domestic water consumption is less than 30% in Tokyo in 2012.

上水供給量を日量 7000-7500m³ とすると、UFW（無収水）は 35%-40%と若干高いレベルにある。漏水は適切な検査により問題をつきとめる必要がある。9 割の水道管が亜鉛引き鋼管で敷設後 13 年以上経過しているという事実を考慮すると、水道管はおそらく多くの場所で漏水していることが想像に難くない。また一般的な盗水方法は、水道管にノミで穴をあけ接続管を接続する方法である。高い漏水比率は驚くに値しない。水道管網の圧力損失分析や、漏水検査を行い、漏水箇所をつきとめるべきである。資金手当ができるのであれば、亜鉛引き鋼管をダクタイル管、HDPE 管、或いは MDPE 管等、耐久性の高い管に変更することが望まれる。

水質としては、表流水は川の上流の清流から取水し砂ろ過・殺菌を施し、地下水は殺菌していることから、生成された上水の品質は一般的によいと考えられている。しかし時間により給水制限を行っている地区では、汚染リスクを伴っている。何故なら間欠給水により、断水の間は、水道管内は負圧となっている可能性があり、管外からの汚染水を吸引する可能性があるからである。



出所：プンツォリン市

図 4-30 主要水道供給施設の配置状況

4.5.4 簡易水質調査

水道水の快適性、安全性を評価するために北浄水場、南浄水場、Kharabandi 浄水場で簡易な水質試験を実施した。表 4-23 に示す結果によれば、水質の快適性に関する項目（Fe、Mn、硬度、色度、濁度）では、処理水の濁度はいずれも 1 度以下、色度も 5 度以下で清澄な水と判断される。一方、安全性に関連する一般細菌、大腸菌群、アンモニアは処理水の一部から、一般細菌、大腸菌群が検出された。細菌性の汚染が疑われるが、本水質試験のための水質分析では殺菌した水を準備できなかったため、器具に細菌が付着していた可能性があり、この結果から細菌汚染と判断することはできない。通常細菌汚染は動物の排泄物に由来することが多いが、その場合にはアンモニア濃度も高くなるのが普通であるのに対して、今回の試験ではアンモニアは低濃度で、排泄物由来の細菌汚染とは考えづらい。

重金属類は測定していないが、上流部にほとんど人為活動がない流域環境ではこうした汚染の可能性は低い。人為由来でない汚染としては地下水中のヒ素がよく知られているが、表流水中のヒ素汚染は鉱山排水、工場排水による汚染以外は知られていない。

表 4-23 水質分析結果

Facility	Sampling Point	pH	EC	Fe	Mn	+NH ₄	-NO ₂	-NO ₃	-TH	COL	TUR	Coliform	E. Col
			mS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	unit	unit	count/ml	count/ml
South WTP	1-1 Arriving Well 1	8.40	0.43	< 0.20	< 0.60	0.94	< 0.02	1.6	103	1.0	3.4	16	7
	1-1 Arriving Well 2	8.48	0.24	< 0.20	< 0.60	0.47	< 0.02	1.5	79	0.5	1.0	8	0
	1-3 Rapid Filter Outlet	8.40	0.24	< 0.20	< 0.60	0.39	< 0.02	1.4	79	0.0	1.6	6	1
	1-4 Slow Filter Outlet	8.29	0.24	0.26	< 0.60	< 0.20	< 0.02	2.3	70	3.5	0.5	2	0
Kharabandi WTP	1-1 Arriving Well	7.96	0.38	< 0.20	< 0.60	0.23	< 0.02	3.1	> 100	2.5	0.0	> 40	5
	2-2 Slow Filter Outlet	7.92	0.37	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	3.6	> 100	2.0	0.6	> 40	0
North WTP	1-1 Arriving Well 1	8.22	0.30	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	1.1	> 100	2.0	0.0	27	6
	1-1 Arriving Well 2	8.22	0.24	< 0.20	< 0.60	0.36	< 0.02	1.9	> 100	2.5	0.4	7	2
	3-3 Rapid Filter Outlet	8.23	0.24	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	1.5	87	3.0	1.3	7	2
	4-4 Slow Filter Outlet	8.23	0.24	< 0.20	< 0.60	< 0.20	< 0.02	1.3	> 100	0.0	0.3	0	0

出所：JICA 調査団

4.5.5 進行中のプロジェクト

ストラクチャー・プランでは新規開発地区には各々独立した給水システムを導入することを提案しているが、具体的な施設計画は提案されていない。また、既存地区に対しては長期計画として地下水への依存を少なくするために Am Mo Chhu からの取水を復活させることを提案している。

4.5.6 上下水道運営体制

表 4-24 はプンツォリンにおける上下水道関連の従業員である。総員 84 名であるが、表内の Regular Worker とは正規職員のことで、その他の人員は全て日雇いの労働者である。過半の人員が管網のメンテナンスを担当している。

表 4-24 プンツォリン上下水道人員

Unit: Persons

		Water	Sewerage	Total
Operation and Maintenance Section	Regular Worker	6	6	12
	Field Operators	26	21	47
	Office	19		19
Billing Section	Regular Worker	2		2
	Meter Readers	4		4
Total		57	27	84

出所：プンツォリン市

4.5.7 上下水道財政

表 4-25 はプンツォリンにおける上下水道料金体系である。

表 4-25 プンツォリン上下水道料金表

Water consumption (m ³)	Tariff Nu./m ³			
	Domestic	Industry	Institutional	Commercial
0-20	2.30	2.50	2.50	2.50
21-40	2.50	3.50	3.50	3.50
41-999999.00	3.00	4.50	4.50	4.50

出所：プンツォリン市

表 4-26 は、プンツォリン市の 2012 年 7 月から一年間の上下水道収入を地区別に纏めたものである。収入項目としては従量制の上水、下水、メータ使用料、滞納料金回収とその遅延料金等がある。一年間の料金収入は約 Nu.11 百万である。

表 4-26 プンツォリン上下水道収入 2012 年 7 月-2013 年 6 月

Unit: Nu.

Zone Name	Consumption (m ³)	Water	Sewer	Meter Rent	Arrear	Surcharge	Total
Doars	600	1,983	1,012	60	1,862	35	4,952
Tashi'Ting I	516,375	1,417,816	708,971	10,240	90,685	1,814	2,229,526
Perraling I	656,309	1,637,520	818,803	16,920	25,228	505	2,498,976
Zorigling	361,948	1,037,831	518,927	5,365	46,426	926	1,609,476
Namgayling	194,970	568,376	284,314	5,955	29,316	587	888,547
Tashiling II	469,708	1,398,738	698,088	8,830	35,596	712	2,141,964
Perraling II	224,743	652,067	326,099	4,630	16,620	333	999,749
NPPFB	86,431	207,126	103,684	17,645	9,517	192	338,164
Pemaling	35,912	90,608	45,488	3,600	4,757	96	144,549
Dhamdara	21,836	61,192	30,627	1,585	3,896	78	97,378
TOTAL:	2,568,832	7,073,257	3,535,992	74,830	283,902	5,277	10,973,259

出所：プンツォリン市

表 4-27 プンツォリン上下水道操業コスト

Unit:Nu.

Operation Cost	Water	Sewerage	Total
Wage	294,000	126,000	420,000
Salary	128,000	96,000	224,000
Electricity	400,000	25,000	425,000
Material	125,000	66,667	191,667
Monthly Exp	947,000	313,667	1,260,667
Annual	11,364,000	3,764,000	15,128,000

出所：プンツォリン市

表 4-27 はプンツォリンにおける上下水道サービスの年間創業経費の推計である。プンツォリンの方がティンパー市よりも給水量は少ないが、操業経費が多くかかっている。これは水道の揚水にポンプが必要で、その電力料金が追加で必要となるためと推測される。前掲の上下水道料金収入と比較すると、年間で約 Nu.160 万の赤字となっている。

4.5.8 上水道の開発課題

プンツォリンの給水サービスの現状から以下の開発課題が揚げられる。

PW-1: 上水汚染リスク

間欠給水は給水停止中に管内圧力の低下を引き起こし、外部からの汚水の侵入を許すため、水道水を汚染させる危険がある。これは安全な水の供給という観点からは致命的な問題である。現状のプンツォリンの需要と供給はほぼバランスしていて水量不足が間欠給水の原因とは考えづらい。現状の配水池容量が供給量の 20%であることから、連続給水ができない原因は主として配水池の容量不足、加えて、不適切な配水網が間欠給水となる原因と考えられる。配水池、配水網を整備することにより 24 時間給水が可能となり、給水停止中の圧力低下による汚染を防ぐことが可能となる。

PW-2: 長期的な水源開発計画の欠如

ストラクチャー・プラン案は新規開発地区では個々の地区に既存給水システムから独立した給水システムを作ること提案している。丘陵で分けられた地区が細長く続く新規開発地区では、長い送水、またそれに伴う事故を防ぐために個々の地区が独立した給水システムを持つことには合理性があると考えられる。一方、既存地区に対して Am Mo Chhu からの取水を復活させて、増量を図るとともに地下水への依存を下げることを提案している。既存地区の流域が大きくなり、安定した表流水源がない既存地区では莫大な水量を持つ Am Mo Chhu を水源とすることには合理性がある。

人口増加は主として新規開発地区に起こると予想されるが、既存地区でも一定の人口増加が起きることは避けられないので、Am Mo Chhu からの取水復活の具体的な計画を策定することが必要である

4.6 下水道及び排水

4.6.1 下水道施設の設計諸元

プンツォリン市の下水道は、DANIDA の財政支援によって第 1 期施設が、1993 年 12 月建設着手、1996 年に完成した。この支援には、各戸の排水設備、污水管網、污水幹線、処理場が含まれている。その他、下水道施設の維持管理用に、タンクローリー、ジェットクリーナーも提供された。

プンツォリン下水処理場の第 1 期施設の設計諸元（2005）は、以下のとおりである。

- 計画人口: 13,950PE (人口当量)
- 計画流入水量: 2,157m³/日
- 計画 BOD 負荷: 45g/人・日
- 計画流入水質 BOD₅: 291mg/l
- 設計水温（最寒）: 19℃

上記の計画人口は、現在のプンツォリン市人口の 60%程度をカバーしている。

プンツォリン下水処理場の詳細は以下のとおりである。

- 処理場敷地面積及び場所: 7.0ha、Om Chhu の Am Mo Chhu への合流部
- 処理方式: 安定化池法

各施設の設計諸元:表 4-28 のとおりである。

表 4-28 プンツォリン下水処理場施設設計諸元

	面積	水深	滞留時間
嫌気性池	1,066m ² (533m ² ×2 池)	3.0m	1.5 日
通性池	0.89ha×1 池 +0.99ha×1 池	1.5m	12 日/14 日
熟成池	1.06ha×1 池	1.1m	5.4 日

