

ネパール国
社会インフラ運輸省道路局

ネパール国
スルヤビナヤックードゥリケル道路
改修事業にかかる追加調査

最終報告書

平成 30 年 8 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 建設技術研究所

南ア

JR(先)

18-047

ネパール国
社会インフラ運輸省道路局

ネパール国
スルヤビナヤックードゥリケル道路
改修事業にかかる追加調査

最終報告書

平成 30 年 8 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

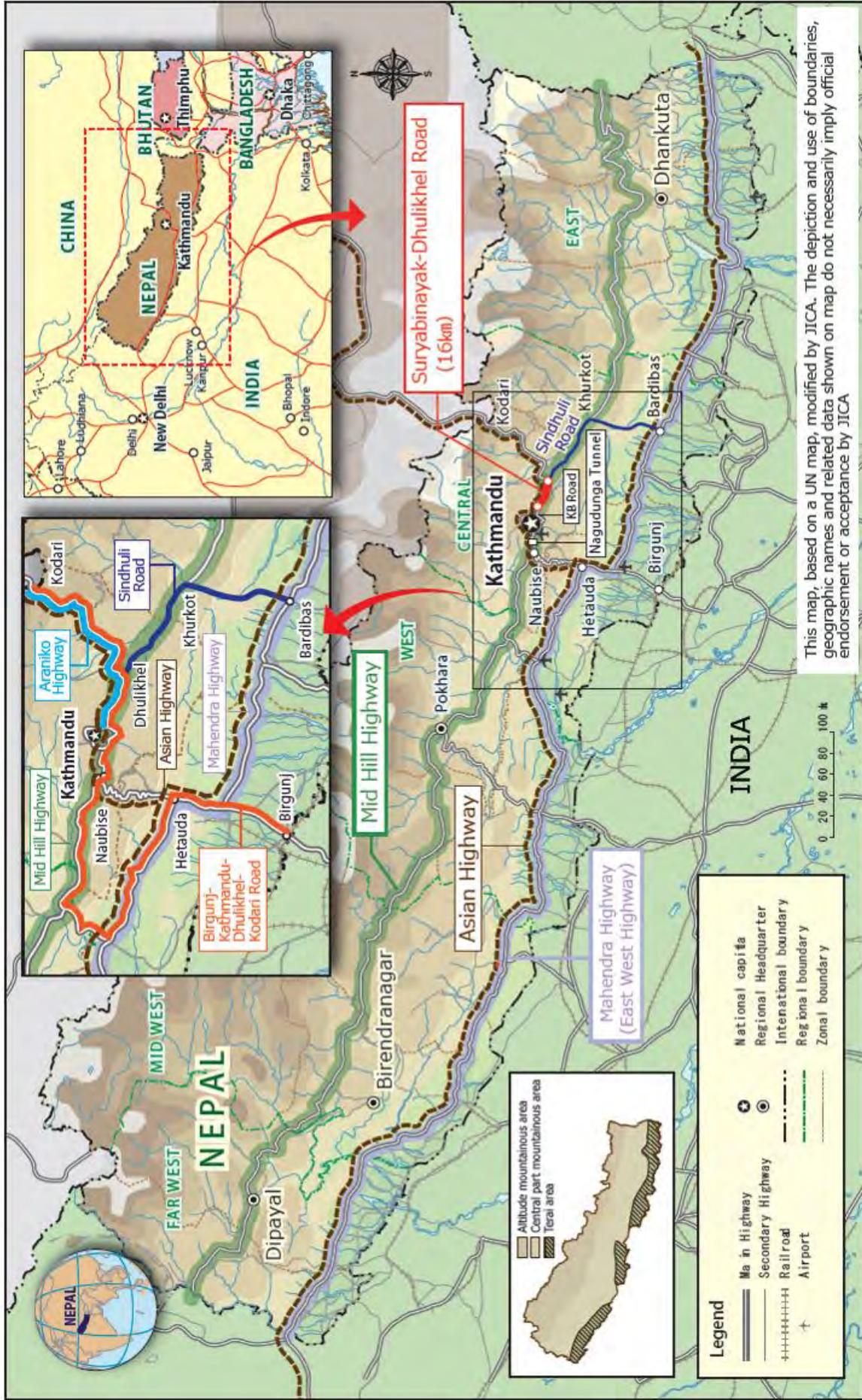
株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 建設技術研究所

外貨交換レート

2017年9月

1 NPR = 1.0900 YEN

1 USD = 112.64 YEN



プロジェクト位置図

写真（1/4）：関係機関の表敬訪問および協議



写真-1：インセプションレポート説明
(2017年8月6日)



写真-2：IC/R 時の Technical Note 説明及び署名
(2017年8月21日)



写真-3：インテリムレポート説明及びテクニカルノート署名 (2017年11月6日)



写真-4：DOR への DF/R 説明
(2018年4月17日)



写真-5：DF/R 説明会
(2018年4月19日)



写真-6：DF/R 説明会
(2018年4月19日)

写真 (2/4) : 対象道路沿道状況



写真-7 : 起点部 (スルヤビナヤック市街地) より
終点方向を望む。



写真-8 : スルヤビナヤック市街地 (起点部)
(ROW 内の移設を必要とする電柱や鉄塔)



写真-9 : ジャガテイ市街地
(ROW 外にセットバック済の個人商店)



写真-10 : ジャガテイ市街地終点部の既存橋梁
(施工後40 数余年が経ち老朽化が進み、破損
が目立っている)



写真-11 : 起点側バイパス分岐予定地付近



写真-12 : 西側坑口予定地を望む

写真 (3/4) : 対象道路沿道状況

 <p>至ジャガティ</p>	 <p>至ジャガティ</p>
<p>写真-13 : 西側抗口予定地からジャガティ方面を望む</p>	<p>写真-14 : 東側抗口予定地（田園地帯）を望む</p>
 <p>至バネパ</p>	
<p>写真-15 : 東側抗口予定地からバネパ方面を望む（現道合流地点）</p>	<p>写真-16 : 終点側バイパス分岐予定地付近</p>
 <p>至ドゥリケル</p>	 <p>至ドゥリケル</p>
<p>写真-17 : バネパ市街地 （セットバック済みの街並みと交差点付近）</p>	<p>写真-18 : バネパ市街地 （雨期の冠水時、渋滞が発生）</p>

写真 (4/4) : 対象道路沿道状況



写真-19: バネパ市街地ドゥリケル側の既存橋梁 (施工後 40 数余年が経ち老朽化が進み、破損が目立った既設橋梁と下水橋)



写真-20: ドゥリケル方面の長い下り坂 (7%) からバネパ市街地を望む



写真-21: ドゥリケル付近切土面



写真-22: ドゥリケル市街地



写真-23: ドゥリケル市街地



写真-24: 対象区間終点 (ドゥリケル)

目 次

位置図

目次

図目次・表目次

略語集

第 1 章	業務の概要	1-1
1.1	事業の背景	1-1
1.2	事業概要	1-2
1.2.1	事業名	1-2
1.2.2	事業目的	1-2
1.2.3	事業概要	1-2
1.2.4	対象地域	1-2
1.2.5	関係官庁・機関	1-2
1.2.6	本事業に関連する我が国の主な支援活動	1-2
1.3	業務範囲	1-3
1.4	業務の目的	1-3
1.5	調査スケジュール	1-3
1.6	調査団	1-5
第 2 章	背景および事業の必要性	2-1
2.1	背景	2-1
2.2	現道の状況	2-1
2.2.1	スルヤビナヤック（起点）～ジャガティ（Km1+860）	2-2
2.2.2	ジャガティ（Km1+860）～ナリンチョーク（Km4+830）	2-2
2.2.3	ナリンチョーク（Km4+830）～サンガ峠（Km6+580）	2-3
2.2.4	サンガ峠（Km6+580）～バネパ西（Km10+20）	2-4
2.2.5	バネパバザール（バネパ西（Km10+20）～バネパ東（Km12+200））	2-4
2.2.6	バネパ東（Km12+200）～ドゥリケル（Km14+920）	2-5
2.3	本事業の必要性	2-6
第 3 章	運輸交通部門の概要	3-1
3.1	陸上輸送	3-1
3.1.1	道路輸送	3-1
3.1.2	鉄道輸送	3-3
3.2	航空輸送	3-3
3.3	道路網および道路インフラの現状	3-5

3.4	道路の開発方針および計画	3-5
3.5	国家開発計画における道路開発方針.....	3-7
3.6	関係するプロジェクト	3-9
第4章	社会経済および自然状況	4-1
4.1	社会経済状況	4-1
4.1.1	人口	4-1
4.1.2	経済	4-1
4.1.3	産業	4-3
4.1.4	輸出入	4-6
4.1.5	輸送	4-9
4.2	自然状況	4-10
4.2.1	地形	4-10
4.2.2	地質	4-11
4.2.3	土地利用分類	4-14
4.2.4	地震	4-15
4.2.5	気候	4-15
4.2.6	河川	4-16
第5章	線形計画のレビュー	5-1
5.1	既往準備調査での線形計画	5-1
5.2	本調査における追加調査項目およびレビュー方針.....	5-2
5.2.1	レビュー方針	5-2
5.2.2	追加調査項目	5-2
5.3	レビュー結果	5-3
5.3.1	対象区間と車線数	5-3
5.3.2	線形の改善	5-3
5.3.3	舗装設計のレビュー	5-4
5.3.4	他のコンポーネントのレビュー	5-4
第6章	追加交通状況調査	6-1
6.1	交通状況調査の概要	6-1
6.2	交通量の状況	6-5
6.2.1	交通量	6-5
6.2.2	交通量の時間変動	6-10
6.2.3	大型車の構成とシェア	6-12
6.2.4	昼夜率	6-18
6.2.5	平休比	6-19
6.3	旅行速度と旅行時間	6-21
6.3.1	旅行速度	6-21
6.3.2	旅行時間	6-24
6.4	OD内訳	6-25

6.4.1	交通構成の特徴	6-25
6.4.2	サンガ峠区間における O-D 特性.....	6-32
6.5	車軸荷重	6-45
6.5.1	目的と調査方法	6-45
6.5.2	調査結果	6-45
6.6	車両排気ガス	6-47
6.6.1	目的と調査方法	6-47
6.6.2	調査結果	6-48
6.7	交通特性の概要	6-50
6.7.1	交通量	6-50
6.7.2	車種構成	6-50
6.7.3	旅行速度	6-50
6.7.4	OD 特性.....	6-50
6.7.5	シンズリ道路開通の影響	6-50
第 7 章	交通需要予測.....	7-1
7.1	交通需要予測の分析手法	7-1
7.2	社会経済フレームと開発計画	7-1
7.2.1	社会経済フレーム	7-1
7.2.2	開発計画	7-1
7.3	交通量の伸び	7-3
7.3.1	乗用系自動車	7-4
7.3.2	貨物系自動車	7-5
7.4	国境の交通状況	7-6
7.5	交通需要予測	7-11
7.5.1	交通量の増加率	7-11
7.5.2	料金徴収によるトンネル利用率への影響.....	7-12
7.5.3	将来需要予測	7-12
7.5.4	SD 道路に期待される機能	7-14
第 8 章	自然条件調査.....	8-1
8.1	地形測量	8-1
8.1.1	調査概要	8-1
8.1.2	調査項目および調査範囲	8-1
8.1.3	調査方法	8-2
8.2	地質調査	8-2
8.2.1	調査目的	8-2
8.2.2	調査対象地域	8-3
8.2.3	調査内容	8-4
8.2.4	調査方法	8-5
8.2.5	調査結果	8-7
8.2.6	地質調査結果の検討	8-14
8.2.7	計画トンネルルート沿いの地質検討.....	8-16

8.2.8	地下水調査検討結果	8-17
第9章	設計方針の検討	9-1
9.1	概要	9-1
9.2	道路計画に係る方針	9-1
9.3	自然条件に係る方針	9-6
9.4	社会経済条件に係る方針	9-7
9.5	環境社会配慮に係る方針	9-8
9.6	施工および調達事情に係る方針	9-8
9.6.1	施工に係る方針	9-8
9.6.2	調達事情に係る方針	9-8
第10章	サンガ峠の線形改良に関する検討	10-1
10.1	概要	10-1
10.2	調査区間における問題	10-1
10.3	基本方針	10-2
10.4	基本条件	10-2
10.5	標準断面	10-2
10.6	代替線形案の比較検討	10-3
10.7	西側アプローチ道路の詳細比較	10-6
第11章	トンネル計画	11-1
11.1	トンネル計画概要	11-1
11.2	トンネル構造	11-1
11.2.1	設計基準	11-1
11.2.2	設計条件	11-2
11.2.3	地山分類と支保パターン	11-3
11.2.4	標準断面（内空断面）	11-7
11.2.5	トンネル平面・縦断計画	11-7
11.2.6	坑口検討	11-8
11.3	トンネル工法	11-12
11.3.1	地質および水文概要	11-12
11.3.2	掘削方式および掘削工法	11-12
11.3.3	施工方法および仮設備計画	11-14
11.4	トンネル補助工法	11-15

11.5	トンネル仮設備	11-15
11.6	トンネル設備検討	11-16
11.6.1	概要	11-16
11.6.2	トンネル換気設備	11-17
11.6.3	トンネル照明検討	11-22
11.6.4	トンネル非常用設備／施設	11-25
11.6.5	その他施設	11-33
第 12 章 道路改良計画		12-1
12.1	概要	12-1
12.2	改良計画	12-1
12.2.1	ルート検討	12-1
12.2.2	線形	12-1
12.3	横断計画	12-1
12.4	側道計画	12-3
12.5	交差点計画	12-4
12.6	舗装設計	12-6
12.7	道路排水計画	12-11
12.8	既設橋改修計画	12-12
12.9	歩道橋	12-21
12.10	法面工	12-23
12.11	擁壁工	12-23
12.12	護岸工	12-23
12.13	ジャガティの排水流末水路整備	12-23
12.14	道路附帯工条件	12-24
第 13 章 先進技術の活用検討		13-1
13.1	概要	13-1
13.2	先進技術の必要性	13-1
13.2.1	ネ国の道路トンネルにおける先進技術導入の必要性	13-1
13.2.2	サンガトンネルにおける先進技術の必要性	13-1
13.3	推奨する先進技術	13-3
13.3.1	非拡幅 AGF（長尺鋼管フォアパイリング）	13-3
13.3.2	インバータ制御式ジェットファン	13-4
13.3.3	硬岩掘削機（自由断面掘削機）	13-4
13.3.4	防音扉	13-5

13.3.5	高性能覆工コンクリート型枠	13-5
13.3.6	高性能覆工コンクリートおよび養生システム.....	13-6
13.3.7	背面平滑型トンネルライニング工法.....	13-6
13.3.8	トンネル建設時の安全に関する基準類.....	13-6
13.3.9	仮設資材、建設資材の再利用、減量.....	13-7
13.4	サンガトンネルに推奨する先進技術.....	13-7
第 14 章 事業実施体制		14-1
14.1	実施機関	14-1
14.2	社会インフラ運輸省	14-1
14.3	社会インフラ運輸省道路局(DOR)	14-3
14.3.1	構想、全体目標およびミッション	14-3
14.3.2	DOR の年間予算	14-3
14.3.3	組織図	14-4
14.3.4	道路の運営および維持管理	14-8
14.3.5	意思決定プロセス	14-8
第 15 章 運営維持管理計画		15-1
15.1	運営維持管理組織	15-1
15.1.1	道路の運営維持管理組織	15-1
15.1.2	トンネルの運営・維持管理組織	15-1
15.2	運営維持管理計画	15-4
15.2.1	道路の運営維持管理	15-4
15.2.2	トンネル部の運営・維持管理	15-6
15.2.3	トンネル維持・管理費用および資金源.....	15-12
第 16 章 環境社会配慮.....		16-1
16.1	既往調査のレビュー（サンガのトンネル区間を除く）	16-1
16.1.1	環境社会配慮に関する既往調査の概要.....	16-1
16.1.2	既存調査のレビュー結果	16-4
16.2	環境影響評価（EIA）	16-7
16.2.1	事業概要	16-7
16.2.2	ネパールの EIA 概要.....	16-9
16.2.3	EIA に関する法的枠組／環境基準	16-10
16.2.4	EIA 承認手続き	16-12
16.2.5	スコーピング結果	16-12
16.2.6	EIA 調査の TOR.....	16-18
16.2.7	環境社会配慮の評価とベースライン.....	16-21
16.2.8	EIA 調査の結果.....	16-39
16.2.9	影響に対する緩和策	16-42
16.2.10	環境管理計画 (EMP)	16-53
16.2.11	環境モニタリング計画 (EMOP).....	16-55
16.2.12	ステークホルダー協議	16-59
16.2.13	関連する課題と提言	16-65

16.3	用地取得と住民移転	16-66
16.3.1	住民移転を生じさせる事業コンポーネント	16-66
16.3.2	RAP の範囲と目的	16-70
16.3.3	社会経済状況	16-71
16.3.4	情報公開と住民参加	16-75
16.3.5	関連する国内法	16-76
16.3.6	政策ギャップ分析	16-80
16.3.7	補償方針と資格要件	16-85
16.3.8	組織枠組	16-90
16.3.9	住民移転と生計回復	16-91
16.3.10	苦情処理メカニズム (GRM)	16-92
16.3.11	組織的責任	16-93
16.3.12	実施スケジュールと活動	16-93
16.3.13	費用	16-95
16.3.14	モニタリングと評価	16-97
第 17 章	コンサルティングサービス計画	17-1
17.1	概要	17-1
17.2	詳細設計	17-1
17.3	入札補助	17-1
17.4	施工管理	17-2
17.5	能力開発	17-2
第 18 章	施工計画	18-1
18.1	工程	18-1
18.2	主要建設資材	18-1
18.3	主要機材	18-2
18.4	現場および仮設ヤード	18-4
18.5	土取場、採石場および廃棄処分地	18-4
第 19 章	概略工事費の積算	19-1
第 20 章	事業計画	20-1
20.1	事業内容	20-1
20.2	実施スケジュール	20-1
20.3	土木工事契約内容	20-1
20.4	事業実施における組織構成および実施ユニット	20-1
20.4.1	事業実施における組織構成	20-1

20.4.2	事業管理組織（事業管理局）	20-2
20.4.3	トンネル管理ユニット（トンネル管理室）	20-3
20.5	資金計画	20-4
20.6	調達計画	20-4
20.7	事業実施におけるリスクと対策	20-5
20.8	詳細設計への申し送り事項	20-6
第 21 章 事業効果の評価		21-1
21.1	経済評価	21-1
21.1.1	分析方法	21-1
21.1.2	事業の社会的コスト	21-2
21.1.3	事業の経済的便益	21-3
21.1.4	経済分析の結果	21-6
21.1.5	感度分析	21-7
21.2	財務評価	21-7
21.3	運用および効果指標	21-7
21.3.1	運用および効果指標の選定	21-7
21.3.2	運用および効果指標の算定結果	21-8
第 22 章 本邦招へい		22-1
22.1	概要	22-1
22.2	目的および期待される成果	22-1
22.2.1	目的	22-1
22.2.2	期待される成果	22-1
22.3	招へい期間	22-2
22.4	対象官庁および機関	22-2
22.5	招へいプログラム	22-2
22.6	講義・視察・紹介技術の概要	22-3
22.6.1	国道沿い施設の視察	22-3
22.6.2	新区界トンネル	22-4
22.6.3	東京湾アクアライン・海ほたる	22-6
22.6.4	交通管制システム	22-6
22.6.5	本邦先進技術の紹介および講演	22-6
22.7	所見	22-7
22.8	写真	22-9

【巻末資料】

巻末資料 1 : Preliminary Design Drawings

目次

図 1.1.1	主要道路ネットワーク	1-1
図 2.2.1	現道状況の概要	2-1
図 2.2.2	対象区間の地形	2-2
図 3.2.1	ネ国の国際空港および地方空港	3-4
図 3.3.1	ネ国内の現在の幹線道路網	3-5
図 3.6.1	ナグドゥンガトンネルの位置	3-9
図 3.6.2	ORR の概要	3-10
図 4.1.1	沿線の人口変化	4-1
図 4.1.2	実質 GDP の変化およびセクターごとの成長率	4-2
図 4.1.3	一人当たり実質 GDP の変化	4-2
図 4.1.4	経済状況	4-3
図 4.1.5	産業別の GDP シェア	4-3
図 4.1.6	産業別労働人口	4-3
図 4.1.7	消費者物価指数の変化	4-4
図 4.1.8	観光客数の推移	4-4
図 4.1.9	移住労働者と海外送金の推移	4-5
図 4.1.10	海外直接投資の推移	4-5
図 4.1.11	2012 年までのセクター別累積投資割合	4-6
図 4.1.12	輸出入額の推移	4-6
図 4.1.13	貿易相手国別割合	4-7
図 4.1.14	輸出入品目割合	4-7
図 4.1.15	日本との貿易額の推移	4-8
図 4.1.16	日本との輸出入における貿易商品	4-8
図 4.1.17	日本からの渡航者数の推移	4-9
図 4.2.1	カトマンズ周辺の地形概略図	4-10
図 4.2.2	カトマンズへの道路網と道路勾配模式図	4-10
図 4.2.3	調査対象区間の道路勾配	4-11
図 4.2.4	サンガ峠付近の地質	4-11
図 4.2.5	カトマンズの気候	4-16
図 4.2.6	カトマンズとバネパ周辺の主要河川	4-16
図 6.1.1	交通状況調査箇所（交通量調査と路側 OD 調査）	6-2
図 6.1.2	旅行速度調査箇所	6-3
図 6.1.3	旅行時間調査区間	6-3
図 6.2.1	平日の日交通量（全車）	6-6
図 6.2.2	平日の日交通量（二輪車を除く）	6-6
図 6.2.3	ドゥリケル交差点の交通量調査	6-7
図 6.2.4	ドゥリケル交差点の断面日交通量（全車）	6-8
図 6.2.5	ドゥリケル交差点の断面日交通量（オートバイ除く）	6-8
図 6.2.6	ドゥリケル交差点の方向別交通量	6-9
図 6.2.7	ドゥリケル交差点の方向別交通量（オートバイ除く）	6-10
図 6.2.8	交通量の時間変動	6-10
図 6.2.9	交通量の時間変動（オートバイを除く）	6-11
図 6.2.10	ドゥリケル交差点での断面交通量の時間変動（全車）	6-11
図 6.2.11	ドゥリケル交差点での断面交通量の時間変動（オートバイを除く）	6-11
図 6.2.12	ドゥリケル交差点での方向別交通量の時間変動（全車）	6-12
図 6.2.13	ドゥリケル交差点での方向別交通量の時間変動（オートバイを除く）	6-12
図 6.2.14	5 観測地点における車種構成	6-13
図 6.2.15	5 観測地点における車種構成（オートバイを除く）	6-13
図 6.2.16	5 観測地点における大型車混入率	6-14
図 6.2.17	5 観測地点における大型車混入率（オートバイを除く）	6-14
図 6.2.18	ドゥリケル交差点における車種構成	6-15

図 6.2.19	ドゥリケル交差点における車種構成（オートバイを除く）	6-15
図 6.2.20	ドゥリケル交差点における大型車混入率	6-15
図 6.2.21	ドゥリケル交差点における大型車混入率（オートバイを除く）	6-16
図 6.2.22	ドゥリケル交差点における方向別車種構成	6-17
図 6.2.23	ドゥリケル交差点における方向別車種構成（オートバイを除く）	6-17
図 6.2.24	ドゥリケル交差点における方向別大型車混入率	6-17
図 6.2.25	ドゥリケル交差点における方向別大型車混入率（オートバイを除く）	6-18
図 6.2.26	サンガ（地点3）における平休の交通量（オートバイを除く）	6-20
図 6.2.27	サンガ（地点3）における平休の交通量変動	6-20
図 6.2.28	サンガ（地点3）における平休の車種構成	6-20
図 6.2.29	サンガ（地点3）における時間帯別大型車混入率	6-21
図 6.3.1	大型貨物車と大型バスの勾配による速度変化	6-22
図 6.3.2	小型車の勾配による速度変化	6-22
図 6.3.3	大型車と小型車の勾配別速度低下率の比較	6-23
図 6.3.4	大型車と小型車の勾配別速度の比較	6-23
図 6.4.1	OD ゾーニング図	6-26
図 6.4.2	平日における旅行目的（全車）	6-27
図 6.4.3	休日における旅行目的（全車）	6-28
図 6.4.4	平日の平均乗車人数	6-29
図 6.4.5	休日の平均乗車人数	6-29
図 6.4.6	平日の貨物車の方面別積載率	6-30
図 6.4.7	休日の貨物車の方面別積載率	6-30
図 6.4.8	平日の貨物車の積載品目	6-31
図 6.4.9	休日の貨物車の積載品目	6-32
図 6.4.10	全車の希望線図（平日）（台/日）	6-33
図 6.4.11	全車の希望線図（平日）（%）	6-34
図 6.4.12	全車の希望線図（休日）（台/日）	6-34
図 6.4.13	全車の希望線図（休日）（%）	6-35
図 6.4.14	車種別の発生集中交通量（平日）	6-35
図 6.4.15	車種別の発生集中交通量（休日）	6-36
図 6.4.16	乗用車の希望線図（平日）（台/日）	6-37
図 6.4.17	乗用車の希望線図（平日）（%）	6-38
図 6.4.18	乗用車の希望線図（休日）（台/日）	6-38
図 6.4.19	乗用車の希望線図（休日）（%）	6-39
図 6.4.20	バスの希望線図（平日）（台/日）	6-40
図 6.4.21	バスの希望線図（平日）（%）	6-41
図 6.4.22	バスの希望線図（休日）（台/日）	6-41
図 6.4.23	バスの希望線図（休日）（%）	6-42
図 6.4.24	トラックの希望線図（平日）（台/日）	6-43
図 6.4.25	トラックの希望線図（平日）（%）	6-44
図 6.4.26	トラックの希望線図（休日）（台/日）	6-44
図 6.4.27	トラックの希望線図（休日）（%）	6-45
図 6.5.1	バスの総重量の構成	6-46
図 6.5.2	2軸トラックの総重量の構成	6-47
図 6.5.3	3軸トラックの総重量の構成	6-47
図 6.6.1	車両排出ガステストの結果(CO)	6-49
図 6.6.2	車両排出ガステストの結果(NOx)	6-49
図 6.6.3	車両排出ガステストの結果(SO2)	6-49
図 6.7.1	SD 道路における交通量の年間変動（平日）	6-51
図 7.2.1	盆地における既存の都市機能分布と拡張	7-2
図 7.2.2	パンツカルの位置	7-3
図 7.3.1	乗用系自動車の推定結果	7-4
図 7.3.2	貨物系自動車の推定結果	7-5

図 7.4.1	現地踏査調査区間.....	7-7
図 7.4.2	主要な物流ルート.....	7-10
図 7.5.1	将来需要予測の手順.....	7-13
図 7.5.2	SD 道路の各区間の将来交通量.....	7-14
図 8.1.1	地形測量調査エリア.....	8-1
図 8.2.1	調査範囲.....	8-3
図 8.2.2	現道谷側斜面の崩壊地.....	8-3
図 8.2.3	崩壊防止の擁壁工.....	8-4
図 8.2.4	地質調査位置図.....	8-4
図 8.2.5	地質調査位置断面図.....	8-5
図 8.2.6	地形図および空中写真.....	8-8
図 8.2.7	調査地域広域地質平面図.....	8-9
図 8.2.8	計画トンネルルート沿い地質平面図.....	8-9
図 8.2.9	ボーリングコア一覧（その1）.....	8-10
図 8.2.10	ボーリングコア一覧（その2）.....	8-11
図 8.2.11	電気探査結果平面図.....	8-12
図 8.2.12	電気探査結果断面図.....	8-12
図 8.2.13	微動アレー探査による鉛直方向弾性波分布.....	8-13
図 8.2.14	水源地調査結果.....	8-14
図 8.2.15	調査位置図と電気探査結果図の対比.....	8-15
図 8.2.16	南ルート断面図と最終ルート断面図の関係.....	8-16
図 8.2.17	トンネル施工面における岩盤分類図.....	8-17
図 8.2.18	水文学的手法による影響範囲の考え方.....	8-18
図 8.2.19	水源地調査結果とトンネル掘削による地下水影響範囲図.....	8-18
図 10.1.1	既往調査で提案されたサンガ峠バイパス案.....	10-1
図 10.5.1	道路標準断面.....	10-3
図 10.5.2	トンネル坑口の標準断面.....	10-3
図 11.2.1	近接トンネルにおける相互間距離.....	11-3
図 11.2.2	地質縦断面図.....	11-6
図 11.2.3	トンネル標準断面図（DI パターン）.....	11-7
図 11.2.4	トンネル平面図.....	11-7
図 11.2.5	トンネル縦断面図.....	11-8
図 11.2.6	起点側坑口平面図（バクタプール側）.....	11-9
図 11.2.7	起点側坑口周辺状況.....	11-9
図 11.2.8	終点側坑口平面図（バネパ側）.....	11-10
図 11.2.9	終点側坑口周辺状況.....	11-11
図 11.2.10	終点側坑口平面図（トンネル延長最短案）.....	11-11
図 11.3.1	ロードヘッダー（自由断面掘削機）.....	11-13
図 11.3.2	トンネル施工ステップ図.....	11-14
図 11.4.1	長尺鋼管フォアパイリング工法（非拡幅型）.....	11-15
図 11.5.1	トンネル工事における仮設備配置図.....	11-16
図 11.6.1	煤煙および一酸化炭素換気量に対する補正率.....	11-19
図 11.6.2	ジェットファン設置断面図.....	11-22
図 11.6.3	照明配置図.....	11-25
図 11.6.4	トンネル等級.....	11-26
図 11.6.5	サンガ峠トンネルのトンネル等級.....	11-32
図 11.6.6	上り線トンネルの非常設備割付図.....	11-33
図 11.6.7	下り線トンネルの非常用設備割付図.....	11-33
図 11.6.8	非常駐車帯（トンネル内）.....	11-34
図 11.6.9	非常駐車帯配置図（案）.....	11-34
図 11.6.10	避難連絡坑標準断面.....	11-35
図 11.6.11	避難連絡坑配置図（案）.....	11-35
図 11.6.12	トンネル管理室および電気室位置図（案）.....	11-36

図 11.6.13	トンネル電気室配置図の例 (参考)	11-37
図 11.6.14	バネパ電力施設位置図および現況	11-39
図 12.3.1	高低差のある区間の標準横断面図 (区間 1)	12-2
図 12.3.2	標準横断面図 (側道を設けない区間、区間 2、4、5、7 および 9)	12-2
図 12.3.3	トンネルアプローチ道路区間の標準横断面図 (区間 3)	12-2
図 12.3.4	標準横断面図 (区間 6 : バネパバザール)	12-3
図 12.3.5	標準横断面図 (区間 8)	12-3
図 12.3.6	標準横断面図 (区間 10)	12-3
図 12.7.1	側道あり区間 (ジャガティ) の配水施設	12-11
図 12.7.2	側道なし区間の切土断面における排水施設	12-12
図 12.8.1	No.1 シパドール川横断面	12-16
図 12.8.2	No.1 シパドール川縦断線形 (測量区間)	12-16
図 12.8.3	No.2 ビクテスワル川横断面	12-17
図 12.8.4	No.2 シパドール川縦断線形 (測量区間)	12-17
図 12.8.5	No.3 パンヤマティ川横断面	12-18
図 12.8.6	No.3 パンヤマティ川縦断線形 (測量区間)	12-18
図 12.8.7	No.4 チャンデショリ川横断面	12-19
図 12.8.8	No.4 チャンデショリ川縦断線形 (測量区間)	12-19
図 12.9.1	歩道橋の概要	12-22
図 12.12.1	護岸工	12-23
図 12.13.1	ジャガティにおける流末までの排水路整備	12-24
図 13.3.1	非拡幅 AGF	13-3
図 13.3.2	インバータ制御式ジェットファン	13-4
図 13.3.3	硬岩掘削機 (自由断面掘削機)	13-4
図 13.3.4	防音扉	13-5
図 13.3.5	高性能覆工コンクリート型枠	13-5
図 13.3.6	高性能養生システム	13-6
図 13.3.7	FILM	13-6
図 14.2.1	MOPIT 組織図	14-1
図 14.3.1	DOR の組織図	14-5
図 15.1.1	トンネル管理事務所の体制案	15-2
図 15.1.2	必要職員数	15-3
図 15.2.1	道路資金の流れ	15-6
図 15.2.2	緊急時の対応	15-9
図 15.2.3	火災発生時の対応フロー	15-10
図 15.2.4	交通事故・落下物・故障者発生時の対応フロー	15-10
図 16.2.1	事業概要 (平面線形)	16-8
図 16.2.2	標準断面図	16-9
図 16.2.3	汚染関連の計測地点	16-22
図 16.2.4	土壌調査のサンプリング地点 (トンネル付近)	16-26
図 16.2.5	土壌調査のサンプリング地点 (その他の地点)	16-26
図 16.2.6	直近の国立公園と事業対象地域の位置関係	16-30
図 16.2.7	SPCF の位置図	16-33
図 16.2.8	BASUKI POND の位置図	16-38
図 16.3.1	事業対象地域	16-67
図 16.3.2	SD 道路の ROW 範囲	16-71
図 16.3.3	用地取得プロセス	16-76
図 16.3.4	政策ギャップと RAP のイメージ	16-81
図 16.3.5	RAP 実施体制の枠組	16-90
図 18.1.1	建設工事工程案 (クリティカルパス)	18-1
図 18.1.2	工区 3・トンネル・工区 4 関係図	18-1
図 18.5.1	資材源および処分地	18-6
図 20.4.1	事業実施における組織構成	20-2

図 20.4.2	事業管理組織の構成	20-2
図 20.4.3	トンネル管理ユニットの構成	20-3
図 21.1.1	経済評価の流れ	21-1
図 22.6.1	国道 46 号線沿いで見学した主な施設	22-4
図 22.6.2	新区界トンネル平面・縦断	22-5
図 22.6.3	シールドマシンのカッターフェース	22-6
図 22.6.4	東京西局の交通管制室	22-6

表目次

表 1.5-1	調査スケジュール	1-4
表 3.1-1	SAARC 諸国の陸運ネットワークの状況	3-1
表 3.1-2	対象道路の長さ	3-2
表 3.1-3	戦略道路ネットワーク (SRN) の長さ	3-2
表 3.1-4	ネ国の鉄道路線	3-3
表 3.2-1	ネ国の航空安全施設	3-4
表 3.3-1	ネ国の道路分類による道路状況	3-5
表 4.1-1	ネ国の人口	4-1
表 4.1-2	日本からの投資により運営される企業	4-8
表 4.1-3	貿易における輸送方法	4-9
表 4.1-4	車両登録数	4-9
表 4.2-1	カトマンズ付近で発生した主な地震リスト (20~21 世紀)	4-15
表 5.1-1	既往調査の道路線形計画の概要	5-1
表 5.3-1	既往調査のコンポーネントのレビュー結果	5-4
表 6.1-1	交通状況調査の概要	6-1
表 6.2-1	平日の交通量調査の概要	6-5
表 6.2-2	PCU 換算係数	6-5
表 6.2-3	ドゥリケル交差点の断面交通量 (平日)	6-7
表 6.2-4	ドゥリケル交差点の方向別交通量の概要	6-9
表 6.2-5	5 観測地点における大型車のシェア	6-12
表 6.2-6	5 観測地点における大型車のシェア (オートバイを除く)	6-13
表 6.2-7	ドゥリケル交差点における大型車のシェア	6-14
表 6.2-8	ドゥリケル交差点における大型車のシェア (オートバイを除く)	6-14
表 6.2-9	ドゥリケル交差点における方向別大型車のシェア	6-16
表 6.2-10	ドゥリケル交差点における方向別大型車のシェア (オートバイを除く)	6-16
表 6.2-11	昼夜率	6-18
表 6.2-12	ドゥリケル交差点の昼夜率 (断面)	6-18
表 6.2-13	ドゥリケル交差点の昼夜率 (方向別)	6-19
表 6.2-14	サンガ (地点 3) における平日休日の交通量	6-19
表 6.2-15	サンガ (地点 3) における大型車混入率 (オートバイを除く)	6-21
表 6.3-1	地点旅行速度調査結果	6-21
表 6.3-2	旅行時間調査結果	6-25
表 6.4-1	OD ゾーンコード表	6-26
表 6.4-2	平日における車種別旅行目的の詳細	6-27
表 6.4-3	休日における車種別旅行目的	6-28
表 6.4-4	平日の平均乗車人数の詳細	6-29
表 6.4-5	休日の平均乗車人数の詳細	6-29
表 6.4-6	平日の大型貨物車の平均積載重量	6-31
表 6.4-7	休日の大型貨物車の平均積載重量	6-31
表 6.4-8	全車の起終点マトリクス (平日)	6-32
表 6.4-9	全車の起終点マトリクス (休日)	6-33
表 6.4-10	乗用車の起終点マトリクス (平日)	6-36
表 6.4-11	乗用車の起終点マトリクス (休日)	6-37
表 6.4-12	バスの起終点マトリクス (平日)	6-39
表 6.4-13	バスの起終点マトリクス (休日)	6-40
表 6.4-14	貨物車の起終点マトリクス (平日)	6-42
表 6.4-15	トラックの起終点マトリクス (休日)	6-43
表 6.5-1	積載貨物車と空荷貨物車の構成	6-45
表 6.5-2	平均総車両重量	6-46
表 6.6-1	自動車排ガス試験結果	6-48
表 6.7-1	SD 道路における交通量の推移 (平日)	6-51

表 7.2-1	人口フレーム	7-1
表 7.2-2	GDP フレーム	7-1
表 7.2-3	パンツカル SEZ の概要	7-3
表 7.3-1	過去の人口と交通量	7-4
表 7.3-2	将来の乗用系自動車の成長率	7-5
表 7.3-3	過去の GDP と交通量	7-5
表 7.3-4	将来の貨物系自動車の成長率	7-6
表 7.4-1	カトマンズとインド国境間の所要時間	7-11
表 7.5-1	SD 道路の交通量の増加率	7-11
表 7.5-2	季節変動係数	7-11
表 7.5-3	年平均日交通量 (2017)	7-11
表 7.5-4	サンガ トンネルの便益額と通行料金	7-12
表 7.5-5	サンガ区間の総交通量に対するトンネル利用率	7-12
表 7.5-6	中国国境からの交通量 2017 (AADT)	7-13
表 7.5-7	シンズリ道路からの転換交通量 2017 (AADT)	7-13
表 7.5-8	区間別の将来交通量	7-14
表 8.1-1	調査項目・範囲	8-1
表 8.2-1	調査項目一覧	8-4
表 8.2-2	ボーリング調査概要	8-6
表 8.2-3	電気探査調査数量一覧	8-6
表 8.2-4	物理探査実施終了および実施位置一覧	8-7
表 8.2-5	土質試験実施数量一覧	8-7
表 8.2-6	P-波と岩盤の状態	8-13
表 8.2-7	土質試験結果 (含一軸、透水試験)	8-13
表 9.1-1	本事業に関連する過去事業のリスト	9-1
表 9.2-1	「アジアハイウェイ」における道路区分、地形条件と設計速度の関係	9-2
表 9.2-2	道路設計条件	9-2
表 10.6-1	トンネル線形比較表	10-5
表 10.7-1	代替ルート比較表	10-7
表 11.2-1	適用基準一覧表	11-1
表 11.2-2	幾何構造条件 (サンガ峠トンネル区間)	11-2
表 11.2-3	地山分類方法	11-4
表 11.2-4	2 車線トンネルにおける標準支保パターン	11-5
表 11.3-1	掘削工法の分類と特質	11-13
表 11.6-1	設置施設一覧表	11-16
表 11.6-2	換気検討における設計条件	11-17
表 11.6-3	設計交通容量	11-18
表 11.6-4	設計時間交通量	11-18
表 11.6-5	一酸化炭素および煤煙の設計濃度	11-19
表 11.6-6	基準換気量	11-19
表 11.6-7	下り線トンネルの所要換気量	11-20
表 11.6-8	上り線トンネルの所要換気量	11-20
表 11.6-9	自然換気量および機械換気設備の必要性	11-20
表 11.6-10	下り線トンネルにおけるジェットファン設置台数	11-21
表 11.6-11	ジェットファン (JFX-1250) の標準仕様	11-21
表 11.6-12	設計条件 (トンネル照明)	11-23
表 11.6-13	路面輝度および基本照明設置数	11-24
表 11.6-14	路面輝度と入口照明設置数	11-24
表 11.6-15	トンネル等級に応じた設置すべき非常用設備	11-26
表 11.6-16	サンガ峠トンネルに設置される非常用設備	11-32
表 11.6-17	トンネル管理室および電気室の概要	11-36
表 11.6-18	トンネル関連設備の負荷容量	11-37
表 11.6-19	バックアップジェネレーターの負荷容量	11-38

表 12.4-1	側道（サービス道路）設置区間.....	12-4
表 12.5-1	対象交差点	12-4
表 12.5-2	対象各交差点の形式.....	12-5
表 12.6-1	車種毎の軸重換算率.....	12-6
表 12.6-2	設計期間における累計日交通量.....	12-6
表 12.6-3	設計期間 15 年における日交通量等価単軸換算載荷輪数	12-7
表 12.6-4	設計期間における一車線当たりの累計等価単軸載荷輪数.....	12-7
表 12.6-5	測定および採用 CBR 値.....	12-8
表 12.6-6	舗装設計に用いる設計条件および採用値	12-9
表 12.6-7	本線の区間毎における舗装層厚計算結果	12-10
表 12.6-8	側道の区間毎における舗装厚計算結果.....	12-10
表 12.7-1	横断排水計画位置および形状	12-12
表 12.8-1	対象橋梁の概要	12-13
表 12.8-2	既設橋梁の改修にかかる比較検討	12-14
表 12.8-3	比流量の算出.....	12-14
表 12.8-4	橋梁箇所における流域面積および 100 年確率流量	12-15
表 12.8-5	各改修対象過疎の計画流量.....	12-15
表 12.8-6	No.1 シパドール川設定諸元	12-16
表 12.8-7	No.2 ビクテスワル川設定諸元.....	12-17
表 12.8-8	No.3 パンヤマティ川設定諸元.....	12-18
表 12.8-9	チャンデショリ川設定諸元.....	12-19
表 12.8-10	各函渠の必要断面	12-20
表 12.9-1	歩道橋設置位置.....	12-21
表 12.14-1	バス停留所設置箇所.....	12-24
表 13.3-1	AGF 工法の比較.....	13-3
表 14.2-1	MOPIT 職員数	14-1
表 14.3-1	DOR の年間予算	14-4
表 14.3-2	DOR の人員構成	14-6
表 14.3-3	DOR によって実施された主なドナープロジェクト	14-7
表 15.2-1	ネパール側に必要となる道路運営・維持管理費用.....	15-5
表 15.2-2	点検項目	15-7
表 15.2-3	日常維持管理活動.....	15-8
表 15.2-4	トンネル管理事務所の機能と規模	15-11
表 15.2-5	トンネル運営・維持管理に必要な機器.....	15-12
表 15.2-6	ネパールの道路料金.....	15-13
表 15.2-7	推定された料金収入と O&M コストの比較.....	15-14
表 16.1-1	被影響住民の概況（既往調査時）	16-3
表 16.1-2	必要な用地取得面積（既往調査時）	16-3
表 16.1-3	影響を受けると想定された建物（既往調査時）	16-4
表 16.1-4	被影響世帯の比較.....	16-6
表 16.1-5	被影響人数の比較.....	16-6
表 16.1-6	補償関連費用の比較.....	16-7
表 16.2-1	道路緒元.....	16-8
表 16.2-2	トンネル設計の概要.....	16-9
表 16.2-3	ネパールの大気環境基準.....	16-10
表 16.2-4	ネパールの水質基準.....	16-11
表 16.2-5	ネパールの騒音基準.....	16-11
表 16.2-6	スコーピング結果.....	16-13
表 16.2-7	EIA 調査のための TOR 概要	16-19
表 16.2-8	大気分析結果.....	16-22
表 16.2-9	水質分析の結果.....	16-23
表 16.2-10	プロジェクトエリアの騒音レベル	16-24
表 16.2-11	LAEQ レベルの予測値.....	16-24

表 16.2-12	土壌調査の分析結果.....	16-28
表 16.2-13	ボーリングコア調査の分析結果.....	16-29
表 16.2-14	SURYAMOD COMMUNITY FOREST 周辺の非木材樹種.....	16-30
表 16.2-15	SURYAMOD COMMUNITY FOREST 周辺で確認された動物.....	16-31
表 16.2-16	SURYAMOD COMMUNITY FOREST 周辺で確認された鳥類.....	16-31
表 16.2-17	影響を受ける街路樹.....	16-32
表 16.2-18	SPCF で伐採を要する樹木.....	16-33
表 16.2-19	SPCF に一般的な樹種.....	16-34
表 16.2-20	伐採対象の私有樹木（西側坑口）.....	16-34
表 16.2-21	伐採対象の私有樹木（東側坑口）.....	16-34
表 16.2-22	プロジェクトによる伐採樹木の合計.....	16-35
表 16.2-23	サンガ峠の事業主に関する社会経済調査結果.....	16-36
表 16.2-24	トンネル地域周辺の水位（ベースライン）.....	16-37
表 16.2-25	EIA 調査の結果.....	16-40
表 16.2-26	大規模な影響項目.....	16-43
表 16.2-27	中程度の影響項目.....	16-43
表 16.2-28	影響と緩和策.....	16-47
表 16.2-29	EMP の実施に向けた責任体制.....	16-54
表 16.2-30	EMU 関連費用.....	16-55
表 16.2-31	環境モニタリングフォーム（案）.....	16-55
表 16.2-32	正の効用に対するモニタリング計画.....	16-58
表 16.2-33	第 1 回ステークホルダー協議の実施概要（2014）.....	16-59
表 16.2-34	第 1 回ステークホルダー協議の発言要旨(2014).....	16-60
表 16.2-35	第 1 回ステークホルダー協議の実施概要（2017）.....	16-60
表 16.2-36	第 1 回ステークホルダー協議の質疑要旨（2017）.....	16-60
表 16.2-37	第 2 回ステークホルダー協議の実施概要（BHAKTAPUR）.....	16-61
表 16.2-38	第 2 回ステークホルダー協議の実施概要（BANEPА）.....	16-61
表 16.2-39	第 2 回ステークホルダー協議の質疑要旨（バクタプール）.....	16-62
表 16.2-40	第 2 回ステークホルダー協議の質疑要旨（バネパ）.....	16-63
表 16.2-41	FGM の概要.....	16-63
表 16.2-42	フォーカスグループ協議の概要.....	16-64
表 16.3-1	プロジェクト対象地域.....	16-67
表 16.3-2	被影響住民の概要.....	16-68
表 16.3-3	被影響住民の内訳（社会的弱者）.....	16-68
表 16.3-4	必要な用地取得規模.....	16-69
表 16.3-5	住民移転が必要な建物.....	16-69
表 16.3-6	プロジェクト地域の ROW 宣言.....	16-70
表 16.3-7	裁判所の決定.....	16-71
表 16.3-8	被影響住民の概況.....	16-72
表 16.3-9	年齢階層ごとの被影響住民数.....	16-72
表 16.3-10	民族構成（世帯数）.....	16-72
表 16.3-11	被影響世帯の職業.....	16-73
表 16.3-12	被影響世帯の教育.....	16-73
表 16.3-13	被影響世帯の保有する技術分野.....	16-73
表 16.3-14	被影響世帯の平均年収（ネパールルピー）.....	16-74
表 16.3-15	食糧自給状況.....	16-74
表 16.3-16	食糧不足の補足方法.....	16-74
表 16.3-17	事業への印象.....	16-75
表 16.3-18	補償方法に関する意見.....	16-75
表 16.3-19	非自発的住民移転に対する JICA の基本方針.....	16-78
表 16.3-20	JICA 環境社会配慮ガイドラインとネパール関連法令のギャップ分析.....	16-81
表 16.3-21	エンタイトルメント・マトリクス.....	16-87
表 16.3-22	RAP の暫定的な実施スケジュール.....	16-94

表 16.3-23	地籍調査の主要プロセス	16-95
表 16.3-24	私有地の補償費用見積もり	16-96
表 16.3-25	影響を受ける建物の補償費用	16-96
表 16.3-26	移転手当の費用	16-96
表 16.3-27	営業損失手当の費用	16-96
表 16.3-28	社会的弱者世帯への支援手当にかかる費用	16-96
表 16.3-29	RAP 実施にかかる費用	16-97
表 16.3-30	用地関連の費用一覧	16-97
表 16.3-31	住民移転に関する内部モニタリング項目	16-98
表 16.3-32	住民移転に関する外部モニタリング項目	16-100
表 17.1-1	各サービスにおける MM 計画 (案)	17-1
表 17.2-1	詳細設計の MM 計画表 (案)	17-1
表 17.3-1	入札補助の MM 計画表 (案)	17-1
表 17.4-1	施工管理の MM 計画表 (案)	17-2
表 17.5-1	能力開発の MM 計画表 (案)	17-2
表 18.2-1	主要建設資材	18-2
表 18.3-1	主要建設機材	18-3
表 18.5-1	資材源の位置	18-5
表 18.5-2	残土処分地の候補	18-6
表 20.4-1	事業管理組織の役割	20-3
表 20.4-2	トンネル管理ユニットの役割	20-4
表 20.7-1	想定されるリスクとその対策	20-5
表 21.1-1	経済評価指標	21-2
表 21.1-2	事業スケジュールと経済的成本	21-2
表 21.1-3	維持管理費	21-3
表 21.1-4	VOC 原単位 (2017)	21-4
表 21.1-5	VOC 原単位 (2017)	21-5
表 21.1-6	旅行時間原単位 (2017)	21-6
表 21.1-7	経済的便益	21-6
表 21.1-8	経済分析の結果	21-6
表 21.1-9	感度分析	21-7
表 21.1-10	経済分析結果	21-7
表 21.3-1	運用および効果指標	21-7
表 21.3-2	年平均日交通量	21-8
表 21.3-3	移動時間短縮	21-8
表 21.3-4	移動時間短縮	21-8
表 21.3-5	走行経費の削減	21-9
表 21.3-6	平均旅行速度の向上	21-9
表 22.4-1	被招へい者リスト	22-2
表 22.5-1	プログラム概要	22-3
表 22.6-1	技術紹介および技術講演一覧	22-7

略語集

AADT	年平均日交通量 (Annual Average Daily Traffic)
AASHTO	米国全州道路交通運輸行政官協会 (American Association of State Highway and Transportation Officials)
ADB	アジア開発銀行 (Asian Development Bank)
ADT	平均日交通量 (Average Daily Traffic)
AGF	長尺鋼管フォアパイリング (All Ground Fastening)
AHSC	アルニコハイウェイ闘争委員会 (Arniko Highway Struggle Committee)
AIDS	後天性免疫不全症候群 (Acquired Immune Deficiency Syndrome)
ASR	空港監視レーダー (Airport Surveillance Radar)
BOD	生物化学的酸素要求量 (Biological Oxygen Demand)
C/L	コンパスロケーター (Compass Locater)
CBR	シービーアール試験 (California Bearing Ratio)
CBR	費用便益率 (Cost Benefit Ratio)
CBS	中央統計局 (Central Bureau of Statistics)
CCTV	監視カメラ (Closed-Circuit Television)
CDC	補償決定委員会 (Compensation Determination Committee)
CDO	地区事務所所長 (Chief District Officer)
CFUG	コミュニティフォレストユーザーグループ (Community Forestry User Group)
CPI	消費者物価指数 (Consumer Price Index)
CRRD	中央道路地域局 (Central Regional Road Directorate)
CSC	施工監理コンサルタント (Construction Supervision Consultant)
D&B	穿孔発破 (Drill and Blasting)
DBH	胸高直径 (Diameter at Breast Height)
DDC	地区開発委員会 (District Development Committee)
DDG	副局長 (Deputy Director General)
DG	局長 (Director General)
DMG	工業省資源・地質局 (Department of Mines and Geology, Ministry of Geology and Mines)
DOF	農林局 (Department of Forestry)
DOLIDAR	地方インフラ&農道省 (Department of Local Infrastructure Development and Agricultural Roads)
DOR	道路局 (Department of Roads)
DPR	開発プロジェクト報告書 (Development Project Report)

略語集

DR	割引率 (Discount Rate)
DUDBC	都市整備・建築建設省 (Department of Urban Development and Building Construction)
DWIDP	治水砂防局 (Department of Water Induced Disaster Prevention)
EIA	環境アセスメント (Environmental Impact Assessment)
EIRR	経済的内部収益率 (Economic Internal Rate of Return)
EMoP	環境モニタリング計画 (Environmental Monitoring Plan)
EMP	環境管理計画 (Environmental Management Plan)
EOI	関心表明 (Expression of Interest)
EPA	環境保護法 (Environmental Protection Act)
EPR	環境保護規則 (Environmental Protection Rule)
ERRD	東部道路地域局 (East Regional Road Directorate)
ERT	電気抵抗トモグラフィ (Electrical Resistance Tomography)
ESAL	等価換算単軸荷重 (Equivalent Single Axle Load)
ESMF	環境・社会管理フレームワーク報告書 (Environmental and Social Management Framework report)
FCB	海外現地法人 (Foreign Cooperation Branch)
FDI	海外直接投資 (Foreign Direct Investment)
FGM	フォーカス・グループ・インタビュー (Focus Group Meeting)
FILM	背面平滑型トンネルライニング工法 (Flat Insulated Lining Method)
FIRR	財務的内部収益率 (Financial Internal Rate of Return)
FWRRD	極東道路地域局 (Far-western Regional Road Directorate)
FY	会計年度 (Financial Year)
GDP	国内総生産 (Gross Domestic Product)
GESU	地質環境課 (Geo-Environment and Social Unit)
GOJ	日本国政府 (Government of Japan)
GON	ネパール政府 (Government of Nepal)
GRC	苦情処理委員会 (Grievance Redress Committee)
GRM	苦情処理メカニズム (Grievance Redress Mechanism)
HF	高周波 (High Frequency)
HHs	世帯 (Households)
HIV	ヒト免疫不全ウイルス (Human Immunodeficiency Virus)
HMIS	道路管理情報システム (Highway Management Information System)
ICB	国際競争入札 (International Competitive Bidding)

略語集

ICD	内陸コンテナヤード (Inland Clearance Depot)
IEE	初期環境調査 (Initial Environmental Examination)
ILS	計器着陸装置 (Instrument Landing System)
IOL	棚卸損 (Inventory of Loss)
IR	非自発的住民移転 (Involuntary Resettlement)
IRP	所得回復プログラム (Income Restoration Program)
JICA	国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency)
KB Road	カトマンズーバクダプール道路 (Kathmandu-Bhaktapur Road)
KBRRP	カトマンズーバクダプール道路改修プロジェクト (Kathmandu-Bhaktapur Road Rehabilitation Project)
KMC	カトマンズ市 (Kathmandu Metropolitan City)
KTM	カトマンズ (Kathmandu)
KU	カトマンズ大学 (Kathmandu University)
KVDA	カトマンズ盆地開発局 (Kathmandu Valley Development Authority)
LA	用地買収 (Land Acquisition)
LCF	地方諮問フォーラム (Local Consultative Forum)
LRN	地方道路ネットワーク (Local Road Network)
MEX	首都高速道路株式会社 (Metropolitan Expressway Company Limited)
MLIT	国土交通省 (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan)
MM	マンマンズ (Man-Month)
MOE	エネルギー省 (Ministry of Energy)
MOF	農林省 (Ministry of Forest)
MOFSC	森林土壌保全省 (Ministry of Forest and Soil Conservation)
MOI	産業省 (Ministry of Industry)
MOPE	人口環境省 (Ministry of Population and Environment)
MOPIT	社会インフラ運輸省 (Ministry of Physical Infrastructure and Transport)
MOSTE	科学技術環境省 (Ministry of Science Technology and Environment)
MWRRD	中西道路地域局 (Mid-western Regional Road Directorate)
NATM	新オーストリアトンネル工法 (New Austrian Tunneling Method)
NDB	無指向性無線標識 (Non Directional Radio Beacon)
NEA	ネパール電力公社 (Nepal Electricity Authority)
NEXCO	中日本高速道路株式会社 (Nippon Expressway Research Institute Company)

略語集

NPC	国家計画委員会 (National Planning Commission)
NPR	ネパールルピー (Nepal Rupees)
NPV	純現在価値 (Net Present Value)
NRC	ネパール鉄道公社 (Nepal Railways Corporation Ltd)
NRS	ネパール道路基準 (Nepal Road Standard)
NTA	ネパールトンネル協会 (Nepal Tunneling Association)
NVC	国立警戒センター (National Vigilance Center)
OD Survey	OD 調査 (Origin Destination Survey)
ORR	外郭環状道路 (Outer Ring Road)
PAF	被影響世帯 (Project Affected Families)
PAP	被影響住民 (Project Affected People/Person)
PCU	乗用車換算台数 (Passenger Car Unit)
PIC	プロジェクト担当者 (Project In-Charge)
PM	プロジェクトマネージャー (Project Manager)
PMU	プロジェクトマネジメントユニット (Project Management Unit)
PPP	官民提携 (Private Public Partnership)
RAP	住民移転計画 (Resettlement Action Plan)
RBN	ネパール道路基金 (Roads Board Nepal)
RCS	再取得価格 (Replacement Cost Survey)
RD	地域局局長 (Regional Director)
ROD	岩石品質指定 (Rock Quality Designation)
ROW	道路用地 (Right of Way)
RRD	地域局 (Regional Road Directorate)
RSSDU	道路部門能力開発ユニット (Road Sector Skill Development Unit)
SAARC	南アジア地域協力連合 (South Asia Association for Regional Cooperation)
SAP	深刻な被影響住民 (Severely Affected Person)
SD	環境影響評価方法書 (Scoping Document)
SD Road	スルヤビナヤックードウリケル道路 (Suryabinayak-Dhulikhel Road)
SEZ	特別経済区域 (Special Economic Zone)
SHM	関係機関会議 (Stakeholder Meeting)
SIC	仙岩情報ステーション (Sengan Information Center)
SN	構造指数 (Structural number)
SPAF	深刻な被影響世帯 (Seriously Project Affected Family)

略語集

SPT	標準貫入試験 (Standard Penetration Test)
SRN	戦略道路ネットワーク (Strategic Road Network)
STD	性的感染症 (Sexually Transmitted Disease)
TIA	トリブバン国際空港 (Tribhuvan International Airport)
TOR	委託事項 (Terms of Reference)
TRP	トリブバン道路 (Tribhuvan Rajpath)
TSS	総浮遊物質 (Total Suspended Solids)
TTC	旅行時間原単位 Travel Time Cost
V/D	超短波全方向式レンジ (Very High Frequency Omnidirectional Radio Range)
VAT	付加価値税 (Value Added Tax)
VDC	村落開発委員会 (Village Development Committee)
VFR	有視界飛行方式 (Visual Flight Rules)
VHF	超短波 (Very High Frequency)
VOC	走行経費原単位 (Vehicle Operation Cost)
WB	世界銀行 (World Bank)
WRRD	西部道路地域局 (West Regional Road Directorate)

第 1 章

業務の概要

第1章 業務の概要

1.1 事業の背景

ネパール国（以下、ネ国）は国有地の80%が山で占められている内陸山岳国である。旅客と貨物品の約90%が陸上輸送され、交通運輸体系は道路交通に依存している。過去10年間で、ネ国の国内総生産（GDP）は約4%の一定の年間成長率をみせており、国内の車両登録の数は過去5年間で倍増している。主に陸上輸送が占める貿易取引は、輸出入量の両方が増加しており、2004年度から2012年度までの期間において輸出1.7倍、輸入3.2倍の増加を示している。道路網はそれらの達成の為に重要な役割を果たしてきた要因の1つであり、特にインドとの輸出入の重要路線として、首都カトマンズから国土を東西に貫くミッドヒル・ハイウェイ（約1,750km）と、カトマンズから南部のタライ穀倉地帯に至る道路の役割は大きい。また、隣国インドとの貿易の内60%はこれらの道路を経由しており、外部接続性の観点からも非常に重要であると言える。

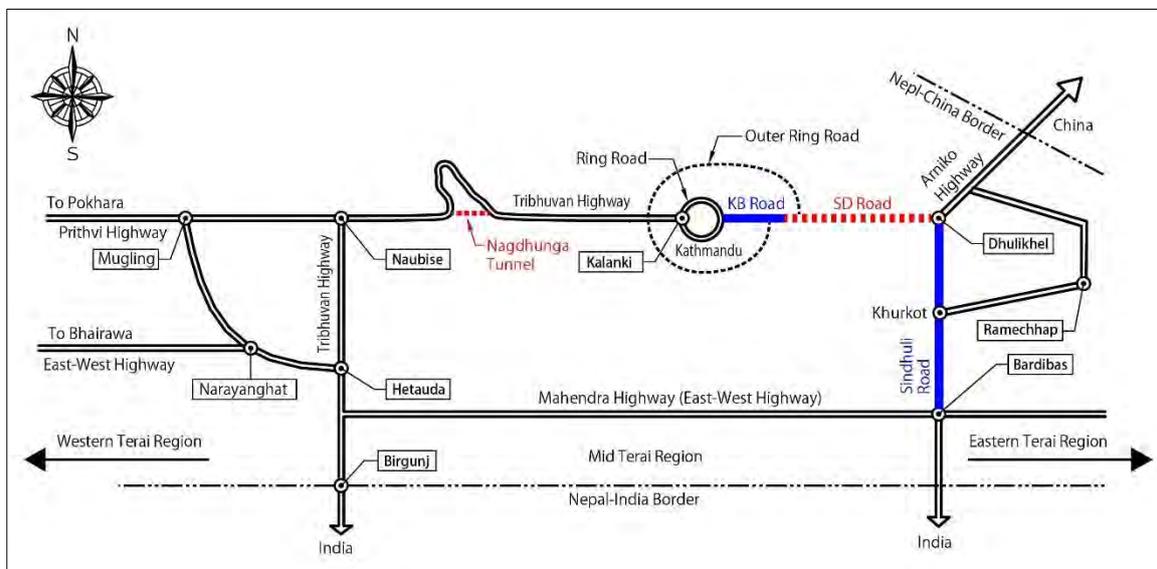


図 1.1.1 主要道路ネットワーク

図 1.1.1 に示すように、カトマンズから南部のタライ穀倉地帯を結ぶ道路は、カトマンズの西側を通過するルートと東側を通過するルートがある。西側のルートはトリブバン道路、プリトビ道路、東西道路で構成されており、東側のルートは、アルニコハイウェイ、シンズリ道路、東西道路で構成されている。このうち西側のルートにおける最重要区間の1つであるナグドゥンガ峠の線形の改良について、我が国の円借款資金協力「ナグドゥンガ・トンネル建設事業」により調査が行われている。この調査は2016年12月に承認され、峠の下にトンネルを建設することによってボトルネックを解消し、安全かつ円滑な交通を確保することを目的としている。東側のルートは、カトマンズーバクタブル道路（約9km区間、日本の無償資金協力により4車線への拡幅を経て、2011年に開通）、スルヤビナヤクードゥリケル道路（約16km区間、2車線）およびシンズリ道路（約160km区間、日本の無償資金協力完了後2015年に開通）にて構成されているが、この区間のうちスルヤビナヤクードゥリケル間2車線道路（SD道路）は、以下2つの主要因に

よって、交通容量不足に陥っていると考えられる。第一の要因は、カトマンズ盆地における交通需要の増加である。第二の要因は、シンズリ道路をはじめとする地方部の道路整備が進むことにより、将来的にカトマンズ盆地への交通流入量の増加する可能性が見込まれることである。

このような状況下で、ネ国政府は状況を改善するため、スルヤビナヤックードゥリケル間の既存2車線道路を4車線へ拡幅するために日本政府への無償資金援助を要請した。

要請を受けて、国際協力機構（JICA）は準備調査を実施した。しかし調査完了後、日本の円借款にて実施するために追加調査の必要性が生じた。追加調査は、事業の実現可能性評価のために既往準備調査の内容をレビューすることを目的とし、サンガ地域の代替案の調査、事業実施計画の調査（事業費の見積もりを含む）、および環境社会配慮に関する追加調査等で構成されている。

1.2 事業概要

1.2.1 事業名

スルヤビナヤックードゥリケル道路改修事業（SD道路）

1.2.2 事業目的

ネ国の首都カトマンズ東部郊外にあるスルヤビナヤックからドゥリケルまでの約16kmの道路を拡幅し、首都カトマンズから東部タライ地域へのアクセスの改善を図り、もって安定した物流網の構築および地域経済の活性化に寄与するもの。

1.2.3 事業概要

スルヤビナヤックードゥリケル間の幹線道路約16kmの拡幅および信号・街灯設置、側道、歩道橋などの整備

1.2.4 対象地域

スルヤビナヤックードゥリケル間の幹線道路約16km

1.2.5 関係官庁・機関

社会インフラ運輸省道路局（Department of Roads, Ministry of Physical Infrastructure and Transport : DOR）、社会インフラ運輸省（Ministry of Physical Infrastructure and Transport : MOPIT）

1.2.6 本事業に関連する我が国の主な支援活動

本事業に関連する我が国の主要な支援活動

- ・ 有償資金協力「ナグドゥンガ・トンネル建設事業」（2016年）
- ・ 無償資金協力「カトマンズーバクタブル間道路改修計画」（2008年）
- ・ 無償資金協力「シンズリ道路建設計画」

1.3 業務範囲

業務範囲は既往準備調査で計画された事業内容をレビューし、成果品等を作成することである。事業内容のレビューは下記を含む。

- (i) 既往協力準備調査にて提案された改修計画のレビュー
- (ii) サンガ峠越え区間トンネル化に係る検討を含む、サンガ峠越え区間の追加調査（線形変更）
- (iii) 環境社会配慮に係る追加調査
- (iv) 交通調査
- (v) 最先端技術を含む先進技術の適用性調査

1.4 業務の目的

業務の主な目的は、既往準備調査のアップデートとして、サンガ峠区間のトンネル化の可能性に焦点をあてて検討することである。サンガ峠のトンネル化を検討する理由は、住民移転などの社会環境への影響を削減すると共に、既往準備調査において指摘された自然災害への耐性向上である。

さらに、本業務は「スルヤピナヤックードゥリケル道路改修事業」における JICA 審査業務に必要な全ての情報をまとめて成果品として提出するために、下記業務を含む。

- (i) コンポーネントの概略設計
- (ii) 事業費の積算
- (iii) 実施スケジュール
- (iv) 事業実施方法（設計、調達、建設）
- (v) 事業実施組織、運用、保守管理システム
- (vi) 環境社会配慮

1.5 調査スケジュール

履行期限は、2017年7月26日から2018年8月26日である。それぞれの調査項目の実施タイミングを表 1.5-1 に示す。

表 1.5-1 調査スケジュール

作業項目	期間	2017						2018								
		7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7		
国内作業①(事前準備)		□														
第1回現地調査		■	■													
国内作業②				□	□											
第2回現地調査					■	■										
国内作業③						□	□									
第3回現地調査								■								
国内作業④									□	□						
第4回現地調査										■						
国内作業⑤											□	□				
第5回現地調査(ドラフト・ファイナル・レポート説明)												■				
(1) 背景及び事業の必要性の確認		□														
(2) 線形計画のレビュー		□														
(3) 追加交通状況調査			■	■												
(4) 交通需要予測				□	□	□	□									
(5) 自然条件調査			■	■	■											
(6) 設計方針の検討			■	■												
(7) 事業実施体制					■	■	□									
(8) 運営維持管理体制					■	■	□									
(9) 環境社会配慮の確認			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
(10) 本邦技術の活用検討				□	□	□	□	□	□							
(11) 概略設計、事業効果の確認、事業計画の策定				□	□	□	□	□	□	■	■	■	■			
(12) 運営・維持管理計画の作成					■	■	■	■	■	■	■	■	■			
(13) 事業実施スケジュール					■	■	■	■	■	■	■	■	■			
(14) コンサルティング・サービスの実施計画案の策定					■	■	■	■	■	■	■	■	■			
(15) 概略事業費の積算			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
(16) 調達方法の検討					■	■	■	■	■	■	■	■	■			
(17) 経済・財務分析									□	□						
成果品等																
インセプション・レポート		△														
インテリム・レポート						△										
ドラフト・ファイナル・レポート												△				
ファイナル・レポート																△

凡例 □ : 日本国内作業 ■ : ネパール現地調査

1.6 調査団

本業務は JICA 主体の調査団によって実施される。JICA 調査団は、株式会社建設技研インターナショナル（CTII）と株式会社建設技術研究所（CTIE）の共同で編成され、CTII がプライムコンサルタントである。調査団は 12 人の調査団員と 2 人の補助団員から構成される。

本調査は、主に MOPIT/DOR と緊密に連携して実施される。その他、調査団が連携する可能性のある機関は以下の通りである。

- (i) 工業省資源・地質局（Department of Mines and Geology, Ministry of Geology and Mines : DMG）
- (ii) 人口環境省（Ministry of Population and Environment : MOPE）
- (iii) エネルギー省（Ministry of Energy : MOEN）
- (iv) ネパール国電力公社（Nepal Electricity Authority : NEA）
- (v) ネパール道路基金（Roads Board Nepal : RBN）
- (vi) ネパール国トンネル協会（Nepal Tunneling Association : NTA）
- (vii) 地域村落開発委員会、その他

第 2 章

背景および事業の必要性

第2章 背景および事業の必要性

2.1 背景

ネ国政府からの要請の後、JICA による無償資金協力準備調査（スルヤビナヤックドゥリケル間の既存 2 車線道路から 4 車線道路への拡幅）が実施された。調査完了後、日本の円借款資金協力を活用して実施するための追加的な調査の必要性が生じた。追加調査では 1.3 節にて言及している項目のレビューを目的としている。

2.2 現道の状況

起点のスルヤビナヤックは日本の無償資金協力により拡幅が行われたカトマンズバクタプール道路（KB 道路）の終点である。四差路の信号交差点であり、そのうち北方向の道路はバクタプール市街中心へ続き、南方向の道路はスルヤビナヤック丘陵へ続く。

対象道路付近の主要市街地は、バクタプール、スルヤビナヤック、ジャガティ、ナリンチョーク、サンガ、バネパ、ドゥリケルである。地形、土地利用傾向、道路形状、市街地間の家屋のセットバック状況はそれぞれ異なる。従って、調査区間を 6 区間（市街地間を 5 区間、バネパバザールを 1 区間）に分類し、以下に現道状況の概要を示す。



番号	1	2	3	4	5	6
区間	区間 1	区間 2	区間 3～区間 4	区間 5	区間 6	区間 7～区間 10
地域	スルヤビナヤック (起点) ～ジャガティ (Km1+860)	ジャガティ (Km1+860) ～ナリンチョーク (Km4+830)	ナリンチョーク (Km4+830) ～サンガ峠 (Km6+580)	サンガ峠 (Km6+580) ～バネパ西 (Km10+020)	バネパバザール (バネ パ西) (Km10+020) ～バネパ東 (Km12+200)	バネパ東 (Km12+200) ～ドゥリケル (Km14+920)
地形、現道状況	・平地、丘陵地 ・幅8mのアスファルト舗装 ・雨季には頻繁に冠水	・丘陵地 ・幅8mのアスファルト舗装 ・最大勾配5～6% ・急カーブあり	・丘陵地、急峻な山岳地帯 ・最大勾配7%以上 ・ヘアピンカーブあり ・交通事故、交通渋滞多発 ・斜面崩壊リスク	・丘陵地、平地 ・なだらかな勾配	・盆地地域 ・勾配3～4% ・カーブほぼなし ・雨季には頻繁に冠水	・平地、丘陵地、山岳地帯 ・最大勾配7% ・急カーブあり
ROW範囲内家屋/施設等	ほぼ移転済み	古民家や宗教施設が点在	多数の商店や民家が点在	多数の古民家が点在	中心部の 1 軒を除き全て移転済み	ほぼ移転済み

図 2.2.1 現道状況の概要

2.2.1 スルヤビナヤック（起点）～ジャガティ（Km1+860）

本区間は、ジャガティから東に約 200m 離れたシパドール川まで続く市街地である。

道路は幅約 8m のアスファルトで舗装され、平面線形はいくつかのカーブを除きほぼ直線で、ジャガティに向けて緩やかに勾配している。現道を中心として片側 25 ヤードの道路用地は確保済みであり、ジャガティの 5,6 軒を除くすべての家屋および店舗などは道路用地の外に移転済みである。交差点は全部で 5 箇所にある。信号がある交差点は起点の一個所のみで、その他は全て無信号交差点である。

この区間の地形は東西方向は比較的平地であるが、南北方向は南から北へ傾斜しているため、南側（ドゥリケル方面を見て右側）の民家は道路と水平または少し高い位置にあり、北側（左側）は道路より低い位置にある民家が多い。一部の区間においては、石積擁壁などの土留めが施されている。雨季にはジャガティ付近は頻繁に冠水の被害を受けている。排水側溝・水路などは整備されているが、排水施設の容量不足や、定期的な保守整備が実施されていないこと、詰まりや破損による流下能力低下が要因である。一時的な措置として、DOR は現在、現道の右側（道路用地内）にコンクリート U 溝を設置している。

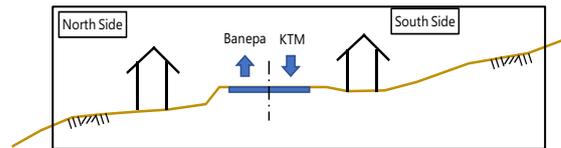


図 2.2.2 対象区間の地形



(1) スルヤビナヤックの高低差



(2) ジャガティ冠水区間



(3) DOR による一時的な排水施設の設置

写真 2.2-1 スルヤビナヤック～ジャガティ間の現道の状況

2.2.2 ジャガティ（Km1+860）～ナリンチョーク（Km4+830）

本区間は半市街地である。道路は幅約 8m のアスファルト舗装であり、地形は平坦から丘陵地へと変化する。最大勾配 5~6% の縦断線形があり、平面線形にも急カーブがある。

道路の両側は主に水田である。当該区間では家屋は連続して現道に張り付くことなく、まばらに点在している。比較的新しい家屋は現道の中心から 25 ヤード以上離れているが、25 ヤード内にもいくつか古い家屋があり、特にナリンチョーク付近に点在している。

ナリンチョーク付近には、神社、石、樹木などの宗教施設が道路用地内に点在しているため、道路拡幅の際にセットバックする必要がある。

前区間と同様に横断は右から左下がりの地形であるが、より急である。現道は片切片盛で構築されており、いくつかの範囲において石積擁壁も散見される。

排水は自然排水が基本であるが、切土区間や縦断勾配が急な区間では石張り側溝が施されている。路面排水は側溝で集水し、横断排水管により谷川に排水している。



(1) 急カーブ
(事故発生地域)



(2) 典型的地形
(左側が低い)



(3) ナリンチョーク道路付近
の小さな寺院

写真 2.2-2 ジャガティーサンガ間の現道の状況

2.2.3 ナリンチョーク (Km4+830) ~サンガ峠 (Km6+580)

起点のナリンチョークは丘陵地、それ以降は急峻な山岳地帯である。サンガ峠の標高は約 1,525m で、山の麓のパラセとの高低差はおよそ 125m ある。ナリンチョークから数百メートルの区間までは平面線形・縦断線形共に良好であるが、サンガ山の麓からはヘアピンカーブや 7%以上の急勾配が連続する区間もあり、走行性・安全性ともに悪い。交通事故が多く、大型車の速度低下により交通渋滞が頻繁に発生し、それにより環境汚染を引き起こしている。また、本区間の斜面崩壊はしばしば通行止めを引き起こす原因になっている。通行止めは直近では 2015 年 8 月 27 日 (雨季) に報告されており、数箇所の地点で斜面が崩壊し、数時間交通が停止した (写真 2.2.3 参照)。

土地利用状況としては、前半は道路両側が田園や畑として利用されており、後半のパラセからサンガ峠までは家屋が点在している。山の麓に遊園地 (Kathmandu Fun Valley)、頂上から数百メートル離れた位置には世界一高いシバ神の銅像があるなど、カトマンズ盆地や周辺の住民にとってレクリエーションや観光スポットになっている。

また、サンガ峠付近には地元住人が以前通っていた寺院が数箇所あるが、現在は使用されていない。峠の道路両側にそって家屋・商店が張り付いている。

本区間の地形は前区間同様に南から北へ傾斜しているが、前区間よりさらに急勾配になっている。現道は片側 (左側) が盛土、右側が切土により構築されている。盛土保持のための石積擁壁もいくつかの範囲において散見される。

排水は自然排水が基本であるが、切土区間や縦断勾配が急な区間では石張り側溝が施されている。路面排水は側溝で集水し、横断排水管により谷川に排水している。



(1) ナリンチョークの神木および家屋



(2) ナリンチョーク - パラセ区間の概観



(3) サンガ峠現道付近の谷中の神社 (左側)



(4) サンガ峠付近の急勾配・急カーブ



(5) サンガ峠での斜面崩壊
(2015年8月27日)



(6) サンガ峠付近の道路用地内
家屋・商店

写真 2.2-3 ナリンチョークーサンガ峠間の現道の状況

2.2.4 サンガ峠 (Km6+580) ～バネパ西 (Km10+20)

サンガ峠を抜けてバネパ市街地までの区間であり、これまでの急峻な地形から丘陵地へと変わる。バネパ市街地の西端に達するまでにはほぼ平地になる。

土地利用状況としては、ほとんどが田畑として利用されている。沿道の住宅密集度はサンガを越えた地域（サンガコミュニティの拡大）とバネパ付近において高く、その中間はそれほど高くない。現道の中央から両側 25 ヤード以内には家屋が多く存在しており、その多くは古い家屋である。サンガ峠から約 500m の道路右側に、この区間で唯一の宗教施設である塔型の神社がある。

本区間の地形は前半区間は南から北へ傾斜しているが、勾配はさほど急ではない。後半のバネパ市街地西端へ続く道は逆に傾斜している（写真 2.2 4(3)参照）。前半区間は片側（左側）が盛土、右側が切土により構築されており、後半区間はその反対である。

切土区間は石張り側溝が施されているが、盛土区間では排水施設は整備されていない。路面排水はこれまでの区間と同様に自然排水である。



(1) 側道付近の塔型の神社



(2) 北に勾配した地形
(左側)



(3) 地形の変化
(南に勾配)

写真 2.2-4 サンガ峠ーバネパ西間の現道の状況

2.2.5 バネパバザール (バネパ西 (Km10+20) ～バネパ東 (Km12+200))

当該区間は町の西を北南に流れるパンヤティ川と東を北南に流れるチャンデショリ川の間であり、対象区間はバクタプールに継ぐ規模の都市である。「バザール」という言葉が示すように、この区間は道路両側に家屋が密集した市街地化された地域である。

現道中心から片側 25 ヤードを道路用地として位置づけられており、家屋や商店などは中心部にある 1 軒を除いて全て用地外に移転済みである。

現道は幅 8m のアスファルト舗装であり、車道の両側を側道として利用するために最近舗装が施されたが、以前と同じようにトラックやジープが荷積み（荷降ろし）および駐車のため無作ために利用されている。歩道は市街地道路の両側（家屋付近）に整備されている。

平面線形はほぼ直線で、縦断線形はバザール中央が最も高く、町の両端にある川に向かって下り勾配となっている。両端の縦断勾配はそれぞれ約 3-4%である。区間内に近隣の村々に続く道路からなる多数の交差点があるが、いずれの交差点にも信号は設置されていない。唯一、バザール中心の交差点は中央に小モニュメントが設置され、ロータリ式交差点として運用されている。町の中心に比較的大きなバスターミナルがあり、周辺の村々と結ぶバスやタクシーなどの交通発着場所として利用されている。ターミナル発着車は、信号のない出入口付近の交差点の交通を妨害することが多い。

バネパはサンガ峠とドゥリケル峠の間で最も低い位置にある。正確には、バネパの西端が最も標高が低く、雨季には頻繁に冠水する。地元住民によると、ある時の最大浸水深さはほぼ 1メートルに達したという。冠水的主要原因として、i) 道路の低標高、ii) パンヤティ橋への土砂の蓄積による河川通水断面の縮小、iii) パンヤティ川における橋直下への下水の排出、iv) 狭い河川幅により引き起こされる河川の上り、等が考えられる。



(1) パンヤティ川にかかる
17m の橋



(2) 雨季に発生する冠水



(3) 道路用地外に整列して
いる家屋

写真 2.2-5 バネパバザール間の現道の状態

2.2.6 バネパ東 (Km12+200) ～ドゥリケル (Km14+920)

標高約 1,450m の平坦地バネパから徐々に丘陵地そして山岳地帯に変化していく区間である。ドゥリケルは標高約 1,540m に位置し、サンガ峠とほぼ同程度、バネパより約 100m 高い。ドゥリケルに向けてカーブが多くなり、縦断勾配も急になっていく。

バネパ東端およびカトマンズ大学入口付近の縦断勾配は約 7%であり、バネパ東以降は急カーブも増える。カトマンズ大学付近のカーブは角度が急だけでなく、勾配も非常に急である。バネパ東を越えて住宅密集度は下がり、ドゥリケルに近づくにつれ徐々に上がる。

道路用地は現道中心から片側 25 ヤードであり、用地内に数件の家屋や商店が確認されるものの、ほとんどが用地外にシフト済みである。区間内に主な交差点は 2箇所ある。カトマンズ大学へ行く道路が交差する T 字路と、本事業の終点でシンズリ道路が接続する同じく T 字路の交差点である。

ドゥリケルはヒマラヤ山脈の景観で有名な観光地あり、カトマンズ大学、同大学附属病院もある。カトマンズから 30km 程度と近く、ドゥリケルへの訪問者数は年々増加している。

また、ドゥリケルは日本の無償資金協力により建設され 2015 年 7 月に開通したシンズリ道路の玄関口である。



(1) 急カーブ区間



(2) 道路用地外に整列した家屋（左側）



(3) 終点（シンズリ道路との交差点）

写真 2.2-6 バネパ東—ドゥリケル間の現道の状況

2.3 本事業の必要性

以下の事項を考慮し、本事業を実施することの必要性は高いと判断される。

(1) ネ国内の交通戦略の促進

- ・ 本事業は、国家開発計画および地域開発計画を支援するものである。
- ・ SD 道路計画は、ネ国の 5 ヶ年戦略計画における国道、鉄道、交通セクターの開発促進において非常に重要な位置づけである。

(2) 道路網の形成と地域開発の促進

- ・ カトマンズの東側に位置する SD 道路は、約 1,750km のミッドヒルハイウェイ（Final Report on Preparation of Detailed Project Report of Puspatal (Midhill) Highway, Jan 2011）の一部であり、ネ国では東から西へ通る基幹道路として機能している。
- ・ アジアハイウェイの一部でもあり、国際回廊として設計されている。
- ・ SD 道路は、スルヤビナヤックを起点に、中核都市の一つであるバネパを經由して、ヒマラヤの景観で有名なドゥリケルを首都圏と結んでいる。

(3) 道路交通および道路安全の整備

SD 道路は、交通容量の増加と道路形状の改良により道路交通性能を以下のとおり向上させる。

- ・ 首都圏の交通需要は急速に増加しており、さらにシンズリ道路の開通はカトマンズへの交通量を増加させる。しかしながら、ネ国道路基準（Nepal Road Standard 2070）において 15,000 PCU/day である現道の交通容量は、近い将来交通量の増加に対応できない。よって、道路の拡幅により、道路交通能力が少なくとも現在の 3 倍程度まで増加させる。
- ・ SD 道路のサンガ区間には急斜面があり、大雨により深刻な斜面崩壊が引き起こされ、長期にわたる道路閉鎖や重大事故が発生する可能性がある。サンガ地域における車線拡大と道路整備は、自然災害に強い道路網を実現する。

- 7%以上の急勾配や急カーブの多い道路形状、交通量の多さが渋滞を引き起こしており、道路のサービスレベルが低下している。特に、スルヤビナヤックードゥリケルの現在の平均旅行速度は25km/hである。
- 道路の安全対策を含めた道路拡幅と改良は交通事故を軽減する。

第3章

運輸交通部門の概要

第3章 運輸交通部門の概要

ネ国は内陸山岳国であり、主要な輸送手段は陸上輸送および航空輸送の2つである。陸上輸送は道路および鉄道で構成されているが、鉄道網はインドの国境からジェールシュワーまでの短い2区間しか存在しない。そのため、ネ国は隣国インドからの輸送と同様に、国内の物資輸送のために道路に大きく依存している。税関のデータによると、輸出入の90%以上がトラックで陸上輸送されている。航空輸送は主に人の移動に利用されており、物資の輸送では利用されていない。

3.1 陸上輸送

ネ国において主要な陸上輸送は道路と鉄道の2つである。ネ国はこれまで陸上輸送網の整備で大きな進歩を遂げてきたが、依然として近隣諸国よりも遅れている。表3.1-1にSAARC（南アジア地域協力連合）における車両登録車数および道路・鉄道網を比較する。

ネ国の土地面積あたりの全ての道路網を合計すると、100万m²あたり約183kmであり、SAARC内4位である。鉄道網でも4位だが、わずか59kmしか整備されていない。車両登録数は2015年には約2百万人に達し、バングラデシュで2014年に記録された車両登録数を超えている。

表3.1-1 SAARC諸国の陸運ネットワークの状況

説明/国	アフガニスタン	バングラデシュ	ブータン	インド	ネパール	パキスタン	スリランカ
総道路網 (KM. '000)	42.2 (2006)	21.3 (2014)	10.7 (2014)	4,685.8 (2012-13)	26.9 (2015)	263.9 (2013-14)	12.4 (2014)
道路長/土地面積(万 m ²)	65	144	279	1,425	183	331	189
車両総数 ('000)	780.4 (2008)	1,719 (2014)	69 (2014)	141,866 (2012-13)	1,995.4 (2015)	17,715.4 (2013-14)	5,633 (2014)
総鉄道網 (KM)	—	2.87 (2014)	—	64,600 (2012)	59 (2009)	7,791 (2012)	1,459 (2013)

出典：2016年、ネパール国中央統計局

3.1.1 道路輸送

(1) ネ国の機関、道路区分および長さ

幹線道路網は主に国道、フィーダー道路、都市道路の3種に分類される。国道、フィーダー道路からなる道路網を戦略道路ネットワーク（Strategic Road Network：SRN）と呼ぶ。SRNはDORの管轄化にあり、DORにより開発・整備されてきた。都市道路は主にカトマンズを中心とした首都圏に存在し、自治体によって管理されている。2016年現在の幹線道路ネットワークの全長を表3.1-2に示す。

一方、地方道路（市外道路を含む）は政府機関である地方インフラ&農道局（Department of Local Infrastructure & Agricultural Roads：DOLIDAR）下に存在する地区開発委員会（District Development Committee：DDC）により開発・整備されている。国内には75のDDCが存在している。

都市道路は、それぞれ独立して整備・改善されており、国内には 58 の自治体が存在している。しかし、都市道路のほとんどは交通荷重の耐久性能を満たしていない。

表 3.1-2 対象道路の長さ

(km)

道路分類	国道	フィーダー道路 (主要)	都市道路	総距離
道路長	5,286.69	7,585.29	188.26	13,060.25

出典: DOR, 2016年

(2) 戦略道路ネットワーク (Strategic Road Network : SRN)

既存の SRN はネ国の国道とフィーダー道路から成る幹線道路網である。SRN の目標値として全長 14,488km が提案され、表 3.1-3 は道路条件タイプによる SRN の長さを示している。表によると、SRN の長さは 2006 年から 2015 年まで着実に増加している。特にアスファルト道路の開発が進んでおり、道路延長は 1.6 倍に増加している。その結果、2015 年の陸地の道路密度は 8.8 km/100sq.km である。この値は 2006 年の 1.4 倍であるが、未舗装道路の割合は依然として半分を占める。

表 3.1-3 戦略道路ネットワーク (SRN) の長さ

年	道路長 (KM)			合計 (KM)	裨益人口 (人数/km)	密度 (km/ 100sq.km)
	アスファ ルト	砂利道	土道			
2006/07	4,258.2	2,061.7	3,079.5	9,399.4	2,463.1	6.4
2015/16	6,823.4	2,044.2	4,030.6	12,898.2	2,063.9	8.8

出典 : SSRN 20015/16: Statistics of Strategic Road Network, DOR

(3) 地方道路

1999 年の「Local Self Governance Act 1999」に基づき、農道を含む地方道路は DDC によって整備・整備されているが、DDC には道路技術者がおらず、DOLIDAR が DDC に技術者や技術職員を派遣し、道路整備・維持管理を指導している。地方道路の村をつなぐ吊橋のほとんどは DOLIDAR と DDC によって建設・整備されている。

(4) 都市道路

ネ国の主道や幹線道路は DOR に属しているが、都市部の道路は DOR ではなく国内に存在する 58 の自治体に属する。そのため、自治体は独自の予算を使って道路を整備し、維持しなければならない。しかし、自治体に技術者がいない場合、都市道路は DOR 技術者が整備・維持することになる。

(5) 国道開発に関連する機関

SD 道路計画をはじめとする国道開発に関連する機関は MOPIT であり、MOPIT は DOR の管轄省庁である。

MOPIT は 2000 年に設立され、2012 年と 2013 年のネ国政府の再編に伴い再編された。再編の主

な目的は、重要なインフラ部署を単一省の傘下に収めることにより、インフラの提供において政策を調和させ、効率性と有効性をもたらすことであった。

MOPIT の役割は、様々な地域と経済圏を経済発展と地上交通、水路、河川などの基盤と結びつけながら、交通施設の適切な発展を通して国の農村地域を市場と結びつけることによって、観光、農業、電気など様々な経済分野に関連する活動やプロジェクトに貢献し、同国の経済社会開発を支援することとしている。

DOR は、ネ国の SRN の設計から運用、保守まで、全体的な管理の責任組織である。戦略道路は、国道、フィーダー道路で構成されている道路であり、2015/16 年の総延長は 12,872km である。これらの道路は交通容量も大きく、人々や貨物の移動において最も重要な役割を果たしている。SD 道路は、アルニコハイウェイの一部であるため、設計段階から国道トンネルの運営・保守段階までのすべての工事は DOR の責任下にある。

3.1.2 鉄道輸送

ネ国の総鉄道路線は 57km にまで伸びている。ネパール鉄道公社 (Nepal Railways Corporation Ltd : NRC) は、i) インドのジャナガルからネ国のジャナクプールまでの 32km の区間、ii) ジャナクプールからビジャルプラまでの 21km の区間で構成される区間の計 53km の狭軌鉄道を所有している。ジャナクプールからビジャルプラまでの鉄道網は現在運行されていない。インド鉄道は、ビルガンジの内陸用コンテナヤード (Inland Clearance Depot : ICD) をインドのラクウルに結ぶ 6km の鉄道路線 (4km がネ国内を通る) を管理している。これらの鉄道路線は地域間の輸送手段として機能しており、ネ国の主要交通機関としては機能していない。

表 3.1-4 ネ国の鉄道路線

項目	ジャナクプール線	ビルガンジ線
全長	ジャナガル (インド) - ジャナクプール 32 km	6 km (4km がネ国内を通る) (現在運行なし)
	ジャナクプール - ビジャルプラ 21 km (現在運行なし)	
ゲージ	762 mm	1,676 mm
シングル/ダブル	シングル	シングル
動力	ディーゼル機関車	ディーゼル機関車
運営	ネパール鉄道公社	ネパール鉄道公社

出典：JICA調査団

3.2 航空輸送

46 の国内空港と 1 つの国際空港を持つ航空網は、丘陵地・山岳地帯をつなぐ重要な役割を果たしている。空港の大部分は近代的なナビゲーションシステムのない緑野である。山陵地帯の村には道路でアクセスできないため、国内空港は貿易や観光の成長に不可欠である。国内の 46 空港のうち、4 空港が主要地方空港に指定されており、東部、中部、西部の遠隔経済活動のために、

インドや中国など近隣諸国からの発着にも利用されている。図 3.2.1 に、地方空港であるピラートナガル (Biratnagar)、ポカラ (Pokara)、バイラワ (Bhairahwa)、ネパールガンジ (Nepalganj) 空港を示す。

ネ国において、3,000m 以上の滑走路と空港監視レーダー (ASR) 計器を持っている空港は、トリブバン国際空港 (TIA) の 1 つしかない。TIA 以外のすべての空港は、ASR 計器を持っていないために、視覚飛行規則 (VFR) システムによって運航しなければならない。

また、舗装滑走路は 14 の空港しか設けられておらず、他の 33 空港には舗装滑走路がない。表 3.2-1 にネ国の航空安全施設を示す。

TIA は当初 1 つの滑走路と進入方式を用いて 1 時間当たり最大 30 機の航空機を処理するように設計されたが、現在はその 2 倍の航空機を処理している。

2011 年に TIA を利用した総旅客数は 4.28 百万人に上り、そのうち国際線は 2.7 百万人、国内線は 1.58 百万人であった。2012 年に TIA は 1 日平均国際線 63 便、国内線 217 便を扱っている。

表 3.2-1 ネ国の航空安全施設

総空港数		47
無指向性無線標識(Non Directional radio Beacon:NDB)	を利用している空港	15
超短波全方向式無線標識 (Very High Frequency Omnidirectional Radio Range: V/D)	— // —	7
コンパスロケータ(Compass Locater: C/L)	— // —	1
レーダー(Rader)	— // —	1
短波(High Frequency: HF)	— // —	38
超短波 (Very High Frequency: VHF)	— // —	38
計器着陸装置(Instrument Landing System: ILS)	— // —	0
舗装滑走路(Paved Runway)	— // —	14
未舗装滑走路(Unpaved Runway)	— // —	33

出典 : JICA 調査団

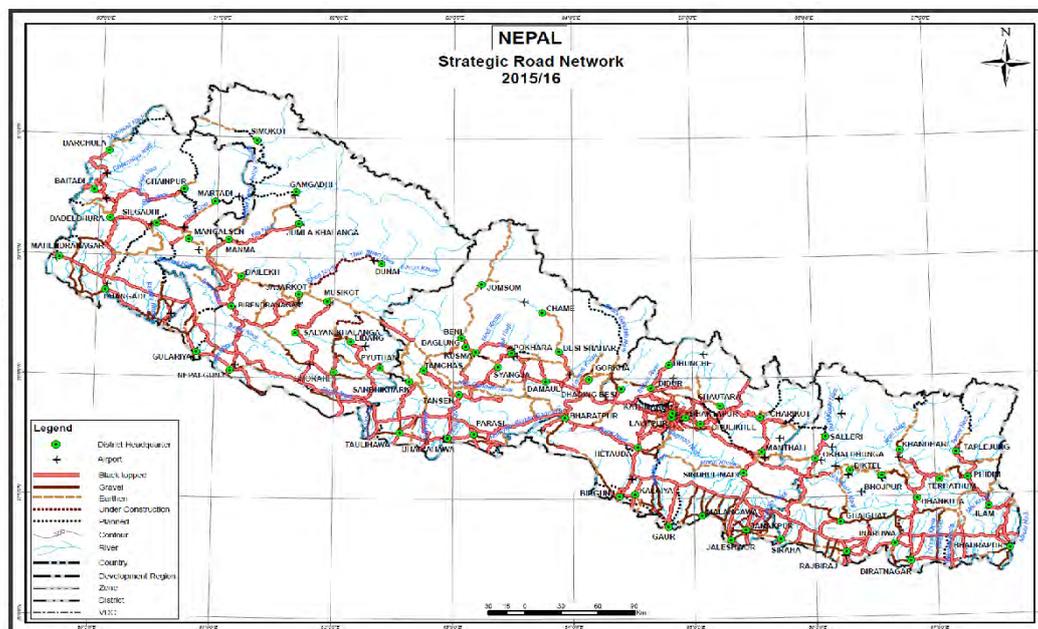


出典 : Worldtravels.com

図 3.2.1 ネ国の国際空港および地方空港

3.3 道路網および道路インフラの現状

ネ国の幹線道路網は 13,061km まで延びている。現在建設中の道路を含む幹線道路網を図 3.3.1 に示す。表 3.3-1 に示した道路分類による道路状況によれば、国道の総延長の 66%はアスファルト舗装であり、残り 34%は依然として砂利道または土道である。



出典 : DOR, 2016

図 3.3.1 ネ国内の現在の幹線道路網

表 3.3-1 ネ国の道路分類による道路状況

道路区分	幹線道路	フィーダー道路 (主要)	都市道路	合計 (km)
アスファルト舗装	3,477 (66%)	3,321(44%)	183(97%)	6,980 (53%)
砂利道	698 (13%)	1,346(18%)	1.0(1%)	2,045 (16%)
土道	1,112 (21%)	2,918(38%)	5.0(2%)	4,035 (31%)
合計	5,287 (100%)	7,585 (100%)	189 (100%)	1,3061 (100%)

出典 : DOR, 2016

3.4 道路の開発方針および計画

内陸山岳地帯であるネ国では、国内間の移動や、海港へと続くインドとの国境、中国との国境は全て道路によって接続されている。しかし道路の舗装率はまだまだ低く、道路開発は国の経済発展、社会統合、サービス提供、統治機能に寄与するインフラ開発において高い優先度を与えられている。道路開発の目的と戦略は DOR によって定められており、国家統合、社会経済発展、地域均衡に貢献するために、基準および信頼を拡大し、安価で安全な輸送網を実現することである。道路開発戦略を以下に示す。

- 1) 主要地域および地域間の交通アクセスを拡大する
- 2) 農業、産業、水力、観光、教育、保健サービスへのアクセス性向上による交通の拡大
- 3) 道路網を保護し、安全かつ効果的な移動を保証することにより、修理と保守点検を優先的に行う。

MOPIT は、輸送コストの最小化を目的として、道路・鉄道・運輸開発に関する 2014 年から 2019 年までの 5 カ年戦略計画を策定した。達成のために、政府は国の内外部の接続性を改善し、農村地域の道路の整備と改善を効果的、安全かつ安価に管理することをミッションとして提示した。

本ミッション実施にあたり、DOR には次の役割が当てられている。

- ネ国の輸送サービスに対するニーズをすべて満たし、戦略道路ネットワーク（SRN）を構築する。
- 歩行者や全ての道路利用者を安全に保護する。
- 道路網を通じて一定レベルの質の高いサービスを提供する。

SRN の主な目的は、州－州、州－地方、近隣諸国間の道路輸送サービスをより効果的、効率的、低コストかつ持続可能な方法で実施すること、および国の発展のために鉄道輸送の段階的発展を管理することである。

本計画の基本概念は以下のとおりである。

1. 豊かなネ国の基盤を築くために国道網を整備・強化し、国の団結、一体性、地域均衡、地域間の人々の関係維持を念頭に置く。
2. 道路交通を整備してアクセス性を向上し、年間を通して地域間を容易、便利、安全かつ効果的に移動できるようにする。
3. 首都カトマンズと各州の州都を、少なくとも 4 車線道路を持つ国道と他の道路で接続する。
4. 事業拡大、多様化、中間輸送を支援するための国道網の整備。
5. 社会経済統合、産業貿易開発、観光開発、商品・サービスの生産と流通を支援するための道路網の開発・拡充を進める。
6. 国際プラットフォームで提示された道路網の開発・強化に関連するコミットメントを導入するためのプログラムを運営する。
7. 道路部門が建設する戦略道路および橋梁は少なくとも 2 車線にする。
8. 道路区画への内部および外部からの投資の分散を防ぐために、実施する整備工事の選択および建設は、経済性、技術的実現可能性およびリターンに基づくものとする。
9. 鉄道輸送の開発によって、長距離貨物と乗客の輸送をより経済的にする。東西間（メチーマハカリ）、およびラシュワガデワーカトマンズーポカラルンビニ間の電気鉄道を建設する。また、インド国境から様々な重要工業地域/都市への鉄道輸送網の建設に取り組む。
10. 既存の交通管理システムを改善し、貨物および人的輸送の安全、効果的、低コスト化を実現する。

11. 交通量を抑え、公共交通機関の利用を奨励し、歩行者に安全、円滑、無汚染およびアクセス性の高い輸送サービスを提供する。
12. 道路および鉄道輸送システムの補助としての水上輸送の可能性を検討し、開発する。

この戦略計画の目的を達成するため、MOPIT は道路、鉄道、交通管理、水上輸送・索道の 4 カテゴリーからなる主要プログラムを提案した。道路カテゴリーの主なプログラムは地震被災道路構造の再建、基幹道路網の整備、主要道路の開発、貿易の為の南北道路の開発、2 カ国を結ぶ道路の開発、カトマンズ盆地の道路増強、橋梁の建設、道路トンネル開発、道路網（保守）、交通安全、およびその他である。

本プログラムにおいて SD 道路は、「貿易の為の南北道路開発」の主要な南北回廊であるビルガンジカトマンズドゥリケルーコダリ道路（390km）の一部として位置付けられ、「カトマンズ盆地の道路増強」にとっても不可欠なプロジェクトである。

3.5 国家開発計画における道路開発方針

ネ国政府は、2016 年から 2019 年までの第 14 次計画である新国家開発計画を策定した。本開発計画では、次のような輸送インフラ整備の基本方針を掲げている。

(1) 課題および機会

1) 課題

課題は、困難な地質条件による高額な支出予算の管理、建設済みインフラの維持管理および保護、限られた資源・設備の中での道路開発優先順位の策定、散在している戦略道路ネットワークの拡充、全ての天候下で戦略道路ネットワークおよび道路構造の安全性の確保、気候変動と自然災害を考慮した道路の建設、様々な関係機関と協力した有効性、地方公共団体の能力、可能性、現地投資の魅力の向上があげられる。

2) 機会

機会は、道路ネットワークの開発と改修方針の策定、地域レベルから道路開発需要の増加、開発パートナーからの援助を活用した、道路部門の開発プロジェクトの優先的承認。

(2) 展望、目標、目的、戦略、運営方針

1) 展望

道路インフラの開発によって社会統合、地域均衡、経済成長を実現する。

2) 目標

国家戦略道路ネットワークの整備により、経済的・社会的開発および貿易拡大を促進し、国際関係の向上に寄与する。

3) 目的

1. 効果的、持続可能、安全、高信頼性、環境配慮型、低コストな輸送サービスの実現。経済活動の拡大と効果的なサービス提供の促進。

2. 国家一州、州一州、州一地方、隣国間の貿易関の拡大。

4) 戦略

1. 安全な交通輸送施設を拡充し、地方の輸送性と経済成長に貢献。
2. 農業、産業、貿易、水力発電、観光、教育、保健部門への輸送網の拡充。
3. 国境および戦略交通道路の拡充と改修。

5) 運営方針

1. 5ヵ年戦略プロジェクトによると、戦略的道路の改修と改良が優先される。
2. 州間の道路ネットワークを拡充する。
3. 地方および農村部の現在道路ネットワークが整備されていない地区において道路ネットワークを拡充する。
4. ポスタルハイウェイおよびミッドヒルハイウェイは早期に建設し、高い安全性、信頼性、アクセス性を持たせる。
5. カトマンズ盆地の道路を改修し、連続高架橋を新設する。
6. カトマンズーニグガード (Nighgard) の高速車線事業の開始。
7. 戦略道路および地方道路に橋梁を建設する。
8. 交通事故削減の為に、設計、建設、維持管理は交通安全を考慮する。
9. 道路長の短縮の為に、トンネル技術を導入する。
10. 地震により被害を受けた地域を再建する。
11. 道路用地の緑化のためのプログラムを策定する。
12. 道路ネットワークの拡充は農業、エネルギー、観光業、産業の雇用創出を考慮する。
13. 道路および橋梁の建設、維持管理においては、社会的・環境的悪影響を考慮する。
14. 公共工事では、官民連携、建設、規制、引渡し方式などを適用する。
15. 道路維持管理、再建、管理は効果的に実施する。
16. 南北をつなぐ戦略道路および貿易の為に重要な道路を拡充する。
17. 道路ネットワークを整備し、近隣国との交通に利用することにより、貿易および産業を拡大する。

(3) 期待される成果

地震の影響を受けた 350km の道路構造と橋を再建する。さらに道路 2,000km を新設し、そのうち 654km は中間分離/二車線部に建設する。3,000km の道路を改良し、1,800km の道路の定期維持管理と 3 万 km の通常維持管理を実施する。さらに 300 橋を増設し、新たに 500 橋の建設を開始する。道路密度は 1.3 km/sq km に達し、アスファルト舗装道路は 71 箇所の郡都と接続する。全ての郡都は道路で結ばれる。

3.6 関係するプロジェクト

最近完了したプロジェクト、現在実施中のプロジェクト、本プロジェクトに影響を及ぼすと考えられるプロジェクトは、以下のとおりである。

(1) シンズリ道路プロジェクト

約 160km のシンズリ道路は、首都カトマンズとタライ東部を結ぶ新たなルートとして計画され、日本の無償資金協力で建設された。SD 道路の終点であるドゥリケルから始まり、東西道路（設計・施工時の始点と終点は逆方向）のバルディバスで終了する。2015 年に開通し、カトマンズと国の南東部と結ぶ最短ルートである。開通後、南東部からの交通量の増加と道路沿いの村落の拡大が顕著である。道路は、社会経済の発展に貢献し、回廊地帯間の相互接続を深めている。



写真 3.5-1 シンズリ道路

(2) ナグドゥンガトンネル建設プロジェクト

当プロジェクトは長い間待望されていたプロジェクトの 1 つであり、ナグドゥンガ峠（東側のバスネットチャブから西のシスネコラ）の下を通るトリブバン道路に沿って、全長 2.6 km の 2 車線トンネルを建設する計画である。トンネル建設は、極端にカーブや急勾配が多い既存区間の幾何線形を改良することによる走行時間の短縮、安全性の向上、周辺環境の改善を目的としている。これによってカトマンズやその他の都市の経済活動を刺激し、最終的にはネ国の経済発展に寄与するものである。このプロジェクトは円借款援助で実施されており、準備調査は 2014 年に完了し、現在は詳細設計段階にある。幹線道路の最初のトンネルとして、本プロジェクトとの関連が多い。トンネル建設は 2018 年から開始する予定である。