出所: JICA 調査団

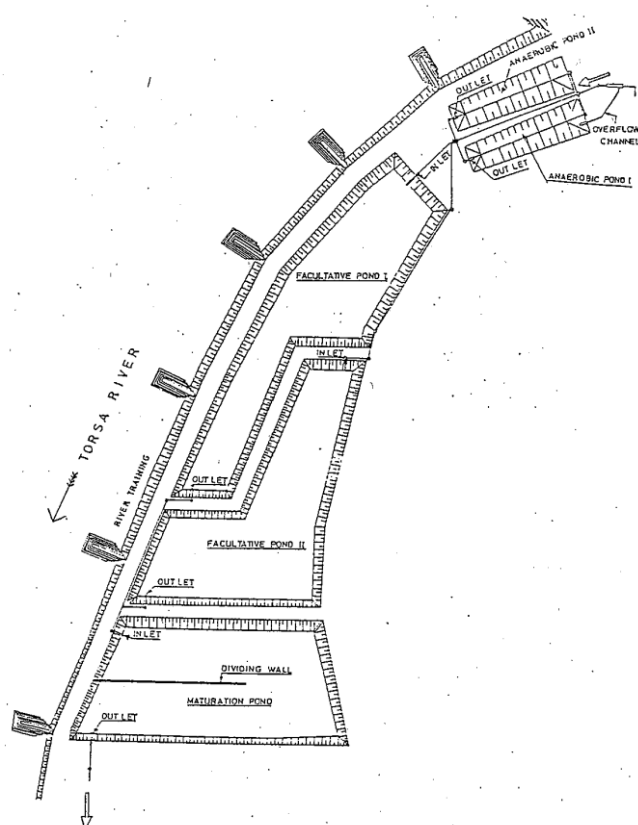
プンツォリン下水処理場の施設配置図を図 4.30 (左図) に示す。施設は安定化池法を構成する嫌気性地、通性地、熟成池が直列に配置されている。

4.6.2 下水処理の現状

プンツォリン下水処理場の嫌気性池、通性池、熟成池の外観を図 4-31 (右図) に示す。現在、下水処理場の運転状況は、以下のとおりである。

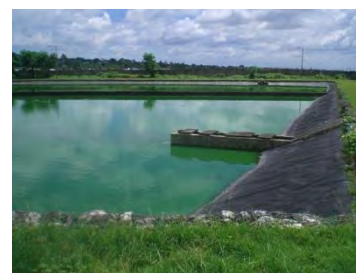
- 流入水量: 1,000-1,200m³/日 (2013 年 6 月、設計水量 2,157m³/日の約 50%)
- 処理水質: 以下の自主排水基準値以下 (2011 年以前、処理場排水基準は未設定)

現在の流入水量は設計水量の約半分であるが、この理由は 4.6.3 で述べる。



出所: プンツォリン市

図 4-31 プンツォリン処理場の施設配置図(左図)及び嫌気性池(右上)、通性池(右中)、熟成池(右下)の概観



出所: JICA 調査団

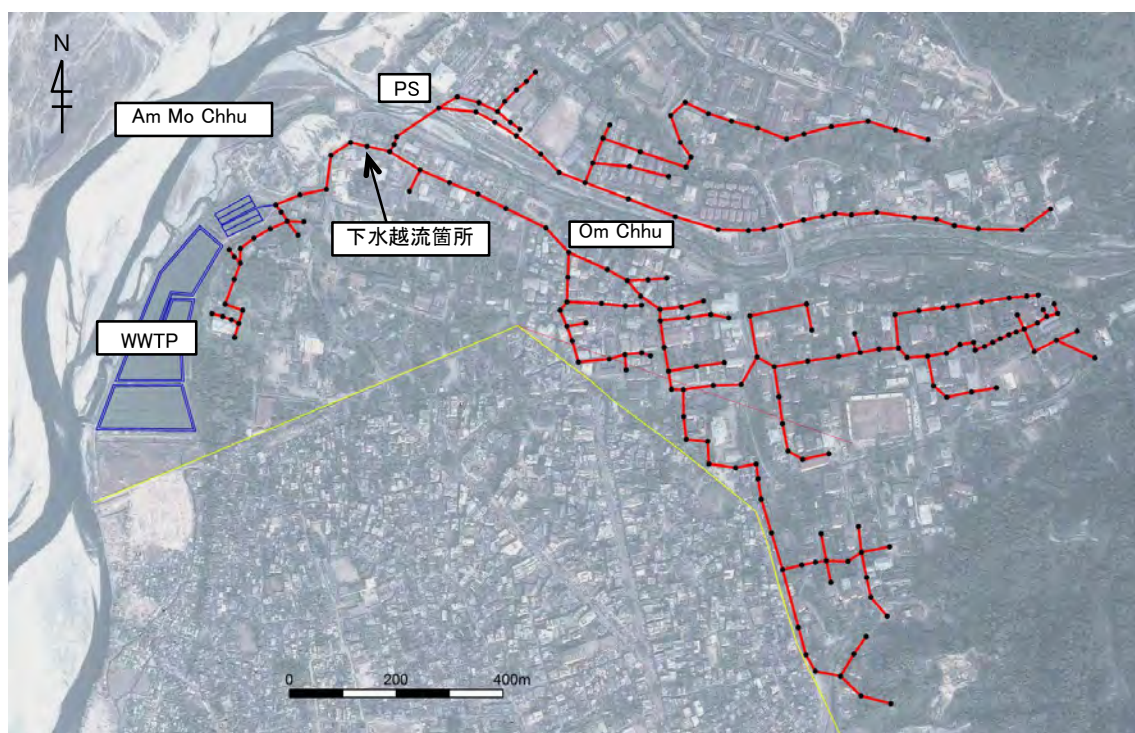
4.6.3 下水管網の現状

1996 年 DANIDA の支援によって建設されたプンツォリン市下水道の管渠網は、Om Chhu の兩岸に位置する旧市街地をカバーしている。管渠延長（硬質ポリ塩化ビニール管）は 10km、接続管（高密度ポリエチレン管）延長は 25km である。

図 4-32 に既設のプンツォリン下水処理場及び管渠網を示す。近年、これ以外の処理場周辺及び右岸下流部の住宅地域に新たに管渠網を拡大している。

その他の下水管未整備地域では、し尿は浄化槽によって処理され、雑排水は道路側溝を通して排水される。

現在、下水処理場への流入下水量は計画水量の約 50% と少ない。この理由は、市北部から Om Chhu を横断する圧送幹線と市南部幹線の合流地点以降の幹線管渠に不陸あるいは何らかの障害が生じ流下能力が不足していることによる。このため、合流後の汚水は処理場に流下せず南部幹線に逆流し、L01 マンホールから汚水が隣接する排水路に流出している（図 4-33 参照）。このため、市当局は L01 マンホールから L04 マンホールまでバイパス管の建設を計画し、2014 年当初には建設が完了する予定である。



出所: プンツォリン市

図 4-32 既存のプンツォリン下水管渠網



出所: JICA 調査団

図 4-33 マンホール内の高水位（左図）及び下水管からの汚水越流状況（右図）

4.6.4 浄化槽の現状及び維持管理の現状

プンツォリン市の浄化槽の現状については、浄化槽標準図、建築確認、浄化槽清掃料金、市民広報等、ティンプー市と同様に行われている。

プンツォリン下水処理場の管理オフィスは、処理場の維持管理を担当するだけでなく浄化槽清掃・管渠清掃業務を担当している。管理オフィスには、マネージャー、同補佐、水質試験担当、処理場運転担当、運転手 3 名、作業員 13 名（処理場作業員 5 名、マンホール作業員 1 名、浄化槽(管渠)清掃作業員 7 名）、保安要員 3 名が配置されている。

また、このオフィスには 3 台のタンクローリー（ $10\text{ m}^3 \times 1$ 台、 $3\text{ m}^3 \times 2$ 台：図 4-34 参照）が配備され、浄化槽汚泥の清掃、管渠清掃業務を行う。収集汚泥は、下水処理場まで運搬される他、場合によっては最寄りの下水マンホールに投棄される。年間の収集汚泥量は $300 \sim 400\text{ m}^3$ になる。問題点は、タンクローリーが接近できない急斜面に位置する住居での汚泥収集である。



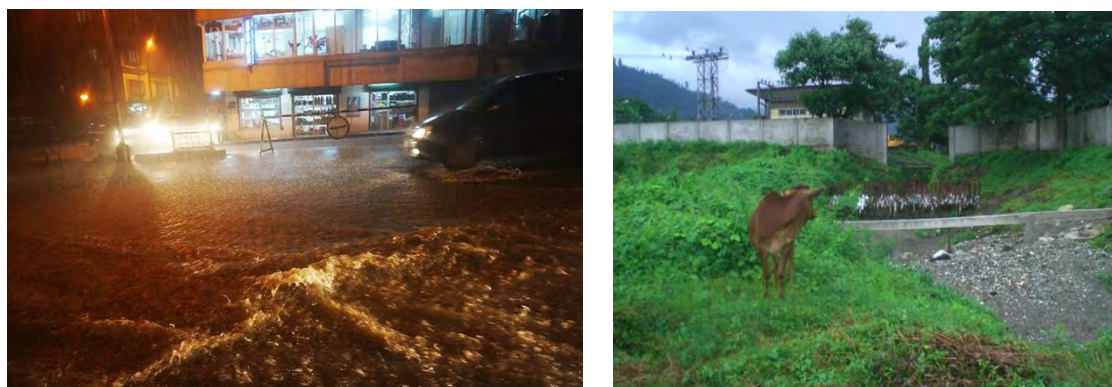
出所: JICA 調査団

図 4-34 タンクローリー（ 3 m^3 (左側)及び 10 m^3 (右側)）

4.6.5 排水の現状

プンツォリン市は 2000 年に壊滅的な洪水に見舞われ、Om Chhu 沿いの住民の生命と財産に甚大な被害をもたらした。この後、ブータン中央政府により河川の洪水防御に多くの投資がなされ、ADB により財政支援があり市内排水路が新設された。

プンツォリンの雨水排水は、地形的にフラットであるためまず道路表面が 1 次排水網となり、2 次排水は歩道の下を走る排水路網が担っている。ゴミによる排水路の閉塞を除き、大きな問題はない。（図 4-35 参照）

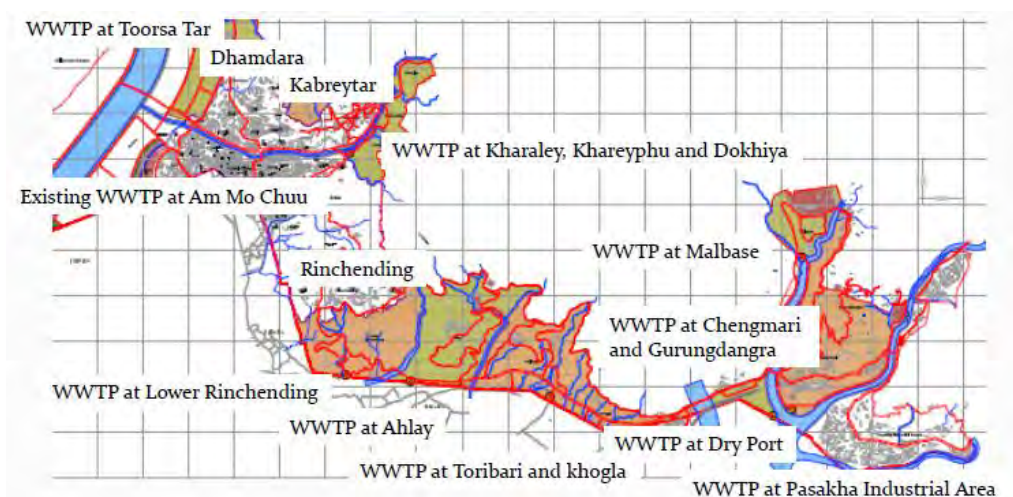


出所: JICA 調査団

図 4-35 雨水の道路表面流出及び排水路出口（スクリーン付）

4.6.6 進行中のプロジェクト

プンツォリン市のストラクチャー・プラン（案）によれば、10 の下水処理区が提案されている。これには、既存下水処理場の拡張（Am Mo Chhu）の他、9 処理場（Toorsa Tar、Kharaley/Khareyphu/Dokhiya、Lower Rinchending、Ahlay、Toribari/Khogla、Chengmari/Gurungdangra、Malbase、Dry Port、Pasakha Industrial Area）の新設が含まれている。（図 4-36 参照）



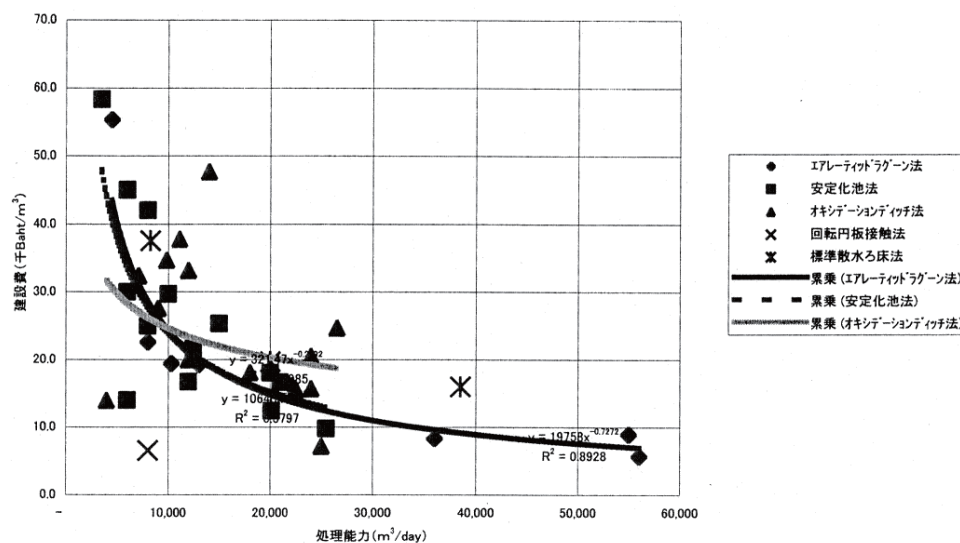
出所: プンツォリン・ストラクチャー・プラン（案）

図 4-36 プンツォリン・ストラクチャー・プラン（案）の 10 下水処理区案

また、プンツォリン市は既成市街地の隣接 3 地域（Dhamdara、Kabreytar、Rinchending）において、ローカル・エリア・プランの実施を計画している。

4.6.7 最適技術の選択

下水処理場の建設費は、一般にスケールメリットが効き、規模が大きくなるほど、処理水量あたりの単位建設費は低くなる。図 4-37 は、それをタイの事例で示したものである。



出所: PWRI, 2001, Report No. 3778, Public Works Research Institute

図 4-37 タイにおける各種処理方式の処理水量に対する単位建設費

一般に処理区の設定は、スケールメリットが効く処理場建設費とスケールメリットが効かない管渠建設費の合計額から、最も経済的な処理区の組合せを最適候補とし、その他の要件（環境、用地取得等）を加味して最適案を決める。

この観点から、上記 10 処理区を見ると、以下のケースを原案と比較検討することが推奨される。

- 既存下水処理場を拡張して、実施を計画しているローカル・エリア・プラン 3 地域 (Dhamdara、Kabreytar、Rinchending) を処理区域に加える。
- また、比較的処理場が近い Lower Rinchending 処理区と Ahlay 処理区の合体、上流に位置する Malbase 処理区を下流の Chengmari/Gurungdangra 処理区に加える。

処理場用地が広いということは、下水処理方式の選定においてフレキシビリティがあることを意味する。一般に、低コストで維持管理も容易な、安定化池法、エアレーテッドラグーン法、人工湿地法、OD 法などの下水処理方式は、広い用地が必要である。また、処理方式の比較検討において、低コストで、維持管理も容易、信頼性のある処理方式が費用及び性能比較により選定されるべきである。(処理方式の紹介: Appendix E 参照)

4.6.8 既存下水処理場の拡張及び既存処理場用地の活用

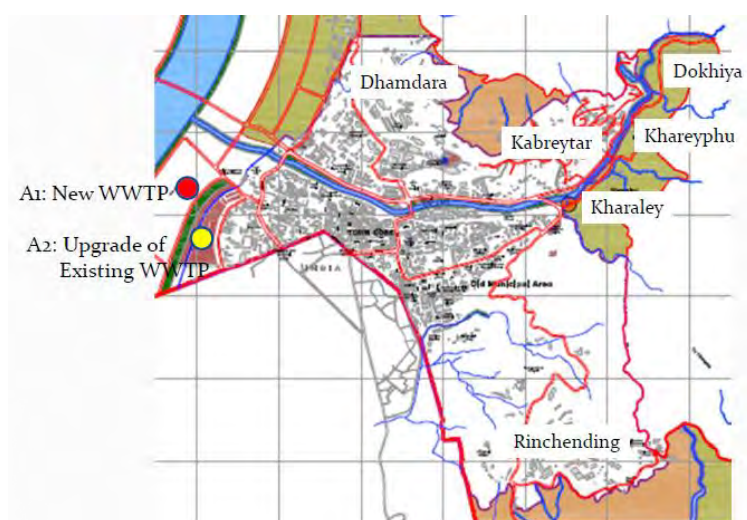
既存下水処理場は Am Mo Chhu に合流する Om Chhu 河口に位置し、その用地は広くまた図 4-38 に示すように Am Mo Chhu の河川敷に直接接続している。このことは、既存処理場の処理能力を増強すれば、他の処理区の汚水の受け入れが可能であることを意味している。また、既存処理場の用地も、ストラクチャー・プランの下で人口増加や工場設置等のニーズの受け皿として活用できないかは、検討に値する。



出所: JICA 調査団

図 4-38 Om Chhu 河口に位置する Am Mo Chhu の河川敷

具体的には、以下の2案を提案する（図 4-39 参照）。



出所: JICA 調査団

図 4-39 既存処理場の活用代替2案

- 代替案1：既存処理場を Am Mo Chhu の河川敷に移し、他処理区の下水を受け入れるとともに、現処理場用地を都市計画上有効活用する。

- 代替案2：既存処理場の処理方式を変更し処理性能を向上させ、他処理区の下水を受け入れるとともに、余った用地を都市計画上有効活用する。

4.6.9 下水処理/排水の開発課題

ペンツォリンにおける下水処理・排水の開発課題は次の通りである。

PS-1：下水道の中長期的処理能力の不足

4.6.1 に示すように現在の処理場の処理能力は現在人口の 60%程度である。将来の人口増による環境負荷に対して、処理能力がますます不足することが予測される。

PS-2：下水道長期マスタープランの欠如

ストラクチャー・プラン（案）で 10 下水処理区を決めた根拠は明確でない。市全域を対象とする総合的な下水道マスタープランでは、下水処理区の選定において、費用効果分析による選定を行い、長期的視野から維持管理上問題のない技術の選択を行う。また、市の都市計画や水環境、下水道管理全体を概観し、人口増加に伴う需要と持続可能な下水道事業の育成を兼ね備えるものでなければならない。

PS-3：最適技術の選択

4.6.7 に示すようにストラクチャー・プランには詳しい技術の検討がない。処理区の設定および用地面積からより経済的な技術選択が可能になる。

PS-4：河川敷の有効利用

4.6.8 に示すように、現在の処理場の立地する河川敷には広大な土地が存在する。この意味で土地制約はあまりなく、より経済的な最適技術の選択肢を提供している。

4.7 プンツォリン市の都市環境

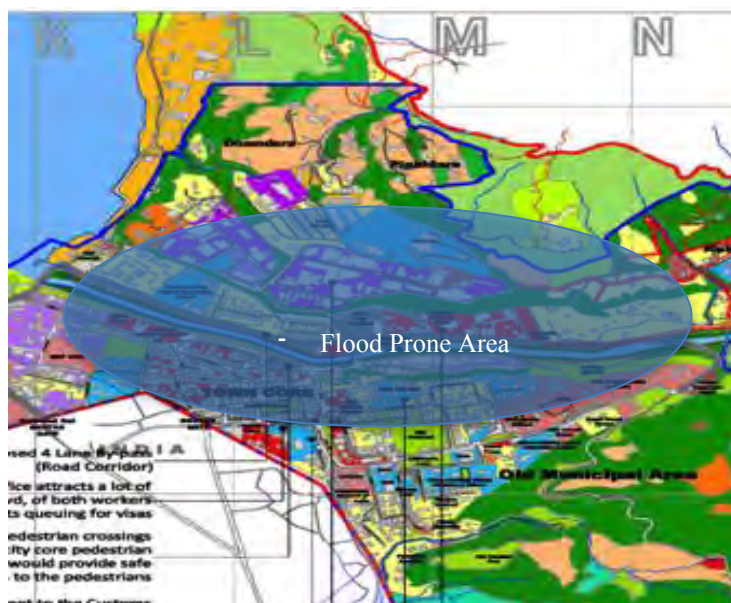
4.7.1 地滑り・洪水

(1) プンツォリン市の現状

プンツォリン市は災害の多い地域であり、この都市にとっては防災が最重要課題である。豪雨と脆い地質と地震のために、地滑りと洪水が多発している。ヒマラヤ山脈がプンツォリン市北部から屹立している。南西モンスーンはこの壁に当たり年間平均 4,000mm 以上という豪雨をこの地域にもたらしている。また、ヒマラヤ造山運動で地層が脆く、且つインドプレートが沈み込むあたりでもあることから地震が多く、その地は安定的ではない。これらが要因となり洪水と地滑りが発生している。

殊に市の中心を流れる Om Chhu の延長は 10km 程度と長くないが、平均勾配が 13%、5km より上流は 25% にもなる急流であることから、地滑り、河床低下、河岸壁の損傷が生じている。市が対策を行っているが対症療法的に過ぎず、根本的な対策が必要となっている。世界の川と比較してもかなり急流であり、日本の河川に近い。こうした河川に対しては日本の砂防工学の適用が最適である。

2000 年、8 月 1 日からわずか 3 日の間に、約 1,000mm の降雨量があった。この降雨の結果、洪水が生じ Am Mo Chhu 川ではデンマークの支援により建設された取水施設 4 基が被災し、それまで 24 時間給水が実現していたが、今も復旧できていない。また市の中央を通る Om Chhu 川が氾濫し、マーケットは流され、川を横断する上下水道管も破壊された。



出所：JICA 調査団

図 4-40 プンツォリン市 Om Chhu 川洪水発生エリア

さらに Pasakha 地区では 40 名以上の犠牲者を出し、市経済活動は数日にわたり麻痺状態となった。その後大きな洪水はないが、上流での地滑り、河床低下、河岸壁の崩壊が常時生じている。

地滑りについては、下図 4-41、図 4-42 に現状を示す。Pasakha への道路の途中は大きな地滑りに見舞われ、道路が土砂に埋もれている状況である。また Samtse への国道が建設中であるが、土砂崩れで至る所で起きており、建設完了区間でも、既に車が通れない状態になっている。



出所：JICA 調査団

図 4-41 Pasakha への道路



出所：JICA 調査団

図 4-42 Samtse への国道

下図 4-43 に Om Chhu 川上流部の地滑り状況を示す。



出所：JICA 調査団

図 4-43 Om Chhu 上流の地滑り



出所：JICA 調査団

図 4-44 Om Chhu 川沿い Kabreytar 地域の宅地

土地の稀少なプンツォリンでは、都市化の圧力は自然と開発の困難な、リスクの多い地域への進出となって現れている。現在の開発の最前線は Kabreytar 地域（図 4-44）であり、この地域は Om Chhu 沿いの丘陵地が多く、洪水と土砂崩れの両方の脅威にさらされている。

国連開発計画が、地滑り対策について、プンツォリン北部の 4 か所の地滑り対策を行う予定である。また、Pasakha 工業団地周辺の河川浸食についても一部対策を行う予定である。