図 3.6.1 ナグドゥンガトンネルの位置

(3) リングロード拡幅プロジェクト

リングロードは、カトマンズとラリトプールの都市を周回する、

全長 27km の 2 車線道路である。トリブバン道路とアルニコハイウェイの南側で西のカランキから東のコテスワールまでの南部区間約 9.5km が現在中国の協力下で 8 車線まで拡幅されている。

リングロードの拡幅は都市の交通渋滞緩和に寄与すると考えられている。



写真 3.6-1 リングロードの拡幅

(4) 外郭環状道路プロジェクト

外郭環状道路（ORR）の開発計画は、2005年に最初に提案されて以来しばらくの間手付かずになっており、カトマンズ盆地開発公社（KVDA）が道路計画と建設の担当機関である。外郭環状道路は、急速な都市化のために発生している環状道路を中心としたカトマンズ盆地内の深刻な渋滞を緩和するために、カトマンズ盆地周辺の追加道路として開発されている。

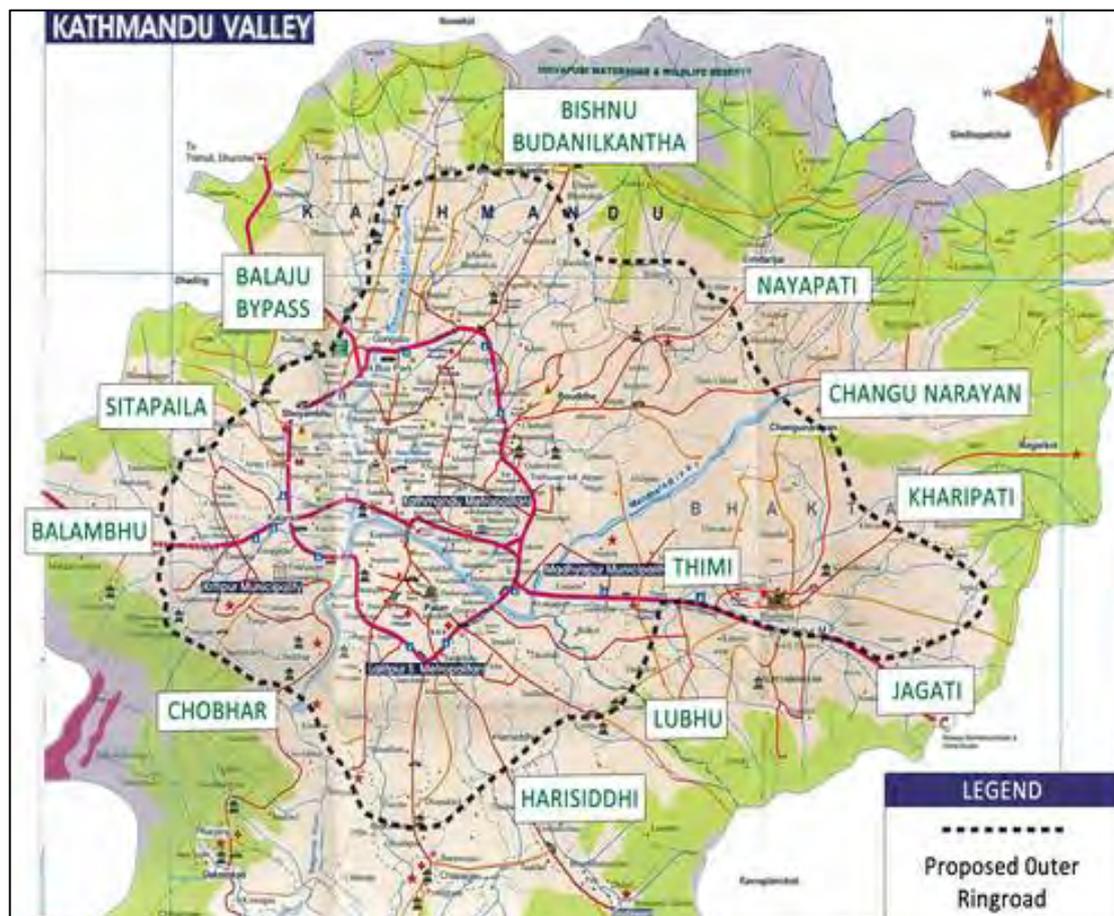


図 3.6.2 ORR の概要

全長 71.93 km の外郭環状道路は、50m の道路用地（ROW）内の各方向に高速 2 車線と低速 2 車線道路（側道）、さらに路肩/停車用車線と自転車専用道路を持ち、加えて両側に植樹帯と歩道を備えた道路として計画された。高速車線は 2m 幅の中央分離帯によって分離される。政府はカトマンズからチョパールまで、カトマンズの南西に 6.7 km の距離の建設を承認した。調査・設計段階はすでに完了しているが、用地取得の問題に直面している。開発プロジェクト報告書（Development Project Report : DPR）はすでに作成・提出され、KVDA によって承認されているが、郡長（Chief District Officer : CDO）は、内閣の承認を求めている。

外郭環状道路がアルニコハイウェイと合流する地点は、ティミとバクタプール（ハヌマンテ川付近）の間であり、SD 道路プロジェクトには影響しない。現時点での可能性は低いですが、近い将来に外郭環状道路が北に展開されると、ハヌマンテ川からアルニコハイウェイおよびジャガティ東部までは外郭環状道路の一部となり、本プロジェクトに影響を及ぼす可能性がある。

第4章

社会経済および自然状況

第4章 社会経済および自然状況

4.1 社会経済状況

4.1.1 人口

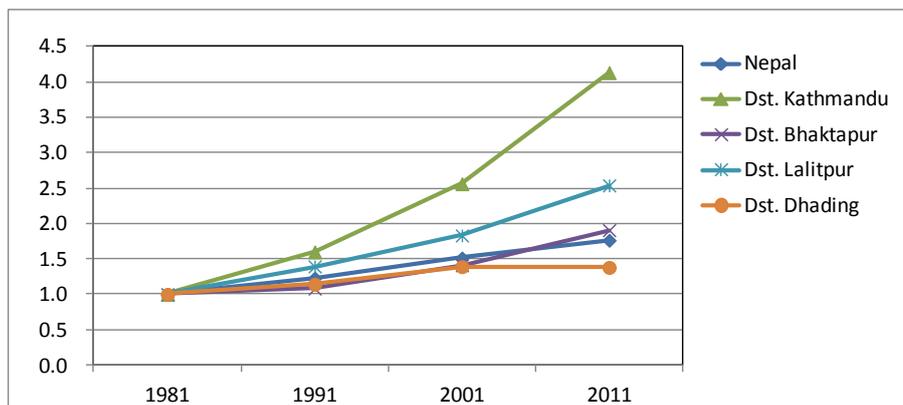
国勢調査の結果を基に 2001 年、2011 年および 2016 年の推定人口を表 4.1-1 に示す。2011 年の国勢調査によると、年間人口増加率は約 1.35%である。総人口は約 26.5 百万人であり、男女比は 94.2（女性がわずかに男性を上回る）である。ネ国統計局は 2016 年の推定人口が 28.4 百万人に達すると推測している。

図 4.1.1 は、本事業対象地域および周辺地域を含むネ国の人口の変化パターンを示している。カトマンズ地区の人口は 1981 年と比較して 4 倍に増加しており、バクタプール地区では約 2 倍に増加している。

表 4.1-1 ネ国の人口

人口	2001	2011	2016 (Projected)
男性	11,563,921	12,849,041	14,647,486
女性	11,587,502	13,645,463	13,784,009
合計	23,151,423	26,494,504	28,431,494
年間人口成長率 (%)	2.25	1.35	

出典:国勢調査



*1981=1.0

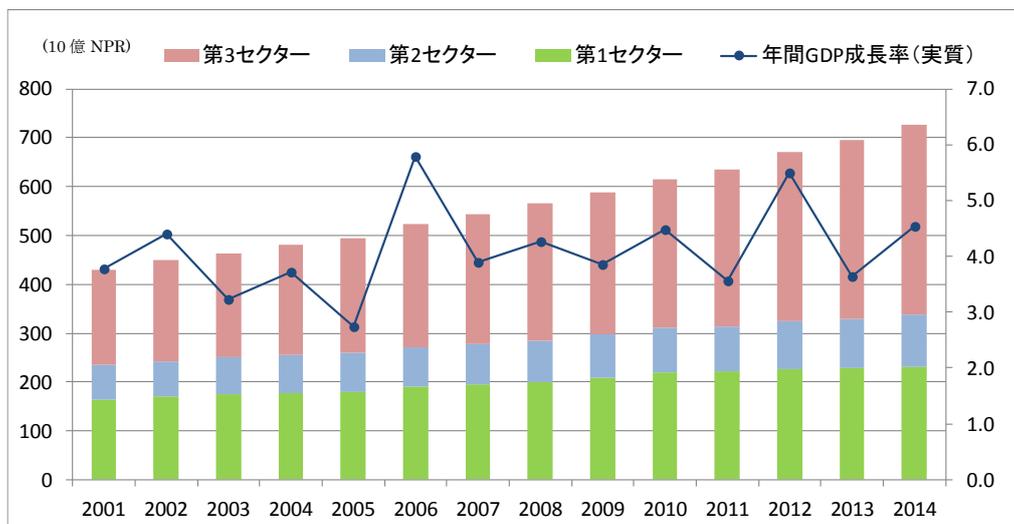
出典: 人口統計調査

図 4.1.1 沿線の人口変化

4.1.2 経済

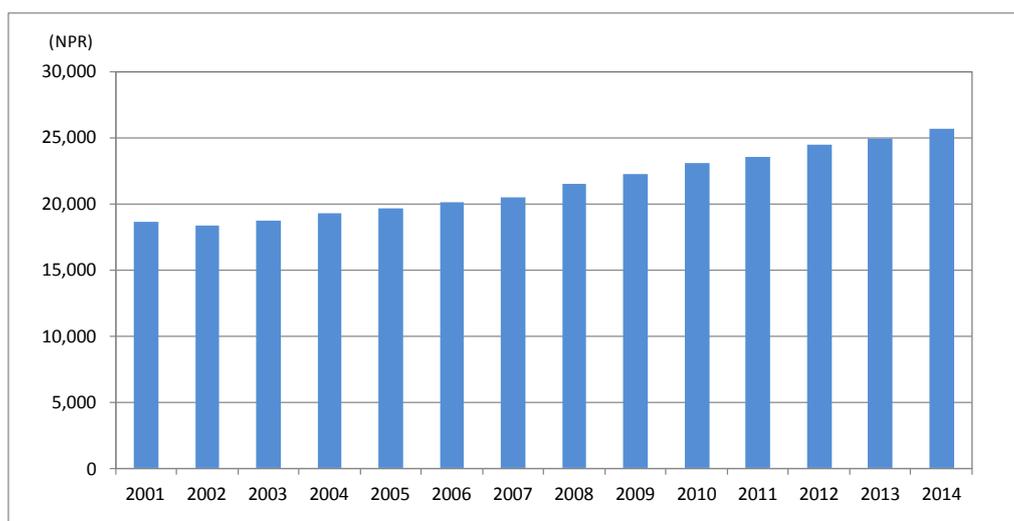
ネ国の経済は継続して成長していると考えられる。2013年の実質GDPは7,000億NPRを超え、年間成長率は3.6%であった。海外送金の増加は、GDP全体の20%を占める第三セクターの成長に寄与している。また、海外送金の増加に伴い主にカトマンズをはじめとする都市部の中間所得

層が増加しており、この層が消費活動の拡大に貢献している。2013年の1人当たり GDP は2.5万 NPR に達した。



*2014年は推定
出典: 経済統計調査

図 4.1.2 実質 GDP の変化およびセクターごとの成長率



*2014年は推定
出典: 経済統計調査

図 4.1.3 一人当たり実質 GDP の変化

ネ国経済は年々成長しており、会計年度 (FY) 辺りの GDP 成長率は FY 2014/15、FY 2015/16、FY 2016/17 でそれぞれ 2.97%、0.01%、6.94%であった。FY 2013/2014 の 1人当たり GDP は 71.2 千 NPR (約 725 米ドル) を超え、FY 2016/17 には 90.5 千 NPR (約 853 米ドル) を超えた。1人当たり GDP の増加は海外送金に影響されているものと考えられる。

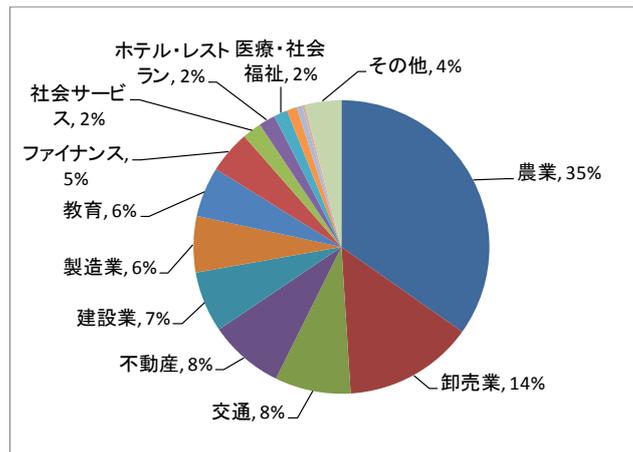
	2013/14	2014/15	2015/16 ^R	2016/17 ^P
Annual growth rate of GDP at constant price (%)	5.72	2.97	0.01	6.94
Per capita GDP, current prices (NRs.)	71225	76201	79325	90521
Per capita GDP, constant prices (NRs.)	26820	27342	27089	28733
Annual change in real per capita GDP (%)	4.58	1.95	-0.92	6.07
Per capita GDP (US\$)	725	766	746	853
Gross Domestic Saving/GDP (%)	11.92	9.21	3.82	10.25
Gross National Saving/GDP (%)	45.73	44.14	39.96	43.78
Gross Fixed Capital Formation/GDP (%)	23.52	27.97	28.80	33.80
Export of goods and services/GDP (%)	11.51	11.62	9.49	9.76
Import of goods and services/GDP (%)	40.75	41.47	39.38	42.02
Exchange rate (USD:NRs.)	98.21	99.49	106.35	106.10

Source: National Accounts of Nepal, CBS
R=Revised, P= Preliminary

図 4.1.4 経済状況

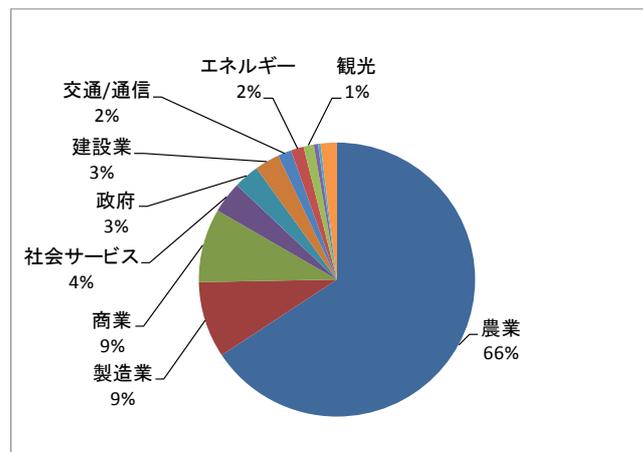
4.1.3 産業

GDP における産業別シェアの割合は、農業が 34.8%と最も高く、卸売業（14.2%）、運輸業（8.3%）と続く。産業別労働人口は図 4.1.6 に示すとおり、農業が 60%以上を占める。製造業・商業の割合はそれぞれ 9.0%である。



出典: 経済統計調査

図 4.1.5 産業別の GDP シェア



出典: 経済統計調査

図 4.1.6 産業別労働人口

(1) 物価およびインフレーション

基準年 2005 年の消費者物価指数（CPI）を図 4.1.7 に示す。CPI のインフレは依然として続いている。CPI は 2000 年から 2013 年の間で 2.4 倍に上昇し、この期間の年間上昇率は約 7%であった。直近のインフレ率は 9%を超えている。

CPI 上昇の要因として、インドの物価上昇や原油高などの外的要因が考えられる。

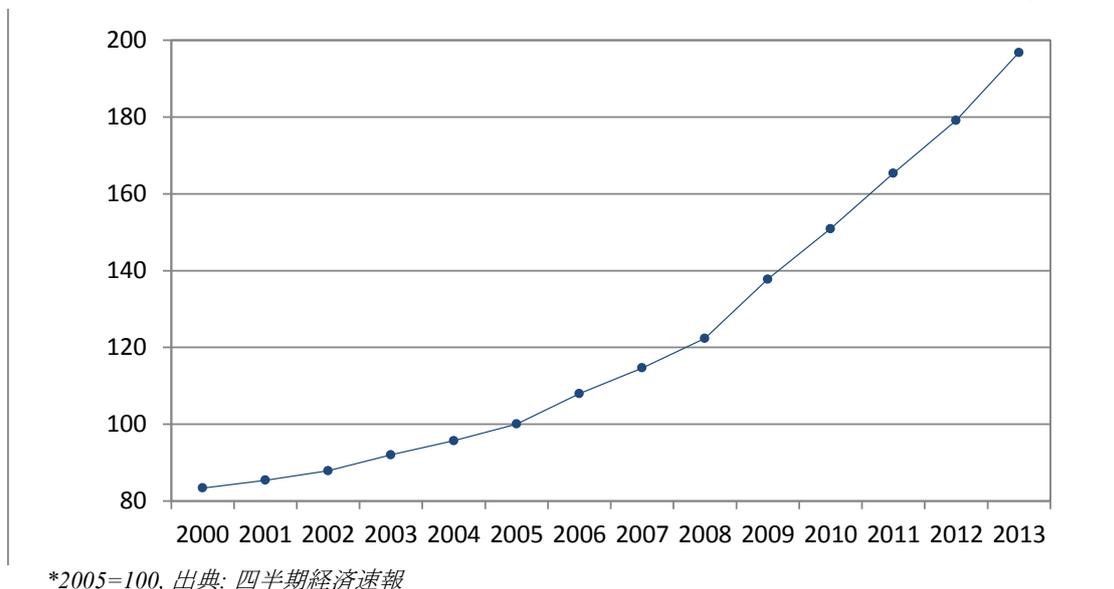
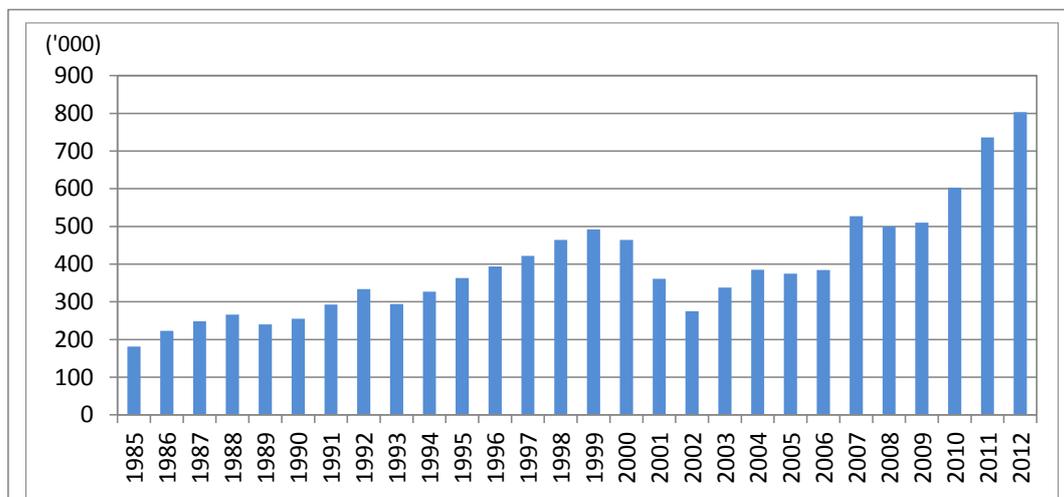


図 4.1.7 消費者物価指数の変化

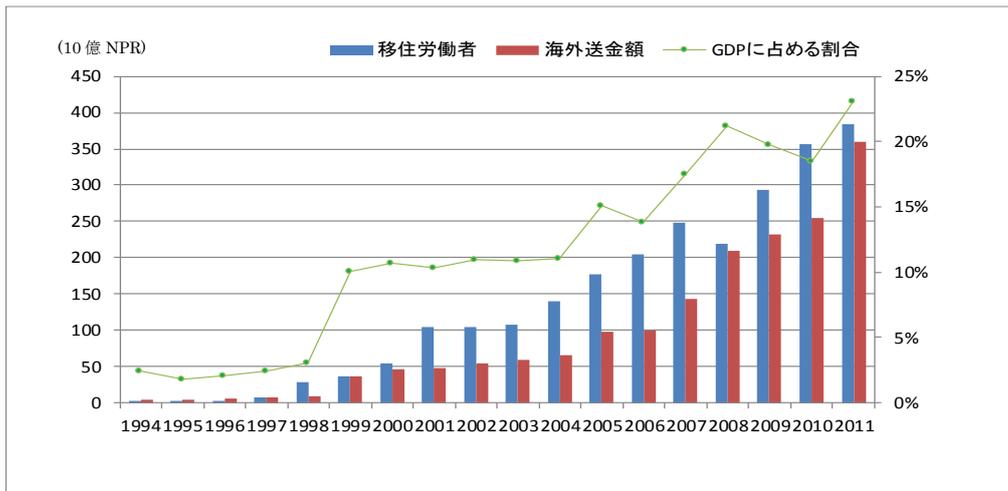
(2) 観光業および移住労働者

ネ国内の治安回復に伴い観光客数は増加しており、2007 年に初めて 50 万人を突破して以来、毎年 50 万人以上を維持している。2011 年には過去最多の 70 万人超えを記録した。ネ国から他国への移住労働者は 1998 年には 1 万人以下であったが、2011 年には 38.4 万人に達した。主な移住労働地は中東諸国やマレーシアである。移民労働者による海外送金は 3600 億 NPR に達しており、ネ国の GDP のうち 23%を占めている。



出典: 文化省、観光・航空局

図 4.1.8 観光客数の推移

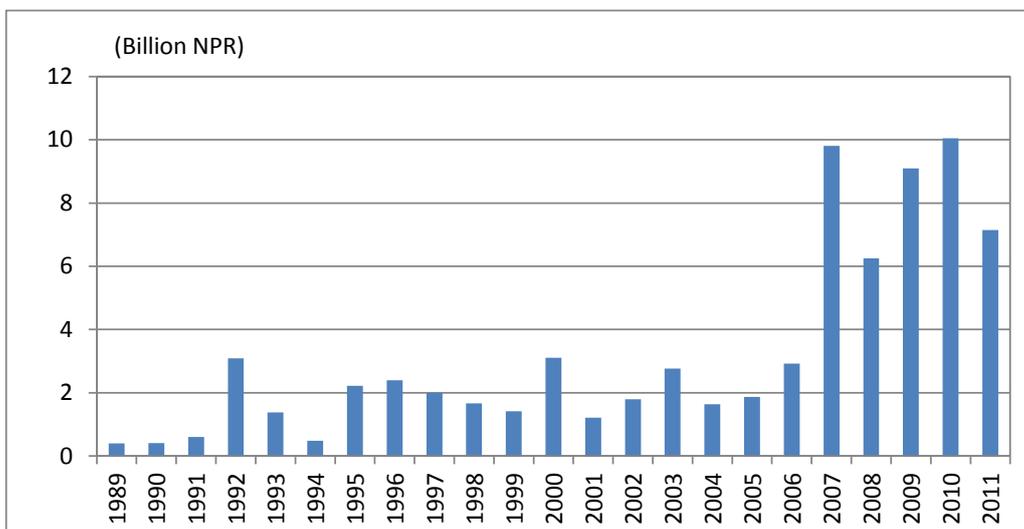


出典: 労働・雇用省

図 4.1.9 移住労働者と海外送金の推移

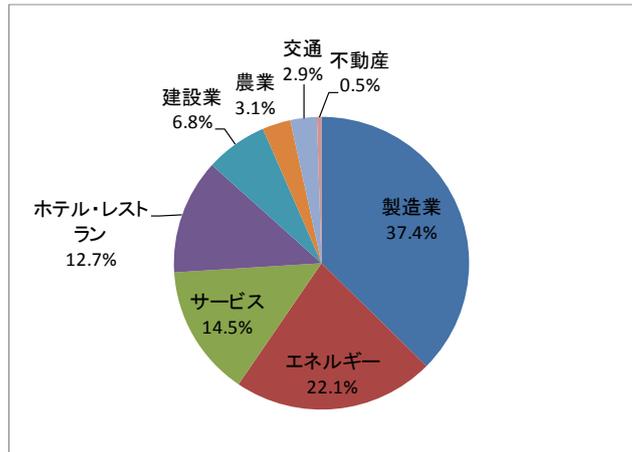
(3) 海外直接投資

ネ国への海外直接投資（FDI）は 2007 年以降増加している。2012 年までの累積投資額のうち、インドからの投資額は 46.3%を占め、セクター別直接投資は製造業 37%、エネルギー産業 22%、サービス業 15%、観光業 13%である。国内産業の中核である農業への直接投資は、FDI 全体の 3%程度に留まっている。



出典: 貿易・輸出促進センター

図 4.1.10 海外直接投資の推移



出典: 貿易・輸出促進センター

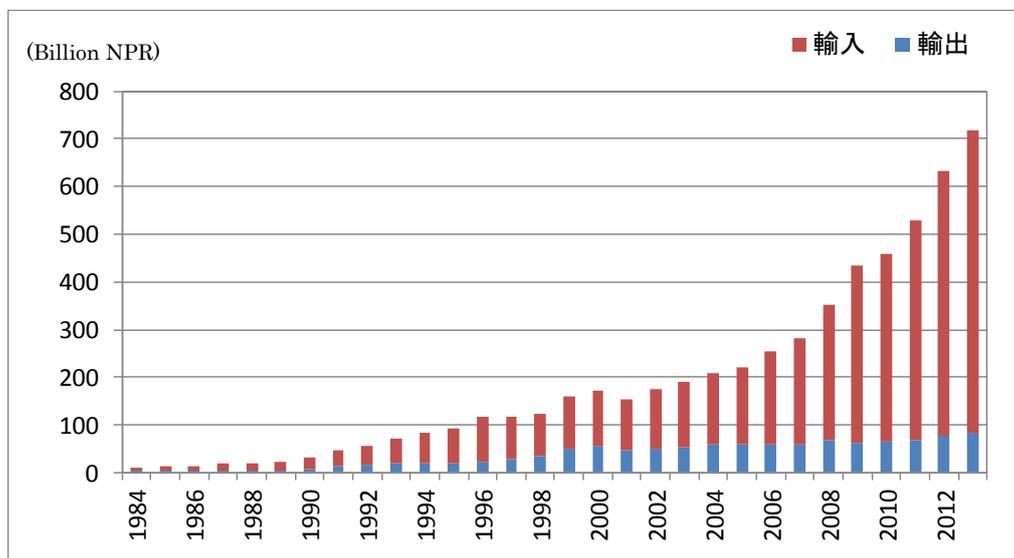
図 4.1.11 2012 年までのセクター別累積投資割合

4.1.4 輸出入

(1) 輸出入額

2013 年の輸出額は 830 億 NPR で前年比 9%増、輸入額は 6,360 億 NPR で前年比 14%増であった。輸入額が輸出額の 7.7 倍に達しており、大幅な輸入超過である。

主要貿易相手国であるインドの貿易に占める割合は輸出入の 65%以上に達している。主な輸入品は総額の 31%を占める石油、19%を占める工業製品である。輸出においては工業製品が輸入総額の 23%を占め、次に衣類 11%、香辛料および黄麻が 9%である。



出典: 貿易・輸出促進センター

図 4.1.12 輸出入額の推移

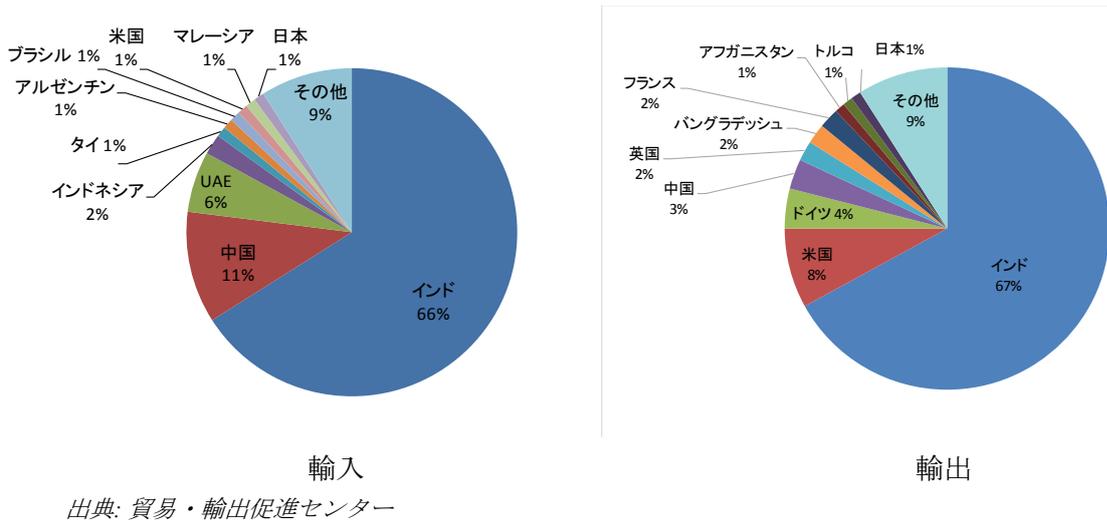


図 4.1.13 貿易相手国別割合

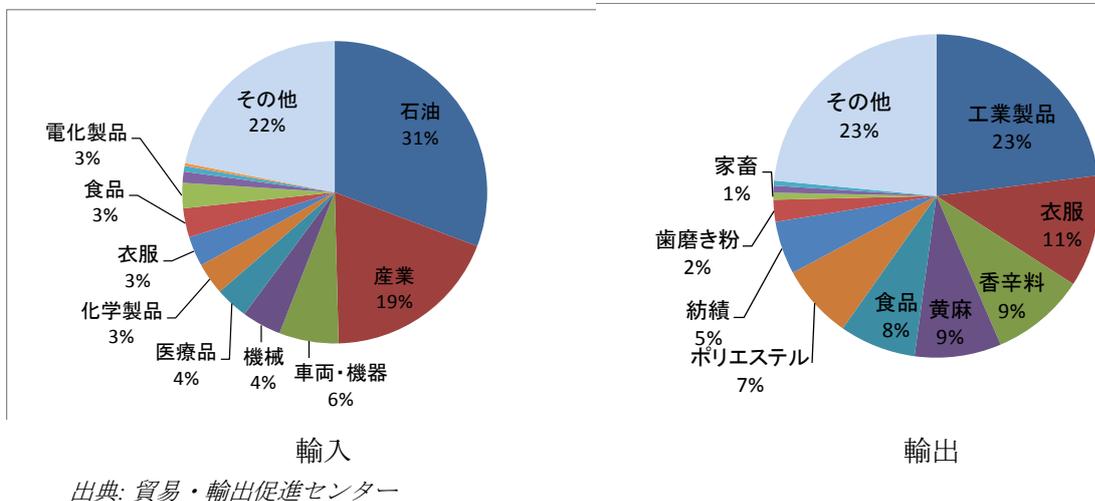


図 4.1.14 輸出入品目割合

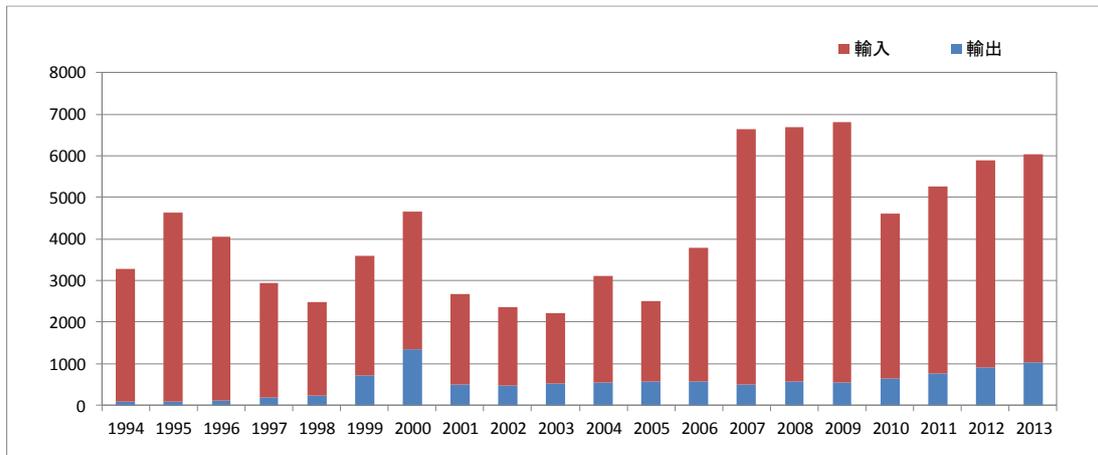
(2) 日本とネ国間の貿易

2013年の日本からの輸入額は50億NPRを超え、鉄鋼製品の28%、機械の18%、自動車の17%を占めている。日本への輸出額は10億NPR程度であり、主な輸出品は衣服（総額の39%）、織物（18%）、製材（10%）、工芸品（4%）である。2012年時点で日本からの投資により運営される現地企業は45社あり、そのうちの38社は準備段階にある。2012年の日本からの旅行者数は28,642人である。

表 4.1-2 日本からの投資により運営される企業

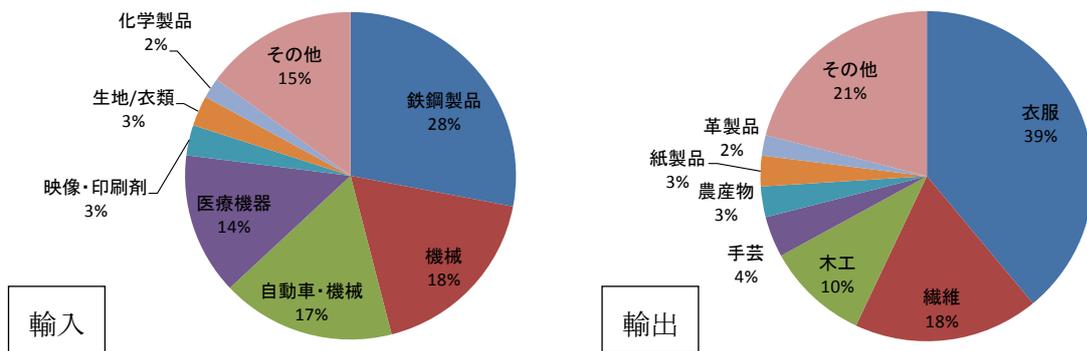
	運営	準備段階
ソフトウェア	3	2
製造業	11	11
建設業	4	0
観光業	21	13
その他	6	12
合計	45	38

出典: 貿易・輸出促進センター



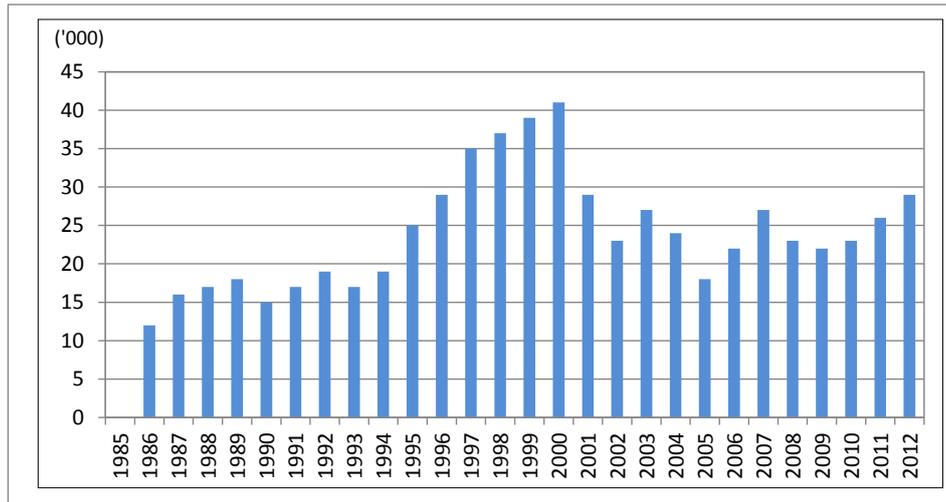
出典: 貿易・輸出促進センター

図 4.1.15 日本との貿易額の推移



出典: 貿易・輸出促進センター

図 4.1.16 日本との輸出入における貿易商品



出典: 貿易・輸出促進センター

図 4.1.17 日本からの渡航者数の推移

4.1.5 輸送

(1) 貿易における輸送方法

税関データによると、貿易時の輸送方法はトラックによる陸上輸送に依存しており、全体の約90%を占める。ネ国は内陸国であり、道路網はネ国の運輸にとって最も重要である。

表 4.1-3 貿易における輸送方法

輸送方法	輸入 (10 億 NPR)	輸出 (10 億 NPR)	合計 (10 億 NPR)	シェア
トラック	567	65	633	88%
航空貨物	69	17	86	12%
合計	636	83	719	100%

出典: 税関事務所

(2) 車両数

直近の5年間で二輪車を除く車両の登録数は約2倍に増加している。2008~2013年の年間平均増加率は17.8%を超えており、ネ国の人口やGDPを考慮するとこの増加率は非常に高い。

表 4.1-4 車両登録数

年	車両数
2008	103,680
2009	136,760
2010	161,493
2011	186,442
2012	219,544
2013	235,138
増加率 2008-2013	17.8%

*二輪車を除く
出典: MOPIT

4.2 自然状況

4.2.1 地形

ネ国の首都カトマンズはカトマンズ盆地の最も低い位置にある。カトマンズ盆地は、東西方向 26km、南北方向 20km の楕円形状をしており、盆地底の標高は約 1300m で、盆地周辺山地の標高は約 2,000~2,700m である。

盆地へのアクセスは 2 つの主要ルートがある。一つはトリブバン道路とプリシビ道路が盆地西側から国の西部、南西部を経由してインドの都市へと続いている。

他方はアルニコハイウェイ（SD 道路はこの道路の一部）と呼ばれ、盆地東側から中国との国境の都市であるコダリに通じている。また、新しくシンズリ道路が開通したことにより、途中のドゥリケルで分岐して、国の南東部を通りインド国境にもつながるようになった。

図 4.2.1 はカトマンズ盆地と主要道路の概略分布を示している。カトマンズは山々に囲まれた盆地底に位置する都市であるため、道路を利用した外部から市内へのアクセスは、東西いずれの道路を利用する場合でも盆地を取り囲む山地の峠を越えて入らなければならない。（図 4.2.2）

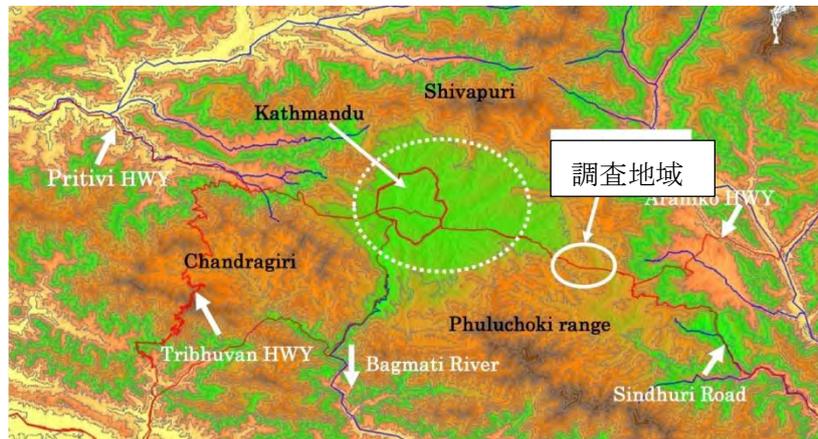


図 4.2.1 カトマンズ周辺の地形概略図



図 4.2.2 カトマンズへの道路網と道路勾配模式図

図 4.2.3 に、調査対象区間の道路高さの概略を断面図で示す。バクタプールからサンガまでの断面は比較的平坦で、標高は 1,350m から 1,400m となっている。峠の始点となるナリンチョークから峠上のサンガまでの区間は急勾配の山地となっており、峠での標高は 1,550m に達する。サンガの峠からバネパまでは標高 1,400m まで緩やかに下がり、さらに調査の終点であるドゥリケルへは緩い登りが続き、標高 1,550m になる。

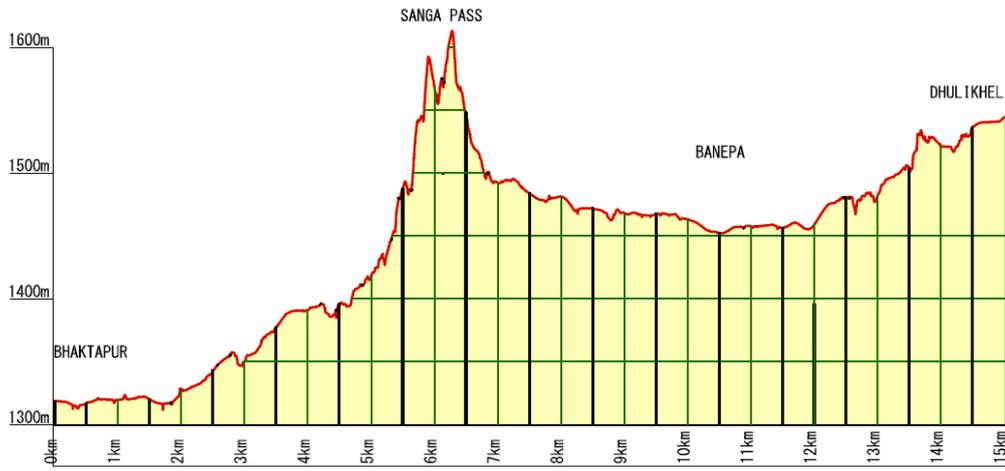


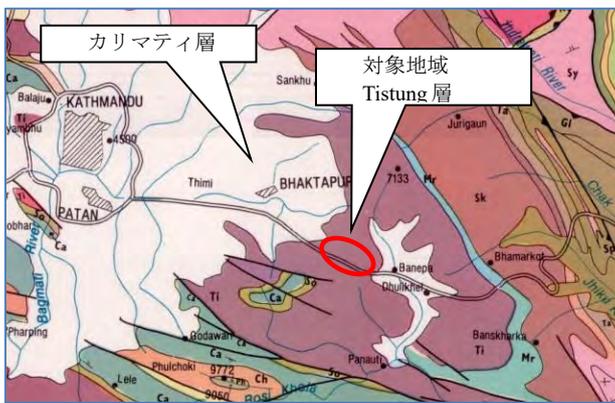
図 4.2.3 調査対象区間の道路勾配

4.2.2 地質

(1) 地質概要

調査地域に分布する主な地質は、古生代～先古生代のティストン層と呼ばれる千枚岩や砂岩の互層を基盤岩として、カトマンズ盆地やバネパ側の低地では、第四紀のカリマティ層と呼ばれる未固結粘土層などが分布している（図 4.2.4 参照）。

カリマティ層はさらに2層に区分され、カトマンズ盆地が湖であった時代に、湖の中心部湖底に堆積した粘土、シルト、砂からなる湖沼堆積物、および湖の周辺部周辺では山地から流出堆積した砂や砂礫からなる扇状地堆積物となっている。



出典 : Geology of Central Nepal

図 4.2.4 サンガ峠付近の地質

(2) 調査地域の地質

1) ティストン層

調査地域に分布するティストン層は、千枚岩と砂岩の互層から構成される堆積岩で、岩盤には層理面や多くの割れ目が発達している。砂岩の単層の厚さは5～30cmと薄く、千枚岩が優勢層となっている。地表部では風化が進み、赤茶色の土砂状となっている。写真 4.2-1 と写真 4.2-2 は、風化および新鮮なティストン層を示している。



写真 4.2-1 ティストン層の風化部



写真 4.2-2 ティストン層新鮮部

2) カリマティ層

カリマティ層は、第四紀にカトマンズやその周辺盆地が湖であったときに、湖底に堆積した堆積層である。代表的なカリマティ層は、多くの有機物を含む黒から褐色の粘土層で、カトマンズ盆地内の各所に露出している。またカリマティ層にはこのほかに、茶色のシルトと細かい砂の互層も多く分布している。有機物に富む代表的な写真を写真 4.2-3 と写真 4.2-4 に示す。



写真 4.2-3 カリマティ層



写真 4.2-4 カリマティ層の近接写真

3) 崖錐堆積物

崖錐堆積物は、カトマンズ盆地周辺山地から崩壊流出した土砂が山麓に堆積し、その後カリマティ層など湖の堆積物に覆われたものと、現在の山地から崩壊流出して、現在の谷底に堆積したものがあ。いずれも未固結の粘土、砂、砂礫、岩塊などから構成されている。砂礫や粘土からなる崖錐堆積物を写真 4.2-5 に示す。



写真 4.2-5 崖錐堆積物

4) 現河床堆積物

現河床堆積物は、調査地域の谷や河川沿いに分布している。現河床堆積物は主に未固結の粘土、シルト、砂、砂利から構成されており、軟質である。写真 4.2-6 に現河床堆積物を示す。



写真 4.2-6 現河床堆積物

5) 地質構造と断層

今回収集した調査地付近の地質図によれば、調査地域のサンガ峠付近に分布する地質は、古生代～先古生代のティストン層が分布している。

現地調査によれば、ティストン層は千枚岩と砂岩の互層から構成されており、地層の走向（連続性）は北西 - 南東方向で、一般的な走向/傾斜は N50w/60° 南西の傾斜である。収集された既往地質図では、この地域には明確な断層は記載されていないが、現地調査によると、北西 - 南東方向、北東 - 南西方向に延びる断層（破砕帯など）が想定される。写真 4.2-7 は、現地調査で確認された地層の小規模な褶曲部である。



写真 4.2-7 千枚岩の褶曲部

4.2.3 土地利用分類

(1) 住宅地

調査範囲内の都市や集落は、西から東へバクタプール、ジャガティ、ナリンチョーク、パラセ、サンガ、バネパ、ドゥリケルがある。これらの地域では、道路の両側が家屋、商店、またはその両方が分布している。家屋や商店は比較的分散しており、極端な集中はみられない。

(2) 農用地

居住区域、サンガ峠地区、ドゥリケル地区左側を除く土地の大部分は農業目的で使われている。農地のほとんどは稲作用で、残りは野菜などの農産物の栽培用に使われている。

(3) 工業地

ジャガティ地区の対象道路から数百メートルほど離れた場所にレンガ工場がある。またサンガ峠の手前までのエリアにレンガ工場が散在している。このほかにも小規模な木工工場が存在するが、居住地域に限られている。

(4) レクリエーション施設

パラセとサンガにはレクリエーション施設がある。遊園地（カトマンズファンバレー）が対象道路の左側に、サンガ峠北側の丘の上にはシバ銅像がある。

(5) 森林地帯

サンガ丘の南側には調査区域で唯一の森林地帯である Suryamode Perung コミュニティフォレストがあり、面積は約 22 ヘクタールである。森林資源が枯渇しないように、資源の利用は周辺住民に限られている。

4.2.4 地震

ネ国はインド-オーストラリアプレートとアジアユーラシアプレートの 2 つの大規模プレートの境界にあり、地震の発生が多い。インド-オーストラリアプレートは北向きに移動しユーラシアプレートの下に沈み込むとされ、この衝突に伴う地殻変動時に放出されるエネルギーにより地震が発生する。ネ国とその周辺地域では、昔から地震が頻繁に発生しており、2015 年 4 月にもマグニチュード 7.8 の地震が発生し、多くの死傷者を出している。1900 年以降に発生した地震のリストを表 4.2-1 に示す

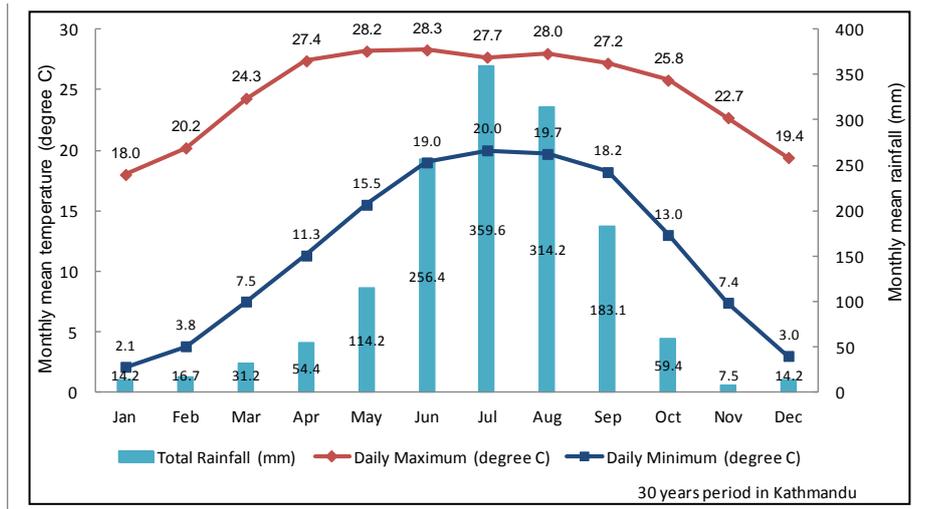
表 4.2-1 カトマンズ付近で発生した主な地震リスト (20~21 世紀)

日付	地域	震源 (km)	マグニチュード	推定加速度 (gal)
1934 年 1 月 15 日	ネパール、インド北部、チベット	177	8.4	88
1936 年 3 月 27 日	インドビハール地域、ネパール中部	199	7.0	38
1954 年 9 月 4 日	インドビハール地域、ネパール南東部	163	6.5	34
1980 年 7 月 29 日	ネパール西部	18	6.5	-
1988 年 8 月 20 日	カトマンズ、インドビハール地域	197	6.5	36
2015 年 4 月 25 日	カトマンズ北西部	77	7.8	160

出典: *The Study on Earthquake Disaster Mitigation in the Kathmandu Valley, March 2002 (Partial correction by team)*

4.2.5 気候

カトマンズは、図 4.2.5 に示すように湿潤な亜熱帯気候である。図 4.2.5 において、ライトブルーの棒グラフは降水量、青線、赤線は月平均気温を示しており、数字は各月の平均最低値と最高値を示す。夏季の平均最高気温は約 28.3℃、平均最低気温は 19℃である。秋冬の平均気温は日中が 26 度、日の出後が 12.3 度である。昼間と夜間の温度の差は大きく、これはカトマンズが盆地底に位置していることが影響している。年間を通して湿潤な土地であり、年間降水量の合計は約 1,350mm で、夏季の 3 ヶ月間 (6 月~9 月) に年間降水量の 90%もの降水がある。風向は雨季には南東風が、乾季には北西風が吹く。



出典 : World Weather Information Service

図 4.2.5 カトマンズの気候

4.2.6 河川

カトマンズ盆地内には図 4.2.6 に示すように、バグマティ川、マナハラ川、ビシュヌマティ川、ドッピ川、ハヌマンテ川の 5 つの主要河川がある。対象道路は、カトマンズ盆地内の東側を流れるマナハラ川の支流、チャクフ川流域を通る。どちらも緩やかな斜面で盆地内を流れ、カトマンズ盆地南西部のチョウバルから、盆地外に流れ出している。

調査対象地域を流れるチャクフ川では、川幅は比較的狭く 10m 以下だが、カトマンズ盆地外のバネパ付近ではプニャマティ川が流れ、川幅は 18m 程とやや広がっている。