(2) 課題

PE-1: 周期的に起きる洪水

最大の問題は、市の中心を流れる Om Chhu である。同河川はわずかに 20 km^2 しかないが、上述の通り急傾斜である。強力な力で上流を浸食し、下流に大きな岩を流すパワーを持っている。そして洪水は豪雨によって、10 年から 15 年のサイクルで引き起こされている。Om Chhu 川における洪水防止は都市安全面の重要な鍵である。安全なくして、持続的な経済活動はできず、投資家や、将来の居住者はプンツォリン市への投資を躊躇するであろう。大きな岩さえが流されてくることから、洪水対策としては、河岸築堤だけでは十分ではなく、河床整備による堆積及び洗掘の制御が重要となる。

PE-2: 頻繁に起きる地滑り

プンツォリン市周辺は頻繁に地滑りが起きている。国道 1 号線沿い、或いは建設途中の Samtse への国道では頻繁に見られ、また Om Chhu 上流部でも生じている。既にローカル・エリア・プランが終了している Kabreytar の周辺にもガレ河原、土砂崩れの痕跡、中流付近では住居の崖下に洗掘が発生し危険な状況が発生しつつある。

PE-3: 危険地域の都市化

プンツォリンは平たん地が少ない。そのために Kabreytar 地域のような高台の一部の危険地域の開発が起きている。また、ストラクチャー・プランにおいて Am Mo Chhu の氾濫原の新たな開発も計画されている¹⁰。土地が枯渇しているプンツォリンにおいては市側の警告をすり抜けるように高台への開発が広がっている。

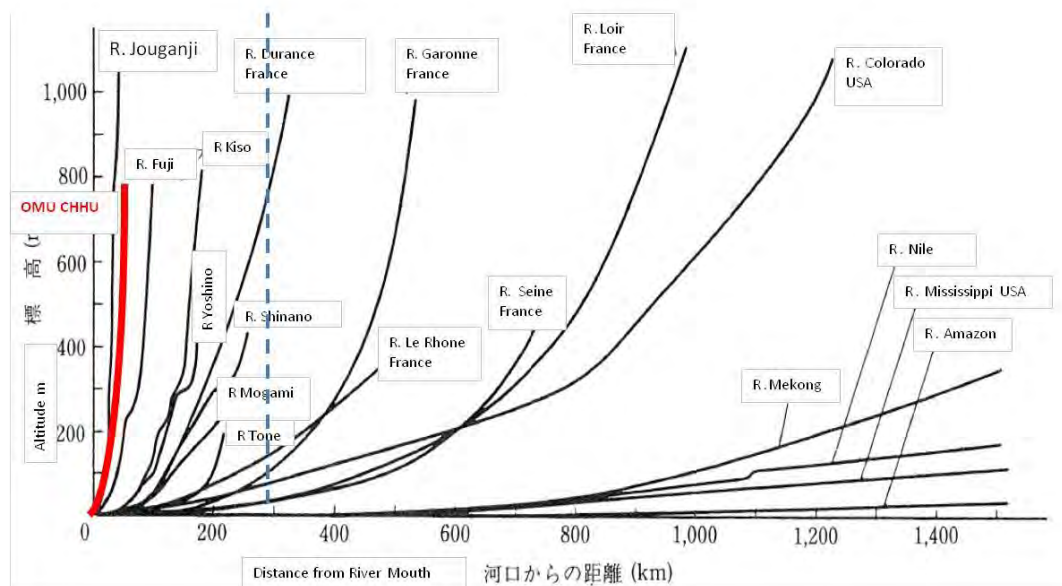
PE-4: 治山治水技術の欠如

プンツォリン市はもとより、MoWHS においても治山治水技術は確立されていない。その理由の一つとしてブータンの地形条件の特異さがあげられる。世界の川と Om Chhu を比較した急流の程度比較を下図 4-45 に示す。この図を見ると分るように、世界の河川の中でもかなり急流であることがわかる。日本の急流である常願寺川に近い斜度で、大陸の河川よりも日本の河川に近い。従来、ブータンは文化、地理、政治的に近いインドをよりどころとして基盤技術を発達させてきており、また、公共事業にもインドのコンサルタントが登用されることが多い。しかしながら、ブータン南部のこうした河川に対しては、日本の砂防工学の方が適しており、その導入が課題解決には長期的に役立つと思われる（Appendix G “River Basin Disaster Management With SABO Technologies”参照）。MoWHS の専門家もそうした日本の技術の優位性は十分認識しており、過去 JICA への技術支援を申請した経緯もある。

PE-5: 河川データの不備

現在は、同河川がどのような状態であるのか、データが全くない状態で市による対処療法的な河岸壁の保全が行われている。水量、流速、水位等を測定するゲージングステーションが設置されておらず、計測データの蓄積が全くない状態である。まずは河川の状態を知ることから始める必要がある。

¹⁰ この計画については DANIDA が水文調査を行い、洪水から守ることはできるという判断を下している。この事業の開発主体者である DHI は念を期すために、再度水文調査を現在行っている。しかしながら、上流に計画される大規模な水力発電事業の洪水制御機能とセットになった開発事業であり、実現の前に多段階のハードルがクリアされる必要がある。



出所：河川工学 高橋裕著 東京大学出版会をもとに JICA 調査団作成

図 4-45 世界の川と Om Chhu の勾配断面

4.7.2 廃棄物

(1) プンツォリン市の現状

廃棄物の発生量は一日あたり 15t から 20t である。最終処分場は市から東方約 7 キロの Toribari にある。デンマークの支援により 2002 年に開発され 2004 年から利用されている。当初は単なるゴミ捨て場であった。2005 年に、JICA の 3 か月研修を修了した一人の技術者のイニシアティブにより、日本の方式（いわゆる福岡方式）に転換されている。

ごみはプンツォリン市が回収しており、市の中心は 1 日二回、中心周辺部は 1 日 1 回、それより人口密度が低いエリアは二日置きで、より過疎エリアは三日置きである。民間連携は導入されていない。しかしインフォーマルセクターによりリサイクル可能な金属、プラスチック、ボトルの回収が行われている。住民は分類したゴミを、回収者に売っている。実際 20%のゴミはこのように回収されリサイクルされていると推定されている。残りのゴミは最終処分場に送られている。

最終処分場は現在、福岡方式で整備され、良好に運営されている。処分場エリアは 4.8 エーカーあり、このうち 1.6 エーカーが最終処分場として利用されている。既存の処分場も数年の寿命は残っている。埋め立て土壌は同じ敷地内で得ており、その掘削場所が将来の最終処分場予定地となっている。環境局としては、その処分場エリア全体で環境ライセンスを取得していることから、新規処分場建設の際にも、新規 EIA は不要としている。さらに、廃棄物処理は市の環境状態を改善するものであるから、ごみ処理は環境にプラスの行動であり、また処分方法は環境配慮した方法で環境汚染を引き起こすものではない。よって、環境ライセンスの修正申請は必要であるが、同意され则认为している。

医療廃棄物については、プンツォリン市にオートクレーブはない。よってプンツォリンの病院で発生した廃棄物はオートクレーブで処理するためにティンブー市の JDWMRH 病院

に運ばれている。処理後の廃棄物は最終処分場に運搬されているが、専用ピットはない。他のヘルスポストで発生する医療廃棄物は野焼きされている。

(2) 課題

廃棄物セクターにおいては、緊急的に解決を要するような問題は特段見られない。しかしながら、既存の最終処分場はやがて満杯になる。よって少しでも埋め立てる量を減らすためには、トランスファーステーションを建設し、分別とリサイクルを促進することが必要である。少なくとも市としては、生分解性とその他に最低分ける計画である。そして生分解性をコンポストに転換するためのプラントが必要である。このトランスファーステーションの建設は第11次五か年計画に予算申請してある。さらに、3Rをさらに推進し広げる必要がある。

4.7.3 他の環境面の現状及び課題

(1) 交通及び上下水道

交通関係、上水道、下水道の状況については、上述の各項を参照のこと。

(2) 大気汚染

工業団地や排気ガスから大気汚染が見受けられる。Pasakhaの工業団地にある精錬所は濃い排気ガスの排出が遠くからでもよく見える。また、プンツォリン市はインドへの玄関であると同時に、輸出入の大半が通過する場所である。ブータンへ物資を運んでいる大型車両は排気ガスが汚染度が高い。経済がさらに成長すればトラックの増加することが予想され、さらに大気汚染が悪化する可能性がある。よって長期的には適切な措置をとる必要がある。

4.7.4 進行中のプロジェクト

現在、災害防止、地球温暖化対策として次のプロジェクトが進行している。

プロジェクト：Addressing the Risks of Climate-induced Disasters through Enhanced National and Local Capacity for Effective Actions

支援機関：国連開発計画（UNDP）、資金源は Global Environmental Facility

プロジェクト形態：技術協力＋無償

事業費用：総額 US\$ 11.5 百万 内プンツォリン対象は US\$ 4.4 百万

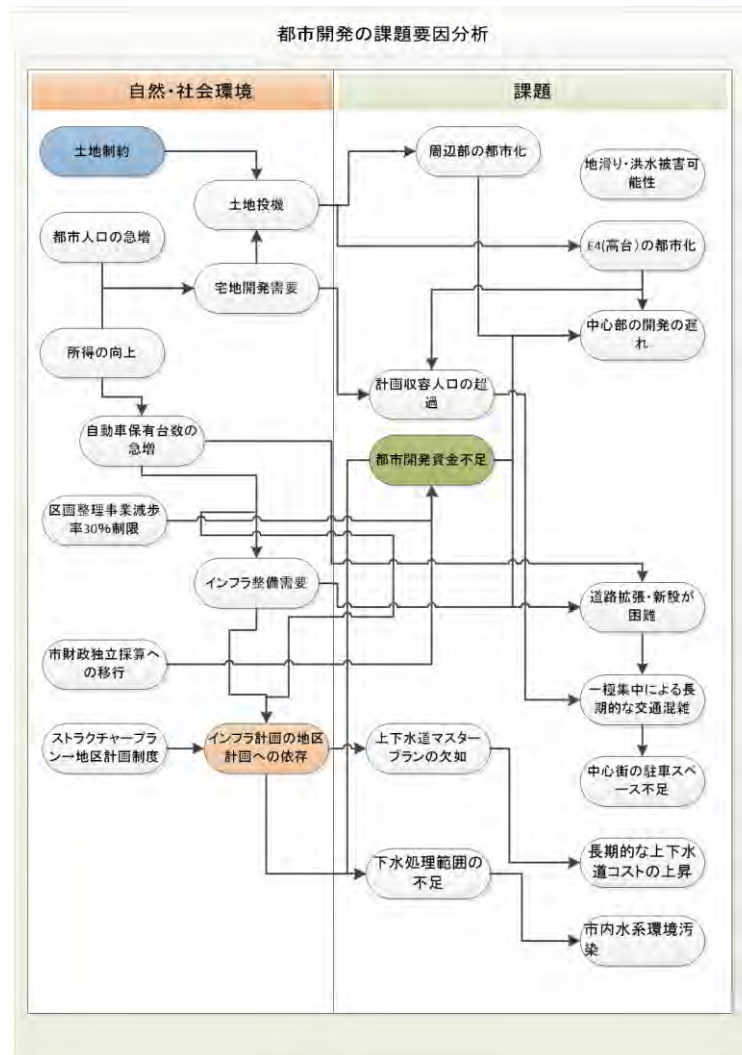
実施時期：2014 年3月から4年

実施機関：プンツォリン市役所、NEC

事業内容：UNDP の案件である National Adaptation Programme of Action-II の成果として案件形成されたもの。プンツォリン対象案件は次の2件 1) プンツォリン市北部の4か所（国道1号線の検査場の対面の崖、検査場から Pasakha 方面へ約 1 km の地点、科学技術大学および軍隊の医療倉庫近辺、Rinchending Rhakan）で地滑り対策を行う。事業費 US\$ 4 百万 2) Pasakha 工業団地に対する洪水防御調査。特に Barsa 川のデータ収集と対策検討を行う。事業費 US\$ 40 万。