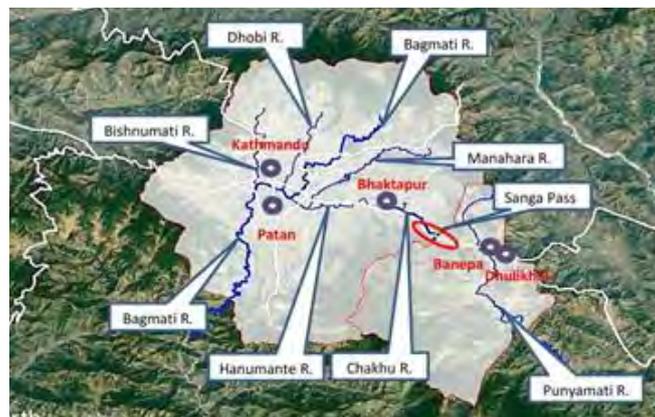


図 4.2.6 カトマンズとバネパ周辺の主要河川

第 5 章

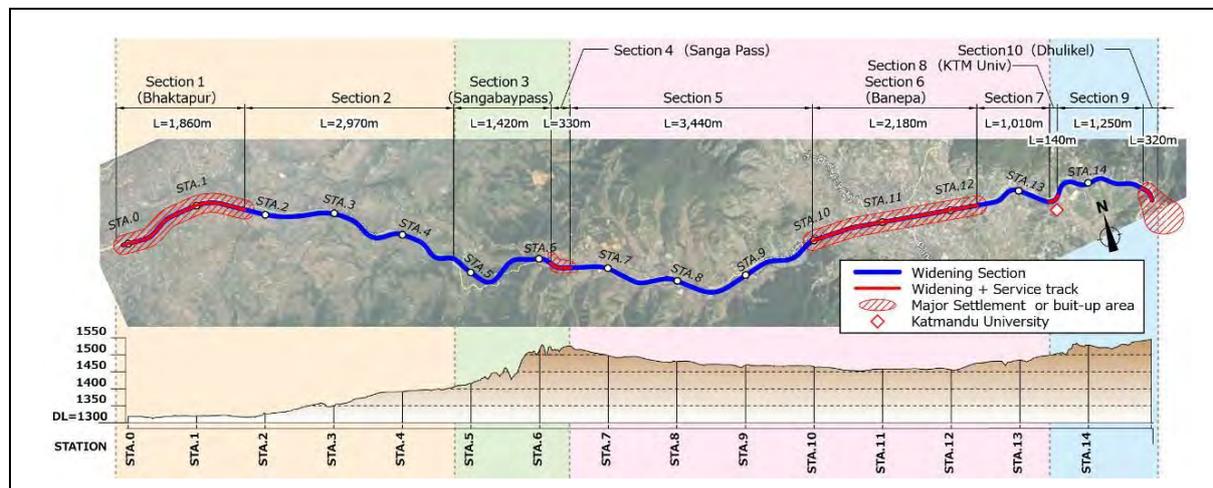
線形計画のレビュー

第5章 線形計画のレビュー

5.1 既往準備調査での線形計画

既往調査において提案された道路線形計画の概要は表 5.1-1 のとおりである。

表 5.1-1 既往調査の道路線形計画の概要



項目	内容
1. 設計速度	80km/h : 区間 1,2,5,6 60km/h : 区間 3,4,7,8,9,10
2. 設計車両	SU-12
3. 車線数	4 車線 (現在 2 車線)
4. 線形	小規模 : 上述の設計速度の幾何基準を満たさない曲線 主要:サンガ区域 (現道から北へ迂回するバイパス。長さ 198m の橋と切土部分のコンクリート法枠工)
5. 舗装構造	アスファルト舗装 設計期間 10 年
6. 歩道	6 区間にて提案 : i)スルヤビナヤックージャガティ間、ii)サンガ峠、iii)バネパ市内、iv) ボドール (カトマンズ大学付近)、v)ドゥリケル市内 (片側のみ)
7. 交差点	i) スルヤビナヤック、ii) ジャガティ、iii)ナリンチョーク、iv)バネパ (2 箇所)、v)ボドール (カトマンズ大学付近)、vi)ドゥリケル
8. 橋梁	既存橋梁をボックスカルバートに付け替え ; i) シパドール (Sipadole) 川 : ジャガティ中央から約 700m 東 ii) ビクテスワル (Bhikteswor) 川 : サンガ峠から約 1.5km 東 iii) パンヤマティ (Punyamati) 川 : バネパ市内の西端 iv) チャンデショリ (Chandeswori) 川 : バネパ市内の東端
9. 歩道橋	6 箇所にて提案 ; i)スルヤビナヤック (本事業の始点)、ii)ジャガティ、iii)バネパ (3 箇所)、iv)ボドール (カトマンズ大学の前)
10. 河川工事	バネパの 2km 先に 2 箇所 (現在河川は確保区域内にあり)
11. 交通安全施設	i)バス停車帯、ii)擁壁、iii) ガードレール、iv) フェンス、v)道路標示、vi) 交通標識

5.2 本調査における追加調査項目およびレビュー方針

5.2.1 レビュー方針

はじめに、既往調査において地形、土地利用、居住地、交通特性、建設計画、事業コンポーネント等に基づき 10 区間に分割されている区間を、事業の特性およびコンポーネントを再検討し、レビューの為に 4 区間に再分割する。

調査区間に対し、設計速度、線形状態、コンポーネント整備、舗装種類、大規模切土・盛土の項目ごとに評価を行った。評価結果に基づき各区間のレビュー方針を以下にまとめる。

(1) 区間 1-2 (スルヤピナヤックナリンチョーク)、区間 5-7 (サンガーバネパバザール)、区間 8-10 (バネパ東ードウリケル)

- ✓ 地形的特徴に合致していない曲線部の線形改良。
- ✓ 事業コンポーネントは、経済的妥当性を考慮した上で DOR との協議の結果と共にレビューする。
- ✓ 舗装構造のレビューは、本調査で実施する追加交通調査において検討された交通量予測に基づいて行う。

(2) 区間 3-4 (パラセーサンガ峠)

- ✓ 自然災害への耐性、サービスレベルの向上、自然・社会環境への影響を考慮した線形の改良。
- ✓ 舗装構造のレビューは、本調査で実施する追加交通調査において検討された交通量予測に基づいて行う。

5.2.2 追加調査項目

既往調査で提案された改善計画の見直しについては、既存調査で適用された方針および概念に加え、本調査で実施された追加調査項目の結果を考慮する。これらの項目を以下に示す。

(1) サンガ峠の代替ルートの検討

サンガ峠の現道は、2015年に発生した大地震の2ヶ月後に発生した斜面崩壊後に数時間閉鎖された。斜面崩壊の原因は、大地震による地盤の弱体化およびその後発生した集中豪雨によるものと考えられている。大地震はカトマンズ周辺の道路やその他のインフラにも甚大な被害をもたらしており、地震以来ネ国政府では、災害に対する道路の耐性向上が不可欠との認識がますます高まっている。そのため、本調査における代替ルートの調査では、より高い交通サービスや自然および社会環境へのより少ない影響の他、より災害耐性の高い代替ルートの検討を行う。

(2) 交通調査

2015年3月のシンズリ道路開通の後、対象道路の交通量は増加していると報告されている。2014年の既往準備調査で実施された交通調査ではシンズリ道路から流入する交通は含まれておらず、よって本調査では新たに交通調査を実施する。追加調査の結果は第6章に示す。

(3) 交通需要予測

交通調査結果に基づき、以下の項目を分析する：(1) シンズリ道路通過車を除く増加交通量、(2)シンズリ道路開通の影響による増加交通量、(3) 中国からの貨物交通量。詳細は第 7 章にて説明する。

(4) 技術調査（自然条件調査）

トンネルが計画されている地域では地形および地質調査を行う。調査項目を以下に示す。

- ・ 地形調査
- ・ 地質調査
- ・ 物理探査

上記の調査については、第 8 章にて説明する。

5.3 レビュー結果

5.3.1 対象区間と車線数

対象区間はスルヤビナヤックードゥリケル間として、本調査において変更はない。同様に、対象の車線数にも変更はない。今回の交通調査にて集計した交通量データに基づく交通需要予測では、既存の 2 車線を 4 車線に拡幅する妥当性を示している。（詳細は第 7 章を参照）

5.3.2 線形の改善

(1) サンガ峠でのルート検討

既往調査で提案されたバイパス案は再考が必要である。バイパス案では、スムーズな平面線形を有したバイパスが現道北側の山に沿って走っており、斜面の安定性に対して適切な対策がとられている。しかしながら、本レビューではバイパス案よりもさらに自然災害に強い代替ルートとして、サンガ峠を通るトンネルを含めた他ルートの可能性を検討する。本調査の詳細については第 10 章にて説明し、以下は調査概要について簡潔に要約する。

サンガ峠における線形に関する調査は、上述のバイパス案とは別に 2 つの代替ルートを考慮した。1 つ目のルートは、サンガ峠で現道の南側を通過する。2 つ目のルートは、既往調査で提案されたバイパスのさらに北側を通過する。この新しく検討された線形は、どちらもサンガ峠の下にトンネル区間を有する（以下サンガトンネルと仮称）。既往調査のバイパス案を含めた 3 つのルート全てを走行性（線形）、コスト、建設・保守効率、自然・社会環境への影響の比較項目において比較した結果、現道の南側を通過する経路は、住民移転と用地取得が最も少なく、環境負荷を最小限に抑えており、災害にも強い最適ルートと考えられる。

(2) 他区間の線形

1) 平面線形

サンガ峠以外の区間では、既往調査において提案された線形を変更する必要はない。

提案された平面線形はアジアハイウェイの幾何基準を満たしている。住民移転および用地取得を避ける為に、住宅地のそばを通過する区間や、盛土・切土区間があるが、これらの区間においても最低限の幾何基準を満たしている。

2) 縦断線形

既往調査で提案された縦断線形もアジアハイウェイ基準を満たしており、線形の改良は必要としない。現道の線形がアジアハイウェイの基準を満たしていなかった箇所を除いては、線形は基本的に現道に従っている。現道の高さを改良する理由は、住民移転と用地取得の最小化およびジャガティおよびバネパにおける浸水対策である。

5.3.3 舗装設計のレビュー

舗装構造は、以下の理由により再検討する必要がある。

- (i) 2014年に実施された交通量観測調査での交通量データは、調査後に状況が変わっているために本調査に用いることはできない。
特に、2015年のシンズリ道路全区間の開通は、対象道路の交通量を増加させたと見られる。
- (ii) 12章で説明する舗装設計のレビュー。

5.3.4 他のコンポーネントのレビュー

レビューの結果を表 5.3-1 に示す。

表 5.3-1 既往調査のコンポーネントのレビュー結果

コンポーネント	説明 (既往調査)	レビュー結果
i) 歩道	市街地区に整備 (6 区間: スルヤビナヤックー、ジャガティ、サンガ峠、バネパ市内、ボドル (カトマンズ大学付近)、ドゥリケル市内)	5 区間に変更 (サンガ峠を削除)
ii) 交差点	7 箇所、車線分離 (信号無し) 将来的な信号の導入を考慮し、電線管の設置	8 箇所 (サンガ峠 1 箇所を削除し、既存道路とサンガバイパスの合流点を追加)
iii) 排水施設	既存施設の復旧	変更なし
iv) 既存橋梁の付替	4 橋	変更なし
v) 歩道橋	6 箇所	変更なし
vi) 河川工事	2 箇所	変更なし
vii) 交通安全施設	バス停車帯、擁壁、防護柵、横断防止柵、道路標示、交通標識	変更なし

第 6 章

追加交通状況調査

第6章 追加交通状況調査

6.1 交通状況調査の概要

追加交通状況調査は、2015年3月のシンズリ道路開通による交通量への影響を考慮した最新の交通量を把握し、設計交通量を更新するために実施した。

調査項目を表6.1-1に示す。調査地点を図6.1.1、図6.1.2、図6.1.3に示す。調査状況を写真6.1-1、写真6.1-2、写真6.1-3、写真6.1-4に示す。

交通量調査結果を6.2節に示す。旅行速度と旅行時間の調査結果を6.3節に示す。路側OD調査結果を6.4節に示し、軸重調査と排気ガス調査結果を6.5節および6.6節に示す。

表 6.1-1 交通状況調査の概要

調査名	調査目的	調査内容
交通量調査	SD道路6地点で交通量データを取得し、収集したデータは交通需要予測に使用する。	-平日:2017/8/9 (木) -6地点 (5断面、1交差点) -休日:2017/8/12 (土) -24時間調査 -10車種 -ビデオ撮影により車種別時間別に集計
旅行速度・旅行時間調査	旅行速度と旅行時間により、既存道路のサービスレベルを把握する。	-平日:2017/8/17 (木) -上り下り別 ◇旅行速度調査 -勾配区間 -大型バスまたは大型貨物車、小型車 -スピードガンを使用 ◇旅行時間調査 -SD道路 (全区間:16km)、 -ストップウォッチとGPSを使用
路側OD調査	SD道路の計画区間を通過する車両のトリップパターンを把握するために実施する。 収集したデータは、交通需要予測の基礎資料として用いる。	-平日:2017/8/9 (木) -休日:2017/8/12 (土) -2地点 (サンガ,ドゥリケル-1) -24時間調査
軸重調査	車両加重の実態を把握するために実施する。 収集したデータは舗装設計の基礎資料とする。	-平日:2017/9/1 (金) -休日:2017/9/2 (土) -1地点 -大型バス、大型貨物車
排気ガス調査	車種別の排出量を把握するために実施する。 収集したデータはトンネルの空気浸透設計の基本情報として使用する。	-平日:2017/8/20 (日) -休日:2017/8/19 (土) -1地点 -乗用車、大型バス、大型貨物車 -ガスの種類 (CO,NOx,Sox)

出典:JICA調査団



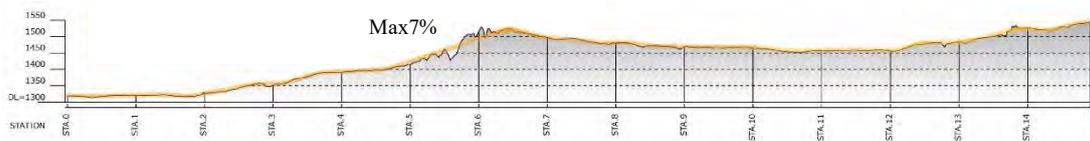
出典: JICA 調査団

図 6.1.1 交通状況調査箇所 (交通量調査と路側 OD 調査)



出典:JICA調査団

図 6.1.2 旅行速度調査箇所



出典:JICA調査団

図 6.1.3 旅行時間調査区間



出典:JICA調査団,2017/8/9,12

写真 6.1-1 交通量調査



出典:JICA調査団,2017/8/12

写真 6.1-2 路側 OD 調査



出典:JICA調査団,2017/9/1

写真 6.1-3 軸重調査



出典:JICA調査団,2017/8/19

写真 6.1-4 排気ガス調査

6.2 交通量の状況

6.2.1 交通量

道路断面 5 地点の平日の交通量調査結果を表 6.2-1 に示す。この表では、車種別の断面交通量と PCU を整理している。PCU は、様々なサイズの車両を 1 つの単位として表現するものであり、「NepalRoadStandards2070」に示されている PCU 換算係数を用いて推定した。

この調査結果より、オートバイを含む日交通量は、スルヤビナヤック（地点 1）で 42,510 台/日、パラセ（地点 2）で 20,713 台/日、サンガ（地点 3）で 19,044 台/日、バイズパッティ（地点 4）で 19,512 台/日、バネパ（地点 5）で 22,644 台/日であった（図 6.2.1）。

同様に、オートバイを除いた日交通量は、スルヤビナヤック（地点 1）で 15,722 台/日、パラセ（地点 2）で 9,929 台/日、サンガ（地点 3）で 9,672 台/日、バイズパッティ（地点 4）で 9,766 台/日、バネパ（地点 5）で 10,551 台/日であった（図 6.2.2）。

表 6.2-1 平日の交通量調査の概要

車種	1.Suryabinayak		2.PainSe		3.Sanga		4.Bhaisepti		5.Banepa	
	計	% (除くオートバイ)	計	% (除くオートバイ)	計	% (除くオートバイ)	計	% (除くオートバイ)	計	% (除くオートバイ)
1. オートバイ	26,788	63%	10,784	52%	9,372	49%	9,746	50%	12,093	53%
2. 乗用車・タクシー	6,679	16%	4,179	20%	3,509	18%	3,798	19%	4,054	18%
3. ピックアップトラック	1,429	3%	1,012	5%	1,548	8%	1,264	6%	1,502	7%
4. マイクロバス	613	1%	532	3%	509	3%	527	3%	531	2%
5. ミニバス	2,588	6%	603	3%	1,227	6%	30	0%	403	2%
6. 大型バス	541	1%	815	4%	150	1%	1,354	7%	1,103	5%
7. 小型トラック	1,335	3%	444	2%	598	3%	472	2%	430	2%
8. 大型トラック	2,152	5%	2,098	10%	1,958	10%	2,051	11%	2,218	10%
9. 多軸トラック	201	0%	187	1%	93	0%	232	1%	213	1%
10. その他	184	0%	59	0%	80	0%	38	0%	97	0%
計(全車)	42,510	100%	20,713	100%	19,044	100%	19,512	100%	22,644	100%
大型車混入率	13%	-	18%	-	18%	-	19%	-	17%	-
大型貨物車混入率	6%	-	11%	-	11%	-	12%	-	11%	-
PCU	41,054	-	23,215	-	21,768	-	22,473	-	24,952	-
計(除くオートバイ)	15,722	100%	9,929	100%	9,672	100%	9,766	100%	10,551	100%
大型車混入率	35%	-	37%	-	35%	-	38%	-	37%	-
大型貨物車混入率	15%	-	23%	-	21%	-	23%	-	23%	-
PCU	27,660	-	17,823	-	17,082	-	17,600	-	18,906	-

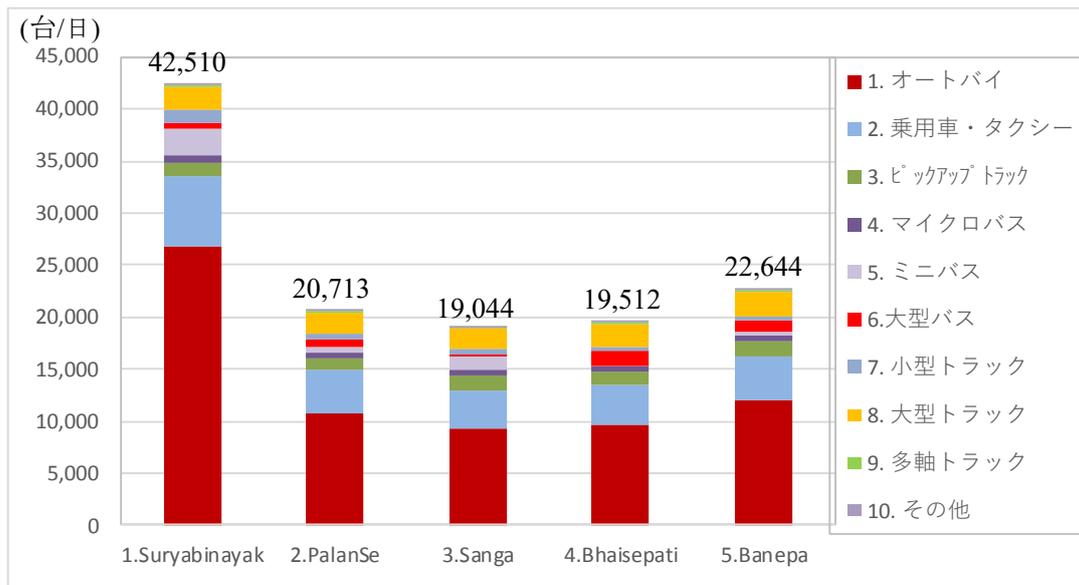
*大型車;5. ミニバス,6. 大型バス,8. 大型トラック,9. 多軸トラック

出典:JICA調査チームによる交通量調査結果

表 6.2-2 PCU 換算係数

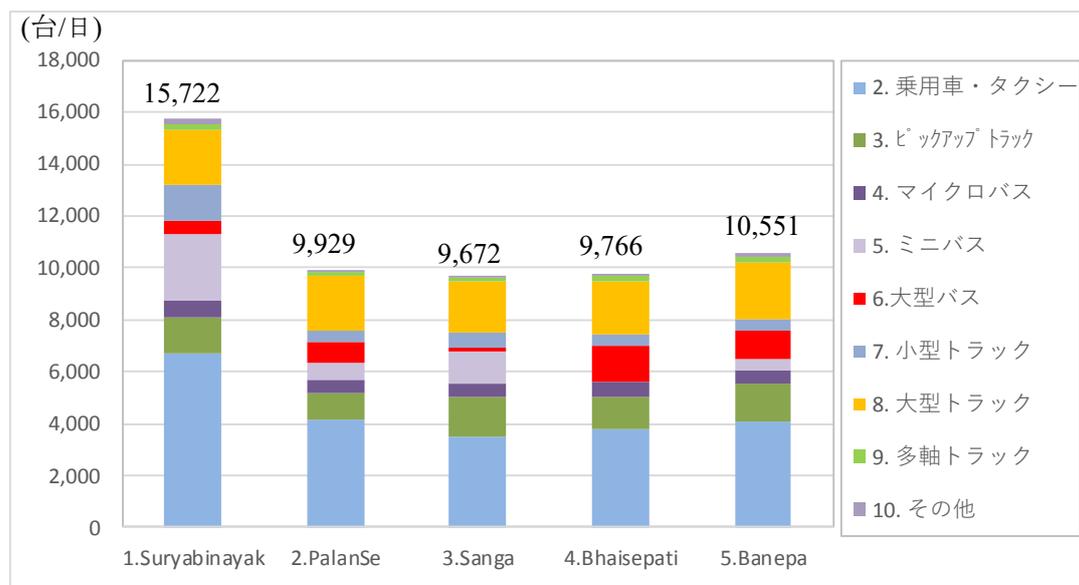
シリアルナンバー	車種	PCU 換算係数
1	オートバイ	0.5
2	乗用車	1.0
3	ピックアップトラック	1.0
4	マイクロバス	1.5
5	ミニバス	3.0
6	大型バス	3.0
7	小型トラック	1.5
8	大型トラック	3.0
9	多軸トラック	3.0
10	その他	1.0

出典:NepalRoadStandards2070(2013)



出典:JICA調査団による交通量調査結果

図 6.2.1 平日の日交通量 (全車)



出典:JICA調査団による交通量調査結果

図 6.2.2 平日の日交通量 (二輪車を除く)

ドゥリケル交差点における平日の交通量調査結果を表 6.2-3 に示す。この調査結果によると、オートバイを含む日交通量は、カトマンズ断面(A)で 17,310 台、コダリ側断面(B)で 10,801 台、シンズリ断面(C)で 9,453 台であった (図 6.2.4)。同様に、オートバイ以外の日交通量は、北側の断面(A)で 8,459 台、南側の断面(B)で 4,897 台、西側の断面(C)で 4,656 台であった (図 6.2.5)。

同様に、方向別の交通量調査の結果を表 6.2-4 に示す。この調査結果によると、オートバイを含む日交通量は、カトマンズ-コダリ間(A-B)で 9,329 台、カトマンズ-シンズリ方向間(A-C)で 7,981 台、コダリ-シンズリ間(B-C)で 1,472 台であった (図 6.2.6)。同様に、オートバイ以外の日交通量は、カトマンズ-コダリ間(A-B)で 4,350 台、カトマンズ-シンズリ方向間(A-C)で 4,109 台、コダリ-シンズリ間(B-C)で 547 台であった (図 6.2.7)。

この結果より、交通量がもっとも多い方向は、カトマンズ-コダリ間(A-B)であり、コダリ-シ

ンズリ間(B-C)の交通量は非常に少ないことが確認された。



出典:JICA調査団

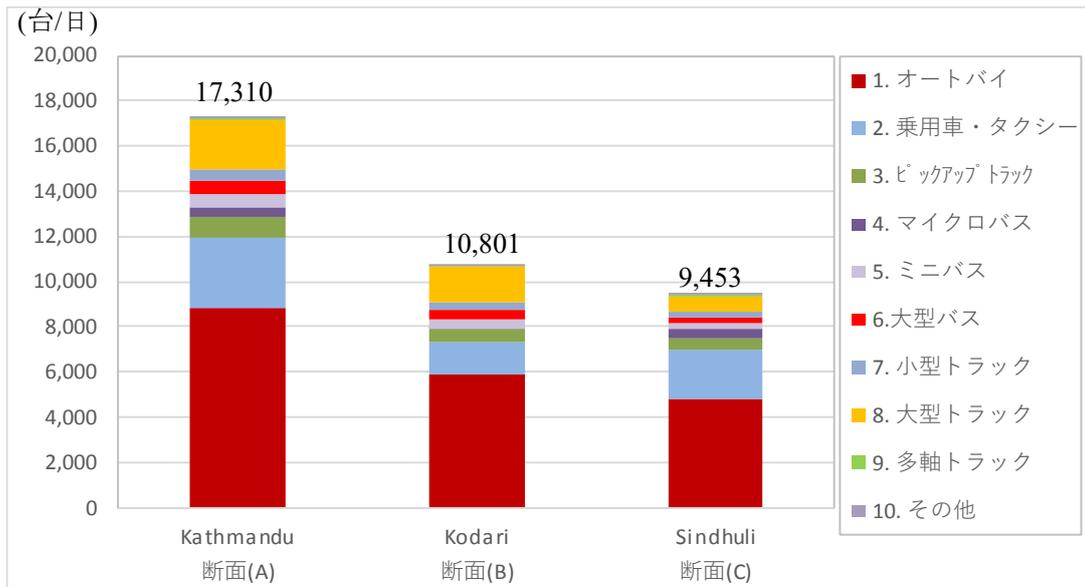
図6.2.3 ドゥリケル交差点の交通量調査

表6.2-3 ドゥリケル交差点の断面交通量 (平日)

車種	Kathmandu 断面(A)	% 計	% (除くオート バイ)	Kodari 断面(B)	% 計	% (除くオート バイ)	Sindhuli 断面(C)	% 計	% (除くオート バイ)
1. オートバイ	8,851	51%		5,904	55%		4,797	51%	
2. 乗用車・タクシー	3,108	18%	37%	1,386	13%	28%	2,198	23%	47%
3. ピックアップトラック	884	5%	10%	614	6%	13%	486	5%	10%
4. マイクロバス	470	3%	6%	25	0%	1%	461	5%	10%
5. ミニバス	520	3%	6%	386	4%	8%	212	2%	5%
6. 大型バス	630	4%	7%	424	4%	9%	214	2%	5%
7. 小型トラック	523	3%	6%	365	3%	7%	264	3%	6%
8. 大型トラック	2,170	13%	26%	1,571	15%	32%	735	8%	16%
9. 多軸トラック	48	0%	1%	36	0%	1%	12	0%	0%
10. その他	106	1%	1%	90	1%	2%	74	1%	2%
計(全車)	17,310	100%	-	10,801	100%	-	9,453	100%	-
大型車混入率	19%	-	-	22%	-	-	12%	-	-
大型貨物車混入率	13%	-	-	15%	-	-	8%	-	-
PCU	20,117	-	-	12,878	-	-	9,763	-	-
計(除くオートバイ)	8,459	-	100%	4,897	-	100%	4,656	-	100%
大型車混入率	40%	-	-	49%	-	-	25%	-	-
大型貨物車混入率	26%	-	-	33%	-	-	16%	-	-
PCU	15,692	-	-	9,926	-	-	7,365	-	-

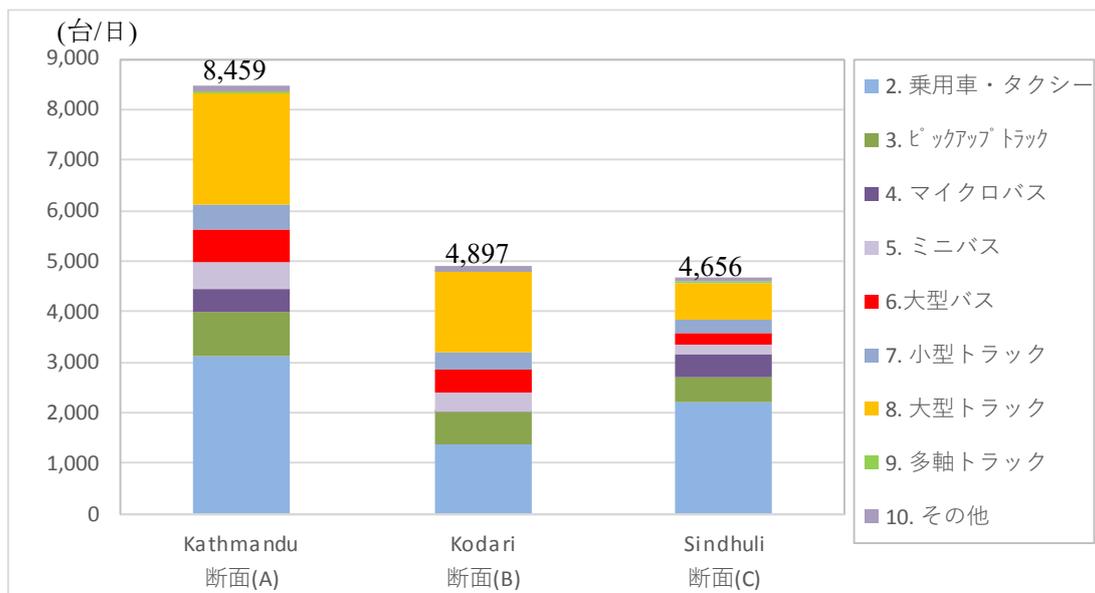
*大型車両;5. ミニバス,6. 大型バス,8. 大型トラック,9. 多軸トラック

出典:JICA調査団



出典:JICA調査団

図 6.2.4 ドゥリケル交差点の断面日交通量 (全車)



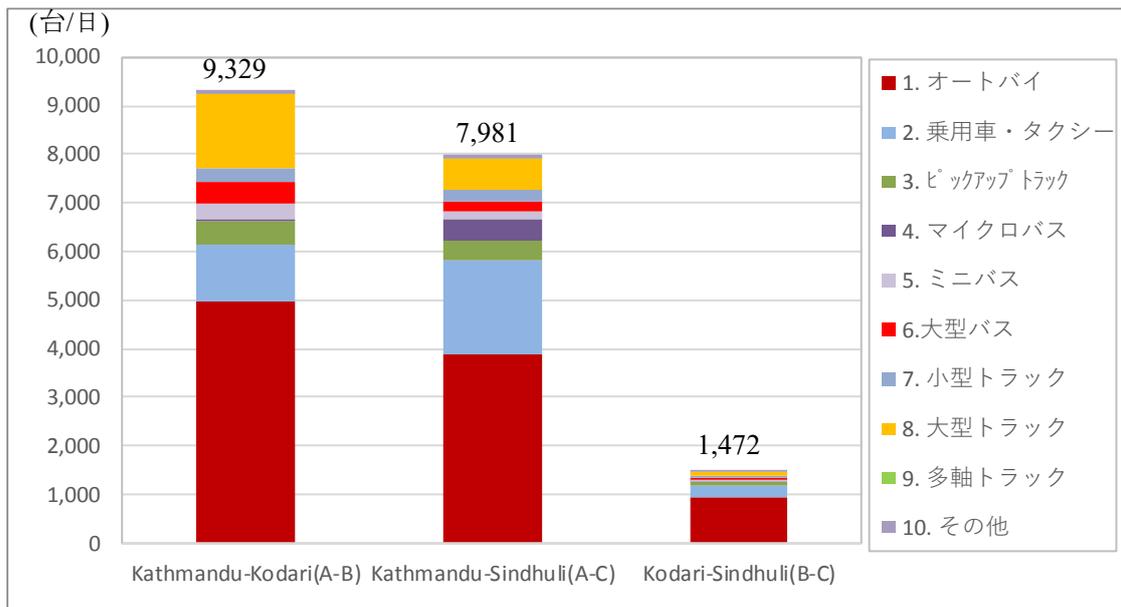
出典:JICA調査団

図 6.2.5 ドゥリケル交差点の断面日交通量 (オートバイ除く)

表 6.2-4 ドゥリケル交差点の方向別交通量の概要

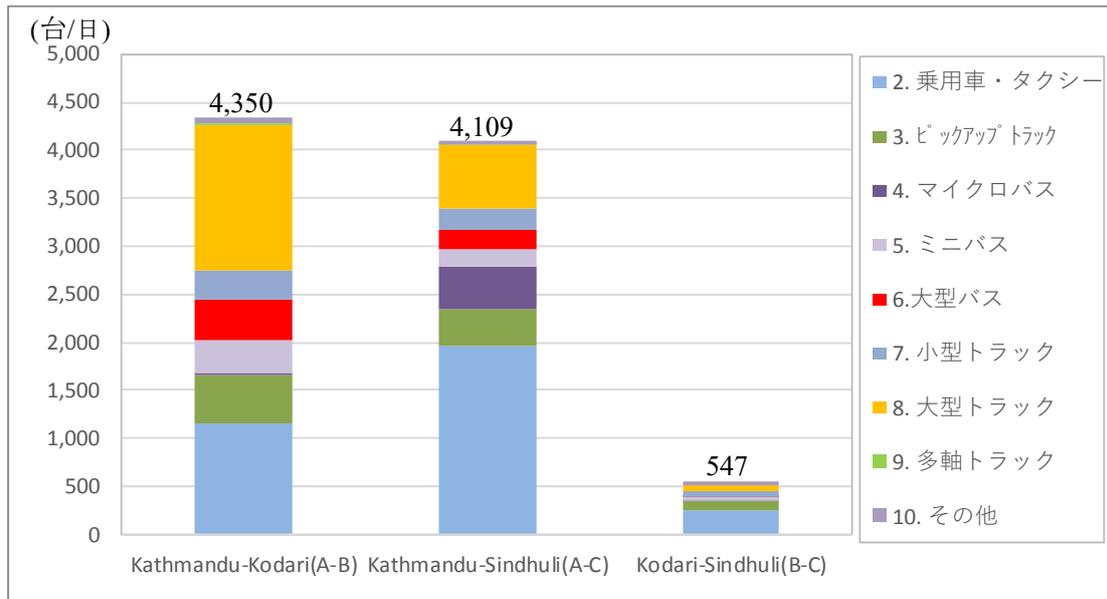
車種	Kathmandu 断面(A)	% 計	% (除くオート バイ)	Kodari 断面(B)	% 計	% (除くオート バイ)	Sindhuli 断面(C)	% 計	% (除くオート バイ)
1. オートバイ	8,851	51%	-	5,904	55%	-	4,797	51%	-
2. 乗用車・タクシー	3,108	18%	37%	1,386	13%	28%	2,198	23%	47%
3. ピックアップトラック	884	5%	10%	614	6%	13%	486	5%	10%
4. マイクロバス	470	3%	6%	25	0%	1%	461	5%	10%
5. ミニバス	520	3%	6%	386	4%	8%	212	2%	5%
6. 大型バス	630	4%	7%	424	4%	9%	214	2%	5%
7. 小型トラック	523	3%	6%	365	3%	7%	264	3%	6%
8. 大型トラック	2,170	13%	26%	1,571	15%	32%	735	8%	16%
9. 多軸トラック	48	0%	1%	36	0%	1%	12	0%	0%
10. その他	106	1%	1%	90	1%	2%	74	1%	2%
計(全車)	17,310	100%	-	10,801	100%	-	9,453	100%	-
大型車混入率	19%	-	-	22%	-	-	12%	-	-
大型貨物車混入率	13%	-	-	15%	-	-	8%	-	-
PCU	20,117	-	-	12,878	-	-	9,763	-	-
計(除くオートバイ)	8,459	-	100%	4,897	-	100%	4,656	-	100%
大型車混入率	40%	-	-	49%	-	-	25%	-	-
大型貨物車混入率	26%	-	-	33%	-	-	16%	-	-
PCU	15,692	-	-	9,926	-	-	7,365	-	-

出典:JICA調査団



出典:JICA調査団

図 6.2.6 ドゥリケル交差点の方向別交通量



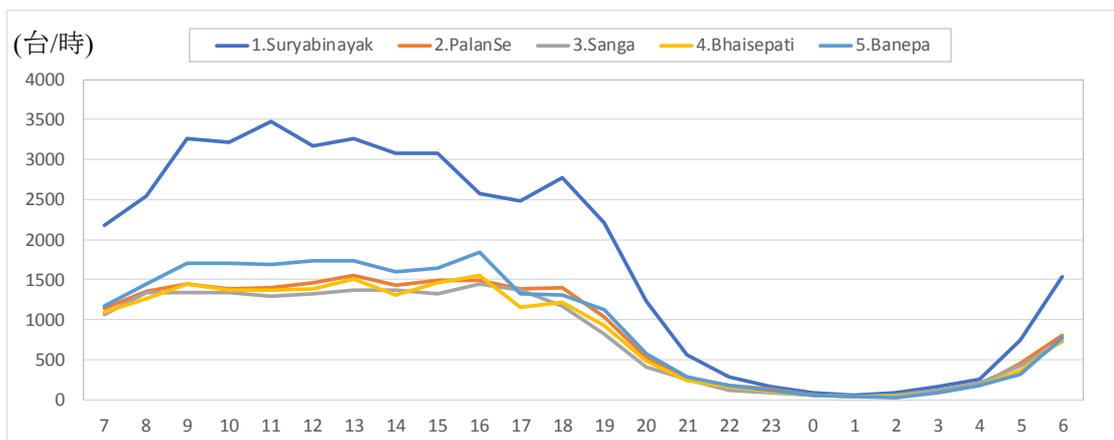
出典:JICA調査団

図 6.2.7 ドゥリケル交差点の方向別交通量 (オートバイ除く)

6.2.2 交通量の時間変動

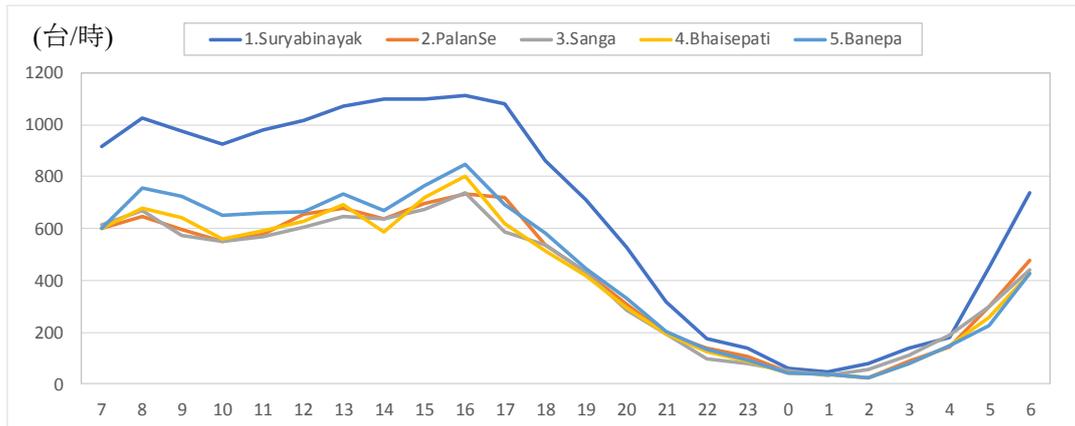
交通量の時間変動を図 6.2.8 および図 6.2.9 に示す。24 時間の時間変動をみると、5 つの観測地点で同様の傾向が確認された。ただし、観測地点によってピーク時間が異なった。地点 1 のスルヤビナヤックのピーク時は午前 11 時、地点 2 のパラセのピーク時は午後 1 時、地点 3 のサンガと地点 4 のバイズパッティおよび地点 5 のバネパのピーク時は午後 4 時となった。

また、オートバイを除いた 24 時間の時間変動も同様の傾向が確認され、すべての観測地点でのピーク時間は午後 4 時であった。



出典:JICA調査団

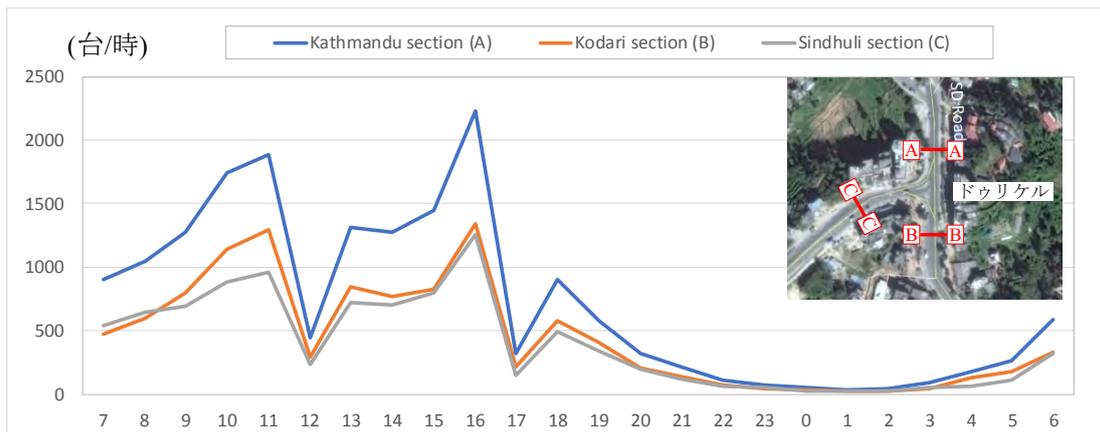
図 6.2.8 交通量の時間変動



出典:JICA 調査団

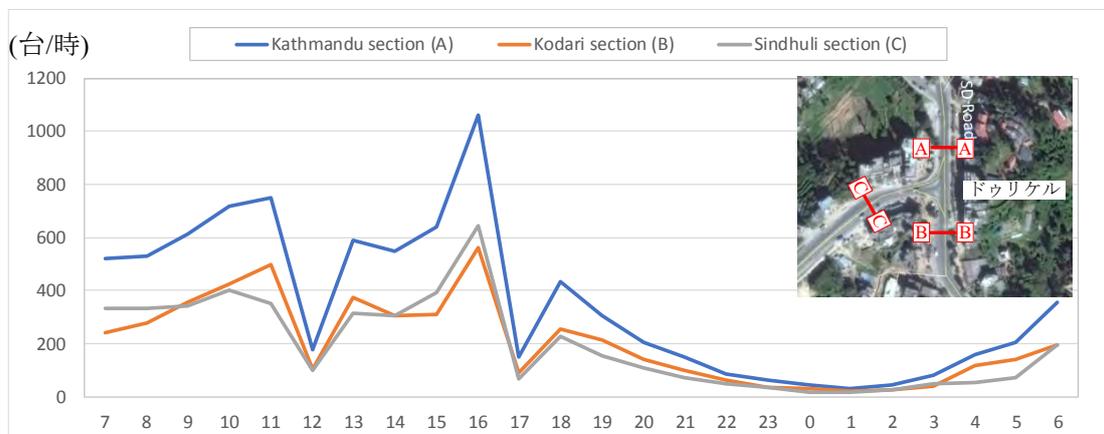
図 6.2.9 交通量の時間変動 (オートバイを除く)

次に、ドゥリケル交差点の3断面における交通量の時間変動を図 6.2.10、図 6.2.11、図 6.2.12、図 6.2.13、に示す。調査結果をみると、3断面で同様の傾向がみられた。3断面におけるピーク時間と3つの方向によるピーク時間は午後4時であった。午後6時以降の交通量は徐々に減少し、夜間の午後10時～午前4時の間の交通量は、非常に少ないことが確認された。



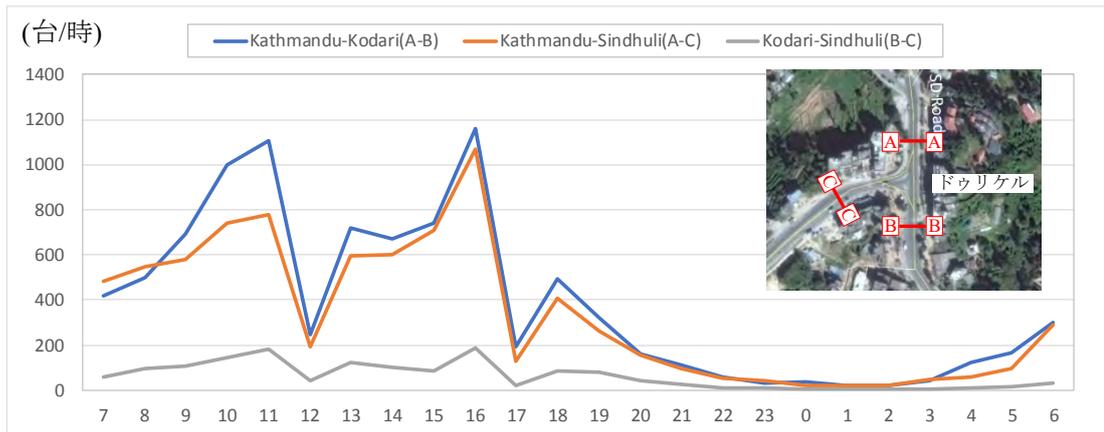
出典:JICA 調査団

図 6.2.10 ドゥリケル交差点での断面交通量の時間変動 (全車)



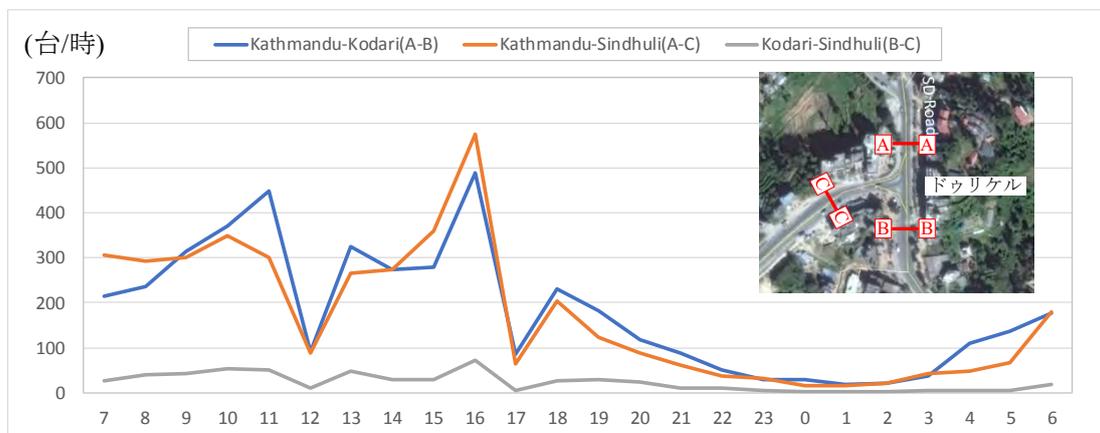
出典:JICA 調査団

図 6.2.11 ドゥリケル交差点での断面交通量の時間変動 (オートバイを除く)



出典:JICA調査団

図 6.2.12 ドゥリケル交差点での方向別交通量の時間変動 (全車)



出典:JICA調査団

図 6.2.13 ドゥリケル交差点での方向交通量の時間変動 (オートバイを除く)

6.2.3 大型車の構成とシェア

小型車と大型車の車種構成を表 6.2-5 と表 6.2-6 に示す。5つの観測地点での車種構成を図 6.2.14、図 6.2.15 に示す。大型車の内訳は、ミニバスを含むバスと軽貨物車を除く貨物車である。

大型車の車種構成比は、オートバイを除いた場合、すべての観測地点で35%以上と構成比率が高いことが確認された。バイズパッティとバネパの観測地点では、約 38%であった。

表 6.2-5 5観測地点における大型車のシェア

(台/日)

車種	1.Suryabinayak	%	2.PalanSe	%	3.Sanga	%	4.Bhaisepati	%	5.Banepa	%	
小型車	37,028	87%	17,010	82%	15,616	82%	15,845	81%	18,707	83%	
大型車	バス	3,129	7%	1,418	7%	1,377	7%	1,384	7%	1,506	7%
	貨物車	2,353	6%	2,285	11%	2,051	11%	2,283	12%	2,431	11%
計	42,510	100%	20,713	100%	19,044	100%	19,512	100%	22,644	100%	

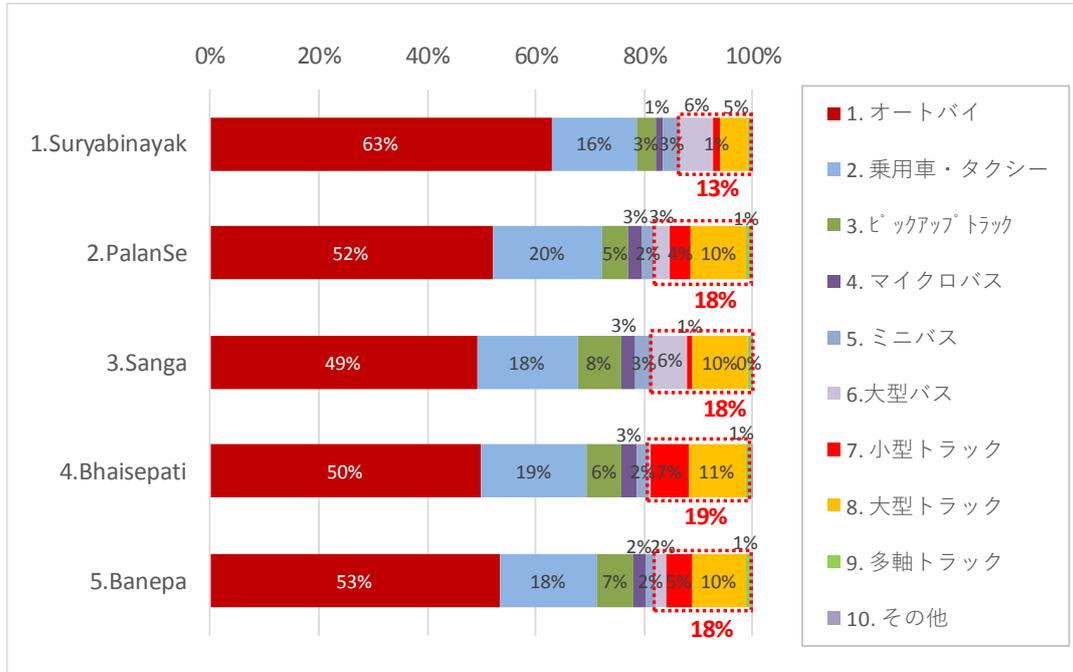
出典:JICA調査団

表 6.2-6 5 観測地点における大型車のシェア（オートバイを除く）

(台/日)

車種	1.Suryabinayak	%	2.PalanSe	%	3.Sanga	%	4.Bhaisepati	%	5.Banepa	%	
小型車	10,240	65%	6,226	63%	6,244	65%	6,099	62%	6,614	63%	
大型車	バス	3,129	20%	1,418	14%	1,377	14%	1,384	14%	1,506	14%
	貨物車	2,353	15%	2,285	23%	2,051	21%	2,283	23%	2,431	23%
計	15,722	100%	9,929	100%	9,672	100%	9,766	100%	10,551	100%	

出典:JICA調査団



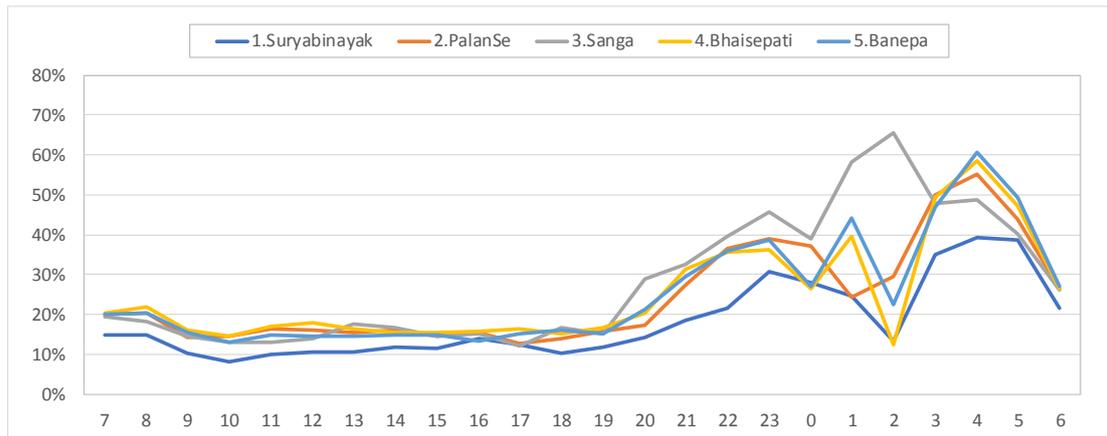
出典:JICA調査団

図 6.2.14 5 観測地点における車種構成



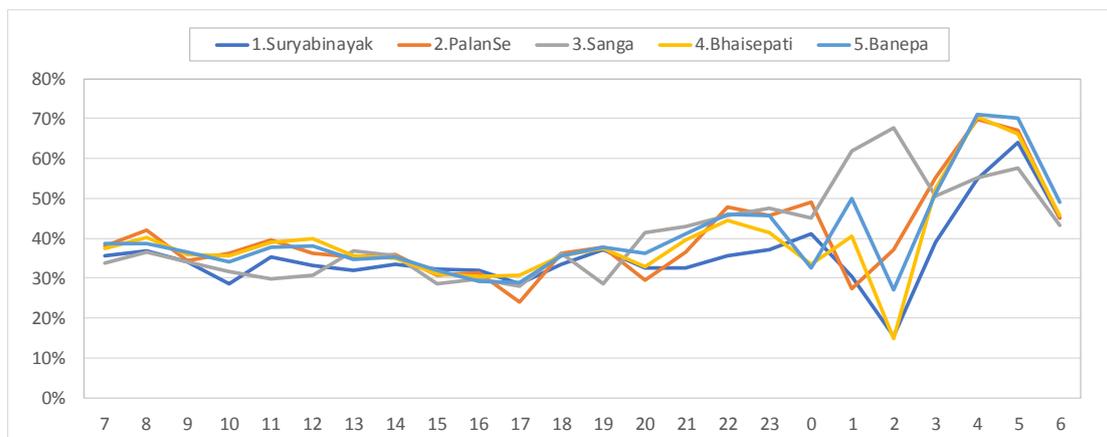
出典:JICA調査団

図 6.2.15 5 観測地点における車種構成 (オートバイを除く)



出典:JICA調査団

図 6.2.16 5 観測地点における大型車混入率



出典:JICA調査団

図 6.2.17 5 観測地点における大型車混入率（オートバイを除く）

ドゥリケル交差点の各断面の車種構成を図 6.2.18、図 6.2.19 に示す。オートバイを除く大型車のシェアは、コダリ断面（B）で約 49%である。

表 6.2-7 ドゥリケル交差点における大型車のシェア

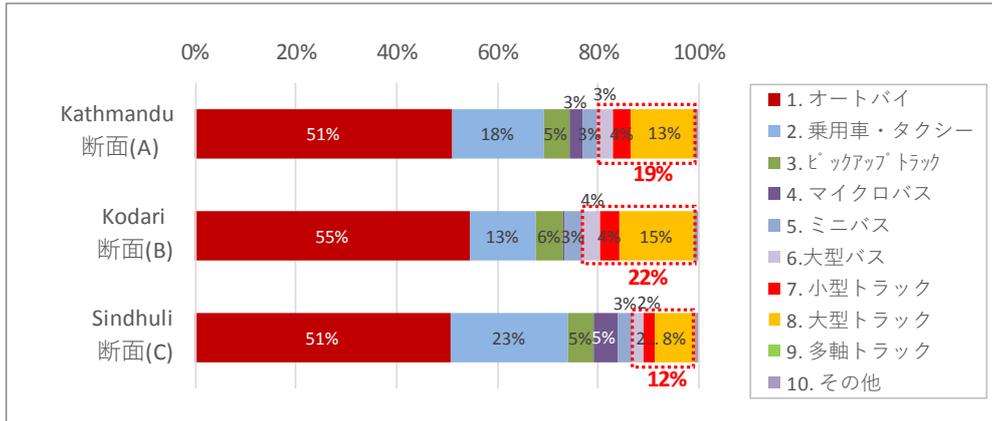
		(台/日)					
車種		Kathmandu 断面(A)	%	Kodari 断面(B)	%	Sindhuli 断面(C)	%
小型車		13,942	81%	8,384	78%	8,280	88%
大型車	バス	1,150	7%	810	7%	426	5%
	貨物車	2,218	13%	1,607	15%	747	8%
計		17,310	100%	10,801	100%	9,453	100%

出典:JICA調査団

表 6.2-8 ドゥリケル交差点における大型車のシェア（オートバイを除く）

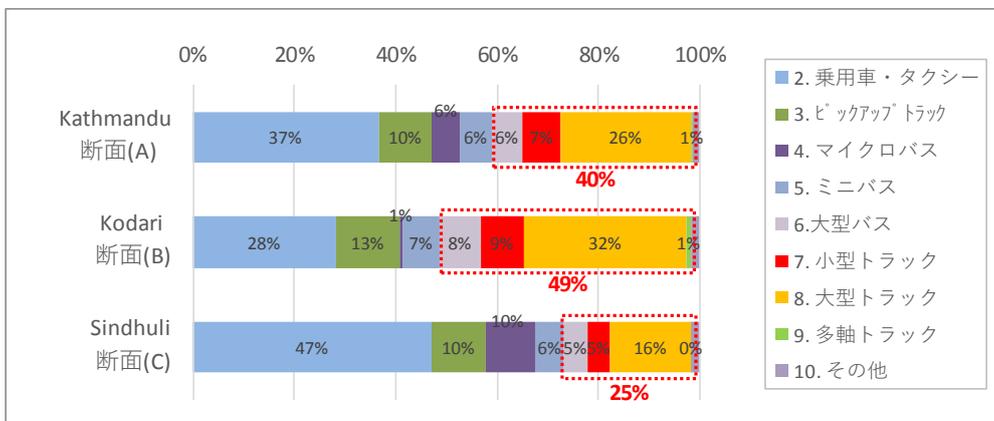
		(台/日)					
車種		Kathmandu 断面(A)	%	Kodari 断面(B)	%	Sindhuli 断面(C)	%
小型車		5,091	60%	2,480	51%	3,483	75%
大型車	バス	1,150	14%	810	17%	426	9%
	貨物車	2,218	26%	1,607	33%	747	16%
計		8,459	100%	4,897	100%	4,656	100%

出典:JICA調査団



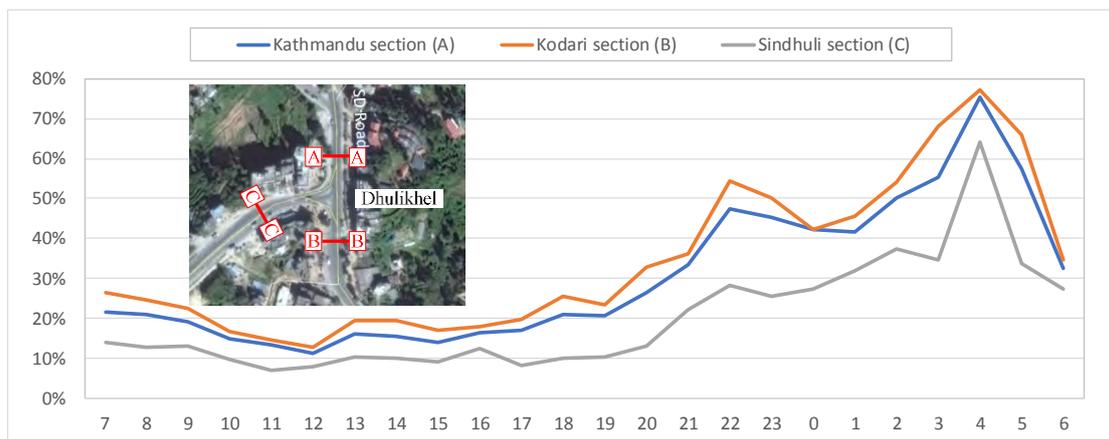
出典:JICA調査団

図 6.2.18 ドゥリケル交差点における車種構成



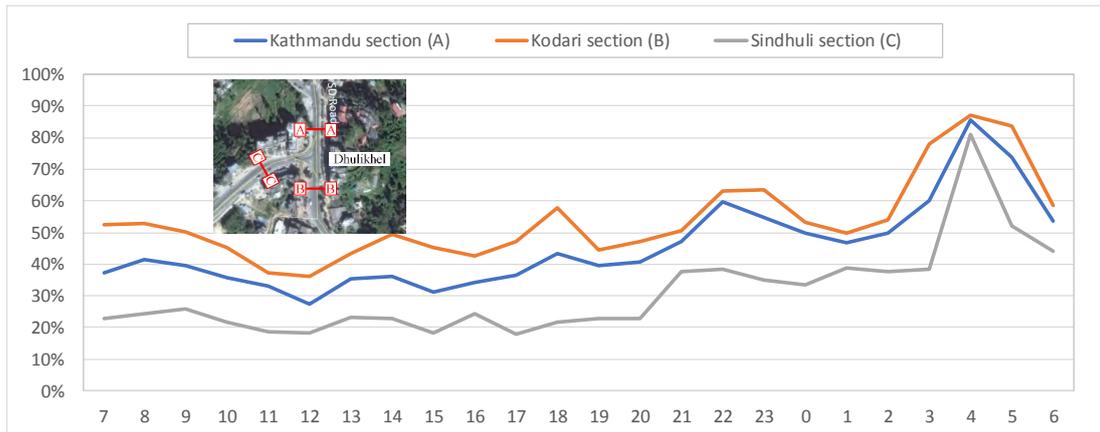
出典:JICA調査団

図 6.2.19 ドゥリケル交差点における車種構成（オートバイを除く）



出典:JICA調査団

図 6.2.20 ドゥリケル交差点における大型車混入率



出典:JICA 調査団

図 6.2.21 ドゥリケル交差点における大型車混入率（オートバイを除く）

ドゥリケル交差点の方向別の車種構成を図 6.2.22 と図 6.2.23 に示す。オートバイを除いた場合、大型車のシェアは、カトマンズ-コダリ間(A-B) で約 53%である。

表 6.2-9 ドゥリケル交差点における方向別大型車のシェア

(台/日)

車種	Kathmandu-Kodari(A-B)	%	Kathmandu-Sindhuli(A-C)	%	Kodari-Sindhuli(B-C)	%	
小型車	7,023	75%	6,919	87%	1,361	92%	
大型車	バス	767	8%	383	5%	43	3%
	貨物車	1,539	16%	679	9%	68	5%
計	9,329	100%	7,981	100%	1,472	100%	

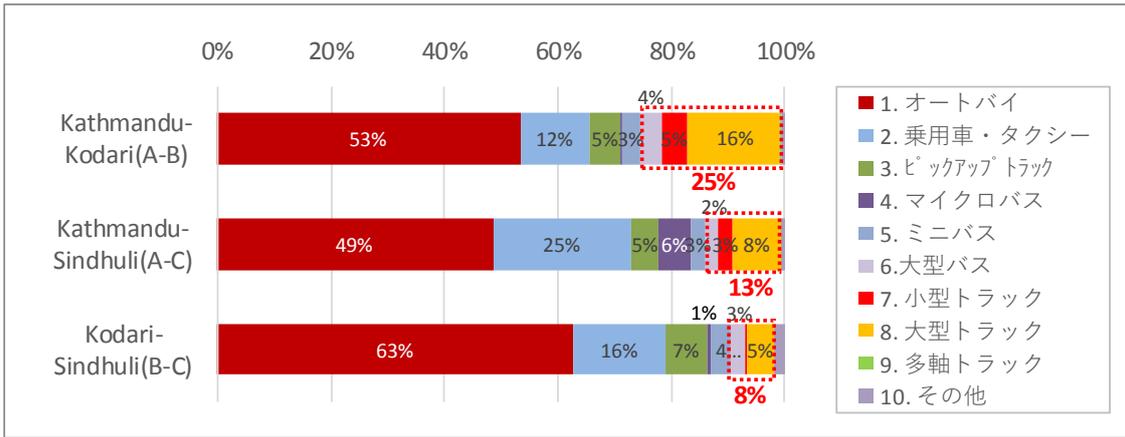
出典:JICA 調査団

表 6.2-10 ドゥリケル交差点における方向別大型車のシェア（オートバイを除く）

(台/日)

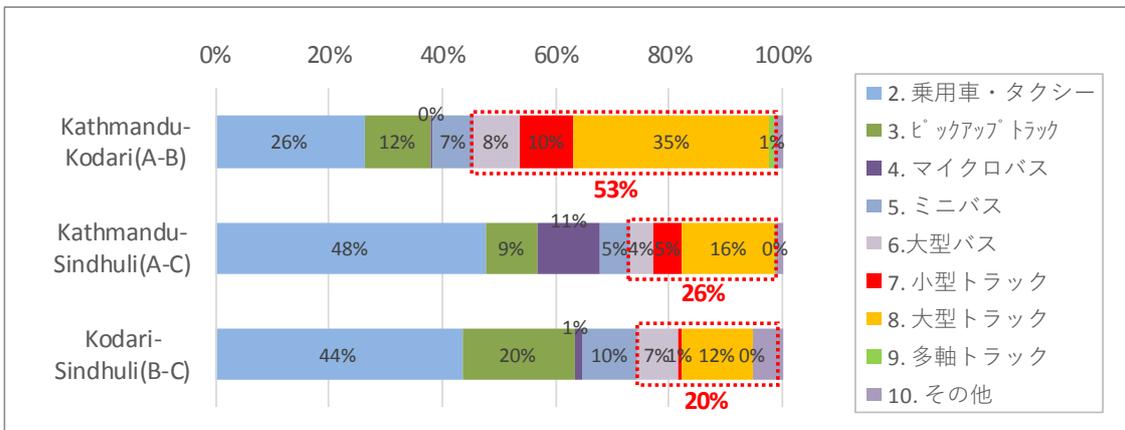
車種	Kathmandu-Kodari(A-B)	%	Kathmandu-Sindhuli(A-C)	%	Kodari-Sindhuli(B-C)	%	
小型車	2,044	47%	3,047	74%	436	80%	
大型車	バス	767	18%	383	9%	43	8%
	貨物車	1,539	35%	679	17%	68	12%
計	4,350	100%	4,109	100%	547	100%	

出典:JICA 調査団



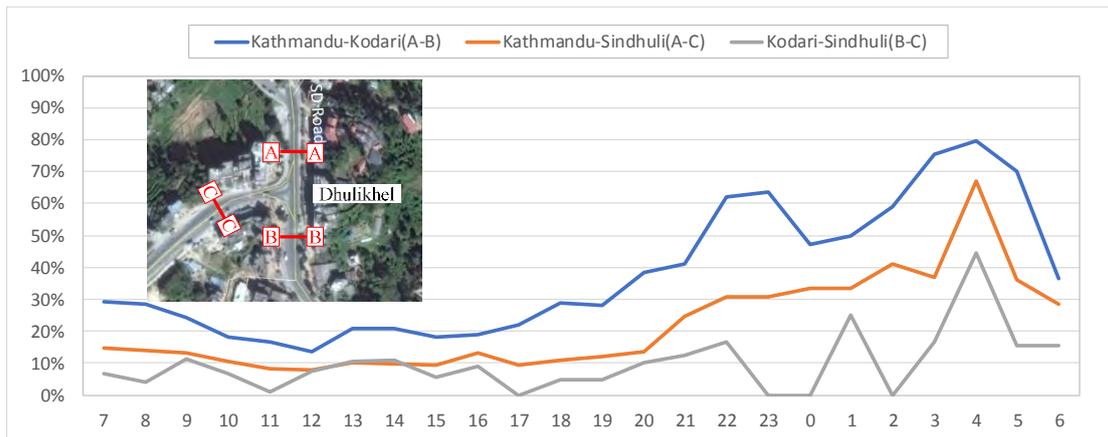
出典:JICA 調査団

図 6.2.22 ドゥリケル交差点における方向別車種構成



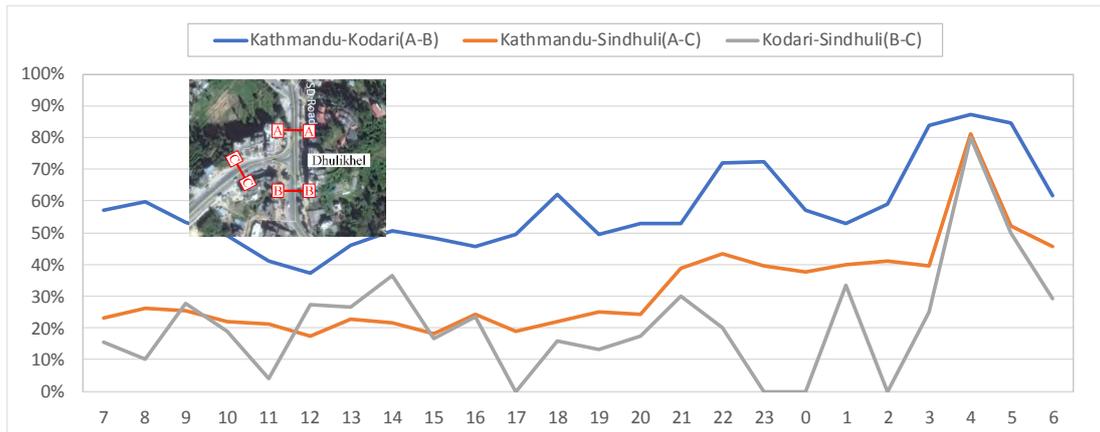
出典:JICA 調査団

図 6.2.23 ドゥリケル交差点における方向別車種構成（オートバイを除く）



出典:JICA 調査団

図 6.2.24 ドゥリケル交差点における方向別大型車混入率



出典:JICA調査団

図 6.2.25 ドゥリケル交差点における方向別大型車混入率（オートバイを除く）

6.2.4 昼夜率

5観測地点における昼夜率を表 6.2-11 に示す。昼夜率は 1.13-1.15 であった。地点 5 のバネパでは、比較的低い昼夜率となった。これは、夜間の交通量が他の 4 つの観測地点に比べて多いことを意味する。ドゥリケル交差点における昼夜率を表 6.2-12 と表 6.2-13 に示す。昼夜率は、1.12～1.13 であった。

表 6.2-11 昼夜率

(台)

	1.Suryabinayak	2.PalanSe	3.Sanga	4.Bhaisepati	5.Banepa
昼間 (7 am - 19 pm)	37,341	17,935	16,543	17,053	20,027
夜間 (19 pm - 7 am)	5,169	2,778	2,501	2,459	2,617
合計	42,510	20,713	19,044	19,512	22,644
昼夜率	1.14	1.15	1.15	1.14	1.13

出典:JICA調査団

表 6.2-12 ドゥリケル交差点の昼夜率（断面）

(台)

	Kathmandu 断面 (A)	Kodari 断面 (B)	Sindhuli 断面 (C)
昼間 (7 am - 19 pm)	15,351	9,580	8,405
夜間 (19 pm - 7 am)	1,959	1,221	1,048
合計	17,310	10,801	9,453
昼夜率	1.13	1.13	1.12

出典:JICA調査団

表 6.2-13 ドゥリケル交差点の昼夜率（方向別）

(台)

	Kathmandu-Kodari (A-B)	Kathmandu-Sindhuli (A-C)	Kodari-Sindhuli (B-C)
昼間 (7 am - 19 pm)	4,719	4,150	777
夜間 (19 pm - 7 am)	647	511	62
合計	5,366	4,661	839
昼夜率	1.14	1.12	1.08

出典:JICA 調査団

6.2.5 平休比

(1) 交通量

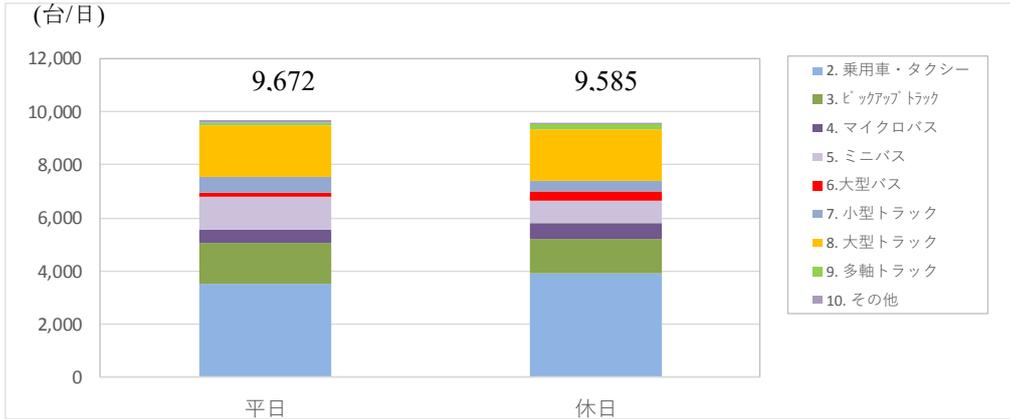
本節では、地点3のサンガにおける交通量調査結果をもとに、平日と休日の交通量の比較分析を行った。サンガにおける交通量の比較を表 6.2-14、図 6.2.26、図 6.2.27 に示す。オートバイを含む日交通量をみると、休日の交通量は平日の 1.02 倍となった。

表 6.2-14 サンガ（地点3）における平日休日の交通量

(台/日)

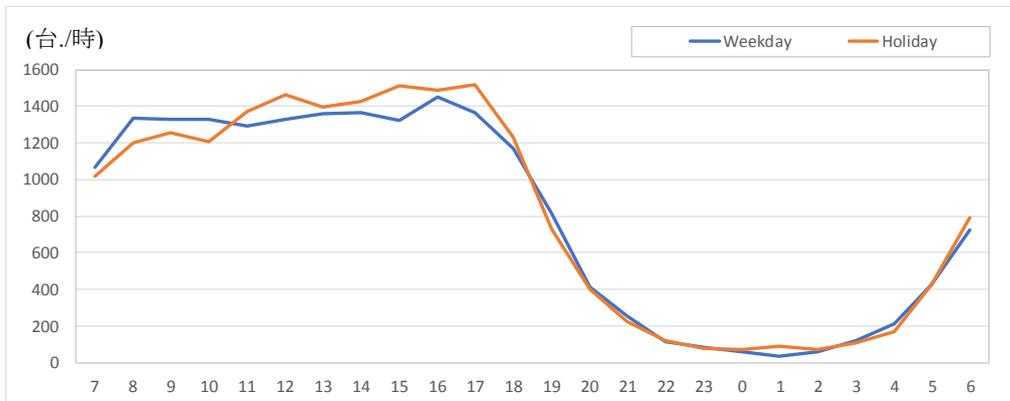
車種	平日 (a)	% 計	% (除くオートバイ)	休日 (b)	% 計	% (除くオートバイ)	b/a
1. オートバイ	9,372	49%		9,785	51%		1.04
2. 乗用車・タクシー	3,509	18%	36%	3,905	20%	41%	1.11
3. ビッグアップトラック	1,548	8%	16%	1,305	7%	14%	0.84
4. マイクロバス	509	3%	5%	583	3%	6%	1.15
5. ミニバス	1,227	6%	13%	861	4%	9%	0.70
6. 大型バス	150	1%	2%	355	2%	4%	2.37
7. 小型トラック	598	3%	6%	384	2%	4%	0.64
8. 大型トラック	1,958	10%	20%	1,952	10%	20%	1.00
9. 多軸トラック	93	0%	1%	173	1%	2%	1.86
10. その他	80	0%	1%	67	0%	1%	0.84
計(全車)	19,044	100%	-	19,370	100%	-	1.02
大型車混入率	18%	-	-	17%	-	-	-
大型貨物車混入率	11%	-	-	11%	-	-	-
PCU	21,768	-	-	21,643	-	-	0.99
計(除くオートバイ)	9,672	-	100%	9,585	-	100%	0.99
大型車混入率	35%	-	-	35%	-	-	-
大型貨物車混入率	21%	-	-	22%	-	-	-
PCU	17,082	-	-	16,751	-	-	0.98

出典:JICA 調査団



出典: JICA調査団

図 6.2.26 サンガ（地点3）における平休の交通量（オートバイを除く）



出典: JICA調査団

図 6.2.27 サンガ（地点3）における平休の交通量変動

(2) 車種構成



出典: JICA調査団

図 6.2.28 サンガ（地点3）における平休の車種構成

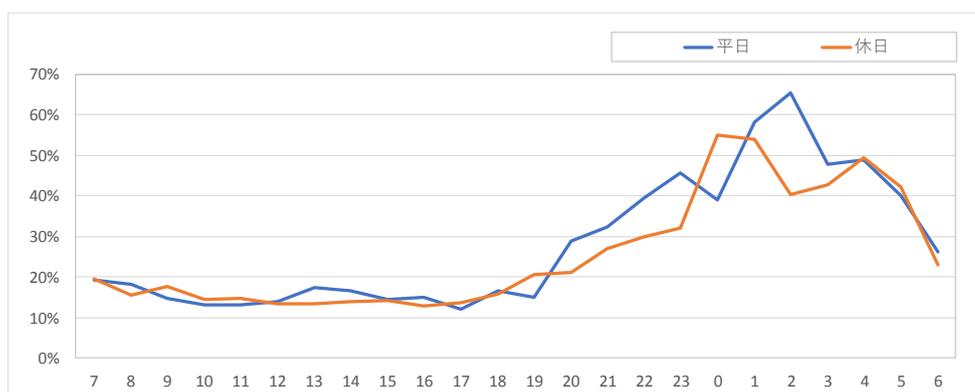
(3) 大型車混入率

サンガにおける大型車混入率は、平日・休日とも、ほぼ同じ傾向を示している。

表 6.2-15 サンガ（地点3）における大型車混入率（オートバイを除く）
（台/日）

車種		平日	%	休日	%
小型車		6,244	65%	6,244	65%
大型車	バス	1,377	14%	1,216	13%
	貨物車	2,051	21%	2,125	22%
計		9,672	100%	9,585	100%

出典:JICA調査団



出典:JICA調査団

図 6.2.29 サンガ（地点3）における時間帯別大型車混入率

6.3 旅行速度と旅行時間

6.3.1 旅行速度

急勾配が速度に与える影響を把握するために、地点旅行速度調査を実施した。対象車種は小型車、大型バス、大型貨物車とした。調査地点は急勾配を含む勾配 1.5%、3.4%、4.2%、7.0%の 4 箇所とした。上り勾配と下り勾配の各方向について、各々10 サンプルのデータを調査した。調査結果を表 6.3-1 に示す。

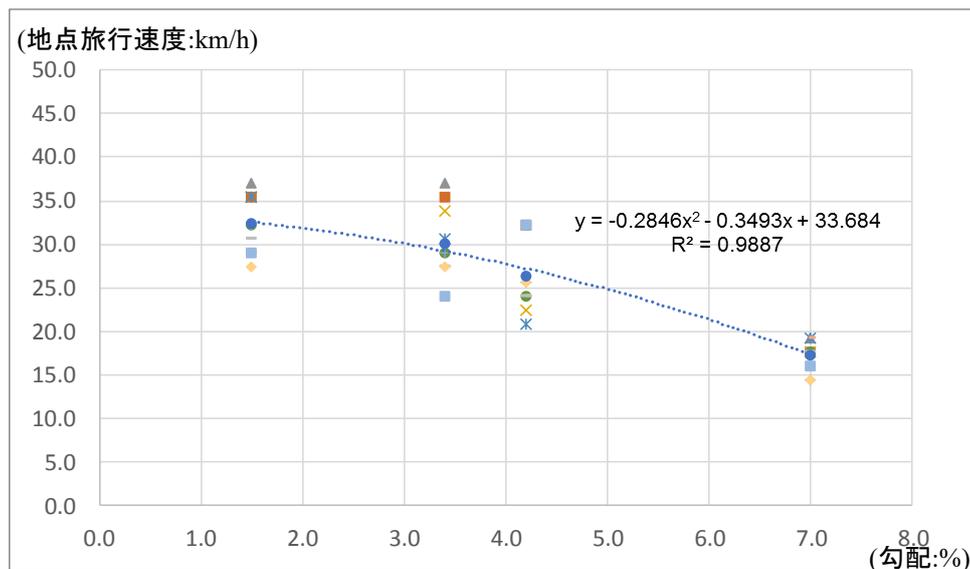
表 6.3-1 地点旅行速度調査結果

地点	勾配 (%)	方向	車種	速度 (km/h)										平均	最小	最大	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
11	1.5	上り	Kathmanduへ	小型車	30.6	45.1	38.6	35.4	48.3	29.0	49.9	32.2	45.1	35.4	38.9	29.0	49.9
			大型貨物車と大型バス	35.4	37.0	35.4	35.4	32.2	29.0	30.6	27.4	29.0	32.3	27.4	37.0		
		下り	Kathmanduから	小型車	43.5	77.2	33.8	49.9	40.2	43.5	37.0	38.6	45.1	35.4	44.4	33.8	77.2
			大型貨物車と大型バス	19.3	37.0	30.6	32.2	32.2	40.2	40.2	37.0	35.4	35.4	34.0	19.3	40.2	
8	3.4	上り	Kathmanduへ	小型車	43.5	45.1	29.0	37.0	40.2	38.6	32.2	35.4	43.5	41.8	38.6	29.0	45.1
			大型貨物車と大型バス	41.8	32.2	30.6	30.6	29.0	24.1	24.1	37.0	38.6	40.2	32.8	24.1	41.8	
		下り	Kathmanduから	小型車	33.8	40.2	37.0	37.0	35.4	30.6	45.1	37.0	41.8	37.0	37.5	30.6	45.1
			大型貨物車と大型バス	35.4	37.0	33.8	30.6	29.0	29.0	27.4	27.4	27.4	24.1	30.1	24.1	37.0	
9	4.2	上り	Kathmanduへ	小型車	33.8	32.2	32.2	43.5	37.0	37.0	49.9	33.8	38.6	37.0	37.5	32.2	49.9
			大型貨物車と大型バス	27.4	25.7	38.6	32.2	29.0	38.6	29.0	33.8	35.4	29.0	31.9	25.7	38.6	
		下り	Kathmanduから	小型車	33.8	35.4	35.4	38.6	27.4	38.6	38.6	40.2	33.8	29.0	35.1	27.4	40.2
			大型貨物車と大型バス	32.2	32.2	22.5	20.9	24.1	25.7	24.1	24.1	25.7	32.2	26.4	20.9	32.2	
10	7.0	上り	Kathmanduへ	小型車	38.6	25.7	38.6	30.6	27.4	38.6	38.6	35.4	37.0	33.8	34.4	25.7	38.6
			大型貨物車と大型バス	33.8	24.1	25.7	24.1	30.6	30.6	27.4	32.2	38.6	29.0	29.6	24.1	38.6	
		下り	Kathmanduから	小型車	37.0	33.8	37.0	38.6	25.7	24.1	25.7	35.4	32.2	24.1	31.4	24.1	38.6
			大型貨物車と大型バス	17.7	19.3	17.7	19.3	17.7	14.5	19.3	17.7	14.5	16.1	17.4	14.5	19.3	

出典:JICA調査団

上り勾配における大型貨物車と大型バスの勾配および地点旅行速度の関係を図 6.3.1 に示す。1.5%勾配の平均速度は、32.3km/h、3.4%勾配で 30.1km/h、4.2%勾配で 26.4km/h、7.0%勾配で 17.4km/hであった。1.5%から 3.4%の勾配変化で約 7%の速度低下、3.4%から 4.2%への勾配変化

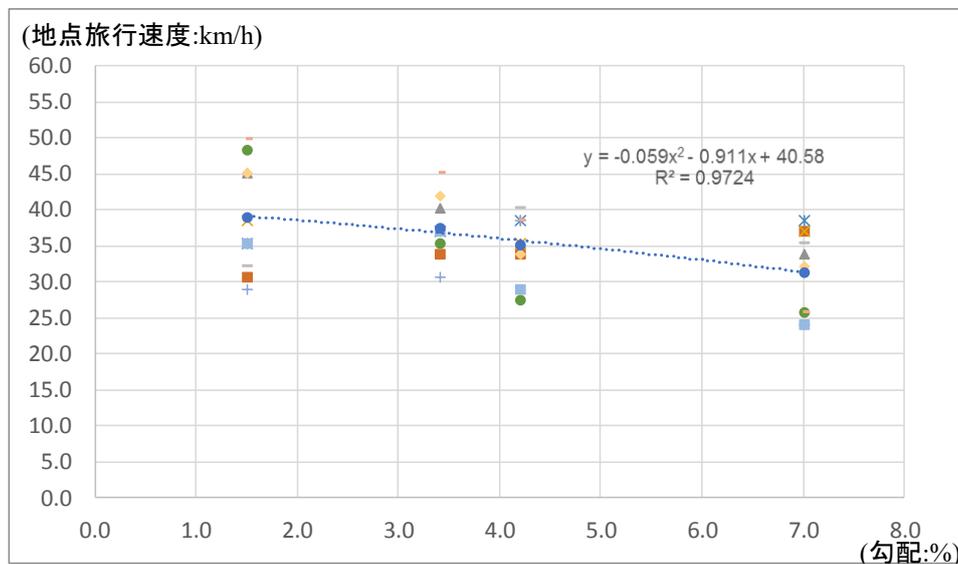
で約 12% の速度低下、4.2% から 7.0% への勾配の変化で 34% の速度低下がみられた。



出典: JICA 調査団

図 6.3.1 大型貨物車と大型バスの勾配による速度変化

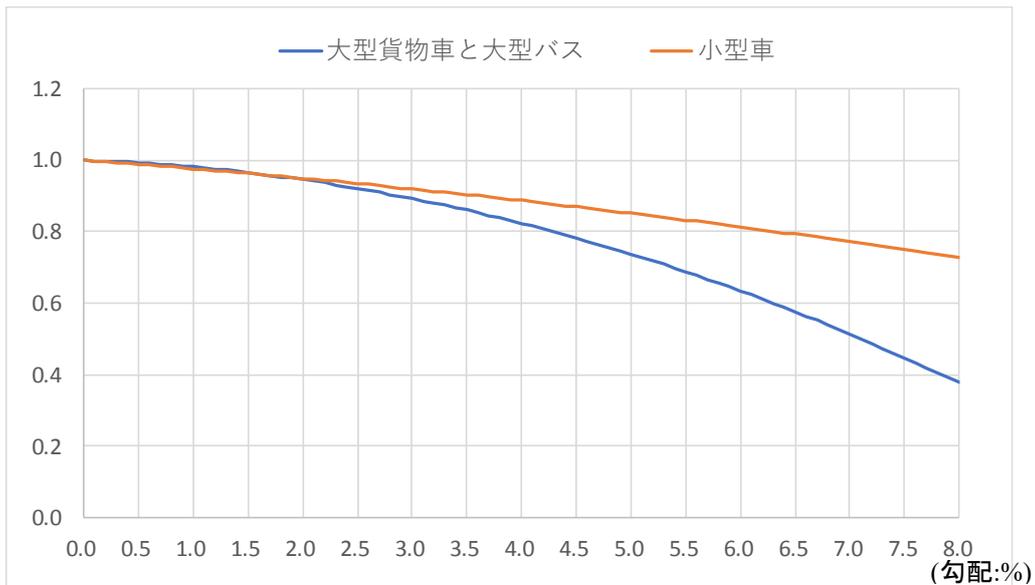
上り勾配における小型車の勾配および地点旅行速度の関係を図 6.3.2 に示す。1.5% 勾配の平均速度は、38.9km/h、3.4% 勾配で 37.5km/h、4.2% 勾配で 35.1km/h、7.0% 勾配で 31.4km/h であった。



出典: JICA 調査団

図 6.3.2 小型車の勾配による速度変化

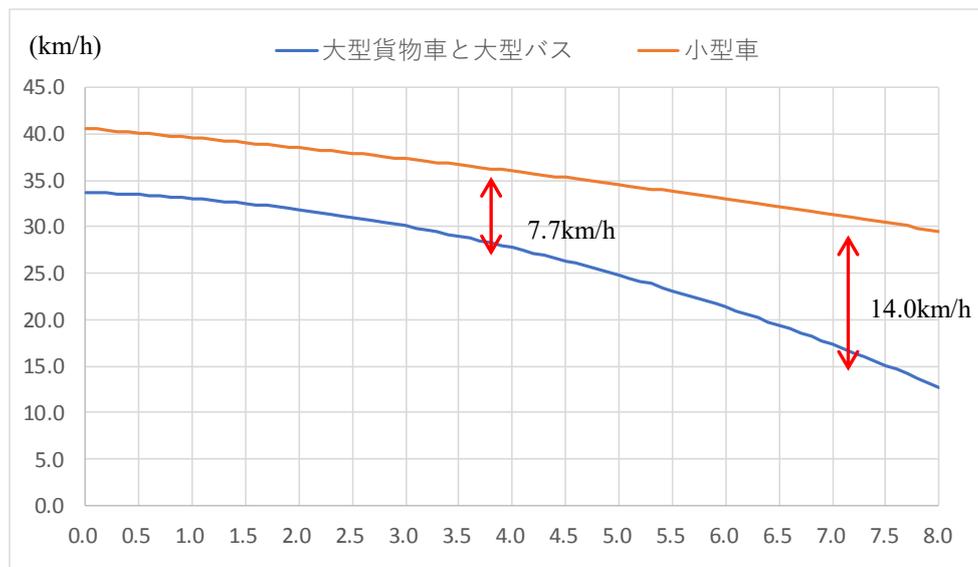
大型車と小型車の速度低下率を比較したものを図 6.3.3 に示す。これにより、大型車の速度低下率は顕著であることが確認された。



出典:JICA調査団

図 6.3.3 大型車と小型車の勾配別速度低下率の比較

大型車と小型車の速度低下率を比較したものを図 6.3.4 に示す。大型車と小型車の間には、3.5%の勾配で 7.7km/h の速度差があり、7.0%の勾配で 14.0km/h の速度差があった。



出典:JICA調査団

図 6.3.4 大型車と小型車の勾配別速度の比較

サンガ区間の 7%勾配部では、車列の先頭を走行する低走行の大型貨物車や大型バスの影響により、長い車列と速度低下が観測された (写真 6.3-1)。



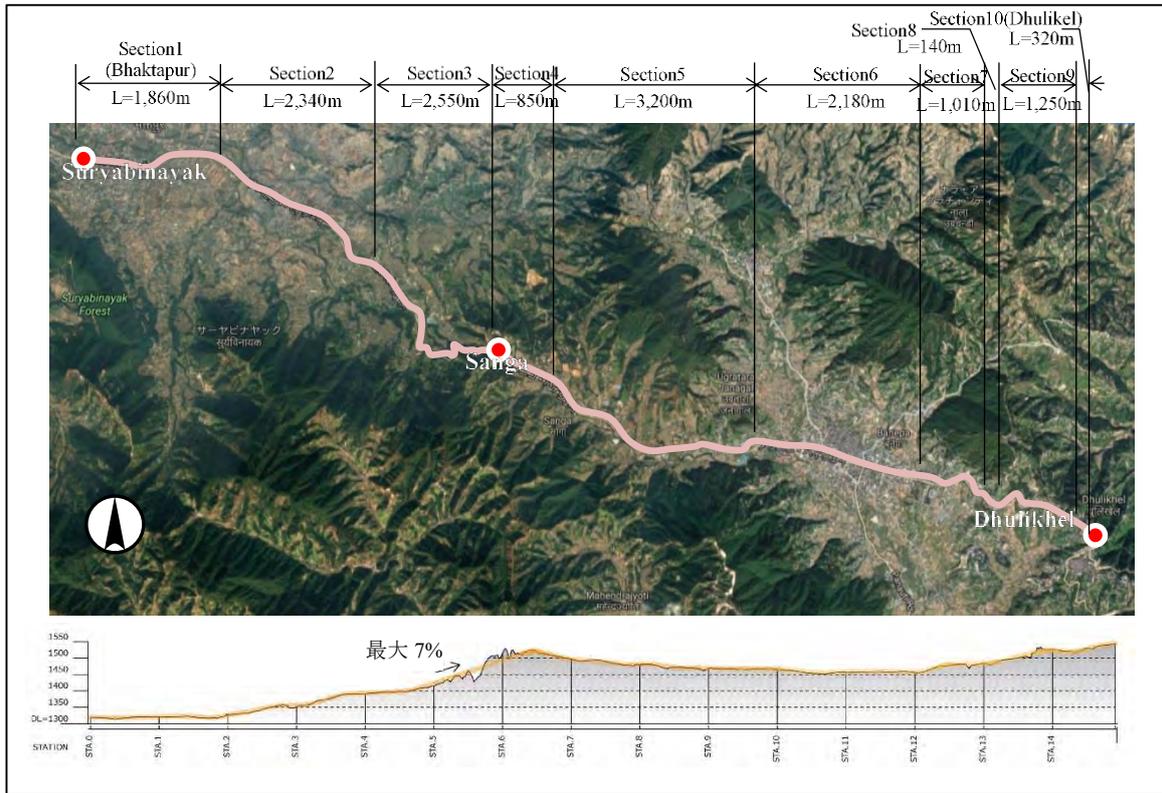
出典:JICA調査団,2017/8/17

写真 6.3-1 サンガの急勾配区間での大型車による交通阻害

6.3.2 旅行時間

旅行時間調査は、スルヤビナヤックとドゥリケル間で1日1回実施した。スルヤビナヤックからサンガまでの旅行時間は30.7分であった。サンガからドゥリケルへの旅行時間は15.4分であった。スルヤビナヤックとドゥリケルの間の合計旅行時間は46.1分(15.7km)となった。逆ルートのドゥリケルからサンガまでの旅行時間は17.0分であった。サンガからスルヤビナヤックまでの旅行時間は12.3分であった。ドゥリケルからスルヤビナヤックまでの総旅行時間は29.3分となった。急勾配のサンガ区間では、上り下りで17分の差が生じた。調査結果を表6.3-2に示す。また、6.3.1節で分析したモデル式を用いて大型車の速度を算出した。

表 6.3-2 旅行時間調査結果



区間	延長 (km)	勾配 (%)	旅行速度 (km/h)				旅行時間 (分)				
			小型車		大型車		小型車		大型車		
			S→D (下り)	D→S (上り)	S→D (下り)	D→S (上り)	S→D (下り)	D→S (上り)	S→D (下り)	D→S (上り)	
Suryabinayak～Sanga	区間1	1,860	0.0	22.5	37.0	18.7	30.7	5.0	3.0	6.0	3.6
	区間2	2,340	3.5	13.5	39.0	10.7	30.8	10.4	3.6	13.1	4.6
Sangaトンネル区間	区間3	2,550	5.5	10.0	27.0	6.9	18.5	15.3	5.7	22.2	8.3
	区間4	850	2.5	26.5	29.0	21.7	23.7	1.9	1.8	2.4	2.2
Sanga～Banepa	区間5	3,200	1.0	37.0	29.0	30.9	24.2	5.2	6.6	6.2	7.9
Banepa市街地	区間6	2,180	0.5	36.0	33.0	30.0	27.5	3.6	4.0	4.4	4.8
Banepa～Dhulikhel	区間7	1,010	1.0	36.0	36.5	30.0	30.5	1.7	1.7	2.0	2.0
	区間8	140	3.0	32.0	32.0	25.8	25.8	0.3	0.3	0.3	0.3
	区間9	1,250	3.5	34.0	34.0	26.9	26.9	2.2	2.2	2.8	2.8
	区間10	320	2.0	36.0	36.0	29.8	29.8	0.5	0.5	0.6	0.6
		15,700		20.4	32.2	15.7	25.4	46.1	29.3	60.0	37.1

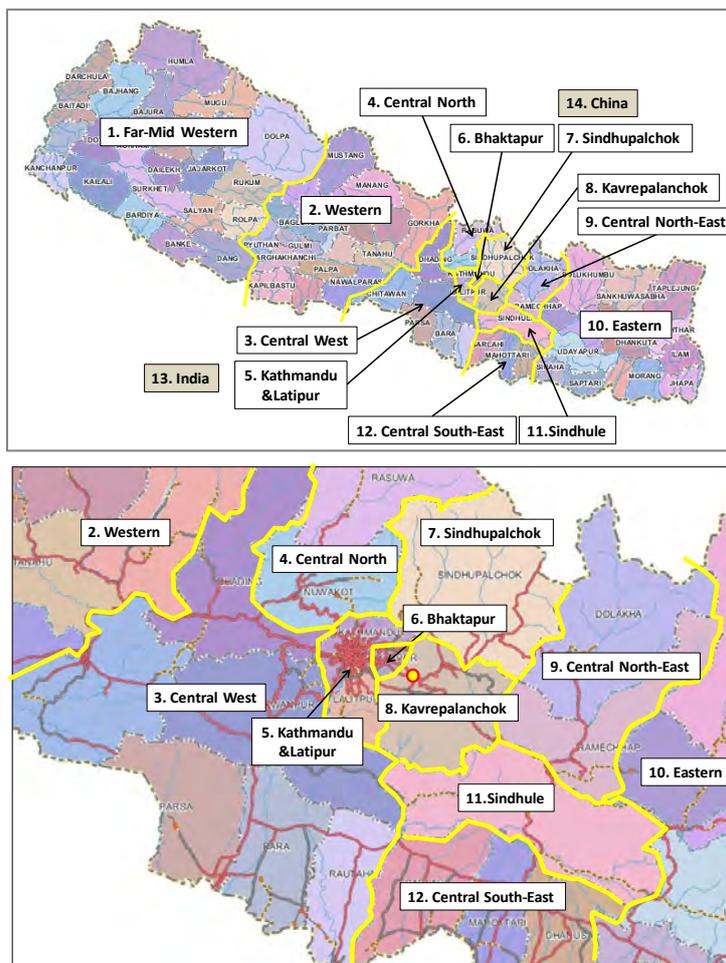
出典: JICA調査団

6.4 OD内訳

6.4.1 交通構成の特徴

SD道路の交通流を把握するために、路側OD調査を実施した。現況の交通流は、このOD調査結果に基づいて分析した。分析に用いたODゾーンは、ネパールを12ゾーン、インドと中国をそれぞれ2ゾーンの合計14ゾーンとした。

なお、本業務の路側OD調査はサンプル調査であるため、本業務で実施した交通量調査結果を用いて実交通量となるよう拡大作業を行った。ODパターンは、交通量調査の結果を用いた日単位の倍率補正後のデータで分析した。



出典:JICA調査団

図 6.4.1 OD ゾーニング図

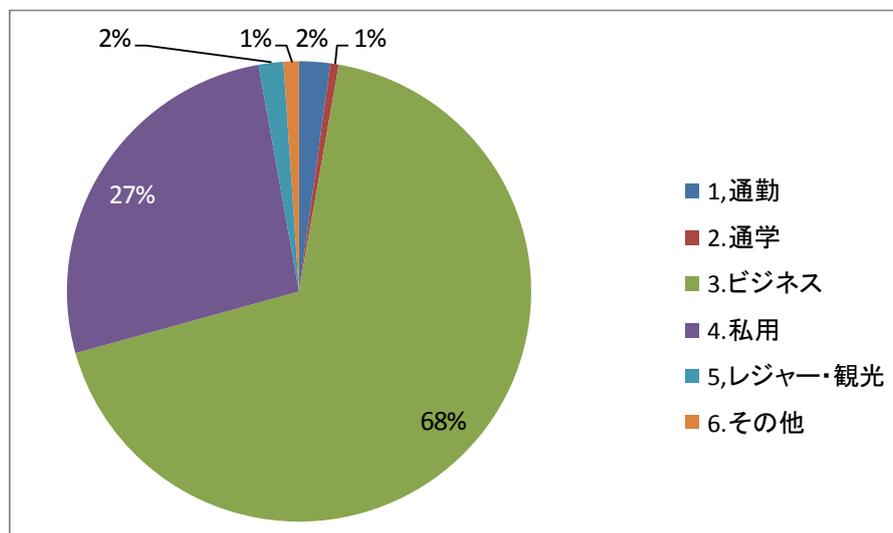
表 6.4-1 OD ゾーンコード表

SQ	Zone Name	Region / Development Zone	District / VDC/Municipality
1	Far and Mid-Western	Far-Western Region Mid-Western Region	All district
2	Western	Western Region	All district (incl. Pokhara)
3	Central West	Central Region / Narayani zone (with Dhading)	All district, Dhading district
4	Central North	-	Rasuwa, Nuwakot
5	Kathmandu & Lalitpur	-	Kathmandu, Lalitpur
6	Bhaktapur	-	Bhaktapur
7	Sindhupalchok	-	Sindhupalchok
8	Kavrepalanchok	-	Kavrepalanchok
9	Central North-East	-	Dolakha, Ramechhap
10	Eastern	Eastern Region	All district
11	Sindhuli	-	Sindhuli
12	Central South-East	-	Sarlahi, Mahottari, Dhanusa
13	India	-	-
14	China	-	-

出典:JICA 調査団

(1) 旅行目的

サンガにおける平日の旅行目的の構成を図 6.4.2 と表 6.4-2 に、休日の旅行目的の構成を図 6.4.3 と表 6.4-3 に示す。平日休日とも、旅行目的の多くはビジネスであった。



出典: JICA 調査団

図 6.4.2 平日における旅行目的 (全車)

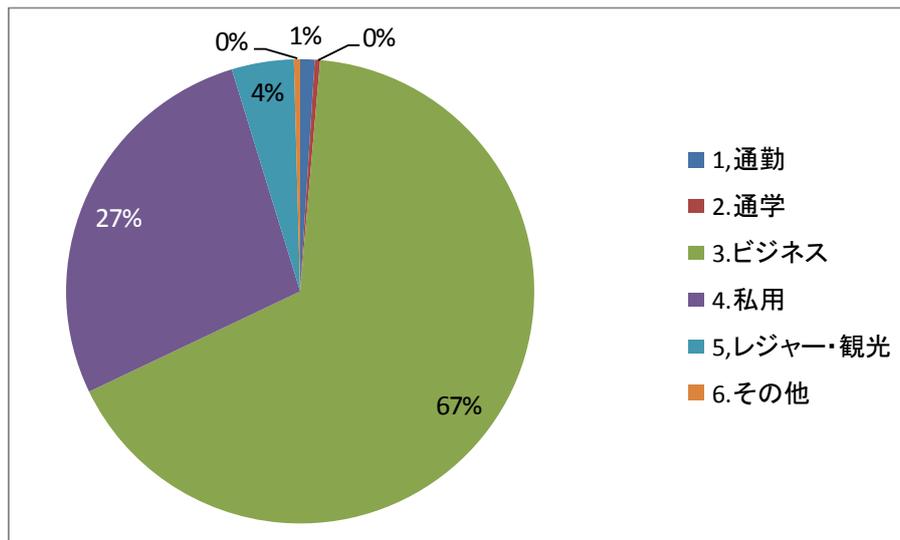
表 6.4-2 平日における車種別旅行目的の詳細

(上表: 交通量 (台/日)、下表: 構成比)

	1	2	3	4	5	6	合計
	通勤	通学	ビジネス	私用	レジャー・観光	その他	
2 乗用車・タクシー	176	9	876	2,281	120	47	3,509
3 ピックアップトラック	14	0	1,353	168	5	8	1,548
4 マイクロバス	6	4	397	57	29	15	509
5 ミニバス	12	43	1,136	8	12	16	1,227
6 大型バス	1	1	130	17	0	1	150
7 小型トラック	0	0	588	10	0	0	598
8 大型トラック	0	0	1,934	18	0	6	1,958
9 多軸トラック	0	0	92	0	0	1	93
10 その他	0	0	65	5	0	10	80
合計	209	56	6,571	2,566	167	104	9,672

	1	2	3	4	5	6	合計
	通勤	通学	ビジネス	私用	レジャー・観光	その他	
2 乗用車・タクシー	2%	0%	9%	24%	1%	0%	36%
3 ピックアップトラック	0%	0%	14%	2%	0%	0%	16%
4 マイクロバス	0%	0%	4%	1%	0%	0%	5%
5 ミニバス	0%	0%	12%	0%	0%	0%	13%
6 大型バス	0%	0%	1%	0%	0%	0%	2%
7 小型トラック	0%	0%	6%	0%	0%	0%	6%
8 大型トラック	0%	0%	20%	0%	0%	0%	20%
9 多軸トラック	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%
10 その他	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%
合計	2%	1%	68%	27%	2%	1%	100%

出典: JICA 調査団



出典: JICA調査団

図 6.4.3 休日における旅行目的 (全車)

表 6.4-3 休日における車種別旅行目的

(上表: 交通量 (台/日)、下表: 構成比)

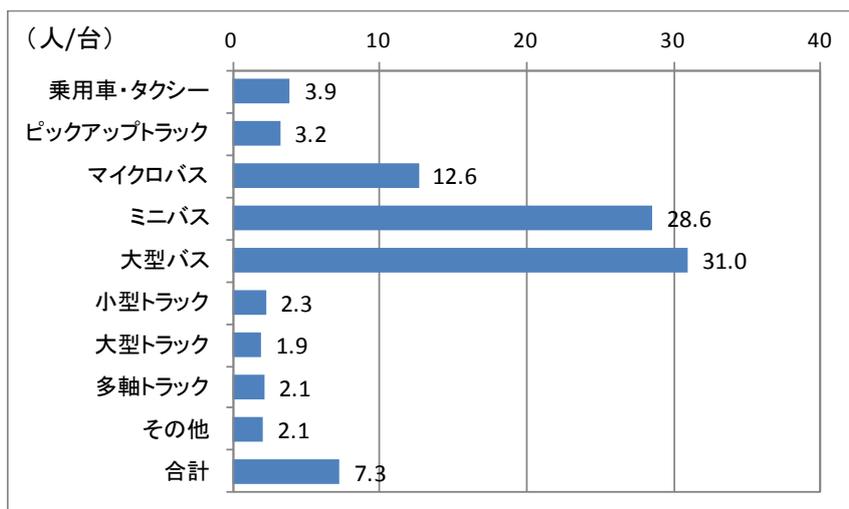
	1	2	3	4	5	6	合計
	通勤	通学	ビジネス	私用	レジャー・観光	その他	
2 乗用車・タクシー	81	7	957	2,479	350	31	3,905
3 ピックアップトラック	7	0	1,200	87	7	4	1,305
4 マイクロバス	5	7	487	40	40	4	583
5 ミニバス	0	22	824	3	12	0	861
6 大型バス	1	0	350	1	2	1	355
7 小型トラック	2	0	381	0	0	2	384
8 大型トラック	0	0	1,937	15	0	0	1,952
9 多軸トラック	0	0	173	0	0	0	173
10 その他	0	0	67	0	0	0	67
合計	96	35	6,376	2,625	412	41	9,585

	1	2	3	4	5	6	合計
	通勤	通学	ビジネス	私用	レジャー・観光	その他	
2 乗用車・タクシー	1%	0%	10%	26%	4%	0%	41%
3 ピックアップトラック	0%	0%	13%	1%	0%	0%	14%
4 マイクロバス	0%	0%	5%	0%	0%	0%	6%
5 ミニバス	0%	0%	9%	0%	0%	0%	9%
6 大型バス	0%	0%	4%	0%	0%	0%	4%
7 小型トラック	0%	0%	4%	0%	0%	0%	4%
8 大型トラック	0%	0%	20%	0%	0%	0%	20%
9 多軸トラック	0%	0%	2%	0%	0%	0%	2%
10 その他	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%
合計	1%	0%	67%	27%	4%	0%	100%