第5章 開発戦略と提言

(1) 都市開発における制約条件



出所：JICA 調査団

図 5-1 都市開発課題要因分析

という環境保護地区に分類される高台、プンツォリンの場合には氾濫原および、土砂崩れの危険性のある高台の開発が進行している。プンツォリンの場合には年間平均降雨量が4,000mmを超え、また地質的にも地震学的にも危険な自然環境にあり、土砂崩れ、洪水の危険性が極めて高い地域にも市街地が広がりつつある。

遠方への都市圏の拡大は通勤/通学圏の拡大を意味する。遠方からの日常の交通の必要性に公共交通整備が追いついていない現状のティンブー市では、乗用車への依存がますます高くなり、その結果として交通渋滞が一部区間で現出しつつある。又、上下水道ネットワーク範囲外への都市部の拡大は、局所的な水不足と下水による水系環境汚染を引き起こしつ

都市化とその諸問題の大本の問題は、都市への人口集中である。しかしながら、この現象を阻止できた社会システムはない。対策は都市化の活力を高めることなく、都市環境とコミュニティ・文化との保全を保つことしかない。

都市化の影響で増大する人口の問題を抱えるティンブー、プンツォリンの最大の障害は、地形に起因する宅地化可能な土地面積の制約である。稀少な土地を巡って土地需要は高まり、土地価格は高騰している。そのことは、右肩上がりの投機熱を生むことになり、現在では、一般人まで不動産投資に多く関与するような状況になっている。いわば、バブルの典型的な症状を呈しているのがティンブー、プンツォリンである。

宅地開発の圧力と売り惜しみにより中心部の土地はますます、稀少になるため、結果として、開発の触手が伸びていくのが市域の周辺部農地、及び高台である。

ティンブーの場合には E-4

つある。こうした問題に対処するためには、大規模な都市インフラ整備が必要であり、そのために大きな開発資金が必要である。

ブータンにおいては都市インフラに対する開発資金が不足している。都市開発の第一歩は道路等の公共用地確保であるが、現在の公定地価による取得では交渉の端緒にもつけない。幸いにブータンでは日本という区画整理事業（ランド・プーリング）が都市開発手法として既に根付き、住民と行政のウィン・ウィンの関係が築かれている。ただし、減歩率が30%でキャップされているので、インフラ開発をプロジェクトから捻出することは不可能で、行政側の負担となっている。開発資金が不足するブータンでは、都市開発の大部分をドナーの資金に依存している状況にある。

次に問題であるのが、ストラクチャー・プランに都市インフラのマスタープランとしての機能が欠如している点である。都市インフラの計画・実施が全てローカル・エリア・プランに委ねられているために、特に上下水道ネットワークの計画がつぎはぎ的な対応になり、長期的な操業コスト上昇の要因になりつつある。

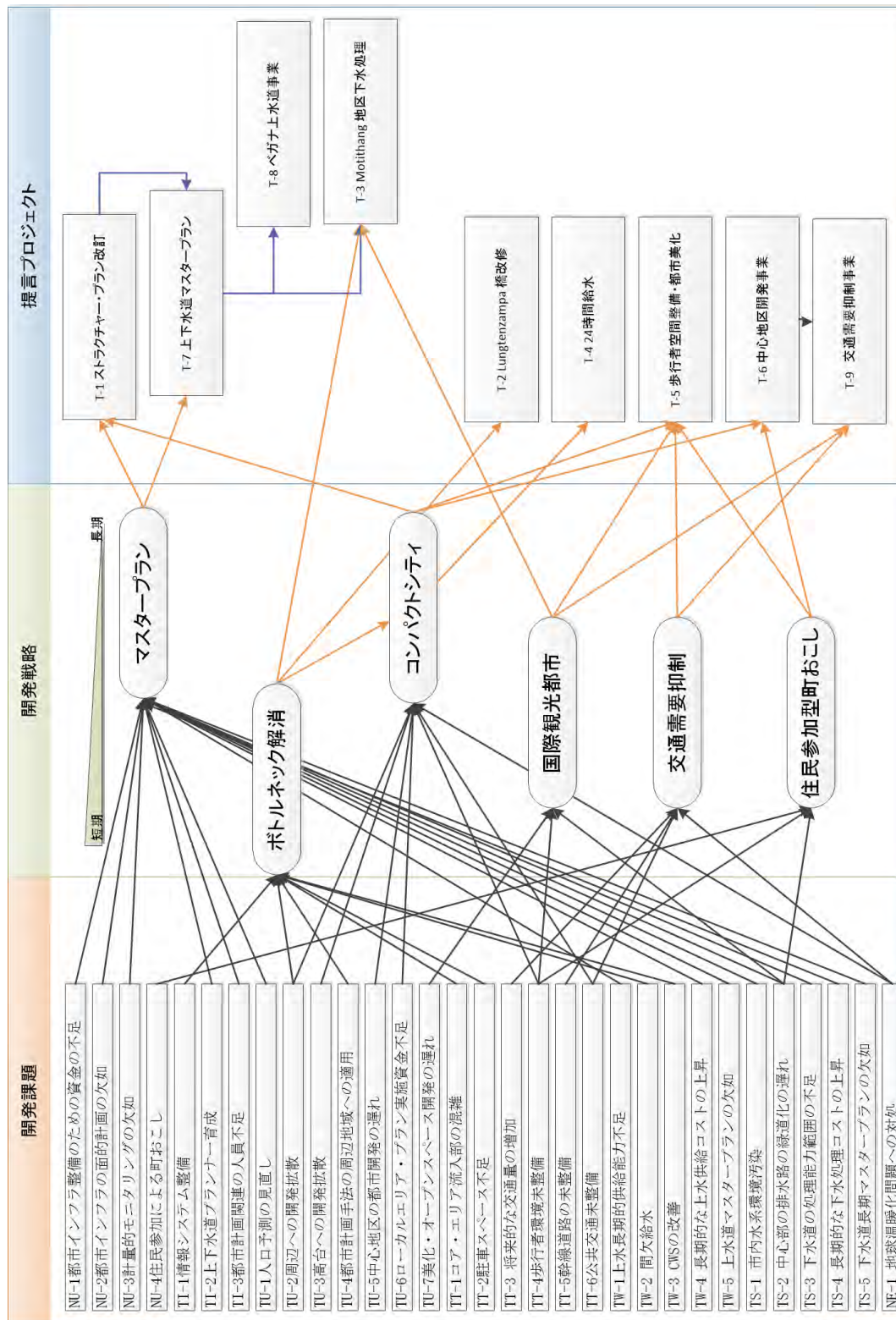
5.2 ティンブー開発戦略

2、3章で抽出された国家とティンブーに関する課題をまとめ、その解決のための戦略と提言するプロジェクト候補の関連性を要約したのが図5-2である。ここでいう戦略とは複数のプロジェクト、促進策、規制などの政策手段を統合して達成すべき政策目標を集約したものである。以下まず、この開発戦略の提言を試みる。提言する戦略は近々に実施が望まれる短期開発戦略から、長期の開発戦略までである。最も短期の戦略が**ボトルネック解消戦略**である。交通需要抑制戦略、国際観光都市戦略と**住民参加型町おこし戦略**は中期、残りの**マスタープラン戦略**、コンパクトシティ戦略が長期戦略という位置づけになる。キャパシティ開発も重要な要素であるが、技術協力案件と絡ませて実地を重んじた協力が効果的である。

(1) ボトルネック解消戦略

ブータンにおける都市開発はその歴史が浅く、そのため政策も発展途上にあると言ってよい。急激な都市化に対して、緊急な課題への短期的対応を総称したのが**ボトルネック解消戦略**である。都市開発の緊急課題としては、TU-2 市域外への開発拡散がある。ティンブーの都市圏は南北に延びつつあるが、既存の農村の村落、農地形態をそのままに都市化すると、道路アクセスの困難な宅地が多く出現しかねない。土地の有効利用からすれば、対処療法的にこの問題を解決する必要がある。現在、ADB 及び世銀はティンブー市内の南北両端の都市開発を支援しているが、そうした地域を選択したのも同じ理由と推察される。これに対応して、本調査では「**T-1 ストラクチャー・プラン改訂**」プロジェクトのスコップの一部として、市域の拡大と拡大市域でストラクチャー・プラン見直しを提案している。

次に都市交通面では、TT-1 コアエリア流入部の混雑が現在最も顕著な交通障害である。中でも Lungtenzampa 橋 と Norzin Lam 通り の結節点が常に混雑している。この解決はブータンの開発予算規模からすると大きく、グラントでの支援が求められている。提案するプロジェクト「**T-2 Lungtenzampa 橋改修**」では、老朽化した橋の改修に併せて、橋周辺の道路のアクセスを改善し、現在の交通渋滞の解消を目指している。



出所：JICA 調査団

図 5-2 ティンムー開発戦略

上下水道分野では TW-2 間欠給水の解決が急務である。断水により、配水網が空になることはその間パイプ内に負圧が生じ、周辺から地下水・汚水の侵入を招き、水道水の水質汚染を引き起こすことを意味する。3章に記述した通りパイプの破損の可能性がある、配水システムが公衆衛生上最も回避すべき状態に晒されることを意味する。従って、時間給水を24時間給水に改善することが重要な課題となる。この課題は、主に既存の配水施設の改善で達成可能である。長期的な水源の確保とは独立して、UFWの減少を含めた配水施設の改善は長期的なサービス水準、財務改善に繋がる。その意味では対症療法ではなく、すぐに始められる根本的な解決策の一つとみることもできる。現在CWSでは谷間の小川から直接取水され、集落周辺の貯水タンクに供給されているのみで、消毒設備も配水網も提供されていない（水道料金は無料）。TW-3 CWSの改善により、これを有料にしてより安全で利便性の高い配水施設とする改善は有意義である。以上の問題に対処するため、配水施設を改善し、24時間給水を実現し、公衆衛生上の問題を解決し、併せて、上水の財務状況を改善することを狙いとして、プロジェクト「T-4 24時間給水」が提案される。

Motithang 地区下水未接続の最大の問題は、この地区がティンプーの最も奥の高台にあるため、この地域からの汚水が下方地域の宅地に横溢するという問題を引き起こし、とかく住民間の諍いの種になっている。また、3.6.8に示すように TS-1 市内水系環境汚染を引き起こし、3.6.7に示すように TS-2 中心部の排水路の緑道化の遅れに繋がっている。この課題は TS-3 下水道の処理能力・範囲の不足を解決するしかない。そのために必要されるのが、プロジェクト「T-3 Motithang 地区下水処理」である。

(2) マスタープラン戦略

ブータンの都市開発には、ストラクチャー・プランからローカル・エリア・プランというビジョンから実施設計までを行うツールが既に完備している。しかしながら、都市インフラ整備、中でも上下水道の市全体の長期計画が欠如しているという欠陥を有している（NU-2 都市インフラの面的計画の欠如、TW-5 上水道マスタープランの欠如、TS-5 下水道マスタープランの欠如）。水源及び配水網の最適化計画、下水道拡張計画無しで、ローカル・エリア・プラン毎にパッチワークで対応した結果として現出しているのが、TW-4 長期的な上水供給コストの上昇、TS-1 市内水系環境汚染、TS-2 中心部の排水路の緑道化の遅れ、TS-3 下水道の処理能力範囲の不足、TS-4 長期的な下水処理コストの上昇、という課題である。こうした事態を解決するためには、全体最適を技術・財務面から行う必要がある。また長期的な TW-1 上水の長期的供給能力不足の問題を解決するには、信頼に足りうる地区毎の人口予測がまず必要である。既に策定から10年を経て計画収容可能人口を超過したと目されるティンプー・ストラクチャー・プランの人口予測の見直しから行う必要がある（TU-1 人口予測の見直し）。