出典: JICA調査団

(2) 平均乗車人数

路側 OD の調査では、車種毎に平均乗車人数を調査した。サンガの平日の平均乗車人数を図 6.4.4 と表 6.4-4 に、休日の平均乗車人数を図 6.4.5 と表 6.4-5 に示す。



出典: JICA 調査団

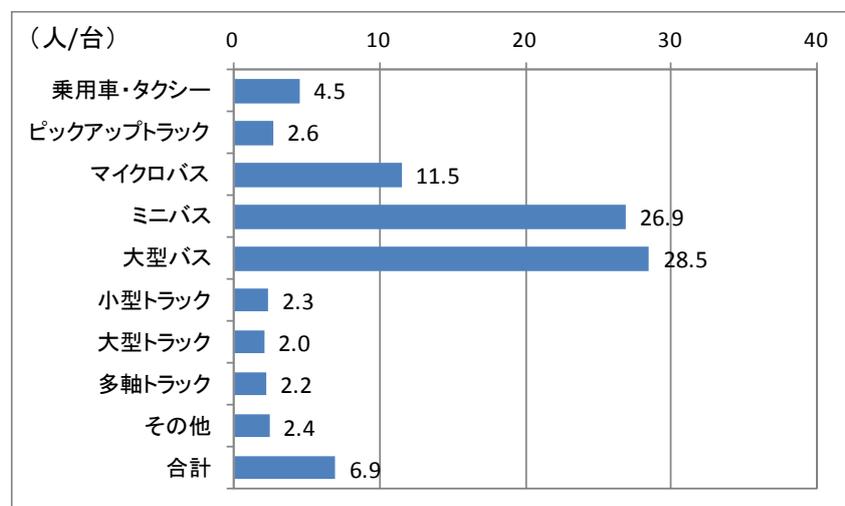
図 6.4.4 平日の平均乗車人数

表 6.4-4 平日の平均乗車人数の詳細

(人/台)

乗用車・タクシー	ピックアップトラック	マイクロバス	ミニバス	大型バス	小型トラック	大型トラック	多軸トラック	その他
3.9	3.2	12.6	28.6	31.0	2.3	1.9	2.1	2.1

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 6.4.5 休日の平均乗車人数

表 6.4-5 休日の平均乗車人数の詳細

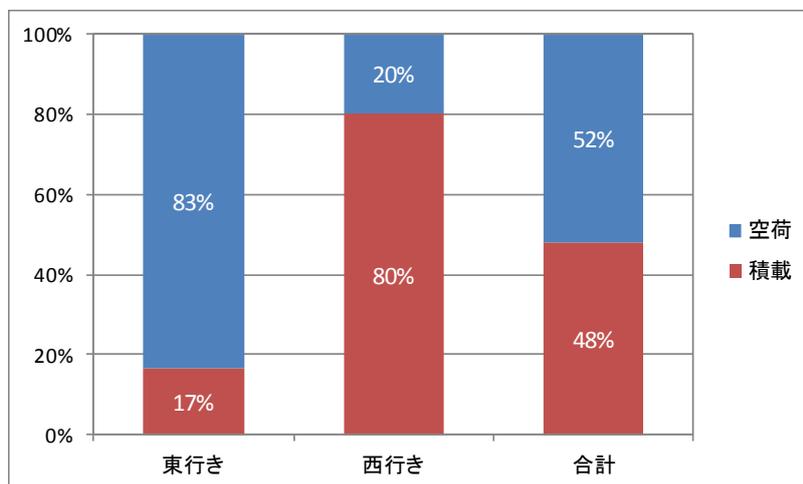
(人/日)

Car & Taxi	Utility Pick up	Micro Bus	Mini Bus	Large Bus	Light Truck	Heavy Truck	Multi-axel Truck	Others
4.5	2.6	11.5	26.9	28.5	2.3	2.0	2.2	2.4

出典: JICA 調査団

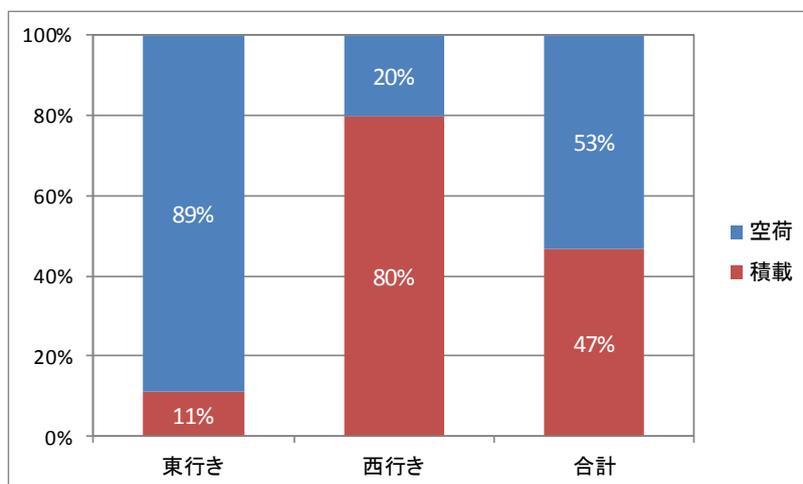
(3) 貨物車の積載状況

サンガでの貨物車の積載比率を図 6.4.6、図 6.4.7 に示す。平日は、カトマンズに向かう西行き
の貨物車の 80%が荷物を積載していた。空荷の貨物車はカトマンズから出る方向で 83%を占め
た。休日は、カトマンズに向かう西行き貨物車の 80%が荷物を積載していた。空の貨物車はカ
トマンズから出る方向で 89%を占めた。



*トラック:7.小型トラック,8.大型トラック,9.多軸トラック
出典:JICA調査団

図 6.4.6 平日の貨物車の方面別積載率



*トラック:7.小型トラック,8.大型トラック,9.多軸トラック
出典:JICA調査団

図 6.4.7 休日の貨物車の方面別積載率

(4) 大型貨物車の平均積載重量

サンガにおける大型貨物車の平均積載重量を表 6.4-6 および表 6.4-7 に示す。

表 6.4-6 平日の大型貨物車の平均積載重量

		車両数 (台)	総重量 (t)	積載重量 (t/台)
10	燃料(ガソリン)	16	164	10.4
20	農作物	31	346	11.1
30	家畜製品	28	323	11.5
40	建築資材	860	8,305	9.7
50	機械、設備	1	27	18.0
60	食品	39	345	8.8
90	その他	51	416	8.2
	合計/平均	1,027	9,926	9.7

*大型貨物車;8.大型トラック;9.多軸トラック

出典:JICA調査団

表 6.4-7 休日の大型貨物車の平均積載重量

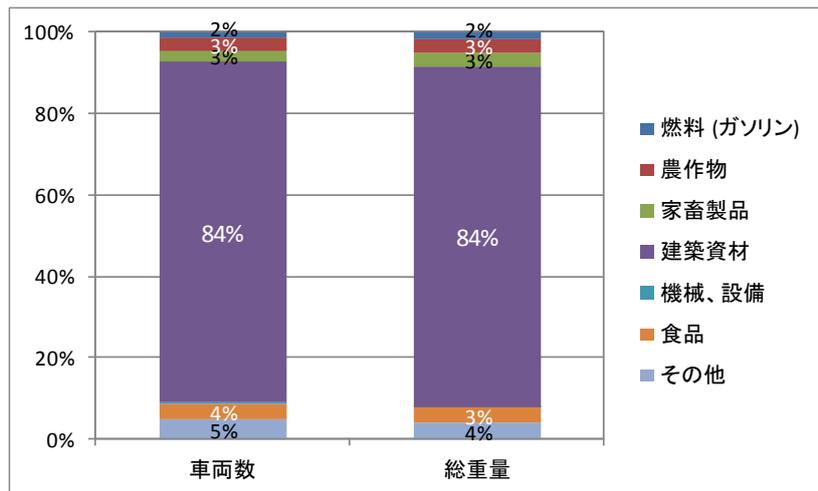
		車両数 (台)	総重量 (t)	積載重量 (t/台)
10	燃料(ガソリン)	1	21	16.0
20	農作物	7	109	14.9
30	家畜製品	31	300	9.8
40	建築資材	907	9,439	10.4
50	機械、設備	9	110	12.0
60	食品	31	307	9.8
90	その他	17	199	11.6
	合計/平均	1,004	10,484	10.4

*大型貨物車;8.大型トラック;9.多軸トラック

出典:JICA調査団

(5) 積載品目

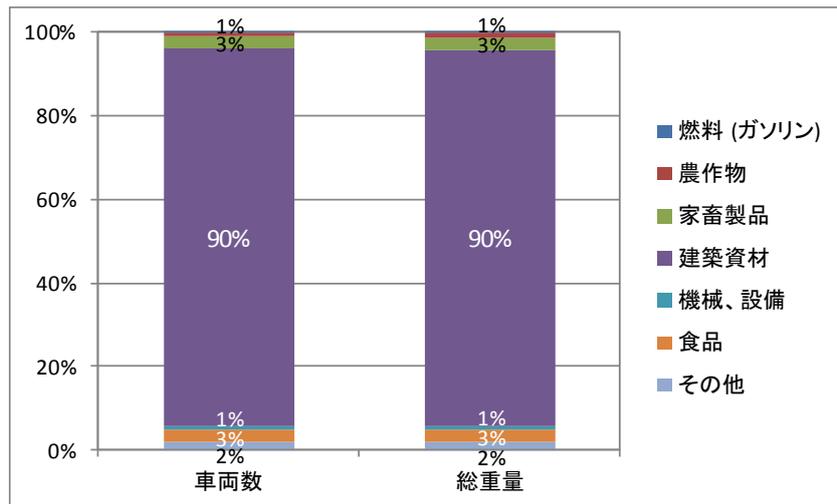
サンガにおける貨物車の積載品目を図 6.4-8 と図 6.4-9 に示す。



*大型貨物車;8.大型トラック;9.多軸トラック

出典:JICA調査団

図 6.4.8 平日の貨物車の積載品目



*大型貨物車:8.大型トラック,9.多軸トラック
出典:JICA調査団

図 6.4.9 休日の貨物車の積載品目

6.4.2 サンガ峠区間における O-D 特性

全車の起終点マトリクス表 6.4-8 と表 6.4-9 に示す。全車の起終点マトリクスから、サンガ峠区間を通過する最も多い交通は、カトマンズ&ラティプール（ゾーン 5）とカブレパランチョーク（ゾーン 8）間で、約 50%を占めた。また、シンズリ道路沿線から利用される交通が多くみられた。さらに、隣接するカトマンズ&ラティプール（ゾーン 5）、バクタプール（ゾーン 6）、シンドゥパルチョーク（ゾーン 7）、カブレパランチョーク（ゾーン 8）間の利用が約 80%を占めた。全車の希望線図から短中距離のトリップの利用が多く、この傾向は平日休日ともに同様であった。

表 6.4-8 全車の起終点マトリクス（平日）

(人/台)

発ゾーン/着ゾーン	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	発計
1 Far and Mid-Western					5		2	1							8
2 Western					0			15	1						16
3 Central West					7		4	27	1						39
4 Central North															
5 Kathmandu & Latipur	1	6	3		4	4	463	2375	188	380	128	214	8		3773
6 Bhaktapur					10		117	692	10	30	13				872
7 Sindhupalchok		1	1		448		115	0							565
8 Kavrepalanchok		6	27	3	2518		575	150		4		4			3287
9 Central North-East					199	10		3							212
10 Eastern					395	6	7	3							411
11 Sindhuli		5			143	12									160
12 Central South-East					263	9		1							273
13 India					34	3		12		4	2				56
14 China															
着計	1	17	31	3	4028	735	593	3279	199	418	142	218	8		9672

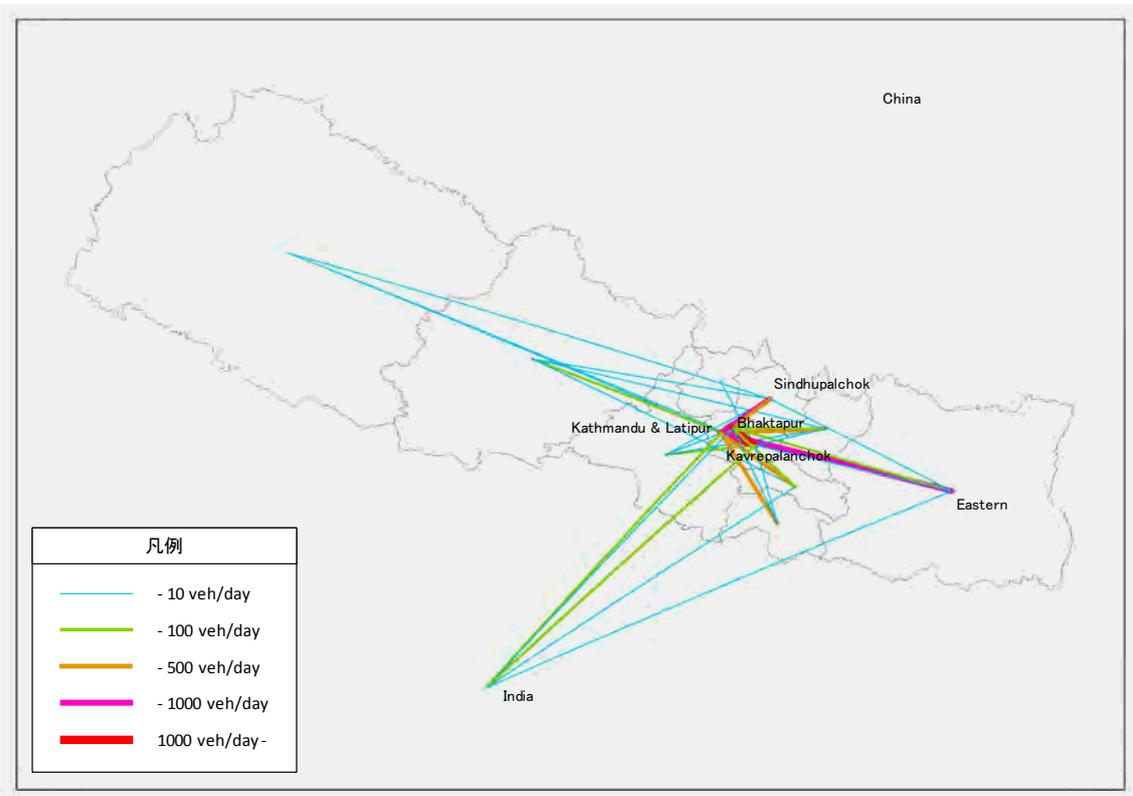
出典:JICA 調査団

表 6.4-9 全車の起終点マトリクス (休日)

(人/日)

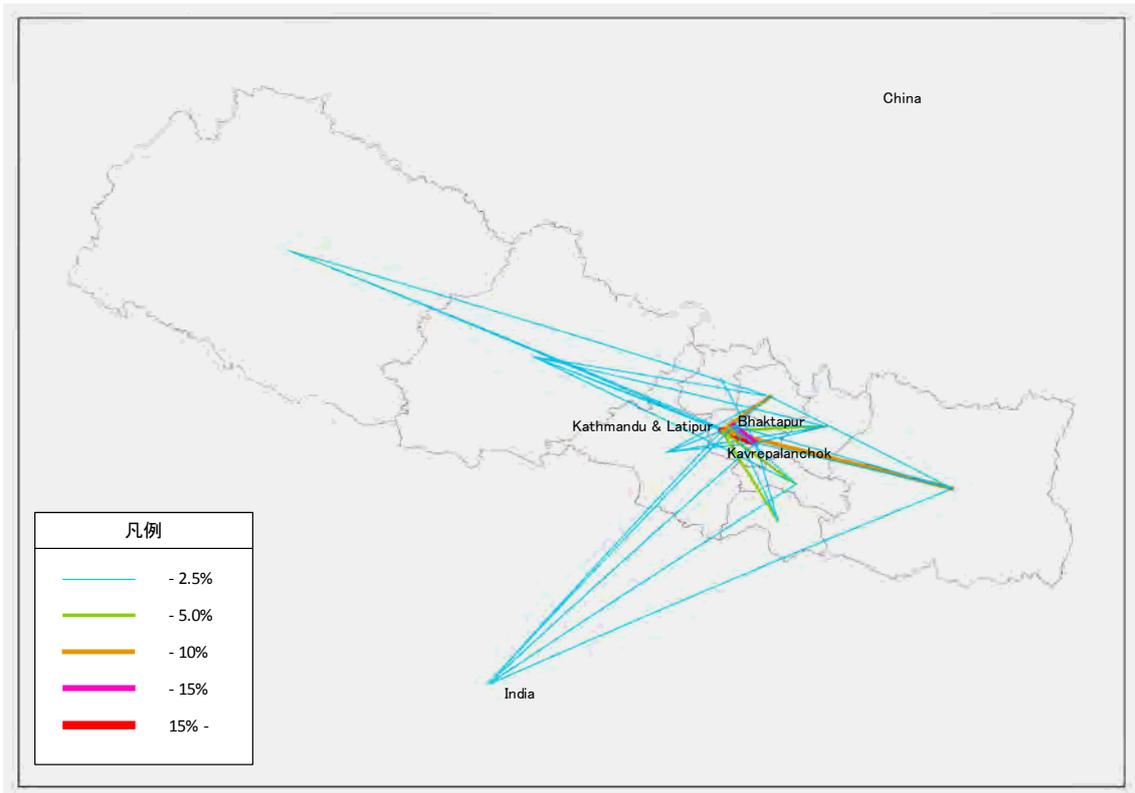
↓発ゾーン/着ゾーン	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	発計
1 Far and Mid-Western															
2 Western					8	2		32	1		1				44
3 Central West					13	3	14	36	4	3					73
4 Central North															
5 Kathmandu & Latipur	7	9	10		14	3	500	2365	189	336	97	213	3		3747
6 Bhaktapur					8		125	523		13	5				674
7 Sindhupalchok		8	3		650	115							3		778
8 Kavrepalanchok		10	46		2488	523		161		3			9		3239
9 Central North-East		5			177	23									205
10 Eastern					296	9		12		3			9		330
11 Sindhule					146	5		3							154
12 Central South-East					216	5									220
13 India		5			72	5	2	15		7	3	3	7		119
14 China															
着計	7	36	59		4088	692	642	3147	195	365	107	216	31		9585

出典:JICA調査団



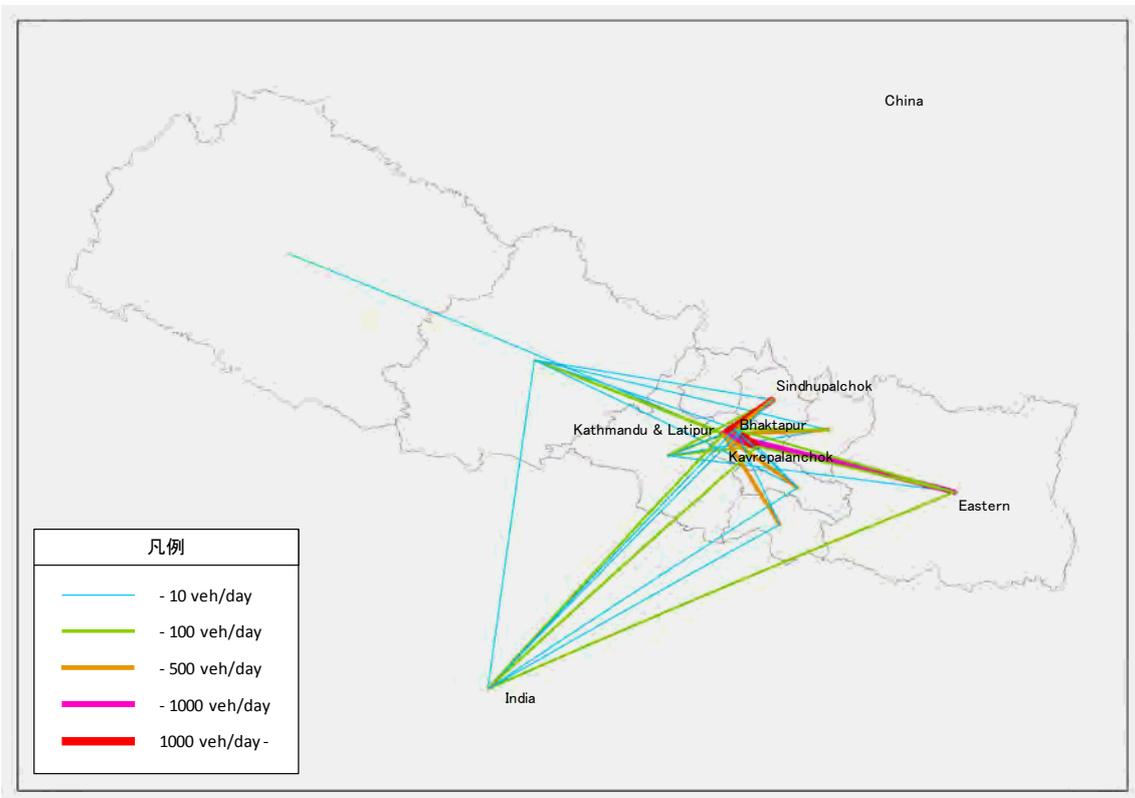
出典:JICA調査団

図 6.4.10 全車の希望線図 (平日) (台/日)



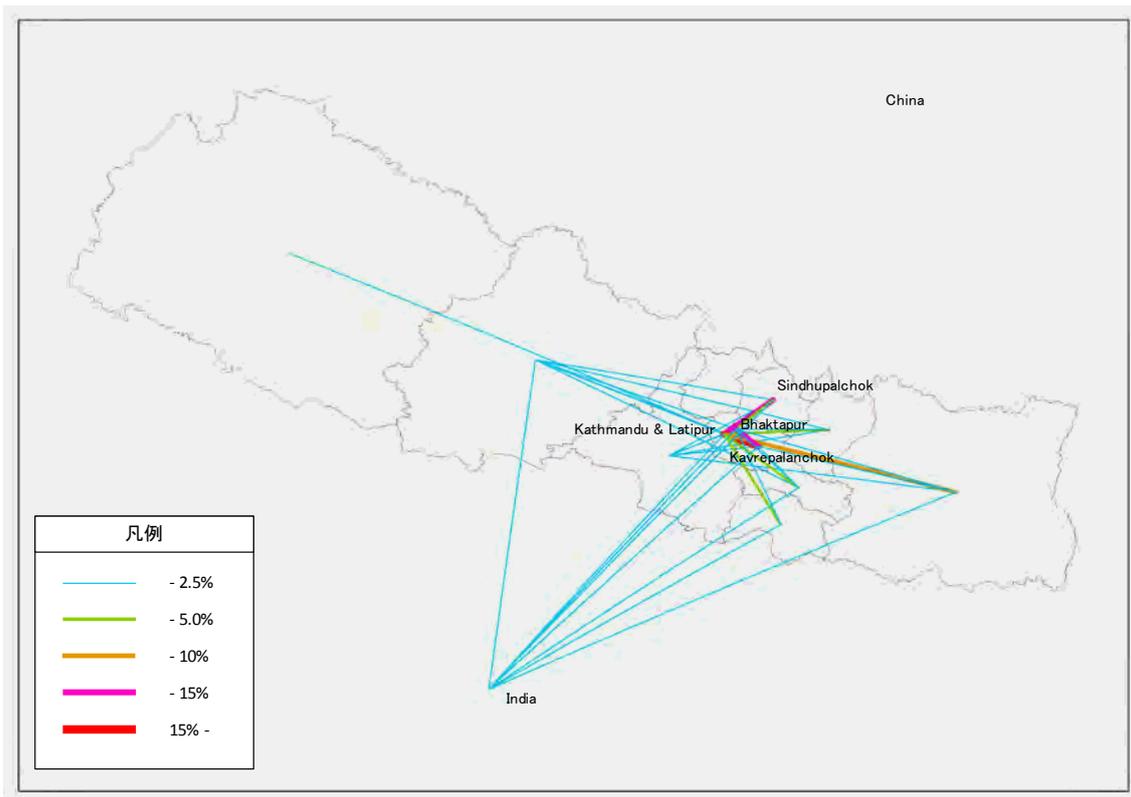
出典:JICA調査団

図 6.4.11 全車の希望線図 (平日) (%)



出典:JICA調査団

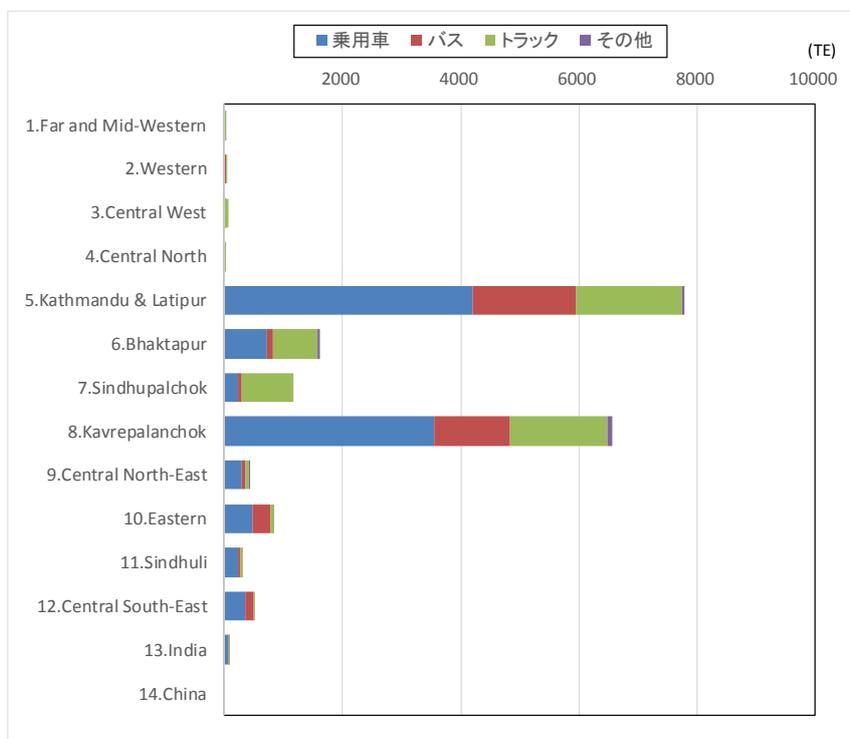
図 6.4.12 全車の希望線図 (休日) (台/日)



出典:JICA調査団

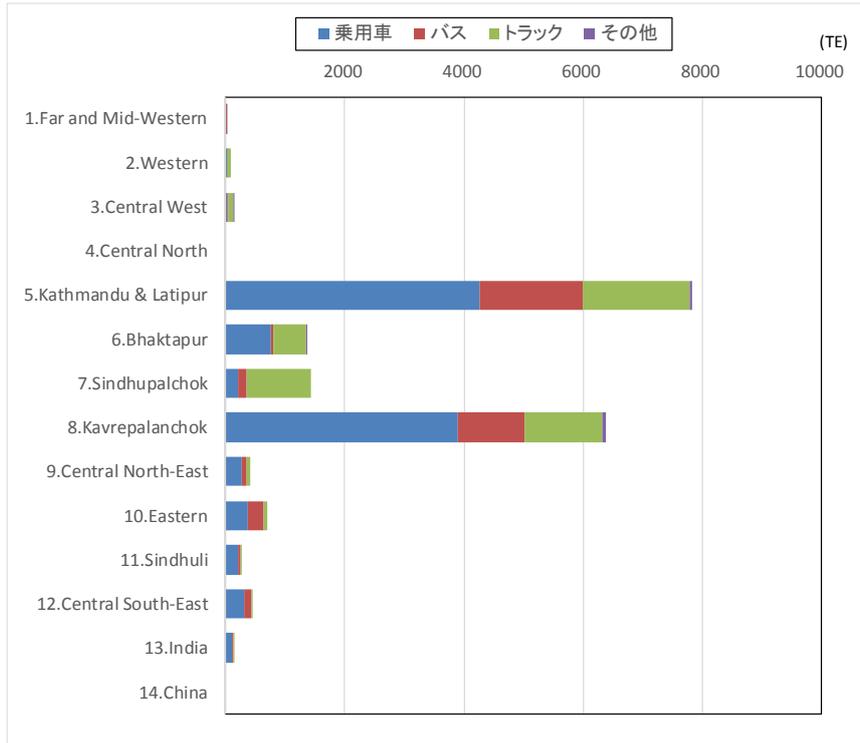
図 6.4.13 全車の希望線図 (休日) (%)

次に、各ゾーンの車種別発生集中交通量を図 6.4.14 と図 6.4.15 に示す。



出典:JICA調査団

図 6.4.14 車種別の発生集中交通量 (平日)



出典: JICA 調査団

図 6.4.15 車種別の発生集中交通量 (休日)

乗用車の起終点マトリクスを表 6.4-10 と表 6.4-11 に示す。乗用車の起終点マトリクスから、短距離、中長距離のトリップの利用が多く、特に多い OD ペアはカトマンズ&ラティプール (ゾーン 5) とカブレパランチョーク (ゾーン 8) 間であった。

表 6.4-10 乗用車の起終点マトリクス (平日)

(人/台)

↓発ゾーン/着ゾーン	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	発計
1 Far and Mid-Western					5										5
2 Western								4							4
3 Central West					3			3							6
4 Central North															
5 Kathmandu & Latipur			3		4	4	135	1292	143	186	104	146	8		2025
6 Bhaktapur					5		5	361		16					387
7 Sindhupalchok					67	16									82
8 Kavrepalanchok					1372	295		105		4		4			1780
9 Central North-East					148										148
10 Eastern					240	3	7	3							253
11 Sindhuli		5			109	5									118
12 Central South-East					194	9									203
13 India					27	3		11		4					46
14 China															
着計		5	3		2174	335	147	1778	143	210	104	150	8		5057

*乗用車;2.乗用車&タクシー;3.ピックアップトラック

出典: JICA 調査団

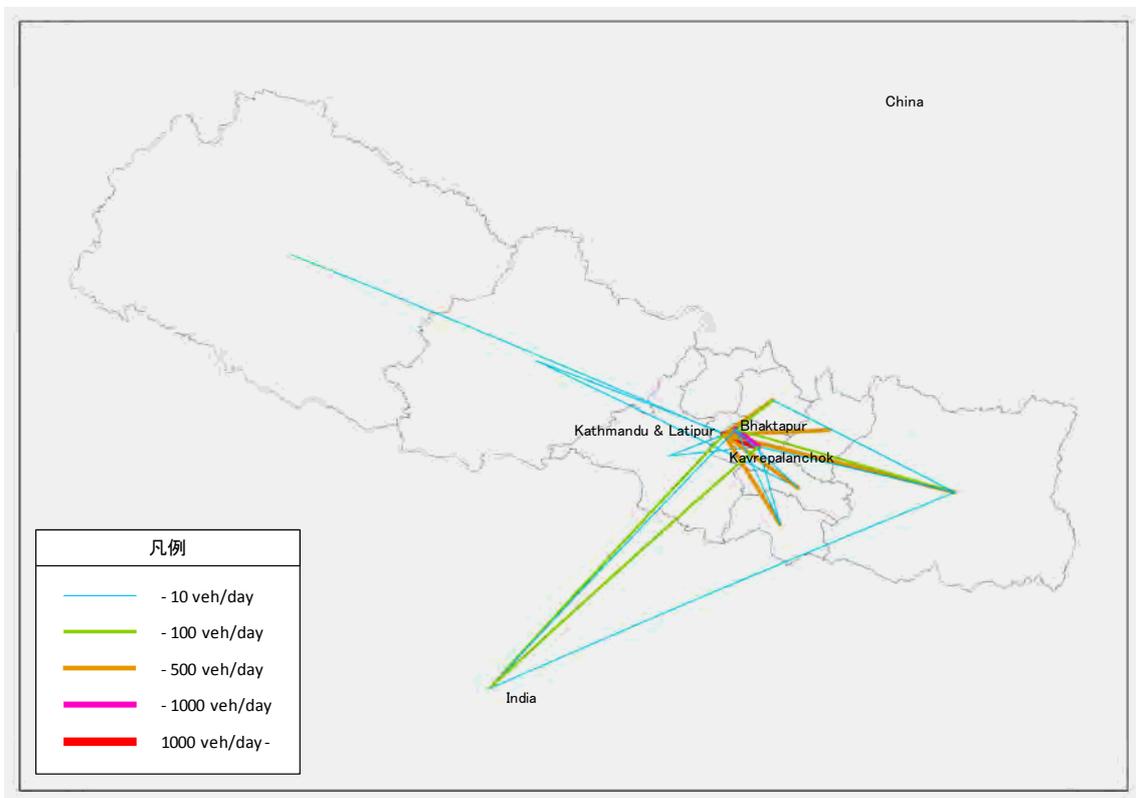
表 6.4-11 乗用車の起終点マトリクス (休日)

(人/台)

↓発ゾーン/着ゾーン	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	発計
1 Far and Mid-Western															
2 Western								10							10
3 Central West					9			3		3					16
4 Central North															
5 Kathmandu & Latipur	3	7	3		11	3	96	1378	138	178	76	147	3		2041
6 Bhaktapur					4		11	332		10					357
7 Sindhupalchok					90	3									94
8 Kavrepalanchok					1531	353		131					3		2019
9 Central North-East					118	13									131
10 Eastern					150	5		8		3			9		175
11 Sindhuli					116	3		3							123
12 Central South-East					153	5									157
13 India		5			51	3		7		7	3	3	7		87
14 China															
着計	3	11	3		2234	389	107	1871	138	202	79	150	23		5210

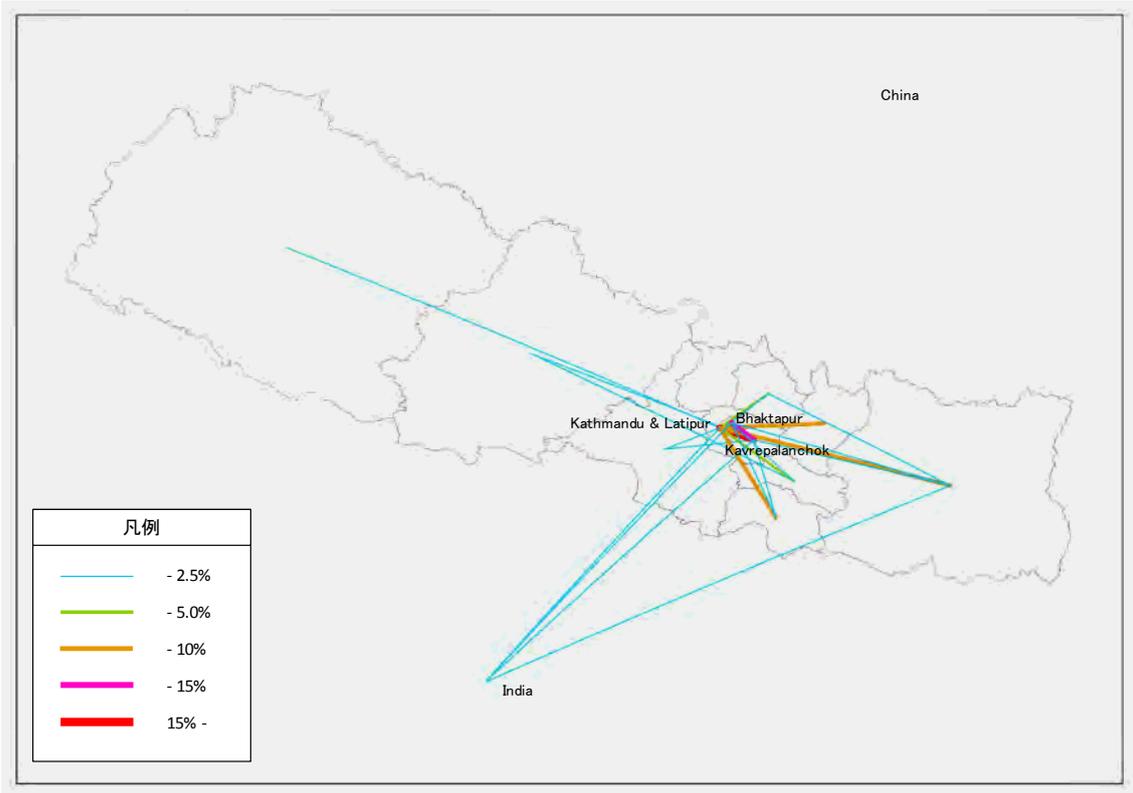
*乗用車,2.乗用車&タクシー,3.ピックアップトラック

出典:JICA 調査団



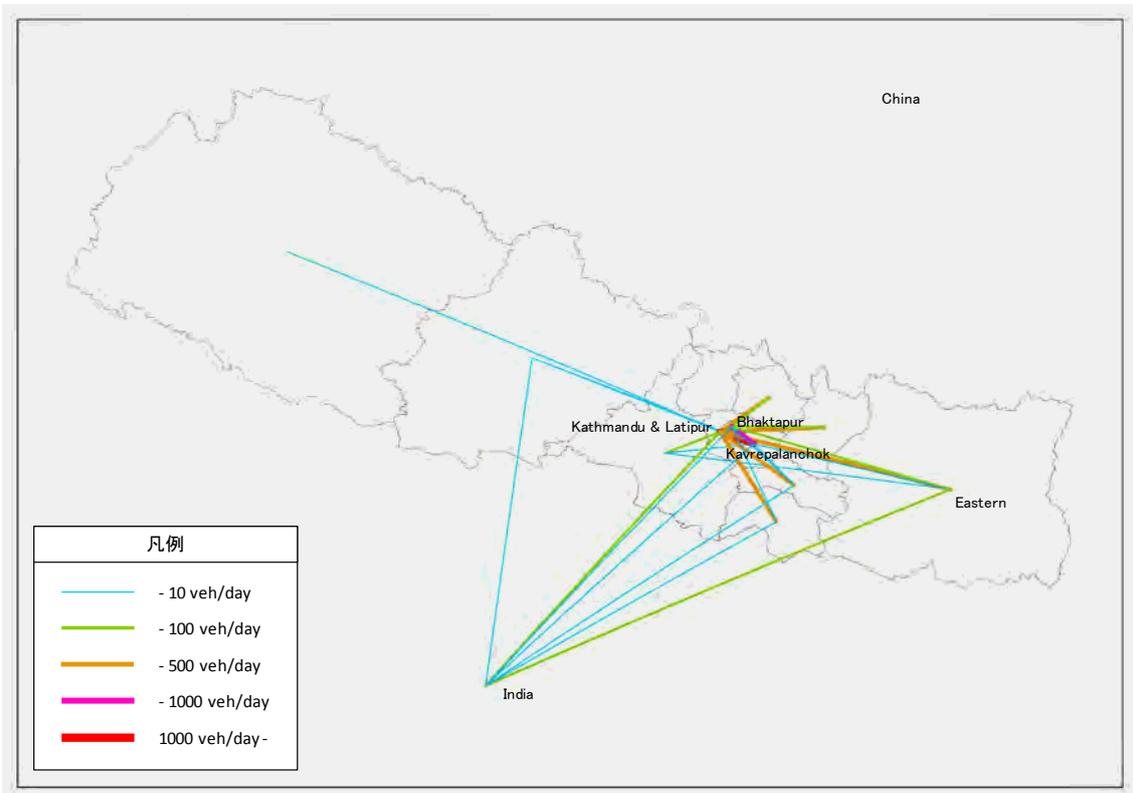
出典:JICA 調査団

図 6.4.16 乗用車の希望線図 (平日) (台/日)



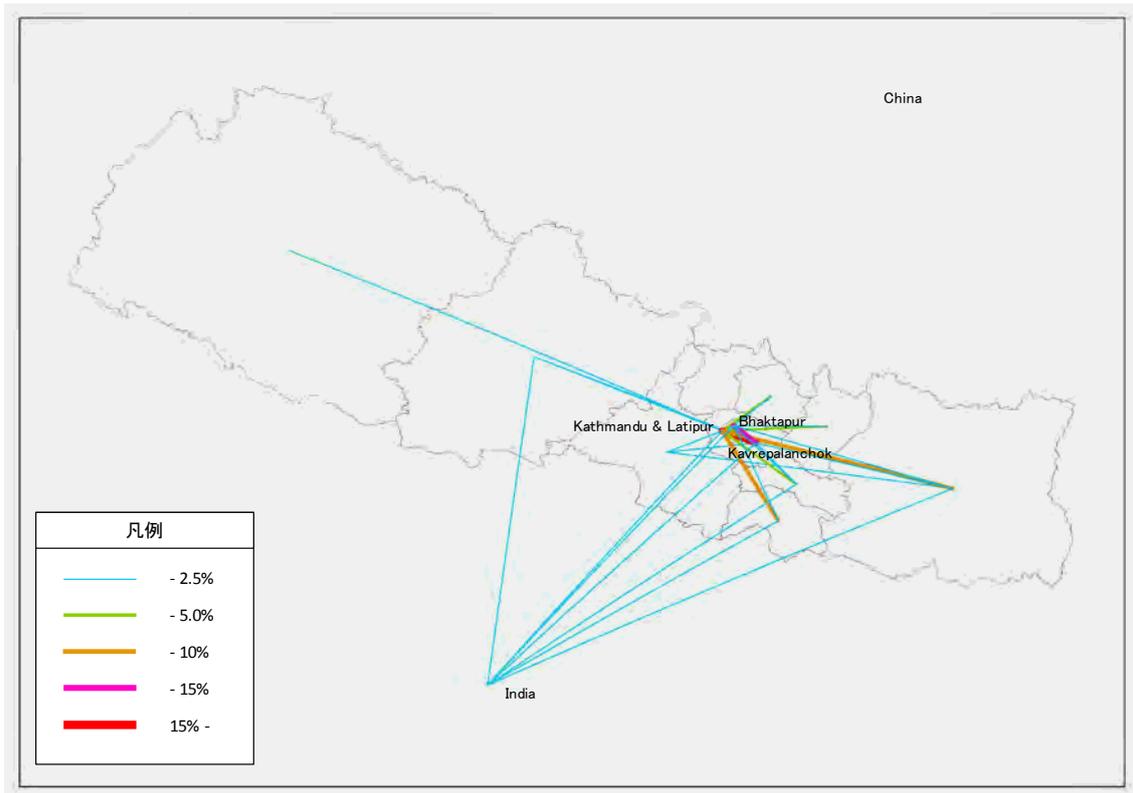
出典:JICA調査団

図 6.4.17 乗用車の希望線図 (平日) (%)



出典:JICA調査団

図 6.4.18 乗用車の希望線図 (休日) (台/日)



出典:JICA調査団

図 6.4.19 乗用車の希望線図 (休日) (%)

バスの起終点マトリクスを表 6.4-12 と表 6.2-13 に示す。主に観光旅行に利用されるバスのトリップをみると、多い OD ペアはカトマンズ&ラティプール (ゾーン 5) とカブレパランチョーク (ゾーン 8) 間であった。

表 6.4-12 バスの起終点マトリクス (平日)

(人/台)

発ゾーン/着ゾーン	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	発計
1 Far and Mid-Western															
2 Western					0										0
3 Central West					1			2							3
4 Central North															
5 Kathmandu & Latipur	1	6					46	546	35	168	18	65			884
6 Bhaktapur					0		1	31		8	4				45
7 Sindhupalchok					17	0		0							17
8 Kavrepalanchok					610	51		22							682
9 Central North-East					14	0									14
10 Eastern					138										138
11 Sindhuli					29										29
12 Central South-East					66										66
13 India					6						2				8
14 China															
着計	1	6			880	51	48	602	35	175	24	65			1886

*バス;4. マイクロバス,5. ミニバス,6. 大型バス

出典:JICA 調査団

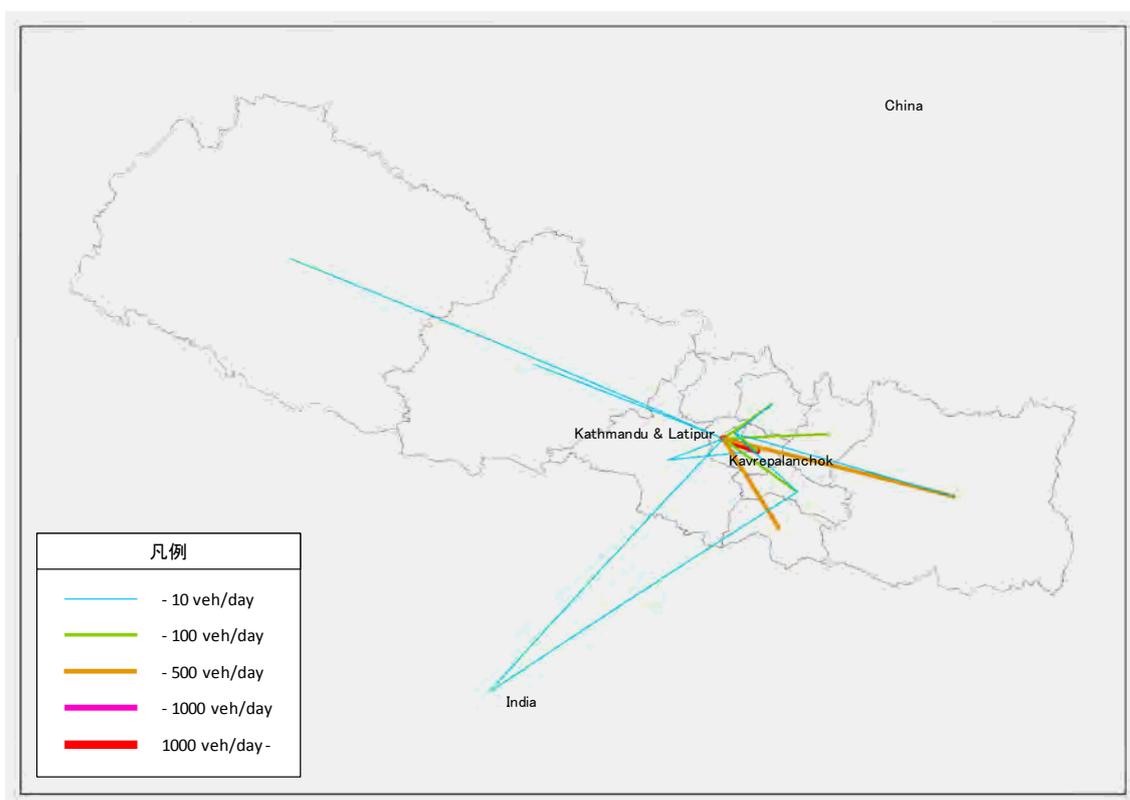
表 6.4-13 バスの起終点マトリクス (休日)

(人/台)

発ゾーン/着ゾーン	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	発計
1 Far and Mid-Western															
2 Western															
3 Central West					4			5							8
4 Central North															
5 Kathmandu & Latipur	4	2	7				80	502	37	141	17	66			855
6 Bhaktapur					1		1	14							16
7 Sindhupalchok					63										63
8 Kavrepalanchok			1		558	24		15					3		597
9 Central North-East					43										43
10 Eastern					124										124
11 Sindhuli					27										27
12 Central South-East					56										56
13 India					9	2									11
14 China															
着計	4	2	8		379	26	81	536	37	141	17	66	3		1799

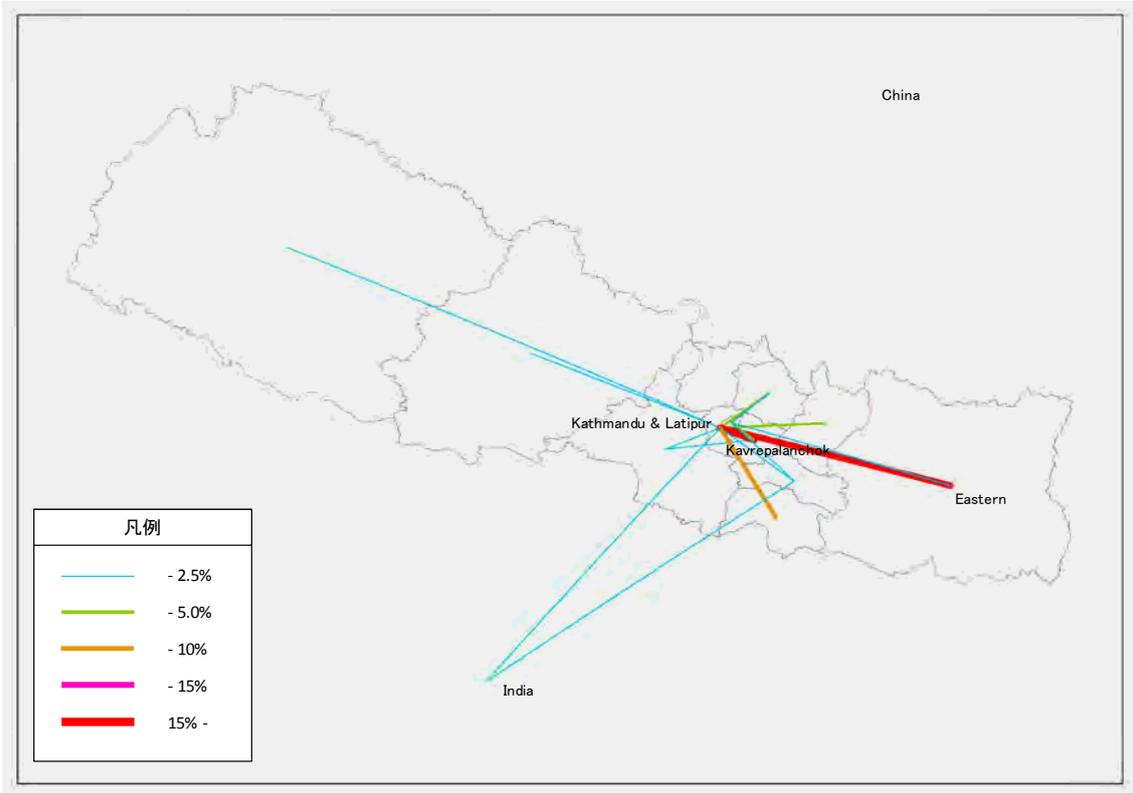
*バス;4. マイクロバス,5. ミニバス,6. 大型バス

出典:JICA 調査団



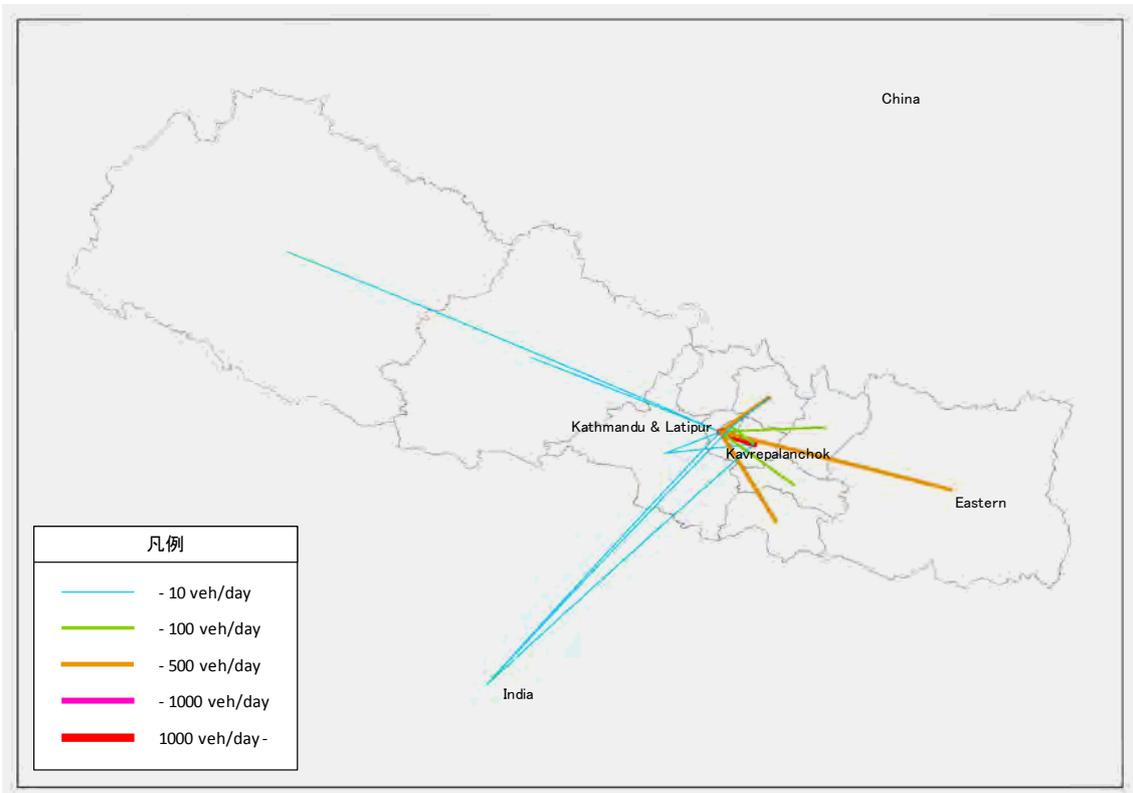
出典:JICA 調査団

図 6.4.20 バスの希望線図 (平日) (台/日)