このマスタープラン戦略の中核として提案するのが、「T-1 ストラクチャー・プラン改訂」である。これは技術協力案件で、都市計画における計量的なモニタリング能力キャパビリティを日本で開発されたCASBEEの研修、ストラクチャー・プランへの取り込み、2015年に実施される人口センサスを契機とする人口予測に関する技術協力、これらを基にした都市インフラ中及び中心地区のローカル・エリア・プラン策定を念頭に入れたティンプー・ストラクチャー・プラン改訂を業務とする提案である。「T-7 上下水道マスタープラン」は、ストラクチャー・プラン改訂の中で最も深刻な上下水道インフラ整備計画を取り出したものである。「T-8 ベガナ上水道事業」は、TW-1 上水の長期的供給能力不足の問題を解決する最終的な切り札となるプロジェクトである。

TI-2 上下水道プランナー育成、TI-3 都市計画関連の人員不足、NU-3 計量的モニタリングの欠如といったキャパビルの課題は、計画作りの技術協力と併せて実施することが効果的である。

(3) コンパクトシティ戦略

現在ティンブー市がとっている都市開発戦略は、対症療法的な対策であることはボトルネック解消戦略で述べたが、根源は NU-1 都市インフラ整備のための資金の不足及び TU-6 ローカル・エリア・プラン実施資金不足である。これはブータンという国の財政状況に起因することで、開発援助を必要とする理由になっていることでもあるが、その資金不足は深刻である。長期的には市内の人口収容能力を高めていかなければ、インフラの面的密度が低下する。非連続的都市開発で都市インフラネットワーク分散型になると、小規模化に伴う規模の経済の喪失により、サービスコストの上昇に繋がる。ひいては、都市の経営を財政面から逼迫していくことが懸念される。市内でも Jongshina をはじめとする未開発地域(既にローカル・エリア・プラン策定済み)も多く存在し、中心部にもまだ、空き地、低利用の軍隊を含む公共用地が点在する。(TU-5 中心地区の都市開発の遅れ)。こうした土地の高度利用が可能になれば、よりコンパクトな都市空間の形成が可能となる。実際には政府機関相互の土地譲渡にも時間を要するため、移転地探しも含めた長期的な再利用計画の立案が必要である。

コンパクトシティは面的拡大を抑え、都市インフラ整備/運営にかかるコストを下げることを第一の目的とする。居住者にとっても、住居が遠くなる程、通勤・通学コストが高くなる。よってコンパクトシティ戦略は行政側のみならず、居住者の機会費用も低減し、マクロ経済的な生産性と可処分所得の向上に寄与する戦略でもある。このコンパクトシティ戦略の中核のプロジェクトが「T-6 中心地区開発事業」である。これは、ティンブー市中央のローカル・エリア・プラン策定及び実施を行う提案である。

(4) 交通需要抑制戦略

ティンブー市においても都市交通問題が顕著化しつつ有り (TT-1 コア・エリア流入部の混雑、TT-2 駐車スペース不足)、土地制約から TT-5 幹線道路の未整備や、TT-2 駐車スペース不足の問題は容易に解決せず、このままでは TT-3 将来的な交通量の増加のために、中心市街地が麻痺することが懸念されている。他方、TT-6 公共交通未整備のために、バスのシェアは自動車交通の15%しかない。

交通需要抑制戦略は、モータリゼーションが進んだ先進国で現在積極的に採用されている政策を、ブータンでも一足飛びの採用を提言するものである。道路を拡張新設し、駐車スペースを確保して、車輛交通に対する利便性を高めれば高める程、人々はより遠くから車で通勤するようになる。交通問題は、インフラ整備と交通量増加のイタチごっこの繰り返しで、根本的な解決は需要サイドの抑制無しには成立しない。

交通需要抑制戦略の主な手段は、公共交通強化、歩行・自転車インフラ整備、駐車料金など自動車利用料金の重罰化、走行速度低下策などの施策を一体に行うものである。公共交通の含む施策の一スタディは、MoWHS による 2009 年「Thimphu Transport Master Plan (2009)」及び IFC による「Bhutan Urban Transport System: System Selection and Eco-Friendly Feasibility Report (2011)」により既に政策提言が行われている。また BRT の導入は既にティンブー市により、次の 11 次 5 カ年計画の予算に取り込まれている。従って戦略の機は熟していると言って良い。

ブータンは、国策として「環境との調和」を掲げており、実際に NE-1 地球温暖化問題への対処 を重要課題として挙げている。ブータンにおける地球温暖化ガスを最も排出しているセクターは交通セクターであり、この課題対策戦略は、国策と合致するものである。交通需要抑制戦略は、先のコンパクトシティとも密接な関連性を持った戦略でもある。市域の拡張の抑制は、交通の平均走行距離を短くし、都市の生産性向上に寄与するからである。

「T-9 交通需要抑制事業」は、公共バスとモーダルシフト促進技術協力を組み合わせたプロジェクトである。単に公共バス導入の支援というハードのみではなく、バスへのモーダルシフトへのインパクトの計測を含む施策モニタリングのソフト面での技術協力を組み合わせる内容の提案である。モニタリング能力を整備することにより、駐車料金の引き上げといった他の政策手段も含めた施策を、試行錯誤的に漸次、総合的に政策最適化することが可能となる。

(5) 国際観光都市戦略

ブータンの都市化の中でこれまで今重要な社会問題となりつつあるのが、都市における就業機会の創出である。ティンプー市を代表に都市における失業率は高いものが有り、なかでも大学卒業後の就職の難しさが大きな問題になりつつある。2.1.2(2) にあるようにブータンにおける観光産業は重要な外貨獲得産業で、急速な成長を遂げている。また、ブータンの都市における雇用市場をみると、行政の次に大きいのが観光産業を中心とするサービス産業である。これまでのブータンの観光はトレッキングなどの自然を中心としてきたものであったが、今後の成長のためには都市滞在型の観光開発が重要になる。このため、観光を振興するためのインフラとしての都市アメニティ整備は重要な課題である。

3.3.11 に示すように、現状では、TU-7 美化・オープンスペース開発の遅れ が街作りの課題となっている。また、TT-4 歩行者環境未整備 も顕著である。ティンプーのメインストリートに縦に交わる横道は狭いが、商業活動も活発な空間で、また借景として背後の丘が見え、歩行者にとっては探索と歩くことの楽しさを与えてくれる場所でもある。こうした貴重な空間のアメニティを高めることで、歩行を更に促進するだけでなく、観光・ショッピングという経済価値を高める機会も提供できる。一石二鳥の方策として横道の開発整備を進めることも重要である。

(6) 住民参加型町おこし

ブータンではこれまで MoWHS の都市プランナーを中心に、行政が中心になって都市の開発を主導してきている。今後の都市の開発においては、観光産業振興のための都市アメニティのように公的空間とビル等の私的な空間の調和による快適な都市空間作りが必要となってくると考えられるため、民間の参加が不可欠な要素となる (NU-4 住民参加による町おこし)。歩道を整備しても、その空間が清潔に保たれていなければ、真のアメニティとはならない。更には建物のファサード、看板、私的空間の植栽等が通りの雰囲気と合致していなければ、快適な空間は創造できない。ティンプー市には、伝統的な建築物、ビルとビルの間に縫うように存在する私道的なフットパス等、可能性を秘めた空間が多く存在するが、それを十分に活用する段階にはまだ達していない。こうした空間の付加価値を高めて行くには住民の積極的な参加が不可欠である。

現在ティンプー市で実験的に施行され、復活が検討されているのが、中心地区の Norzin Lam の歩行者天国である。ティンプー市としては、これを IFC が提案している駐車ビルと合わせて実現する構想である。反面、商店街、中でも商品のサプライヤーからの根強い反対が

あるとされている。この一番の目抜き通りの歩行者専用化は、交通需要抑制戦略の自動車利用のコストを上げる手段の一つとみることでもある。しかし、物品の搬入、消費者の大量購入、大型商品購入の動機を減退させるという経済的に非効率な面も有している。歩行者天国化は商店街の協力無しには成り立ちにくく、住民参加型の町おこしの実験にもなるであろう。

「T-5 歩行者空間整備・都市美化」プロジェクトは、住民参加型の町おこしをブータンの関係者の日本における研修、専門家の指導による住民参加型の歩行空間整備計画作り、パイロット事業の実施を提言するものである。日本においては、商店街の活性化など住民が主体となった町おこしの経験が多く蓄積されている。日本の自治体あるいは商店街といったコミュニティとティンプー市との協力という新しい形の技術援助の可能性もある。

5.3 プンツォリン開発戦略

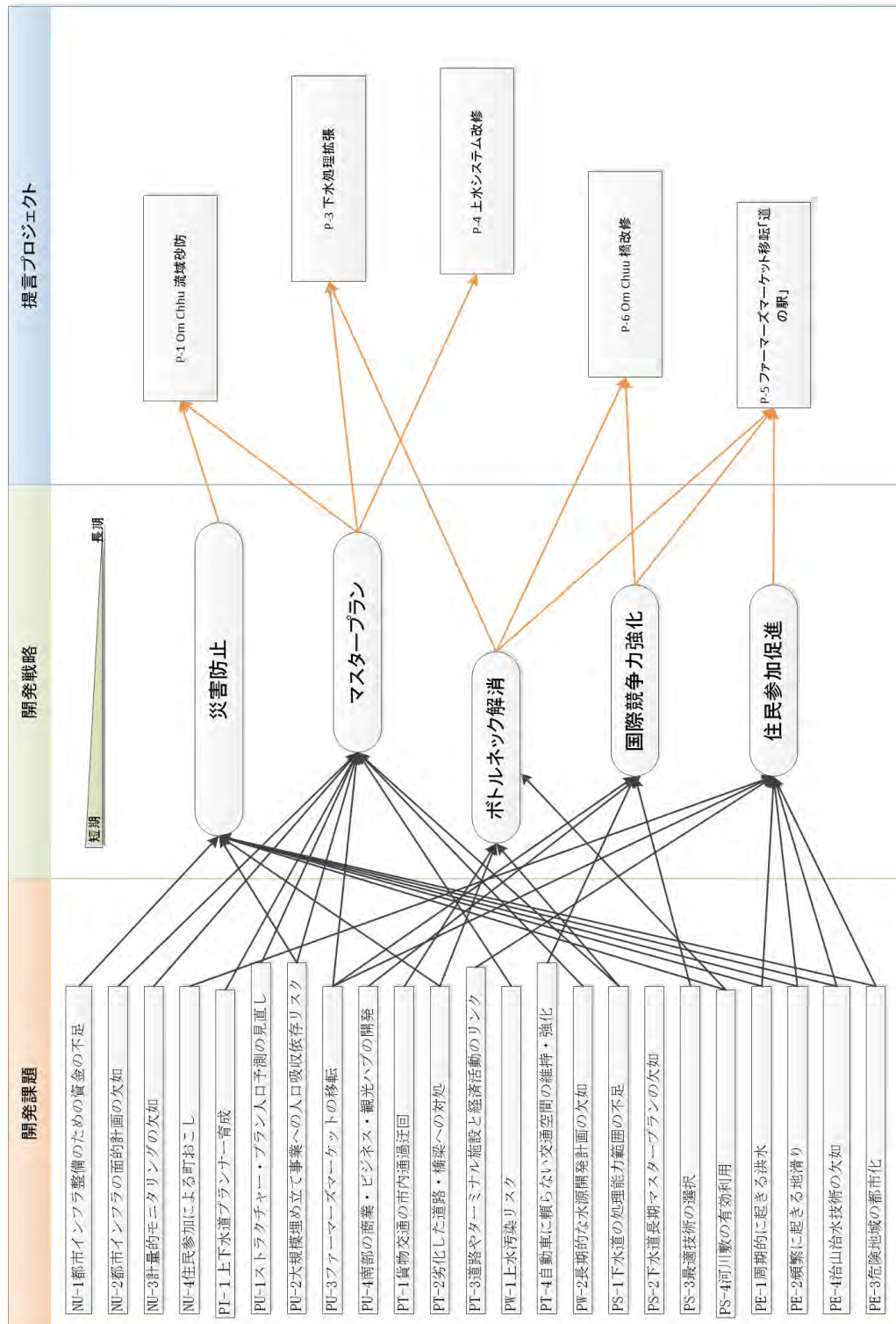
2、4 章で抽出された国家とプンツォリンに関する課題をまとめ、その解決のための戦略と提言するプロジェクト候補の関連性を要約したのが図 5-3 である。提言する戦略は、近々に実施が望まれる短期開発戦略から、長期の開発戦略までである。最も緊急性があるのが、災害防止戦略である。次に短期の都市課題対応戦略がボトルネック解消戦略である。国際競争力強化と住民参加戦略は中期、マスタープラン戦略が長期戦略という位置付けになる。キャパシティ開発も重要な戦略要素であるが、技術協力案件と絡ませて実地を重んじた協力が効果的である。