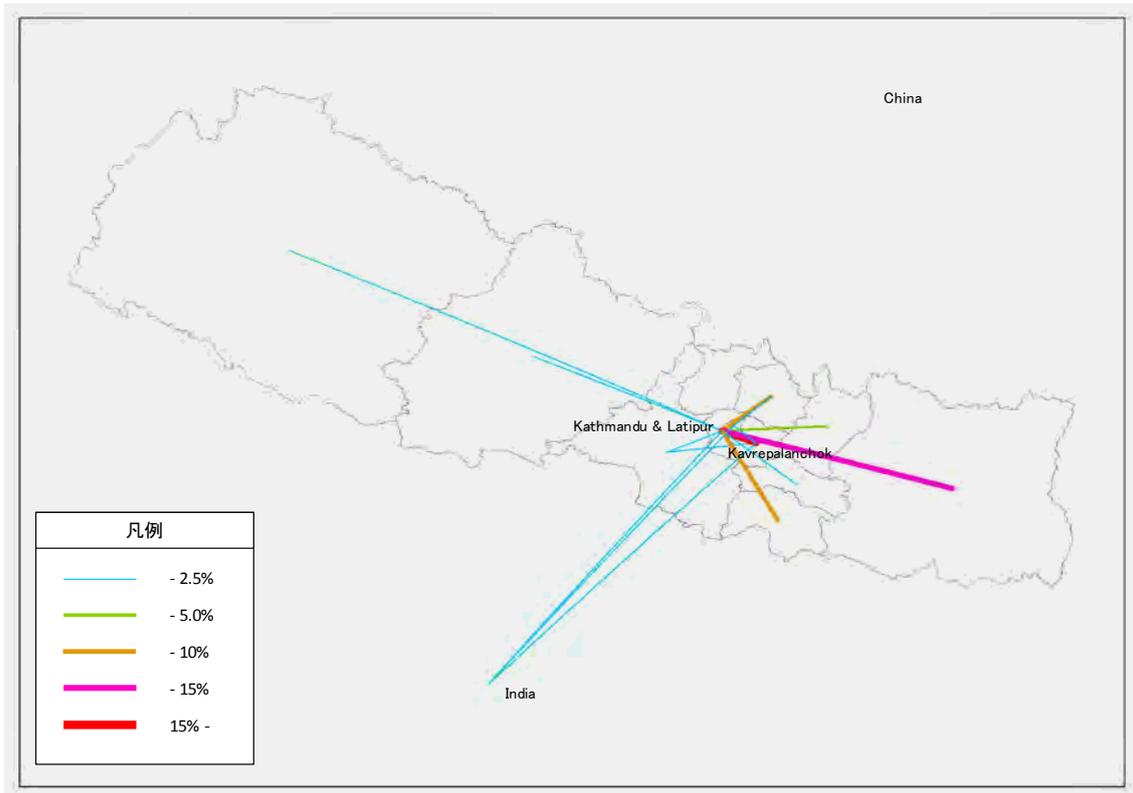
出典:JICA調査団

図 6.4.21 バスの希望線図 (平日) (%)



出典:JICA調査団

図 6.4.22 バスの希望線図 (休日) (台/日)



出典:JICA調査団

図 6.4.23 バスの希望線図 (休日) (%)

貨物車の起終点マトリクスを表 6.4-14 と表 6.2-15 に示す。貨物車の起終点マトリクスをみると、短距離または中長距離のトリップの利用が多く、特に多い OD ペアはカトマンズ&ラティプール (ゾーン5) とカブレパランチョーク (ゾーン8) 間、およびカトマンズ&ラティプール (ゾーン5) とシンドゥパルチョーク (ゾーン7) であった。

表 6.4-14 貨物車の起終点マトリクス (平日)

(人/台)

↓発ゾーン/着ゾーン	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	発計
1 Far and Mid-Western							2	1							4
2 Western								11	1						12
3 Central West					3		4	22	1						30
4 Central North															
5 Kathmandu & Latipur							282	517	9	26	6	3			844
6 Bhaktapur					6		111	284	10	6	9				425
7 Sindhapalchok		1	1		365	99									466
8 Kavrepalanchok		6	27	3	522	207		22							787
9 Central North-East					30	10		3							42
10 Eastern					17	3									20
11 Sindhuli					6	8									13
12 Central South-East					4			1							4
13 India					1			1							1
14 China															
着計		7	29	3	953	326	399	863	21	32	15	3			2649

*トラック;7.小型トラック,8.大型トラック,9.多軸トラック

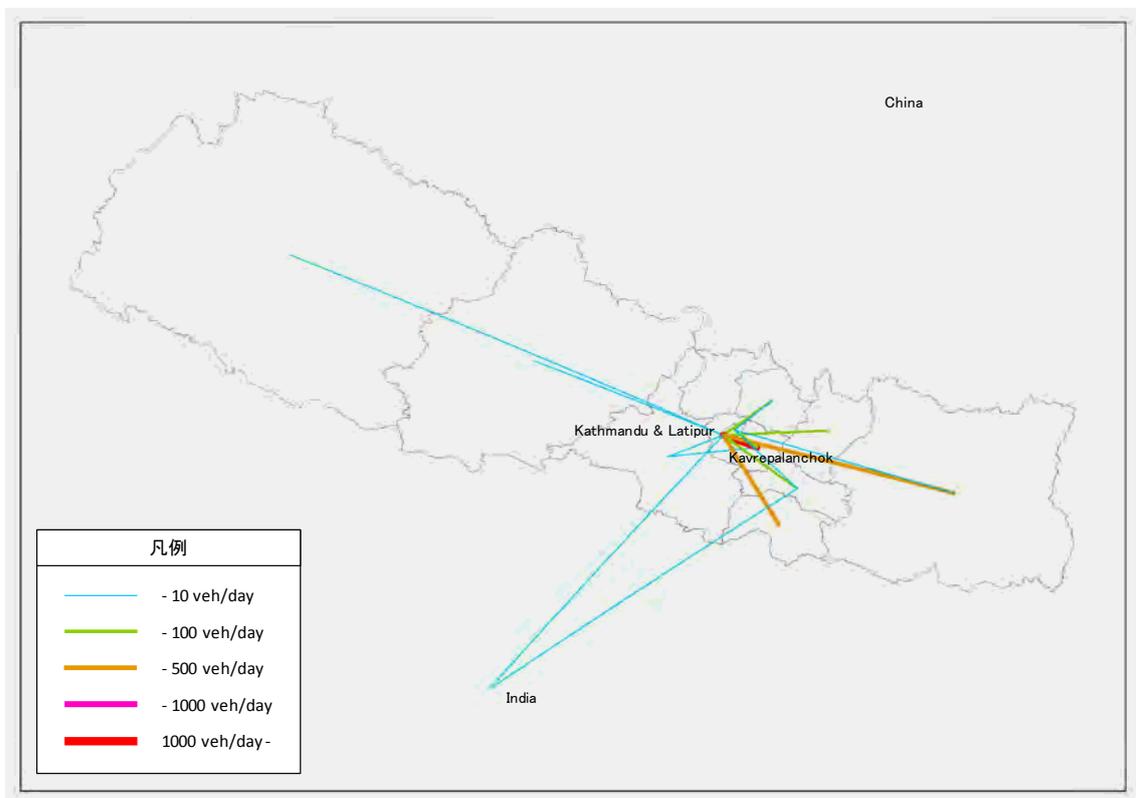
出典:JICA調査団

表 6.4-15 トラックの起終点マトリクス (休日)

(人/台)

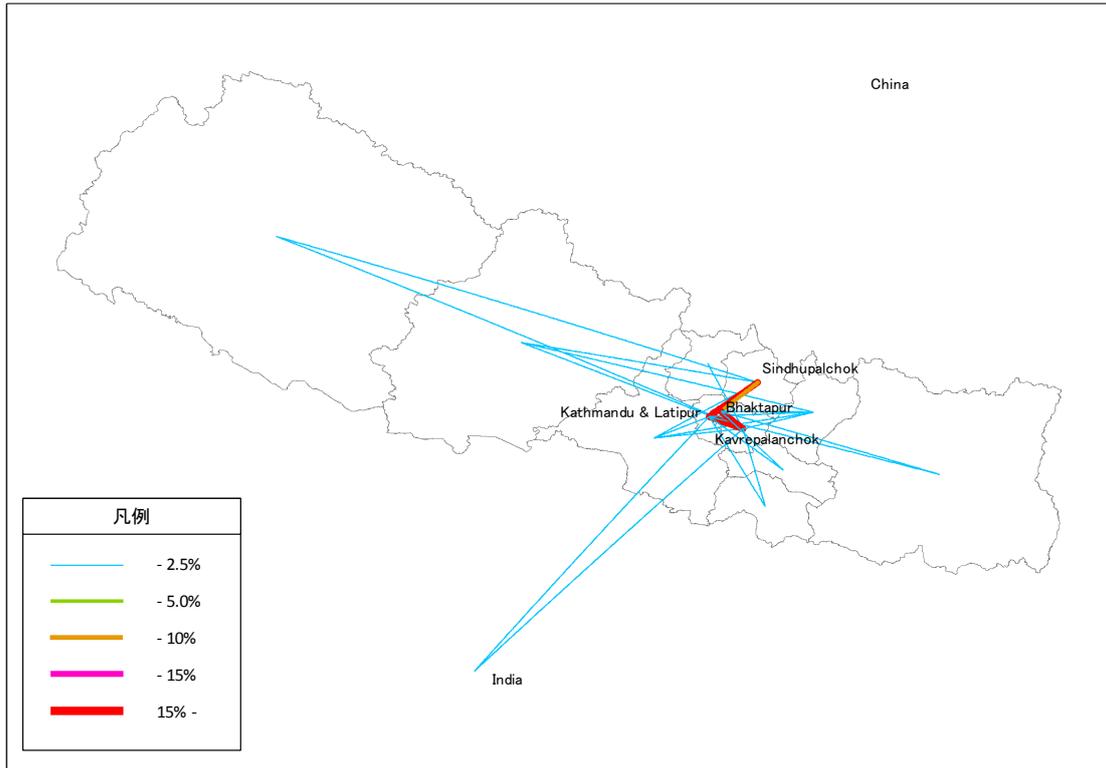
発ゾーン/着ゾーン	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	発計
1 Far and Mid-Western															
2 Western					8	2		22	1		1				34
3 Central West						3	14	28	4						49
4 Central North															
5 Kathmandu & Latipur					3		325	453	15	17	5				817
6 Bhaktapur					3		113	177		3	5				300
7 Sindhupalchok		8	3		497	111							3		622
8 Kavrepalanchok		10	36		395	129		14		3			3		590
9 Central North-East		5			16	10									32
10 Eastern					23	5		4							31
11 Sindhuli					3	2									5
12 Central South-East					8										8
13 India					12		2	8							22
14 China															
着計		23	39		967	261	454	706	20	22	11		6		2509

*トラック;7.小型トラック,8.大型トラック,9.多軸トラック
出典:JICA 調査団



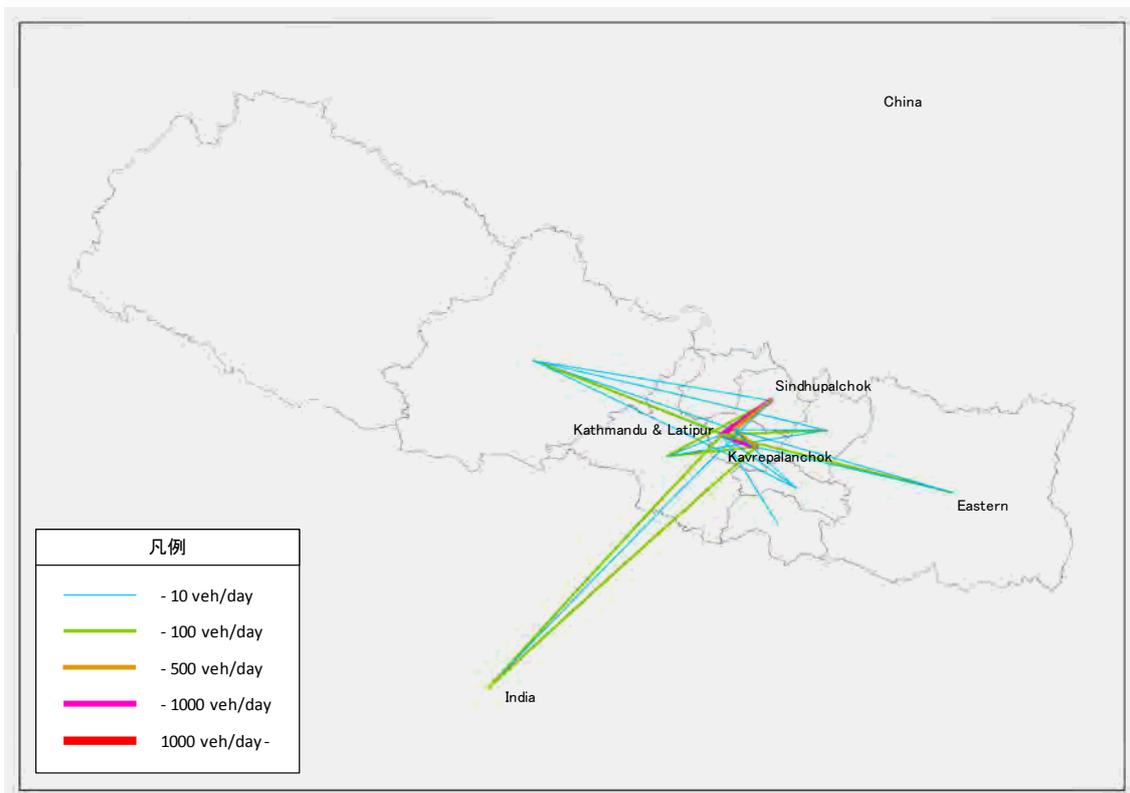
出典:JICA 調査団

図 6.4.24 トラックの希望線図 (平日) (台/日)



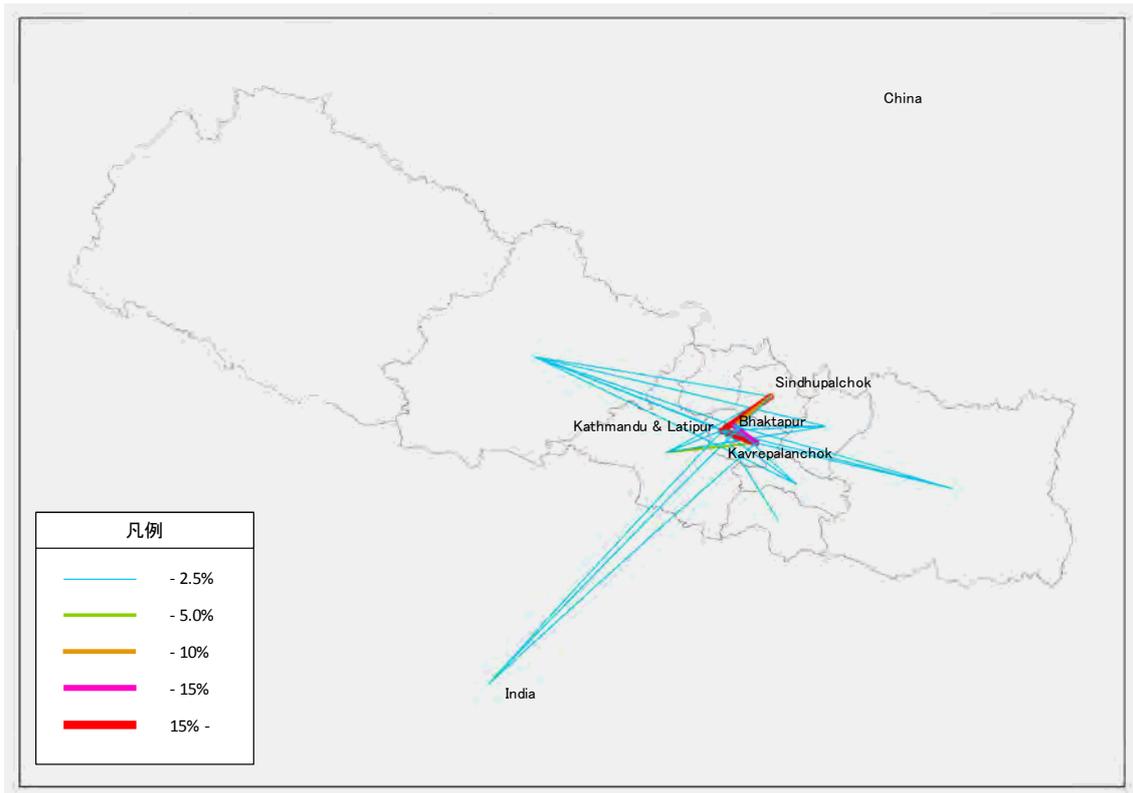
出典:JICA調査団

図 6.4.25 トラックの希望線図（平日）（%）



出典:JICA調査団

図 6.4.26 トラックの希望線図（休日）（台/日）



出典:JICA調査団

図 6.4.27 トラックの希望線図（休日）（%）

6.5 車軸荷重

6.5.1 目的と調査方法

重量車の実際の荷重データを収集するために、軸重調査を実施した。調査装置は手動式の重量計を用いた。車軸荷重調査の結果は、交通量調査をもとに拡大作業を行い分析した。

6.5.2 調査結果

(1) 積載貨物車と空荷貨物車の構成

積載貨物車と空荷貨物車の構成率を表 6.5-1 に示す。カトマンズに入る西行き的大型貨物車の94%が荷物を積載していた。逆に、空荷の貨物車はカトマンズから出る方向に84%を占めていた。道路断面計で、空荷の割合は43%であった。

表 6.5-1 積載貨物車と空荷貨物車の構成

	Bhaktapur から Dhulikhel	Dhulikhel から Bhaktapur	合計
積載	16%	94%	57%
空荷	84%	6%	43%
合計	100%	100%	100%

出典:JICA 調査団

(2) 総車軸重量

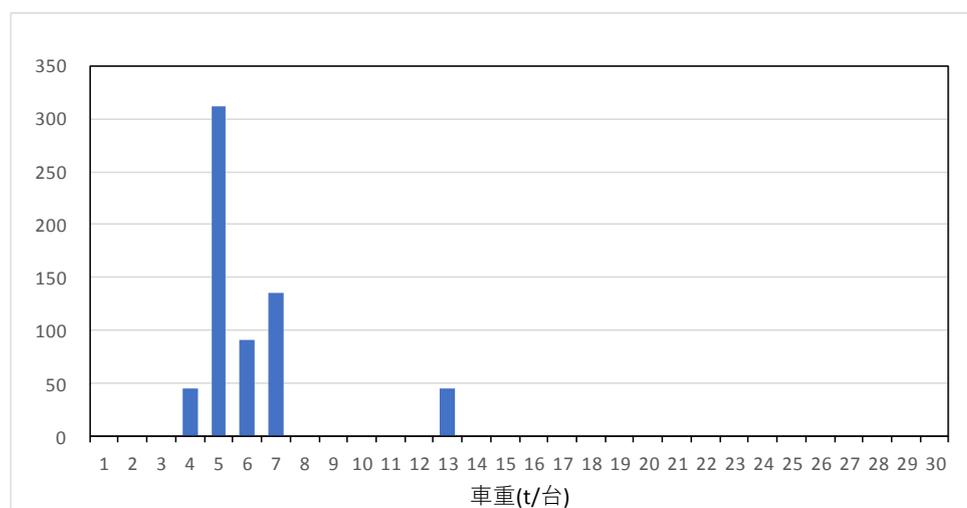
車両総負荷の結果を表 6.5-2 に示す。バスの総重量は両方向で 6.6 トンである。貨物車総荷重は、方向により明確な違いがみられた。西行き（バクタプールからドゥリケル）の貨物車の総量は 7.4 トンで、東行き（ドゥリケルからバクタプール）は 13.8 トンであった。この差は、前説で述べた空荷の貨物車比率に起因する。また、3 軸車の東（ドゥリケルからバクタプール）の総重量が小さい理由は、3 軸車の交通量が少なく、十分なサンプル数を確保できなかったためである。

図 6.5.1 にバスの総重量の分布を示す。図 6.5.2 と図 6.5.3 に貨物車の総重量の分布を示す。相対的に総重量が低い理由は、シンズリ道路の大型車通行規制や中国国境付近の道路閉鎖の影響と考えられる。また、基準値を上回る車両はほとんどみられなかった。

表 6.5-2 平均総車両重量

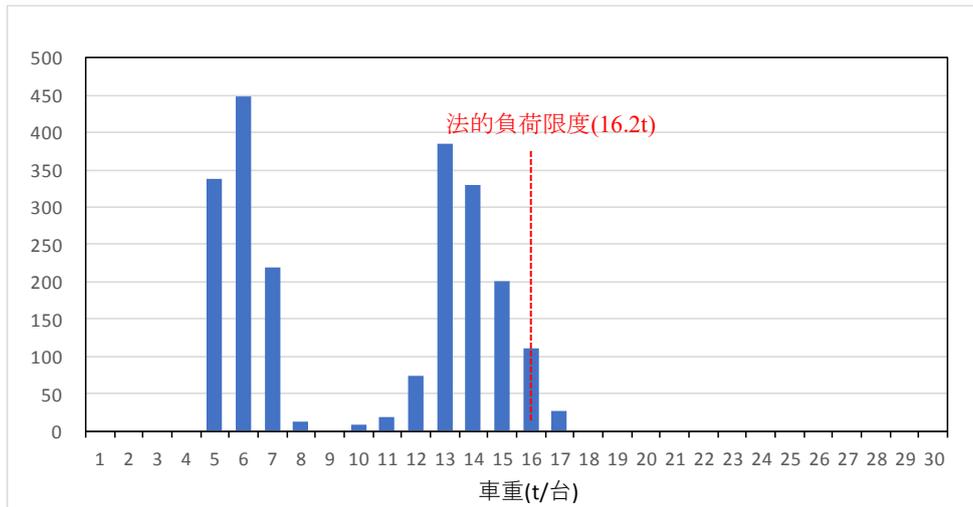
方向	バス (t)	トラック (t)		トラック計
		2軸トラック	3軸トラック	
Bhaktapur から Dhulikhel	5.6	7.1	21.6	7.4
Dhulikhel から Bhaktapur	7.3	14.0	8.4	13.8
計	6.6	10.7	14.7	10.8
法的負荷限度	-	16.2	25.0	-

出典:JICA調査団



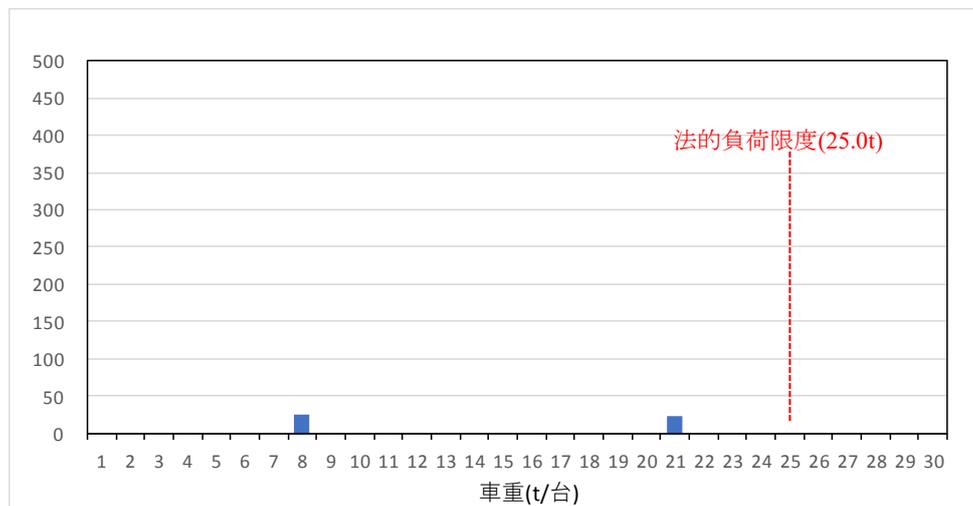
出典:JICA調査団

図 6.5.1 バスの総重量の構成



出典:JICA調査団

図 6.5.2 2軸トラックの総重量の構成



出典:JICA調査団

図 6.5.3 3軸トラックの総重量の構成

6.6 車両排気ガス

6.6.1 目的と調査方法

ネ国では、自動車排気ガスが深刻な問題となっている（写真 6.6-1）。車種毎の排出量を得るために、車両排気ガス調査を実施した。試験を行うガスは、CO、NOx、SOx であり、各ガスはアイドリングとエンジン回転数 3,000r/min の条件で車種別に測定した



出典:JICA調査団,2017,2017/8/18

写真 6.6-1 車両からの排出ガスの現状

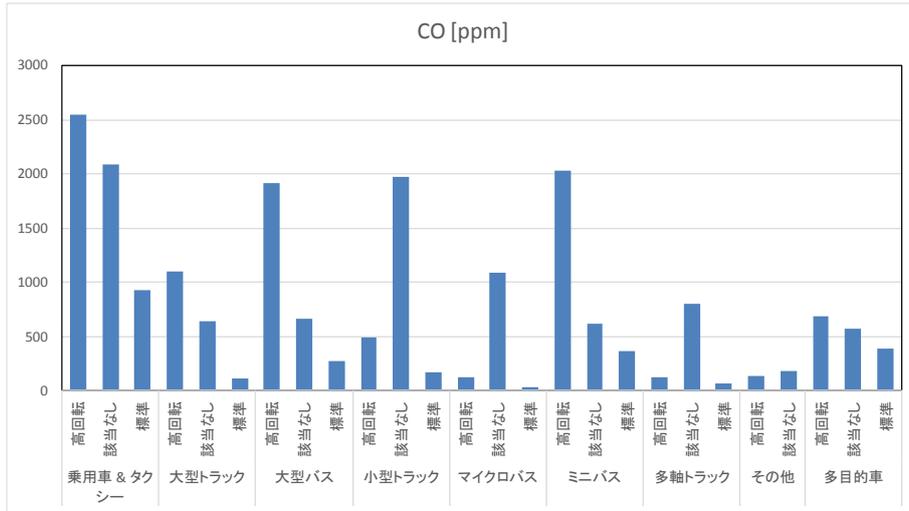
6.6.2 調査結果

車両排気ガス調査の結果を表 6.6-1、図 6.6.1、図 6.6.2、図 6.6.3 に示す。すべての車両のガスの調査結果は高濃度であった。これは、車両の燃焼効率が悪いことが原因の一つであると考えられる。排気ガス量は、大きなエンジン出力が必要とされる上り区間で増加する。CO に関しては、乗用車およびバスのガス濃度は、比較的低い値を示す一方、大型貨物車からの排出は、高濃度を示す。

表 6.6-1 自動車排ガス試験結果

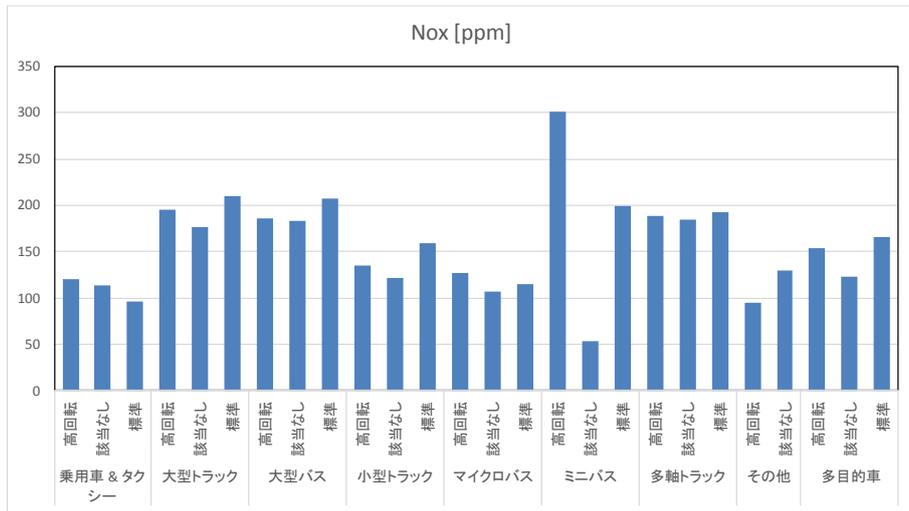
車種	測定タイプ	CO [ppm]	Nox [ppm]	SO2 [ppm]
乗用車 & タクシー	高回転	2541.51	120.94	118.76
	該当なし	2091.13	113.16	56.87
	標準	933.05	96.14	132.94
大型トラック	高回転	1104.19	195.53	58.12
	該当なし	635.93	175.97	13.44
	標準	118.80	210.34	9.82
大型バス	高回転	1913.83	185.61	20.31
	該当なし	662.53	183.07	11.71
	標準	273.27	207.32	65.16
小型トラック	高回転	488.99	134.78	7.47
	該当なし	1968.20	121.40	35.71
	標準	170.60	159.16	8.29
マイクロバス	高回転	128.47	127.31	5.19
	該当なし	1092.55	106.71	59.21
	標準	30.56	115.11	5.41
ミニバス	高回転	2035.44	301.47	65.92
	該当なし	620.93	54.03	4.07
	標準	368.58	199.80	21.71
多軸トラック	高回転	124.65	188.66	14.96
	該当なし	796.42	184.55	6.35
	標準	70.05	192.64	17.09
その他	高回転	137.67	94.55	17.08
	該当なし	179.20	129.32	12.98
多目的車	高回転	686.67	154.04	33.49
	該当なし	578.10	123.44	14.58
	標準	388.40	166.24	17.08

出典:JICA調査団



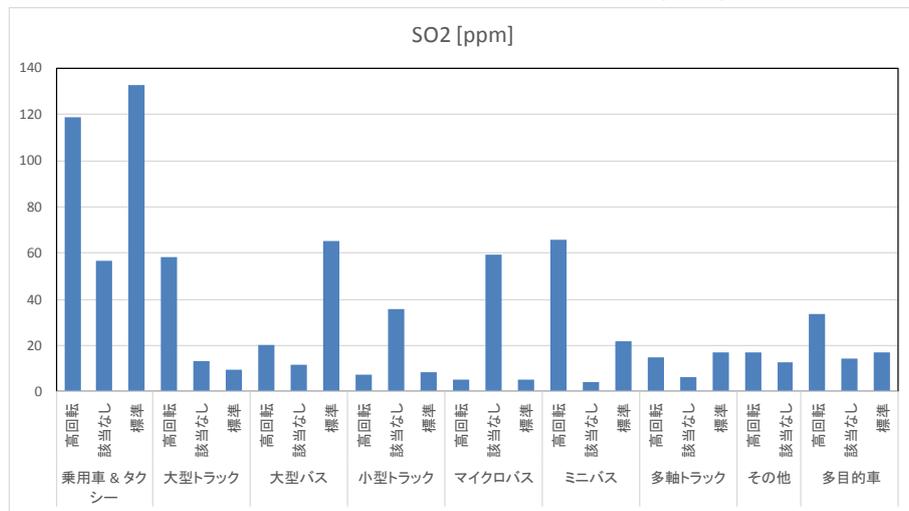
出典: JICA調査団

図 6.6.1 車両排出ガステストの結果(CO)



出典: JICA調査団

図 6.6.2 車両排出ガステストの結果(NOx)



出典: JICA調査団

図 6.6.3 車両排出ガステストの結果(SO2)

6.7 交通特性の概要

交通状況調査結果をもとに、主要な交通特性、交通量、旅行速度、OD パターンを以下に要約する。

6.7.1 交通量

- 2017年のSD道路区間の交通量は、平日で19,000～43,000台/日であった。
- サンガ地区の交通量は、平日は19,000台/日、休日は19,400台/日であり、大きな違いはみられなかった。

6.7.2 車種構成

- SD道路の交通の特徴として、大型車の車種構成比が35%～38%と比較的高いことがあげられる。
- 貨物車両の車種構成比は23%～28%、バスの車種構成比は19%～24%であった。この道路は、物流や地域住民の生活の足としての役割を果たしている。

6.7.3 旅行速度

- スルヤビナヤックーサンガ区間とサンガ峠の上り勾配部では、車両が低速走行することが確認された。
- 特にサンガ峠の上り勾配部での大型車の速度低下が著しい。

6.7.4 OD 特性

- サンガ区間を通過する主な交通は、カトマンズ&ラティプールとカブレパランチョーク間であり、短いトリップであった。
- この傾向は、乗用車、バス、トラックでも同様であった。また、インドから出入りする車両はほとんどみられなかった。

6.7.5 シンズリ道路開通の影響

予備調査および本調査で実施した交通量調査結果をもとに、交通量の推移をまとめた結果を、表6.7-1と図6.7.1に示す。

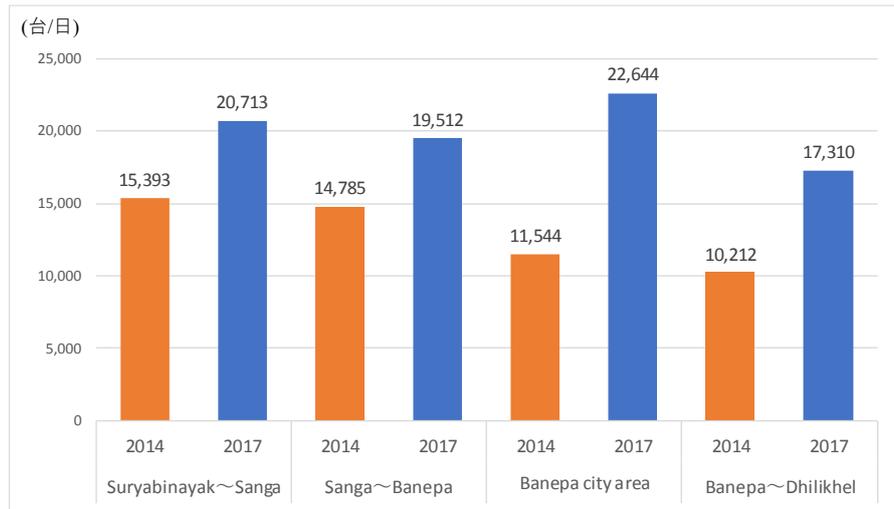
- 両調査の観測月が異なることを考慮しても、交通量は2014年から2017年に大きく増加したといえる。
- ドゥリケル交差点でのシンズリーカトマンズ方面の利用交通量は4,109台/日（オートバイを除く）であった。
- そのうち、サンガ区間を使用した交通量は、OD調査結果によると839台/日であることから、サンガ区間では、シンズリ道路の開通の影響は限定的であるといえる。

表 6.7-1 SD 道路における交通量の推移 (平日)

(台/日)

	年	オートバイ	乗用車 & タクシー	ビッグアップ トラック	マイクロバス	ミニバス	大型バス	小型 トラック	大型 トラック	多軸 トラック	その他	合計
Suryabinayak~Sanga	2014	8,076	2,837	916	98	1,045	202	650	1,324	69	176	15,393
	2017	10,784	4,179	1,012	532	603	815	444	2,098	187	59	20,713
Sanga~Banepa	2014	7,813	2,429	935	150	1,179	163	430	1,449	42	195	14,785
	2017	9,746	3,798	1,264	527	30	1,354	472	2,051	232	38	19,512
Banepa city area	2014	6,161	1,818	690	148	955	108	515	964	20	165	11,544
	2017	12,093	4,054	1,502	531	403	1,103	430	2,218	213	97	22,644
Banepa~Dhilkhel	2014	5,361	1,739	528	127	979	42	466	860	16	94	10,212
	2017	8,851	3,108	884	470	520	630	523	2,170	48	106	17,310

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 6.7.1 SD 道路における交通量の年間変動 (平日)

第 7 章

交通需要予測

第7章 交通需要予測

7.1 交通需要予測の分析手法

本章では、ネ国の社会経済フレームと調査団が実施した追加交通状況調査の結果に基づき、将来の交通需要を予測した。

初めに、将来の交通需要に関連する社会経済フレームの検討を行った。次に、社会経済フレームと実際の交通量との関連について回帰分析により関連性を確認し、交通量の増加率を設定した。将来交通量は、現況交通量をもとに交通量増加率を乗じて基本となる将来交通量を設定し、現在閉鎖中の中国国境からの貨物交通や大型車に通行規制が掛かっているシンズリ道路について、閉鎖や通行規制解除を考慮して予測した。

7.2 社会経済フレームと開発計画

7.2.1 社会経済フレーム

将来の交通需要予測に用いる関連指標の社会経済フレームは、過去の統計データの傾向やネ国政府の各当局の計画に基づいて設定した。将来の交通需要予測に用いた指標は、以下の表に示す人口とGDPとした。

表 7.2-1 人口フレーム

年	中央部 (百万人)	成長率	東部 (百万人)	成長率	total (million)	成長率
2017	10.73	-	6.18	-	16.91	-
2022	11.62	1.6%	6.48	0.9%	18.10	1.4%
2027	12.39	1.3%	6.77	0.9%	19.16	1.1%
2032	13.08	1.1%	7.00	0.7%	20.08	0.9%
2037	13.79	1.1%	7.21	0.6%	21.00	0.9%
2042	14.50	1.0%	7.42	0.6%	21.92	0.9%

出典: GON, National Population and Housing Census 2011に基づいたJICA調査団の推定

表 7.2-2 GDP フレーム

年	GDP (億)	成長率
2017	743	-
2022	904	4.0%
2027	1,074	3.5%
2032	1,245	3.0%
2037	1,408	2.5%
2042	1,555	2.0%

*At basic price (constant)

出典: JICA調査団の推定

7.2.2 開発計画

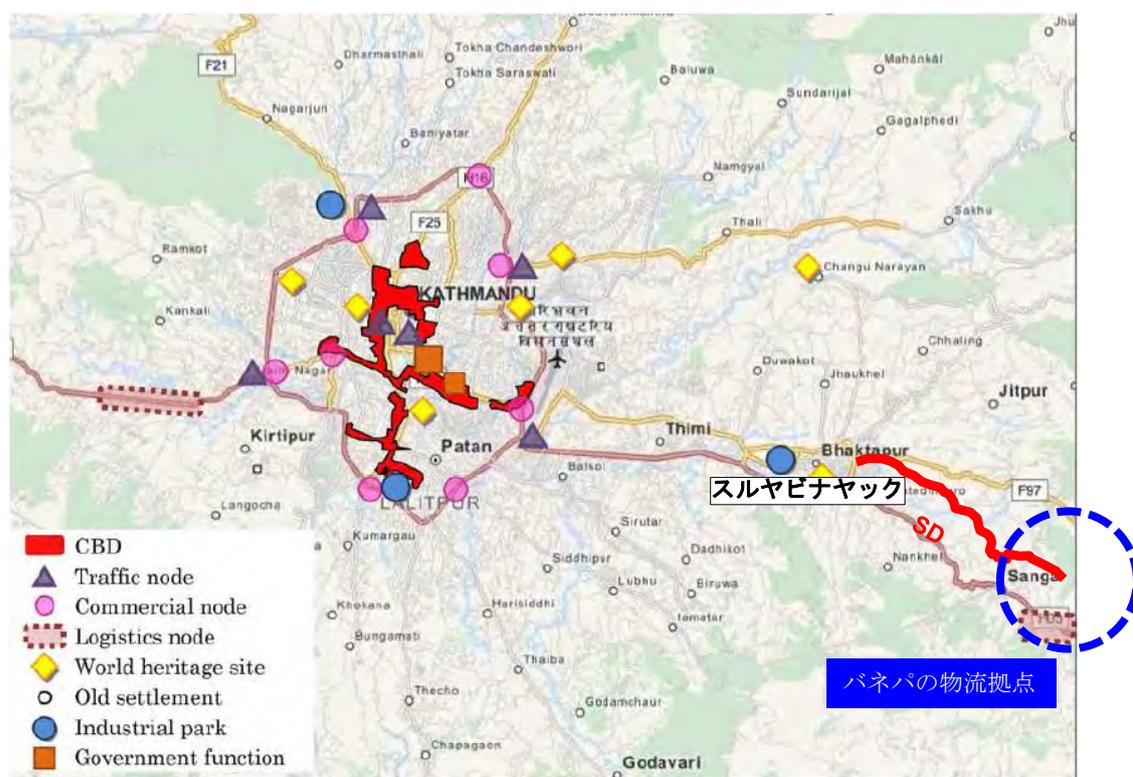
本節では、SD道路の交通に影響を与えることが想定される開発計画について整理する。

(1) 道路網計画

SD 道路の計画に影響を及ぼすことが予想される道路計画として、3.5 (4) に示す外郭道路 (ORR) の計画が進められている。ORR の全長は 73km で、バクタプールの区間は SD 道路と重複している。しかし、重複する区間は SD 道路の終端の短い区間であることから、SD 道路の交通へ与える影響は少ないと考える。

(2) 物流拠点

物流機能の 1 つが、バネパ地区の SD 道路沿いに計画されている。開発者は、盆地に適切な物流施設がないため、高速道路の ROW を使用している。バネパ地区にある物流拠点の計画内容は明確になっていない。



出典: JST, 20 year Strategic Development M/P for KV, Open Street Map

図 7.2.1 盆地における既存の都市機能分布と拡張

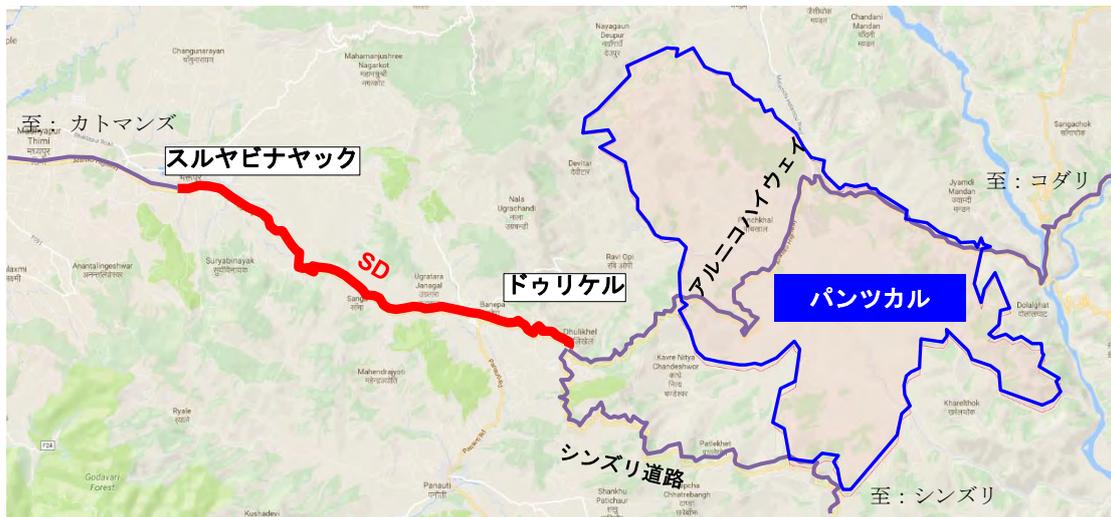
(3) 特別経済区域 (SEZ)

ネ国政府は、外国人投資家や投資家が輸出促進に貢献するための特別経済区域 (SEZ) の概念を採用し、産業部門と事業部門に投資による、特別経済区域を設立する計画である。現在、政府はいくつかの地方の経済特区の建設場所を確定している。

産業省 (Ministry of Industry) は、3 州のパンツカルで SEZ 設立の実現可能性調査を完了した (図 7.2.2)。産業省は第 1 段階で 2 州のシマラと 3 州のパンツカルにおける SEZ の建設を優先している。

パンツカル SEZ の概要を表 7.2-3 に示す。パンツカル SEZ が稼動すると、50 以上の大規模な工場が立地するとされている。また、中国から輸入品のための倉庫設備を提供することが可能とな

る。さらに GON はパンツカルに石油タンクを建設する予定である。パンツカル SEZ は SD 道路の東側に位置するため、パンツカル SEZ が稼動した場合、SD 道路に大きな影響を与えると考えられる。例えば、工場が位置し 1ha 当たり 15T.E の貨物車が発生すると仮定すると、750T.E/日の新たな需要が生じる。しかし、パンツカル SEZ の詳細な計画内容は公表されていない。中国原材料を使って中国に商品を製造し輸出することが目的であるという報道もあり、その場合は、SD 道路への影響は小さいと考えられる。



出典: JICA 調査団

図 7.2.2 パンツカルの位置

表 7.2-3 パンツカル SEZ の概要

パンツカル SEZ :	
位置	Hokse V.D.C, パンツカル Kavrepalanchowk 地区のパンツカル Bazaar から東へ 3 km。
土地面積	約 50 ha
進捗状況	フィージビリティ・スタディ、環境影響評価継続中、土地取得

出典: GON (Special Economic Zone Development Committee); Special Economic Zones (SEZs) in Nepal

(4) その他の注意事項（アルニコハイウェイとシンズリ道路の通行規制）

アルニコハイウェイの中国国境では、地震の被害により国境施設が閉鎖されており、現時点では回復の見込みはない。また、昨年、国境付近の同じ道路で橋が崩壊した。ネ国側は国境施設の復旧を要請しているが、復旧にかなりの時間を要する見込みである。また、中国側の国境施設も移転する予定もある。交通安全の観点から、シンズリ道路は MOPIT 傘下の運輸管理部によって規制されている。（トラック通行禁止、35人以上のバスの通行禁止、夜間通行止め）。

7.3 交通量の伸び

一般に、人口や GDP の伸びや変化などの経済活動により、交通量は増加する。この節では、過去の交通データや関連指標の回帰分析に基づき、前節のフレームワーク調査で推定された将来の関連指標値に基づいて、将来の交通量を予測する。

将来交通需要予測は、車種毎に実施する。分析に用いる交通量は、1993年、2012年、2014年の交通量調査結果と本調査で実施した2017年の交通調査結果を用いた。但し、貨物車については、2014年の交通量調査時に運送業者のストライキがあったことから、通常の値ではないと判断し、2014年の交通量は用いないこととした。

また、この分析に使用された交通量の観測点は、過去の調査が行われた唯一の場所であるバクタプール東とした。過去の調査は16時間の観測であったため、分析には16時間の交通量を使用した。

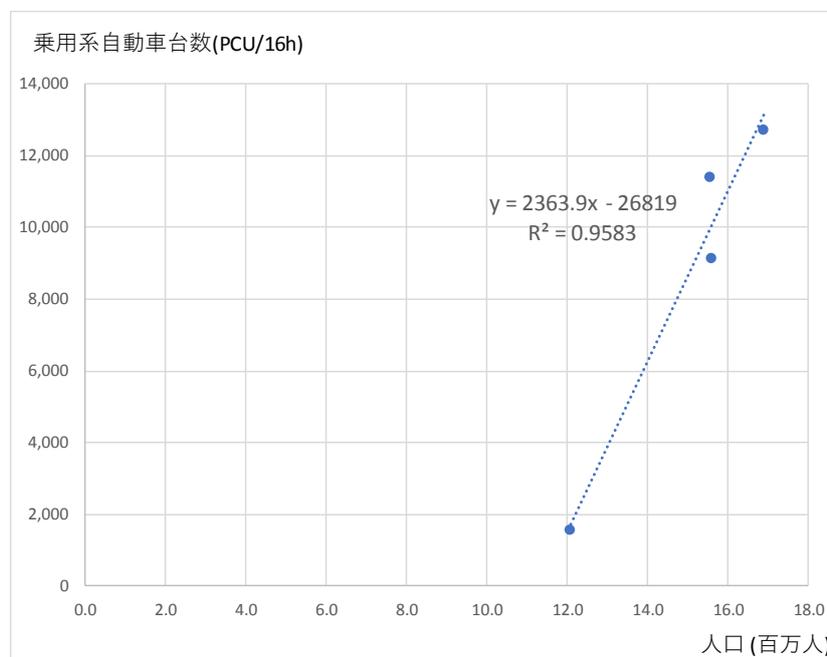
7.3.1 乗用系自動車

対象車両は、オートバイ、乗用車、タクシー、マイクロバス、ミニバス、大型バスとした。このタイプの車は、比較的短距離および中距離旅行に使用される。交通量増加に関連する指標として、中部地域と東部地域の人口を用いた。過去の人口と交通量を表7.3-1に示す。予測モデルは図7.3.1に示すように推定した。表7.3-2にこの予測モデルを用いて推定した将来の乗用系自動車の成長率を示す。

表 7.3-1 過去の人口と交通量

年	人口 (百万人)	乗用系自動車 (台/16h)	PCU (PCU/16h)
1993	12.1	987	1,555
2012	15.6	12,869	11,403
2014	15.6	10,236	9,161
2017	16.9	13,925	12,749

出典: JICA調査団



出典: JICA調査団

図 7.3.1 乗用系自動車の推定結果

表 7.3-2 将来の乗用系自動車の成長率

年	乗用系自動車 (PCU/16h)	成長率
2017	12,749	-
2022	15,959	4.6%
2027	18,474	3.0%
2032	20,652	2.3%
2037	22,827	2.0%
2042	25,003	1.8%

出典: JICA調査団

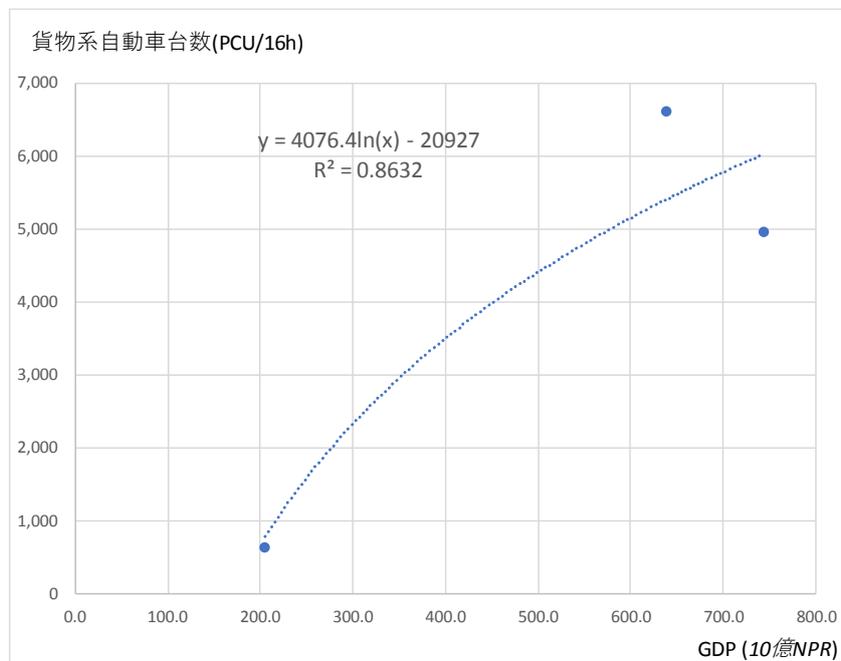
7.3.2 貨物系自動車

対象車両は、軽貨物車、貨物車、多軸貨物車を含む貨物車である。貨物輸送量の増加に関連した指標として、ネ国の GDP を用いた。過去の GDP と交通量を表 7.3-3 に示す。予測モデルは図 7.3.2 に示すように推定した。表 7.3-4 にこの予測モデルを用いて推定した将来の貨物系自動車の成長率を示す。

表 7.3-3 過去の GDP と交通量

年	GDP (10億 NPR)	貨物系自動車 (veh./16h)	PCU (PCU/16h)
1993	205.0	280	629
2012	638.0	3,723	6,607
2017	743.0	1,828	4,957

出典: JICA調査団



出典: JICA調査団

図 7.3.2 貨物系自動車の推定結果

表 7.3-4 将来の貨物系自動車の成長率

年	貨物系自動車 (PCU/16h)	成長率
2017	4,957	-
2022	6,820	6.6%
2027	7,521	2.0%
2032	8,124	1.6%
2037	8,627	1.2%
2042	9,031	0.9%

出典: JICA調査団

7.4 国境の交通状況

ネ国南部とカトマンズまでの交通状況は、シンズリ道路の開通（2015年3月）に伴い大きく変化している。また、対象事業路線のスルヤビナヤックドゥリケル間の道路が改修されることにより、走行性および旅行時間が改善され、ネ国南部のタライ地域からの道路利用者の増加、物流促進およびSD道路周辺の開発が期待される。