(1) 災害防止戦略

プンツォリンにおける最大の脅威は Om Chhu 川の氾濫 (PE-1 周期的に起きる洪水) とその周辺の土地の宅地になった地域 (PE-3 危険地域の都市化) が地崩れ (PE-2 頻繁に起きる地滑り) に巻き込まれ人命災害が生じることである。他方ブータンでは、未だ PE-4 治山治水技術の欠如が課題であり、4.6.1 で記したようにこの地域に最も適した技術は日本で培われた治山治水技術である「砂防」技術と判断される。

森林保護、斜面の浸食防止、河道固定、河岸築堤、河床保全というように流域全体をコントロールする流域管理技術の集合体として「砂防」技術がある。歴史的に地すべりや洪水、落石等の災害に悩まされてきた日本がその制御・緩和のために長年にわたり、開発/蓄積してきた技術である。プンツォリン市の地形や水系は日本のものと類似した急傾斜、急流である。

この戦略の中核となるプロジェクトが「P-1 Om Chhu 流域砂防」である。総合的な流域保護管理を行うことで最も重要な市民の安全のみならず都市インフラを守ることができるようになる。砂防技術は、一般に認識されているチェックダムだけではなく、河床安定技術や、斜面安定のためのアンカリングや様々な技術から成る。現地の自然社会環境に適合した、最適な技術の組み合わせを計画することが望まれる。また、砂防技術もエコシステムの保全、市民への親水空間の提供など、自然社会のニーズに合わせた技術も開発されている。地場産業の育成、保全コストの低減のために、地元で産出される木材、石材といった材料を活用した構造物建設などの技術革新もブータンの現状に併せて適用することが可能である。



出所：JICA 調査団

図 5-3 プンツォリン開発戦略

(2) ボトルネック解消戦略

プンツォリンにおけるこのボトルネック解消戦略も、ティンブー戦略と同様、緊急な対応が求められる短期戦略を総称したものである。緊急対応策として対処が求められる課題には、都市開発面では、PU-3 ファーマーズ・マーケットの移転がある。この市場は現在 ADB の融資が決定しているリングロード建設により、移転を余儀なくされる。このため、早急に新たな市場の建設が必要とされている。

プンツォリンで最も深刻な都市問題は、4.3.1 にあるようにインドとの長距離トラックが市内を通過する問題である (PT-1 貨物交通の市内通過迂回)。この問題は ADB が主導するリングロード、ミニドライポート建設プロジェクトにより解決する見込みである。このリングロードと旧市街南北を繋ぐ古い橋が現存するが、これも架け替え需要がある (PT-2 劣化した道路・橋梁への対処)。これに対応したプロジェクトが「P-5 Om Chhu 橋改修」である。この橋は、市の南北を結ぶためにかけられた橋である。プンツォリンの旧市街は開発余地が少なく、今後の開発は市の北部にある Damdhara および Kebratar 地域で起こると考えられている。また Samtse 県とつながる新しい国道も建設中で、この橋へ接続することになる。これらが進めば、この橋の通行量は大幅に増加することが予測される。この古い橋はそうした負荷に耐えるように設計されていないとプンツォリン市役所では認識しており (PT-2 劣化した道路・橋梁への対処)、この橋の架け替えも早晩必要とされている。

上水道分野では十分な水源と処理能力があるにもかかわらず、ティンブー市同様、時間給水が恒常化しており、PW-1 上水汚染リスクがある。従って時間給水を 24 時間配水に改善することが重要な解決策となる。「P-3 上水システム改修」は配水網の改善を行い、24 時間給水を目的とするものである。

(3) マスタープラン戦略

プンツォリンもティンブー同様、ストラクチャー・プランとローカル・エリア・プランという都市計画フレームで実施されているために、上下水道の市全体の長期計画が欠如しているという欠陥を有している (PW-2 長期的な水源開発計画の欠如、PS-2 下水道長期マスタープランの欠如)。また、プンツォリンは Am Mo Chhu に広大な河川敷を有しているが、現在、洪水リスクのために下水処理場以外には活用されていない。この地を埋め立てて宅地開発を行うという壮大な計画が進行中であるが (4.2.3)、洪水リスクは常にあると考えられ、その意味ではより人命被害リスクの少ない開発として、下水処理場の拡張を検討する必要がある (PS-3 最適技術の選択、PS-4 河川敷の有効利用)。現在のストラクチャー・プランでは氾濫原を広大な宅地に変換、その一方で下水処理場は分散する形で一般市街地に建設することになっている。人命リスクの最小化を目指すのであれば、氾濫原に下水処理場を集め、氾濫平野の外を宅地化の方が理にかなっている。

プンツォリンでは 2013 年にストラクチャー・プランが終了したばかりであるので、これを改訂する時期ではない。また人口規模を考慮すると、上下水道マスタープランを単独で行うことは難しい面がある。解決策は、次の設備計画の際に市全体の需給バランスを考慮したオプションの検討を前段で行うことである。マスタープラン戦略とボトルネック解消の双方の実現プロジェクトとして提案するのが、「P-2 下水処理拡張」と「P-3 上水システム改修」である。

「P-2 下水処理拡張」プロジェクトは、既存の処理場の拡張、或いは近隣での新設を広大な河川敷を利用して行うというものである。また、ストラクチャー・プランで提案されている 10 の分散小型処理場の内の 3 つを統合して、スケールメリットによる経済性の向上を目

指すものである。その際には利用可能面積に応じた経済的最適技術の導入を計画するものである。

(4) 国際競争力強化戦略

プンツォリンは、ブータン最大のインドへのゲートウェイである。国境はあるが、事実上行き来に制限はない。Jaigaon の商業競争力にさらされ、プンツォリンの生き残り戦略としては高付加価値産業となるホテル、商業、レクリエーション産業の発展が鍵となる(PU-4 南部の商業・ビジネス・観光ハブの開発)。現在計画中のリングロードは、市の中心部から周辺への不要な重量車両を迂回させることになる。これは、都市環境を改善する効果は大きい、同時に商業機会の遺失につながるリスクもある。市の産業政策的にはリングロード上の交通からの商業機会を最大限活用する方策が重要である (PT-3 道路やターミナル施設と経済活動のリンク)。また、現在建設中の Samtse への国道が完成すれば、プンツォリン市が Samtse との交通の要所にもなる。こうした商業機会拡張の可能性を機動的に取り込むことがプンツォリンの発展の基盤作りになる。リングロードの建設では、現在バスターミナル横にあるファーマーズ・マーケットの移転が余儀なくされる。単なる移転という後ろ向きのプロジェクトから視点を変えて、交易交通の増加の機会をうまく捉える新しい商業機会の創設を目指すため、ここでは「P-4 ファーマーズ・マーケット移転「道の駅」化」の導入を提言している。

(5) 住民参加まちおこし戦略

ティンブー市とは違い、上記(4)で述べたように、プンツォリンは、商業都市としての付加価値を向上させていく必要がある。その中核のプロジェクトとして提案するのが「P-4 ファーマーズ・マーケットの移転「道の駅」化」である。日本の経験では、道の駅作りの基本には住民参加による地元の資源の発掘から地域ブランド化というプロセスが成功の鍵となる。「P-4 ファーマーズ・マーケットの移転「道の駅」化」は、これまでの政府主導の地域開発方式ではなく、ボトムアップ方式地域開発の内発的開発方式のキャパシティをブータンで育てるという目標を持ったプロジェクトである。

5.4 プロジェクト形成

以下に示す候補案件は、現場を検証しつつ、ニーズ及び Strategy から導出され、調査団として提言するものである。当然の事ながらブータン側の要望のヒアリングは行っているが、いずれの候補案件もブータン政府及び JICA から承認されたものではない。むしろ今後両国が議論するための材料となることを目的として提示するものである。

プロジェクト形成の基本は、現地のニーズであることは間違いないが、現実には他のドナーの動向がプロジェクト形成に大きな影響を与える。根源的に開発のための資金が不足するブータン政府にとって、ドナーの意向は無視できない現実である。現在世銀は Bhutan Urban Development II (2010 年承認、US\$12 百万) でブータンの都市開発への融資を行っている。現在までティンブーの Dechencholing Langjophaka の 2 つの LAP 実施への融資を実施中であるが、続いて Taba の LAP への融資を検討しており、その内容に関しては 2013 年 12 月のミッションで概要が決定する見込みである。一方、ADB は Urban Infrastructure Project (2011 年 11 月承認、US\$19,870 千) で、ティンブー、プンツォリン、Samdrup Jongkhar、Nganglam の 4 都市を対象に、上下水道、道路を中心とした都市インフラへ整備への融資を始めている。ティンブーでは南部での 4 つの LAP を対象として上下水道施設の整備が始まっている。プンツォリンについてはこのプロジェクトでの融資はないが、SASEC プロジェクトでの道路整備支援を準備中である。SASEC Road Connectivity Project (未承認、US\$ 50 百万) は、ブータン南部を東西に横断するハイウ

エイ建設への融資を行うことを目的としている。このプロジェクトの一環として、プンツォリンにおけるリングロード建設に融資が計画されている。

5.4.1 都市計画手法関連プロジェクト形成

ニーズ分析で行ったように現在のブータンの都市計画・実施手法は確立されたものが有り、かつ実行力を伴ったものである。しかしながら、次の二つ要素の追加が推奨される。

- 計量的モニタリング手法
- 都市インフラ計画

ブータンは環境立国を国是としているため、温暖化ガスの削減のための都市開発の手法を現在模索中である。また、計画の実現度をモニタリングすることが困難であった。計量するということと、環境をモニタリングするという2つの政策的要件をみたすCASBEEのストラクチャー・プランへの応用を検討しており、JICAの支援を求めている。

ストラクチャー・プランでは都市インフラの技術・経済的な最適化の検討が欠如している。上下水道計画及び都市交通計画は、人口予測・地区別/人口配置と、上下水道必要量/発生交通量といった計量的な計画作りが必要である。また、上下水道運営費用を最小化するための技術的検討、望ましい交通モード実現のための総合的な交通政策立案を含んだ計画作りが必要である。

国レベルで提案するのは、ストラクチャー・プランの構成要素として、CASBEEを利用した都市の環境親和性モニタリングシステムと、都市インフラ計画の組み入れである。現在ティンプーのストラクチャー・プランは制定後10年を経て、ストラクチャー・プランの設定した目標人口を超える状況で、市域範囲の拡大を含めた計画全体の見直しの必要性に迫られている。これに対応し、新しいストラクチャー・プラン手法をパイロット的にティンプーに適用することが可能である。ティンプー市もその改訂の必要性を訴えており、新しい試みと合わせてプランの改定を行うことが望まれる(Appendix A-1、T-1 ストラクチャー・プラン改訂)。

5.4.2 ティンプー市の都市開発プロジェクト形成

ティンプーの都市整備ニーズ分析と開発戦略で提言しているのは表5-1に示す優先度の高いプロジェクト9件である。提案するプロジェクト詳細はAppendix A-1に示している。

表 5-1 ティンブー提案プロジェクト

No	Project Title
T-1	ストラクチャー・プラン改訂 Structure Plan Revision
T-2	Lungtenzampa 橋改修 Lungtenzampa Bridge Renovation
T-3	Motithang 地区下水処理 Motithang Area Wastewater Treatment
T-4	24 時間給水 24 x 7 Water Supply Improvement
T-5	歩行者空間整備・都市美化 Footpath Development and City Beautification
T-6	中心地区開発事業 Local Area Planning and Implementation for Core Thimphu
T-7	上下水道マスタープラン Water and Sewerage Master Plan
T-8	ベガナ上水道事業 Begana Water Supply Project
T-9	交通需要抑制事業 Transport Demand Management (TDM) Project

出所：JICA 調査団

この中で地域的な広がりがないスポット的な施設整備は「T-2 Lungtenzampa 橋改修」プロジェクトであり、これは街への玄関における橋の架け替えで、グラント候補である。他のプロジェクトは相互関係が強いので、ここで整理を試みる。

ティンブー都市整備は、資金制約から南北の市域端に限られており、その結果、中央地域が取り残されている。これはティンブーのコンパクトさが失われていくことに他ならず、この傾向に歯止めを掛けていくには中央部の開発の促進が必要である。これを受けて提案するのが「T-6 中心地区開発事業」プロジェクトである。この整備には、街区と道路の整備だけでなく、上下水道の整備を含めるのが妥当であるので、「T-3 Motithang 地区下水処理」、「T-4 24 時間給水」、「T-5 歩行者空間整備・都市美化」、「T-8 ベガナ上水道事業」を含めた都市開発整備のパッケージとすることも可能である。資金規模そして、投資の経済性からして融資対象案件と思われる。これらのプロジェクトの資金必要量及び諸施設の規模を算定するためには、「T-1 ストラクチャー・プラン改訂」が必要である。

2003 年に策定されたストラクチャー・プランは既に 10 年を過ぎ、計画人口を実際の人口が追い越している可能性が高い。将来に亘って予想人口の設定をプロジェクト毎に行うことのないように、市全体の人口予想を修正する必要がある。中でも人口予測とその地区配分は入念に見直す必要がある。2015 年には 10 年に一度のセンサスが行われる予定で、その計画の段階から都市計画の視点でセンサスの範囲、区分け等にも関与して、より精度の高い、都市計画に活用できるセンサスとなるような人口予測に関する技術協力を「T-1 ストラクチャー・プラン改訂」の前段として設定している。

対象インフラの中でも緊急性が高いのが、上下水道インフラである。ローカル・エリア・プラン中心の現在の都市インフラ整備の弊害を回避するため、上下水道のマスタープラン策定が必要である。「T-1 ストラクチャー・プラン改訂」の一部として行うのが最も望ましいが、そうでない場合には、「T-7 上下水道マスタープラン」を単独として行うのも次善策

的な選択である。

上水道は現在時間給水になっているが、これを 24 時間給水に改善し、公衆衛生上の問題を解決する必要がある。他方、下水道に関しては **Motithang** を含む下水収集施設のない地域が、他の地域の環境問題を引き起こしており、下水道カバレッジの拡大と処理場方法の確立が重要な課題となっている。これらの課題に対処する「**T-3 Motithang 地区下水処理**」、「**T-4 24 時間給水**」を単独、或いはパッケージとすることも可能ではあるが、有償案件としては規模が小さくなる可能性もある。まずは、両案件ともフィージビリティ・スタディにより、より詳しいコストの見積もりが必要である。「**T-3 Motithang 地区下水処理**」については、小規模なシステムをこの地区専用地区内或いは地区外下流域に建設し処理を行うか、管路の能力を拡張し、**Babesa** の下水処理場に接続するか、これら代替案の基本設計とその経済比較評価を行う必要がある。

世銀は最初の 2 地区のローカル・エリア・プランに続いて、第 3 として **TABA** 地区におけるローカル・エリア・プランとその実施への融資を進める予定である。**TABA** 地区への上水給水の必要性の検討の中で、本調査の分析と同じく、ブータン側からもより広範な地域の給水問題の検討の要請が上がり、世銀がティンブー上流 **Begana** から取水、浄水場建設の検討を始めている。その規模は北部中心としたものとなると予想されるが、その際には、「**T-6 中心地区開発事業**」のスコープの変更が必要である。他方、世銀の融資が実現しない場合、「**T-8 ベガナ上水道事業**」が **T-6** の有力なサブ・プロジェクトとして浮上することになる。

都市交通では、**Lungtenzampa** 橋とアクセス道路の一体改修が現状の交通混雑と歩行者の安全の確保に貢献すると考えられる。また市内の駐車スペース不足を考えると、各種の交通需要抑制政策の実施が必要である。その中で、公共バスシステムの強化は重要で、公共バス（グラント）を交通需要抑制プロジェクト「**T-9 交通需要抑制計画**」の一環として行うことが、政策効果を最大化する方策として考えられる。現在ティンブー市の住民パーソントリップの半分は歩行である。歩行者空間の整備と市の美化を同時に行うのが経済効果も高いと目される。単独でこれを実行する場合は、住民参加型都市作りのための技術協力型のプロジェクトとして「**T-5 歩行者空間整備・都市美化**」を提言する。「**T-5 歩行者空間整備・都市美化**」は、「**T-1 ストラクチャー・プラン改訂**」の一環として行うのも、技術協力としてのキャパシティ開発の促進に効果的である。他の方法としては「**T-9 交通需要抑制計画**」と「**T-5 歩行者空間整備・都市美化**」を 1 パッケージで実施するオプションも相乗効果が期待できる組み合わせである。

技術的留意点

本調査における技術的留意事項としては水文/地質データの制約がある。水文データは **Wang Chhu** の **Lungtenphu** 測定所のデータは 1991 年から入手可能である。**Wang Chhu** 支線には測定所はなく、浄水所における過去の取水データがあるのみである。気象データは 1996 年から入手可能である。収集できた地質データは表層的、全般的なものに限られており、ボーリング・コアデータなどは殆ど存在しないと考えられ、今後の計画作りには留意が必要である。「**T-8 ベガナ上水道事業**」の取水点は国立公園内に位置するため、自然環境への影響を最小化する配慮が必要である。

5.4.3 プンツォリン市プロジェクト形成

(1) 提案プロジェクトの概要

プンツォリンの都市整備ニーズ分析と開発戦略で提言しているのは表 5-2 に示す優先度の高いプロジェクト 5 件である。提案するプロジェクト詳細は Appendix A-2 に示す。

表 5-2 プンツォリン提案プロジェクト

No	Project Title
P-1	Om Chhu 流域砂防 Om Chhu Flood/Landslide Control with Sabo Technologies
P-2	下水処理拡張 Wastewater Treatment Expansion
P-3	上水システム改修 Water Supply System Rehabilitation
P-4	ファーマーズ・マーケット移転「道の駅」化 Relocation Upgrading of Farmers Market to Michi No Eki
P-5	Om Chhu 橋改修 Om Chhu Old Bridge Renovation

出所：JICA 調査団

プンツォリンの都市環境を保全する上で最重要課題は、自然災害からの市民と都市施設の保護で、最も優先度が高いのが Om Chhu 河川砂防である。人命保護という目的からして、この砂防事業はグラント対象としての要件を兼ね備えている。しかしながら、現在の段階で必要な投資規模は定かではなく、水文地質情報の収集とその分析を基にした計画作りが必要である。また、砂防技術は、他の南部地域でも必要な技術である。このため、「P-1 Om Chhu 流域砂防」プロジェクトは、技術協力型の開発調査として提案している。治山治水の為には対象となる Om Chhu の水文データを必要とするが、この小さな川には水文観測点がない。また、地質データも不完全である。このデータ不足を補うため、水文観測と本格調査は二段階の設定である。本格調査では、砂防マスタープランを立案する。各種対策の中から、効果的かつ技術移転を促進しうるサブ・プロジェクトを特定し、パイロットプロジェクトの実施（技術タイプごとに 3 から 5 件）も想定している。全体的な実施は、資金規模と期間から、無償、有償を選択あるいは組み合わせることが想定される。

2000 年の洪水では、上下水道共に大きな被害を受け、上水道はそれ以来、24 時間供給ができなくなっており、公衆衛生上問題を抱えている。現状の浄化施設は機能が不足し、また市内の配水網は既にかなり劣化して、漏水が激しいと考えられる。よって「P-3 上水システム改修」が望まれる。他方、現状の下水道の処理能力は不足しており、また将来の人口増には対応できないことが明らかで、長期的には下水処理場拡張、短期的には排水網の改善が必要であり、「P-2 下水処理拡張」が必要となる。尚、上下水道のこうした一連の改修、拡張を総て都市計画と地形、水文の観点から再計画する上下水道マスタープランも必要であり、長期的には新しい市街地に対応した上水道システムの計画も必要である。上下水道案件は融資対象案件と目されるが、通常の借款の資金規模からすると小さい可能性もある。他の案件、ティンプーの上下水道案件が成立するのであればこれに乗じて二都市を対象案件とすることもオプションである。

「P-4 ファーマーズ・マーケット移転「道の駅」化」は、住民参加型開発の日本の経験を伝

えるための技術協力として実際の市場のパイロット建設をプンツォリンで行う提案である。また、MoWHS では現在地方道路整備の付帯事業として、道路脇の「産直農産品市場」の整備を始めており、日本の「道の駅」「一村一品運動」に大きな関心を示している。参加する住民・行政スタッフへの日本での研修を手始めに、技術協力案件としての、地域特産品の発掘調査から地域部ブランド形成のコンサルティング、さらにはパイロットプロジェクトとしての道の駅建設運営を提案している。

「P-5 Om Chhu 橋の改修」は、交通安全の観点から判断して、グラント候補案件である。P-4 のロケーションが RSTA のバス停脇になった場合には、その脇に接続する「P-5 Om Chhu 橋の改修」は交易促進にも重要な役割を果たし、国際競争力強化戦略上の相乗効果をもたらすことが期待できる。

技術的留意点

本調査における技術的留意事項としては水文/地質データの制約がある。水文データは Am Mo Chhu の Dorokha 測定所のデータは 2003 年から、Doyagang 測定所のデータは 2004 年から入手可能である。Om Chhu には測定所はない。気象データは 1996 年から入手可能である。

収集できた地質データは表層的、全般的なものに限られており、ボーリング・コアデータなどは殆ど存在しないと考えられ、今後の計画作りには留意が必要である。