一方、シンズリ道路起点部のバルディバス側からインド国境までの道路状況および国境施設の状況が不明確である。

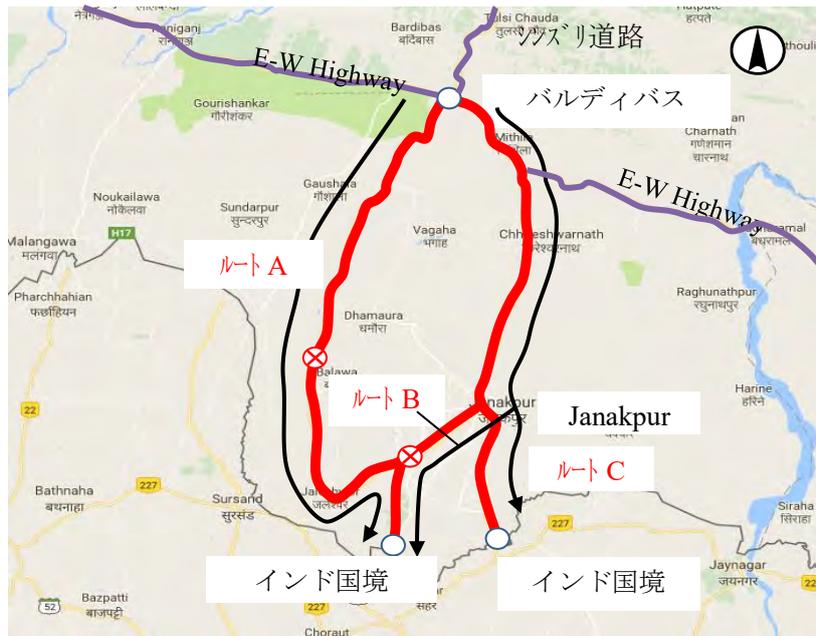
2017年8月13日-14日、JICA調査団はインド国境の道路状況と交通状況の調査を実施した。ネ国南部では、8月11日以降に発生した断続的な集中豪雨により、洪水や地すべりが発生していた。シンズリ道路を利用してバルディバスに向かう途中、いくつかの砕石場があり、そこから土砂や石材を運ぶ貨物車を確認した。



出典: JICA調査団, 2017/8/13

写真 7.4-1 土砂や石材を運ぶ貨物車 (シンズリ道路)

以下に示すインドとの国境につながる3つのルートについて、調査を実施した。



出典: JICA調査団

図 7.4.1 現地踏査調査区間

ルート A は、道路幅員が 2 車線程度であり、路面状態は荒れていた。このルートでは、物資を運ぶ小型貨物車を確認した。途中、道路の水没により、このルートでインド国境まで行くことが出来なかった。



出典: JICA調査団, 2017/8/13

写真 7.4-2 道路交通状況 (ルート A)



出典: JICA調査団, 2017/8/13

写真 7.4-3 水没による道路閉鎖 (ルート A)

ルート B、C のバルディバスー ジャナクプール間は、十分な道路幅員の確保と舗装により、走行性は良好であった。大型貨物車の利用も確認できた。



出典: JICA調査団, 2017/8/14

写真 7.4-4 道路交通状況 (ルート A,B: バルディバスー ジャナクプール)

ルート B のジャナクプールーインド国境間の道路幅員は4車断面程度あり、大型貨物車の利用には十分な幅員が確保されていた。しかし、路面は未舗装であり荒れた状況であった。一部の区

間では、レンガによる舗装箇所がみられた。また、ルート A は中途、洪水の影響によりボックス橋梁が流されている箇所があり、このルートでインド国境までたどり着くことができなかった。この落橋の影響もあり、ルート B では大型貨物車の走行を確認できなかった。



出典: JICA調査団, 2017/8/14

写真 7.4-5 道路交通状況 (ルート B)



出典: JICA調査団, 2017/8/14

写真 7.4-6 落橋の状況 (ルート B)

ルートCは、今回調査した3つのルートの中で最も幅員が狭く（2車断面程度）、大型貨物車の走行は確認できなかった。



出典: JICA調査団, 2017/8/14

写真 7.4-7 道路交通状況（ルートC）

今回調査を実施した3つのルートでは、大型貨物車の走行を確認できなかった。今回の調査の結果、大雨と洪水の影響を差引いても、今回調査した3つのルートは、インドとネ国を結ぶ主要な物流ルートとして利用されていないと考える。但し、現在の道路幅員を考慮すると、ルートBでは大型車が利用するための十分な幅員が確保されていることから、道路改良や舗装改良により走行性の向上を図ることにより、物流ルートとしての利用も可能であると考えられる。

現在の物流の大動脈は、次のルートと考える（図 7.4.2）。現在、インドからの主要流通経路はパタライヤーヘタウダナラヤングードーカトマンズで、所要時間は約7時間41分である。シンズリ道路（パタライヤーバルディバースドゥリケルカトマンズ）を経由すると、所要時間は約6時間49分となり、現在の主要ルートより約52分短縮することが可能である。シンズリ道路の大型車通行規制が解除されると、インドとカトマンズの間には2つの物流ルートが形成されることとなり、災害時のリダンダンシーが図られ、カトマンズへの物資の安定供給が可能となる。



出典: JICA調査団、所要時間はマップによる

図 7.4.2 主要な物流ルート

表 7.4-1 カトマンズとインド国境間の所要時間

ルート		距離 (km)	旅行時間	旅行速度 (km/h)
西周りルート	Pathalaya～Hetauda～Narayangadh～Kathmandu (E-W Highway～Prithvi Highway)	256	7:41	33.3
	Bardibas～Pathalaya～Hetauda～Narayangadh～Kathmandu (E-W Highway～Prithvi Highway)	289	9:26	30.6
	Pathalaya～Hetauda～Kathmandu (E-W Highway～Tribhuvan Highway～Prithvi Highway)	162	6:09	26.3
	Bardibas～Pathalaya～Hetauda～Kathmandu (E-W Highway～Tribhuvan Highway～Prithvi Highway)	195	7:54	24.7
東周りルート	Pathalaya～Bardibas～Dhulikhe～Kathmandu (E-W Highway～Sindhuli Road～SD Road)	287	6:49	42.1
	Bardibas～Dhulikhe～Kathmandu (Sindhuli Road～SD Road)	188	5:04	37.1

出典: JICA 調査団

7.5 交通需要予測

7.5.1 交通量の増加率

社会経済フレームに基づく交通モデルの結果を表 7.5-1 に示す。将来の交通需要は、交通量増加率を 2017 年の現況交通量 (AADT) の交通量調査に乗じることにより推定する。

表 7.5-1 SD 道路の交通量の増加率

	2017-2022	2022-2027	2027-2032	2032-2037	2037-2042	2042-
オートバイ	4.6%	3.0%	2.3%	2.0%	1.8%	1.8%
乗用車・タクシー	4.6%	3.0%	2.3%	2.0%	1.8%	1.8%
ピックアップトラック	4.6%	3.0%	2.3%	2.0%	1.8%	1.8%
マイクロバス	4.6%	3.0%	2.3%	2.0%	1.8%	1.8%
ミニバス	4.6%	3.0%	2.3%	2.0%	1.8%	1.8%
大型バス	4.6%	3.0%	2.3%	2.0%	1.8%	1.8%
小型トラック	6.6%	2.0%	1.6%	1.2%	0.9%	0.9%
大型トラック	6.6%	2.0%	1.6%	1.2%	0.9%	0.9%
多軸トラック	6.6%	2.0%	1.6%	1.2%	0.9%	0.9%
その他	4.6%	3.0%	2.3%	2.0%	1.8%	1.8%

出典: JICA 調査団

2017 年 8 月に実施した交通量調査結果をもとに、季節変動係数を用いて ADT から AADT に変換した。季節変動係数については、ネ国で一般的に使用されている値を採用した (表 7.5-2)。2017 年の現況交通量 (AADT) を表 7.5-3 に示す。

表 7.5-2 季節変動係数

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
係数	0.93	0.91	0.91	0.9	0.92	0.93	1.19	1.24	1.14	1.06	1.04	0.98

出典: DOR, HMIS Traffic Database

表 7.5-3 年平均日交通量 (2017)

単位: pcu./日

区間	1.オートバイ	2.乗用車 &タクシー	3.ピックアップ トラック	4.マイクロ バス	5.ミニバス	6.大型バス	7.小型 トラック	8.大型 トラック	9.多軸 トラック	10.その他	合計
Suryabinayak～Sanga	8,565	3,397	804	415	477	652	343	1,660	142	47	16,503
Sanga トンネル区間	7,601	2,871	1,223	418	951	142	460	1,578	83	63	15,392
Sanga～Banepa	7,701	3,066	994	414	92	1,012	373	1,618	173	32	15,474
Banepa 市街地	9,628	3,381	1,159	444	411	809	346	1,792	163	76	18,207
Banepa～Dhilkhel	7,173	2,542	706	385	427	502	412	1,751	40	84	14,023

出典: JICA 調査団

7.5.2 料金徴収によるトンネル利用率への影響

サンガトンネルの通行料金を設定するために、サンガトンネル区間の便益を分析した。ここで分析する便益は、走行費用削減便益と走行時間短縮便益であり、便益額内でサンガトンネルの通行料金を設定する必要がある。また、料金の設定においては、ナグドゥンガトンネルの料金設定を参考とする。ここで設定された走行経費原単位（VOC）と旅行時間原単位（TTC）は、第21章で詳述する。サンガトンネルの便益額と通行料金を表 7.5-4 に示す。便益分析の結果、料金は小型車で 30 NPR、大型車で 40 NPR と設定した。

表 7.5-4 サンガトンネルの便益額と通行料金

便益		勾配 (%)	距離 (km)	単位	乗用車 & タクシー	ピックアップトラック	マイクロバス	ミニバス	大型バス	小型トラック	大型トラック	多軸トラック	その他	
走行便益	現在道路	2.5	0.85	(NPR)	21.9	21.9	28.9	47.0	71.2	29.1	91.2	91.2	21.9	
	走行費	5.5	2.55	(NPR)	80.1	80.1	126.0	312.0	612.8	121.6	535.7	535.7	80.1	
	total	3.40	3.40	(NPR)	102.0	102.0	154.9	359.1	684.0	150.7	626.9	626.9	102.0	
	トンネル利用	3.5	1.26	(NPR)	27.9	27.9	35.9	46.8	61.9	38.3	89.8	89.8	27.9	
	走行費	3.5	1.89	(NPR)	37.7	37.7	48.4	55.9	67.8	52.3	102.4	102.4	37.7	
total	3.15	3.15	(NPR)	65.5	65.5	84.3	102.7	129.7	90.6	192.2	192.2	65.5		
旅行費用削減便益				(NPR)	36.5	36.5	70.6	256.4	554.3	60.1	434.7	434.7	36.5	
時間便益	現在道路経由	走行速度	0.85	(km/h)	27.7	27.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	27.7	
		走行時間	2.55	(分)	14.6	14.6	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	14.6
	トンネル経由	走行速度	1.26	(km/h)	60.0	60.0	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	60.0	
		走行時間	1.89	(分)	80.0	80.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	80.0	
	短縮時間				(分)	9.6	9.6	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	9.6	
	分当り便益額				(NPR/分)	19.7	15.2	22.6	51.8	54.9	5.5	7.2	7.9	10.4
	時間便益額				(NPR)	189.9	146.6	320.6	733.6	778.0	78.3	101.5	111.6	100.1
	便益額合計			(A)	(NPR)	226.4	183.1	391.2	990.0	1332.2	138.5	536.1	546.2	136.6
	通行料金額			(B)	(NPR)	30	30	30	40	40	30	40	40	30
	料金率			(B/A)	(%)	0.13	0.16	0.08	0.04	0.03	0.22	0.07	0.07	0.22

出典: JICA 調査団

また、サンガトンネルの利用車両は、以下のように設定した。

- オートバイのサンガトンネルの利用は、DOR の指示により禁止。
- 地元住民が使用するマイクロバスとミニバスは、現道を 50% 利用。
- サンガ地区に発着する交通は、現道を利用。
- 上記以外の交通は、基本的にサンガトンネルを利用

上記の考え方にに基づき、トンネル利用率を表 7.5-5 に示す。

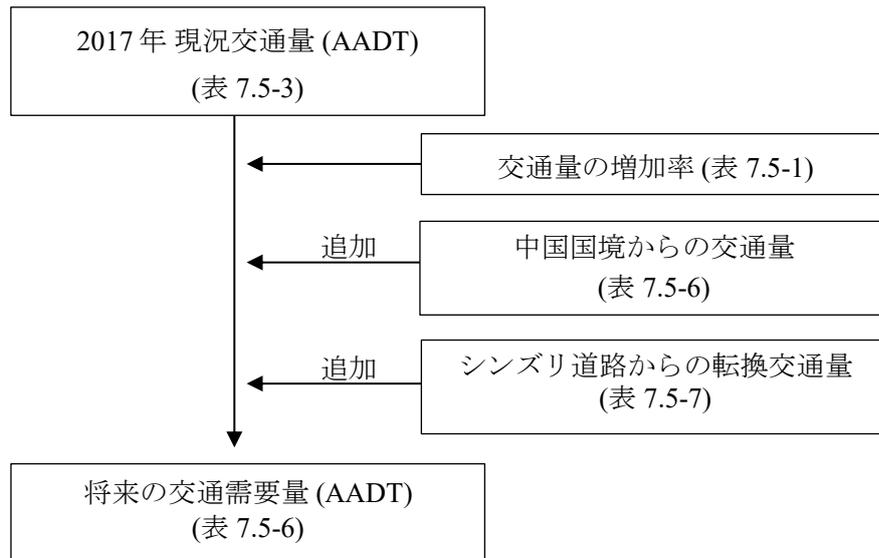
表 7.5-5 サンガ区間の総交通量に対するトンネル利用率

車種	乗用車 & タクシー	ピックアップトラック	マイクロバス	ミニバス	大型バス	小型トラック	大型トラック	多軸トラック	その他
トンネル利用率	95%	95%	50%	50%	100%	95%	99%	99%	100%

出典: JICA 調査団

7.5.3 将来需要予測

将来交通量の推計方法を図 7.5.1 に示す。基本的に、2017 年の現況交通量に成長率を乗じて将来の基本的な交通量を推定する。さらに、中国国境からの大型貨物車（2025 年以降）と大型車の通行規制が解除された時のシンズリ道路からの転換交通（2037 年以降）を考慮した。また、SD 道路の供用は 2025 年とした。



出典: JICA調査団

図 7.5.1 将来需要予測の手順

現在、中国国境は閉鎖中のため、2017年の現況交通量には、中国との国境交通は含まれていない。したがって、今後のSD道路の各区間の交通量推定には、将来の国境からの交通量を追加する必要がある。主に貨物車である中国国境から交通量を推計するために、実際の輸出入量データ（表 7.5-6）を持つ税関データに基づいて、現在の貨物輸送量を推計した。また、中国国境の閉鎖の解除は2025年と仮定した。

さらに、ネ国の南部で発生した交通の内、現在シンズリ道路を利用していない交通の一部がシンズリ道路を利用するようになると想定する。シンズリ道路ヘルート変更する交通量は、2015年のナグドゥンガトンネル調査（表 7.5-7）で実施されたOD調査結果に基づいて設定した。また、シンズリ道路が2037年に大型車の通行規制を解除すると仮定した。

表 7.5-6 中国国境からの交通量 2017 (AADT)

(台/日)

	オートバイ	乗用車 & タクシー	ピックアップ トラック	マイクロ バス	ミニバス	大型バス	小型 トラック	大型 トラック	多軸 トラック	その他	合計
中国国境	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	128

出典: JICA調査団

表 7.5-7 シンズリ道路からの転換交通量 2017 (AADT)

(台/日)

	オートバイ	乗用車 & タクシー	ピックアップ トラック	マイクロ バス	ミニバス	大型バス	小型 トラック	大型 トラック	多軸 トラック	その他	合計
シンズリ道路	0	0	0	0	0	87	0	306	232	0	625

出典: JICA調査団

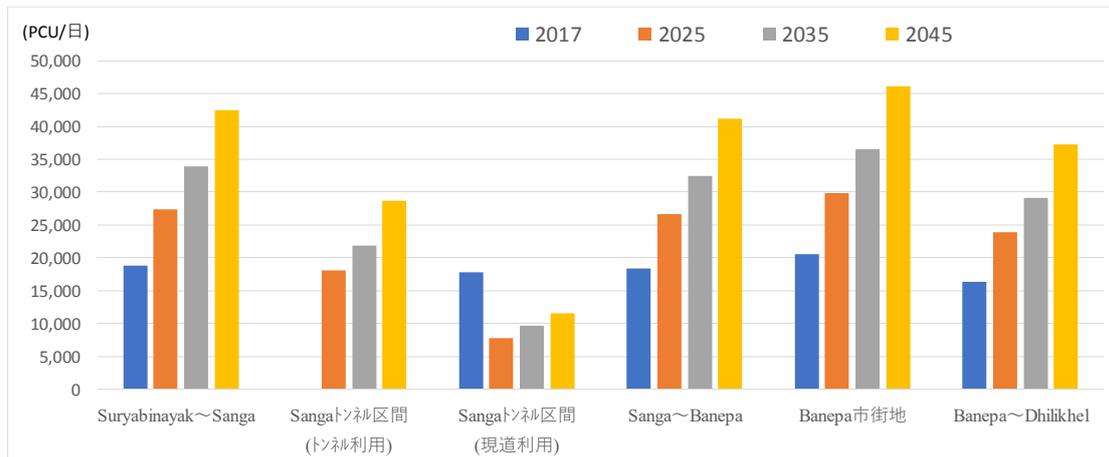
将来の交通需要を表 7.5-8 および図 7.5.2 に示す。7.5.2 節で記載したとおり、サンガトンネル区間では、近隣住民が頻繁に利用するマイクロバスやミニバスが現在の道路を利用していると考えられるため、サンガトンネルの設計交通量には含まれない。

表 7.5-8 区間別の将来交通量

単位: PCU/日

	Suryabinayak～Sanga	Sangaトンネル区間 (トンネル利用)	Sangaトンネル区間 (現道利用)	Sanga～Banepa	Banepa市街地	Banepa～Dhilikhel
2017	18,891	0	17,791	18,327	20,626	16,398
2025	27,425	18,075	7,772	26,633	29,887	23,941
2035	33,913	21,862	9,757	32,534	36,567	29,197
2045	42,451	28,644	11,517	41,176	46,049	37,196

出典: JICA調査団



出典: JICA調査団

図 7.5.2 SD 道路の各区間の将来交通量

7.5.4 SD 道路に期待される機能

6.7 節で述べたように、本調査で行った交通調査によると、スルヤビナヤックとドゥリケル間の現道は、物流と生活の面で使用されており、そのトリップ長は短い。その理由の1つは、中国国境とシンズリ道路の交通規制によるものである。将来の需要予測では、これらの規制は、将来解除されるものと想定した。

物流面では、インドからの主要流通経路は、ビルガンジ～パタライヤ～ヘタウダ～ナラヤンガード～カトマンズであり、シンズリ道路の交通規制が解除されれば、ビルガンジ～カトマンズ間の移動時間は西回りと東回りでは大きな違いはなく、シンズリ道路を利用した東回りへの変換は十分可能性があるとして予想できる。これが実現すれば、インドとカトマンズを結ぶ2つの流通経路が形成されるとともにリダダンシーも確保され、安定した物資供給が可能となる。その結果、SD 道路では、貨物車の需要が現況よりも多くなり、インドや中国からの物流の一部を担うことが予想される。

また、SD 道路周辺には、物流拠点や特別経済特区の計画もあり、貨物車の需要が増加すると予想される。

さらに、SD 道路沿いの開発が進むことにより、生活面での住民の利用が増加すると考えられる。観光面では、シンズリ道路沿線の風景は非常に美しく魅力的であるため、シンズリ道路の交通規制は観光産業に大きな影響を与えていると考える。シンズリ道路の交通規制が解除されると、観光バスが増加することが予想される。

第 8 章

自然条件調査

第8章 自然条件調査

8.1 地形測量

8.1.1 調査概要

既往準備調査では、道路幅 50m（道路の中心からそれぞれ 25m）を範囲とした地形測量を行った。しかし、本調査による変更の影響により、以前の測量で作成された地図では完全に対応することはできない。特に、当初バイパス計画が提案されていたサンガ区域では現道の北側の地形図が作成されており、線形の大幅な変更が必要である。

そのため、既往調査で作成した地形図に加えて、本調査で追加検討が必要と考えられる地域において測量を実施した。

8.1.2 調査項目および調査範囲

調査項目・範囲を表 8.1-1 に示す。

表 8.1-1 調査項目・範囲

項目	数量	単位	備考
1. 中心線線形測量	3.7	km	暫定ベンチマーク 2 箇所
2. 中心線縦断測量	3.7	km	
3. 計画測量	123	ha	図 8.1.1 のハイライト領域
4. 詳細計画測量	8	ha	
5. 地形図作成	1	set	
6. 報告書等作成			

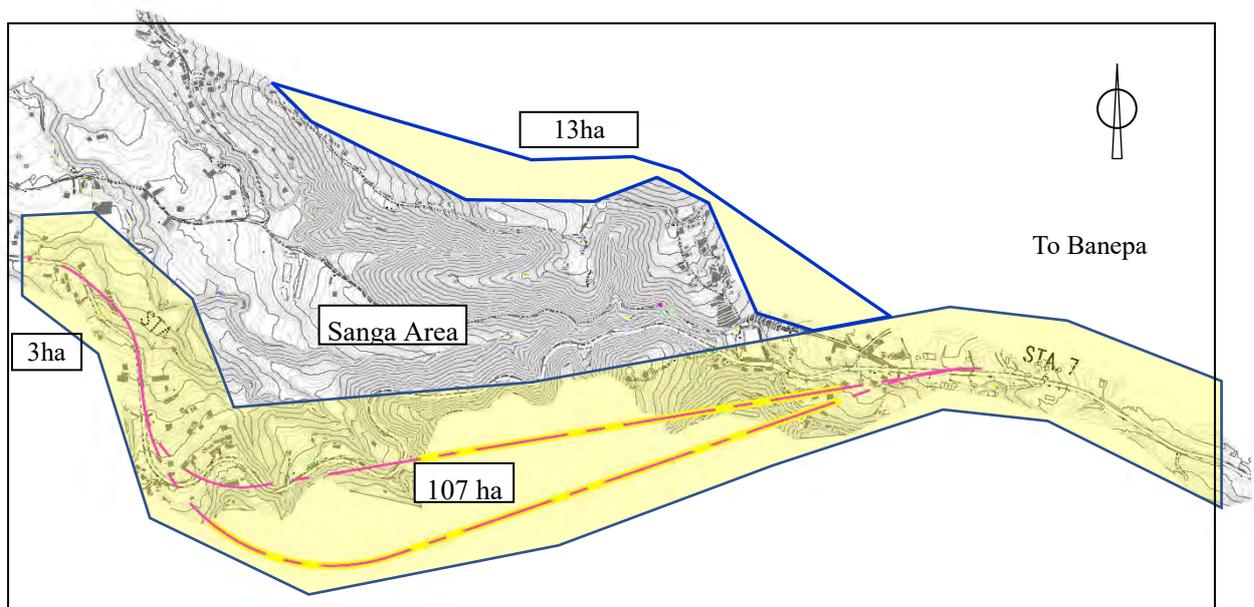


図 8.1.1 地形測量調査エリア

8.1.3 調査方法

(1) コントロールポイントの設定

平面方向および縦断方向に新しく 2 箇所のコントロールポイントが設定された。コントロールポイントの座標は、測量局により作成されたネパール全国距離座標地を参照している。

(2) 中心線線形測量

線形の予備比較測量のため、全長 3.7 km の中心線線形測量を実施した。

(3) 中心線縦断測量

線形の予備比較測量のため、全長 3.7 km の中心線縦断測量を実施した。

(4) 計画測量

3 箇所で計 123ha のエリアにおいて、山間部で 1m、平地で 0.5 m の等高線間隔にて測量を実施した。測量項目を以下に示し、測量結果を地形図に示す。

- 道路側木、チャタラス、森林面積
- 電柱、電話柱、マンホール
- 橋梁、排水渠、交差排水
- 路側道路、合流道路、線路
- 建造物、納屋、仮設工事、壁、境界線
- 寺院、神社、彫像
- 落差、標高変化
- 井戸、水源
- 河川、小川、自然排水など

(5) トンネル坑口測量

トンネル坑口の 2 箇所の提案位置において、1:1,1000 尺度の地形測量を行った。測量はそれぞれ約 40,000m²の範囲にて実施した（合計面積 8ha）。

(6) 測量結果

現地測量によって得られたデータを集計し、既往準備調査のデータと整合性を確保した上で、全ての情報を組み込んだ地形図を作成した。地形図は AutoCAD DWG 形式で作成されている。

8.2 地質調査

8.2.1 調査目的

地質調査の目的は、調査対象地域での地形と地質に関するデータを収集し、現地地表地質踏査および物理探査を実施、さらに調査結果の検討、解析を行い、トンネルの設計に資することである。

8.2.2 調査対象地域

地質調査対象地域は、カトマンズ盆地東端のサンガ峠を中心とする範囲で、面積約 3.45 km² (図 8.2.1 のオレンジ色の矩形で示す) としている。地表地質踏査、ボーリング、物理探査などの実施位置検討のため、地質技術者、トンネル技術者、道路技術者との打合せ、現地協議等を行った。

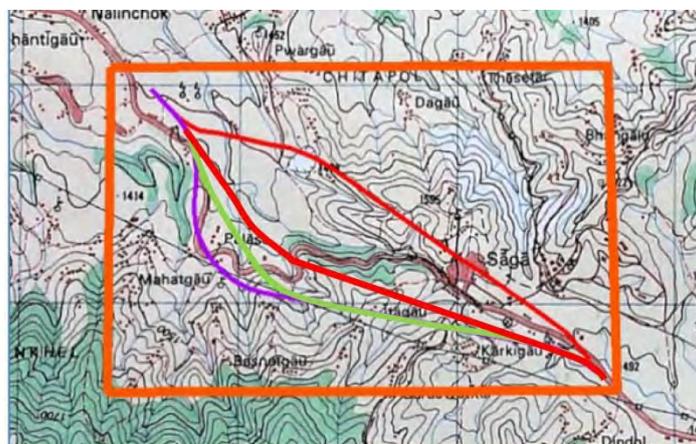


図 8.2.1 調査範囲

現地地質踏査の一環として、現道斜面の現況調査を実施した。サンガ峠を通過する現道の谷側斜面は森林におおわれており、斜面の実態を見ることは出来ない。谷底から道路を見上げると、現道路肩から谷底まで連続する崩壊地が数箇所確認され、崩壊地の下端では護岸工が、崩壊地の中段には擁壁工などの崩壊防止工事が施工されている。谷側斜面が急斜面なこともあり、崩壊が拡大すると、道路の流失など、長時間におよぶ通行止めも発生することが懸念される。



図 8.2.2 現道谷側斜面の崩壊地



図 8.2.3 崩壊防止の擁壁工

8.2.3 調査内容

調査項目と調査数量を表 8.2-1 に、調査位置を示した平面図および断面図を図 8.2.4、図 8.2.5 に示す。

表 8.2-1 調査項目一覧

項目	内容	単位	数量	備考
1.資料収集	<ul style="list-style-type: none"> 地形図 空中写真 	式	1	測量局
2.現地踏査	<ul style="list-style-type: none"> 地表地質踏査 	km ²	3.45	踏査
3.ボーリング	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直ボーリング 傾斜ボーリング 	本(m)	1本 30m 5本 250m 1本 100m 2本 100m	標準貫入試験、 孔内透水試験
4.電気探査		測線 (m)	3測線 1200m	2極法
5.物理探査	<ul style="list-style-type: none"> 微動アレー探査 PS 検層 	個所 (m)	6 103	アレーサイズ 3-10m
6.土質試験	<ul style="list-style-type: none"> 一軸圧縮試験 土質試験 	試料	47 19	ボーリングコア SPT 土壌試料
7.地下水調査	<ul style="list-style-type: none"> 現地踏査 	式	1	井戸、河川調査

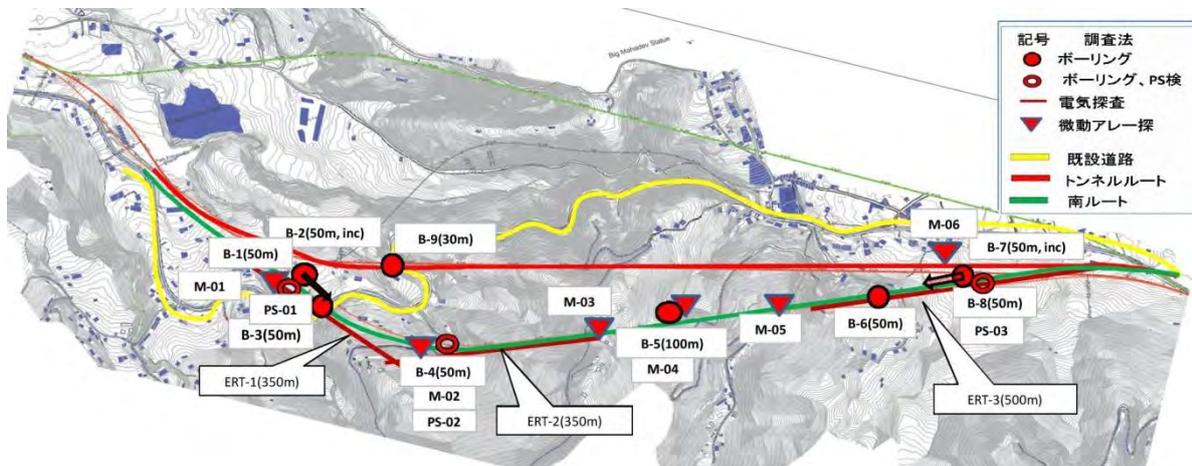


図 8.2.4 地質調査位置図

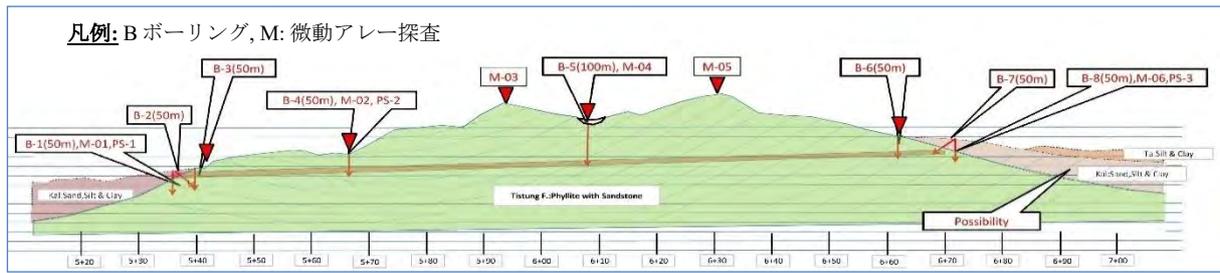


図 8.2.5 地質調査位置断面図

8.2.4 調査方法

(1) 資料収集

調査対象地域であるサンガ地域の地形資料として、測量局から次の資料を収集した。

- ・ 地形図（縮尺 1 : 50,000）
- ・ 空中写真（東ネパール地形マッピングプロジェクト Nov.1992）

(2) 現地踏査

現地踏査はサンガ峠を中心とした、面積約 3.45km² の範囲で実施した。地表地質踏査は、調査地域の地形観察を行うと同時に、地表に分布する地質の種類と分布範囲、地すべり地の分布、崩壊しやすい地域の分布、断層や井戸、湧水などの諸情報を得るために実施した。現地踏査から得られた諸情報は、トンネルルートを検討やボーリング位置の決定等に使用した。

(3) ボーリング

ボーリングは、現地地質踏査結果を参考にして、選定されたトンネルルートに沿って実施した。概要は下記のとおり。

- ・ トンネルの坑口となる起点部と終点部では鉛直ボーリングおよび傾斜ボーリングを実施
- ・ トンネルルート中央付近の谷部では、トンネル予定深度付近の地質状況を確認するために 100m におよぶ深部ボーリングを実施。
- ・ 鉛直ボーリングでは、表層の風化岩などを対象に、標準貫入試験（SPT）および孔内透水試験を実施。

表 8.2-2 ボーリング調査概要

位置	種別	掘削方向	深さ(m)	位置		備考
				緯度	経度	
B-1(50m)	鉛直		50	27.383683	85.280474	3 透水試験
B-2 (50m)	傾斜 (60 deg)	N30W	50	27.383626	85.280508	
B-3 (50m)	鉛直		50	27.383488	85.280507	3 透水試験
B-4 (50m)	鉛直		50	27.382907	85.281272	1 透水試験
B-5(100m)	鉛直		100	27.382612	85.282736	6 透水試験
B-6 (50m)	鉛直		50	27.382329	85.284402	3 透水試験
B-7 (50m)	傾斜 (60 deg)	N80W	50	27.382324	85.284838	
B-8 (50m)	鉛直		50	27.382321	85.284869	3 透水試験
B-9(30m)	鉛直		30	27.383526	85.281129	
合計			480			

(4) 電気探査

電気探査では、地盤の硬軟、破碎帯位置などの概要を調査した。調査はトンネルルートを中心線に沿って直線方向に調査することが望ましいため、曲線部を避け、3本の直線区間を設定して実施した。概要を表 8.2-3 に示す。

表 8.2-3 電気探査調査数量一覧

測線		長さ(m)	位置		備考
			緯度	経度	
ERT-1s	始点	350	27.383744	85.280365	
ERT-1e	終点		27.382814	85.281038	
ERT-2s	始点	350	27.382902	85.280773	
ERT-2e	終点		27.382692	85.282044	
ERT-3s	始点	500	27.382412	85.283715	
ERT-3e	終点		27.382109	85.285502	
合計		1200			

(5) 物理探査

地盤の物性値を得るために、物理探査（微動アレー探査、PS 検層）を実施した。微動アレー探査は、トンネルルート両坑口付近、トンネルルート沿いの谷底や尾根上など被りの薄い箇所や厚い箇所において計 6 箇所を実施し、PS 検層は、トンネルルートの始点部、終点部およびトンネルの被りの薄い 3 箇所を実施した。探査は掘削されたボーリング孔内で行われた。調査実施箇所を図 8.2.4 および図 8.2.5 の位置図に示し、調査の概要を表 8.2-4 に示す。

表 8.2-4 物理探査実施終了および実施位置一覧

調査手法	番号	単位	数量	位置		備考
				緯度	経度	
微動アレ ー探査	M-01	式	1	27.383683	85.280474	ボーリング番号：B-1
	M-02	式	1	27.382907	85.281272	ボーリング番号：B-4
	M-03	式	1	27.382703	85.282166	尾根上
	M-04	式	1	27.382612	85.282736	ボーリング番号：B-5
	M-05	式	1	27.382479	85.283577	尾根上
	M-06	式	1	27.382321	85.284869	ボーリング番号：B-8
PS 検層	PS-1	M	43	27.383683	85.280474	ボーリング番号：B-1
	PS-2	M	30	27.382907	85.281272	ボーリング番号：B-4
	PS-3	M	40	27.382321	85.284869	ボーリング番号：B-8

(6) 土質試験

土質試験は、ボーリング掘削で実施した標準貫入試験で得られた土質試料を用いて室内の土質試験室で実施した。加えて、ボーリングコアのうち長さ 10cm 以上のものを選び、一軸圧縮試験を実施した。試験数量を表 8.2-5 に示す。

表 8.2-5 土質試験実施数量一覧

ボーリ ング番 号	粒度分析	液性、塑 性限界試 験	自然含水 比	比重試験	かさ比重 測定	一軸圧縮 強度試験	孔内透水 試験
B-1	4	2	2	4	2	1	2
B-2	0	-	0	0	0	2	0
B-3	4	1	2	4	3	0	3
B-4	1	-	1	1	0	0	1
B-5	0	0	0	0	0	25	6
B-6	4	-	2	4	2	15	3
B-7	0	0	0	0	0	2	-
B-8	3	1	0	4	0	0	4
B-9	3	0	3	3	1	2	-
Total	19	4	10	20	8	47	19

(7) 地下水文調査

トンネル掘削による水源への影響を推定するため、水文調査を実施した。調査項目は、以下の通りである。

- ・ 集落と井戸の位置
- ・ 河川や沢における取水施設の状況やその利用状況

また、地形図などを用いて、トンネル掘削による地下水位の下降範囲の検討を実施した。

8.2.5 調査結果

(1) 資料収集結果

収集された地形図および空中写真等資料の例を、図 8.2.6 に示す。収集した資料で必要なもの

は現地調査に携帯し、地質調査の基礎データとして、地形や地質の確認に加えて断層、線状模様等の推定や、水系図作成のための資料として用いた。



図 8.2.6 地形図および空中写真

(2) 現地踏査

現地踏査結果として、広域地質平面図を図 8.2.7、計画トンネルルート沿いの地質平面図を図 8.2.8 に示す。その他の調査結果は以下のとおりである。

- ・ 調査地域の基盤岩は主に千枚岩と砂岩の互層から構成される。
- ・ 広域調査では、調査地域の南西部で石灰岩層が確認された。
- ・ 表層部では風化が進み、千枚岩や砂岩は赤褐色に土壌化しているものが多く確認された。
- ・ カトマンズ側坑口部と、バネパ側坑口部のそれぞれ手前では、未固結の粘土、シルトからなるカリマティ層が分布することが確認された。
- ・ 調査地内の谷部では、崖錐堆積物が分布することが確認された。
- ・ 基盤岩となる千枚岩と砂岩の一般走向は、北西 - 南東方向であり、計画トンネルルートとほぼ一致している。
- ・ 現地踏査では、明瞭な断層や破碎帯は確認されていない。

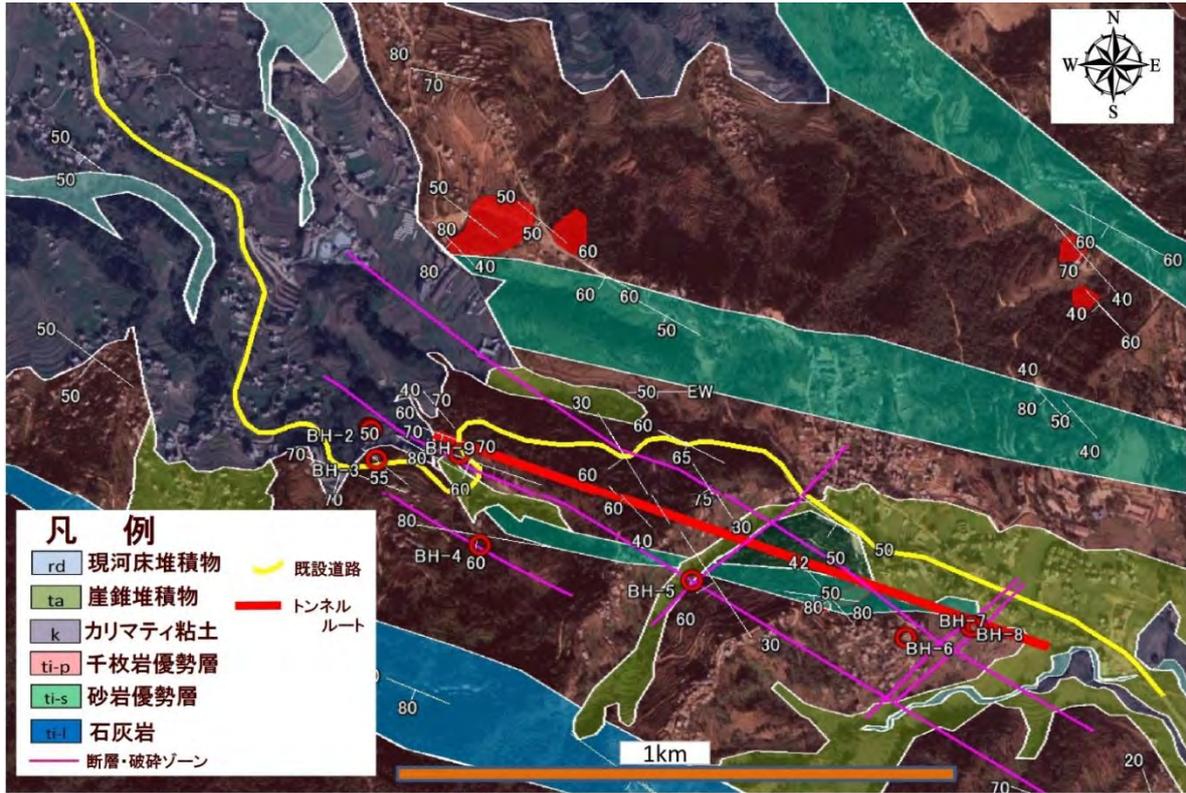


図 8.2.7 調査地域広域地質平面図

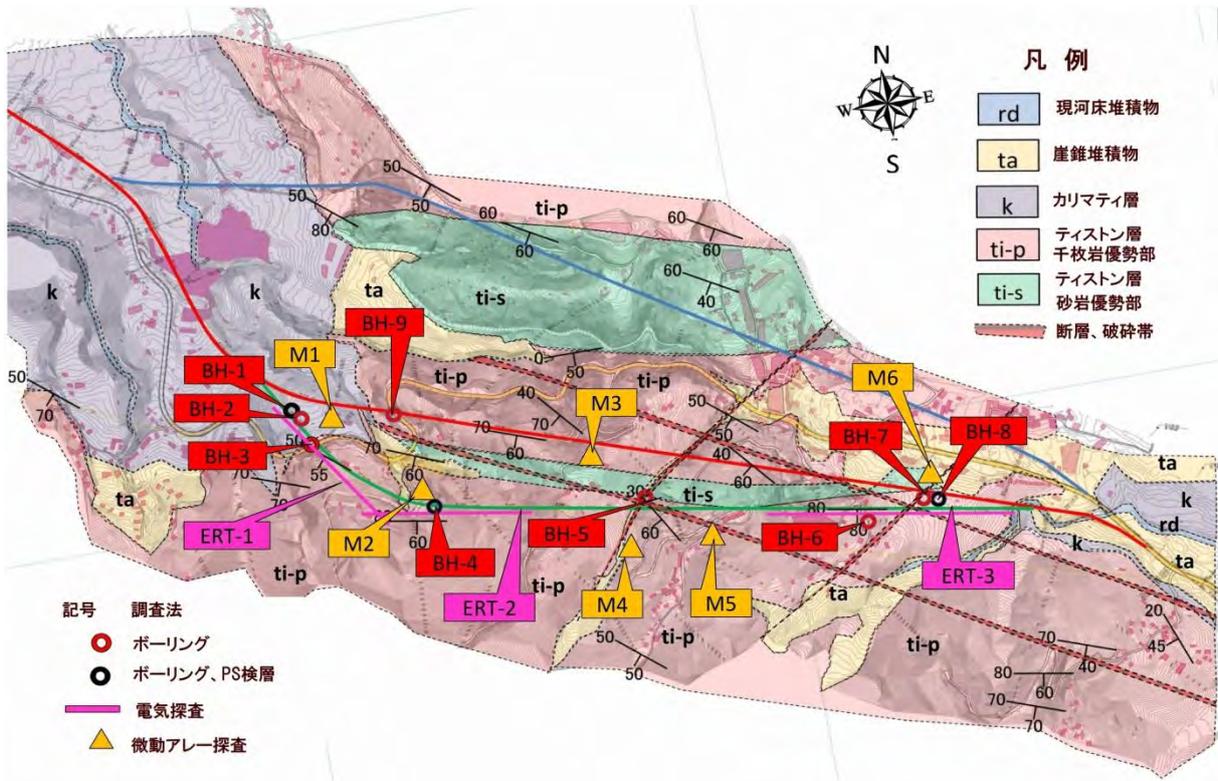


図 8.2.8 計画トンネルルート沿い地質平面図

(3) ボーリング結果

ボーリング掘削で得られたコア観察を実施した。観察結果は、ボーリング柱状図とコア写真、さらに N 値グラフとしてまとめ、孔内水位や地質分類などを記載した一覧図として、図 8.2.9 と図 8.2.10 に示した。

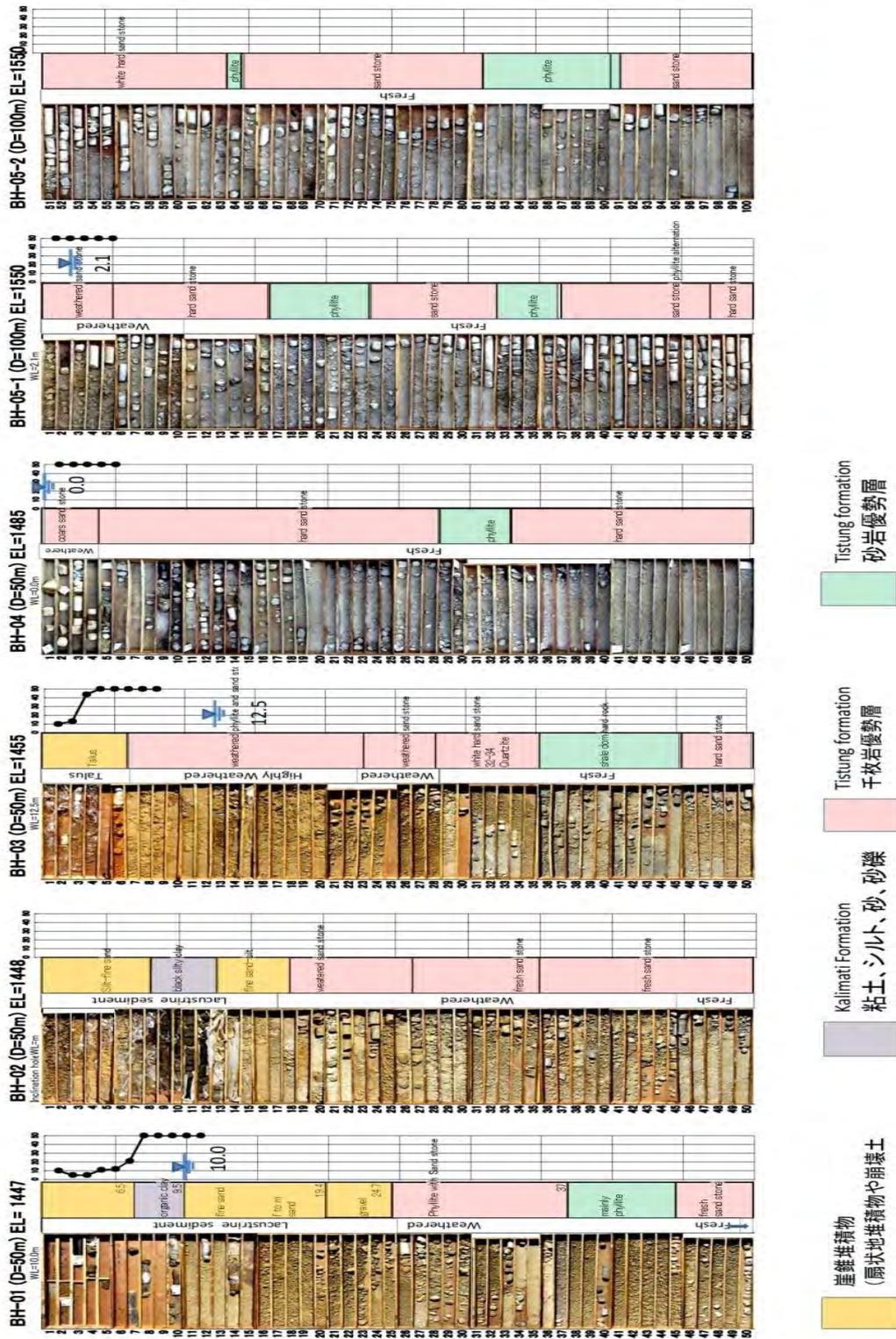


図 8.2.9 ボーリングコア一覧 (その1)

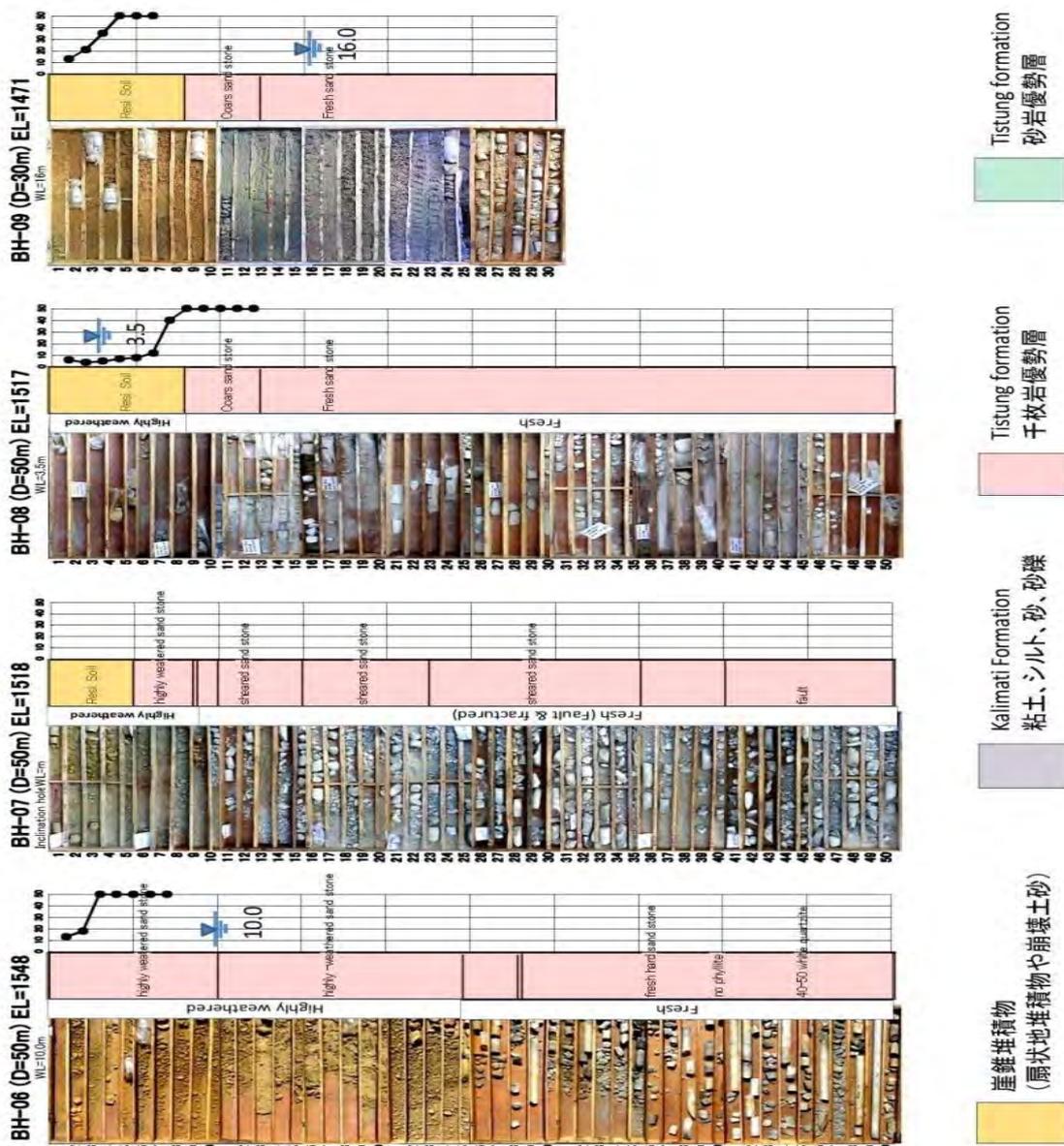


図 8.2.10 ボーリングコア一覧 (その2)

(4) 電気探査結果

電気探査はルート始点側 2 測線、終点側 1 測線の合計 3 測線で実施した。調査結果から、測線沿いでは地表部に分布する風化土壌や風化岩のおおよその層厚の推定が可能である。終点側の ERT-3 測線では、ボーリング結果も含めて考慮すると、断層の存在が推定される。調査結果の平面図を図 8.2.11 に、断面図を図 8.2.12 に示す。

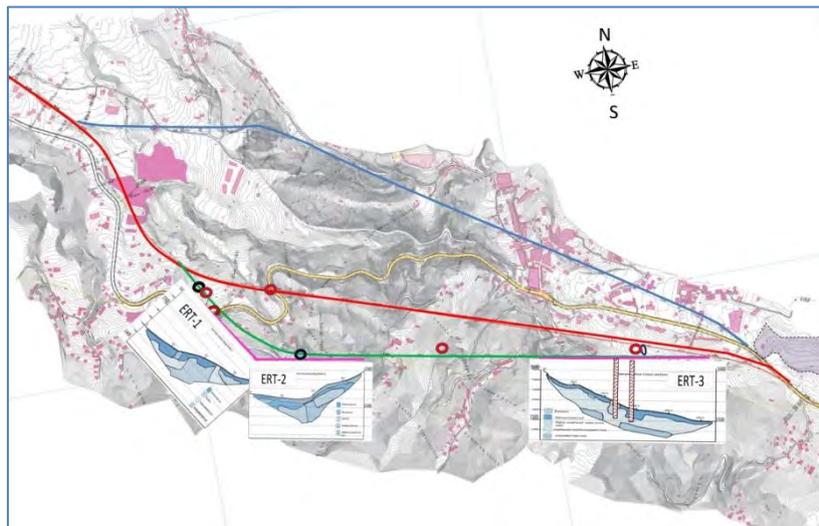


図 8.2.11 電気探査結果平面図

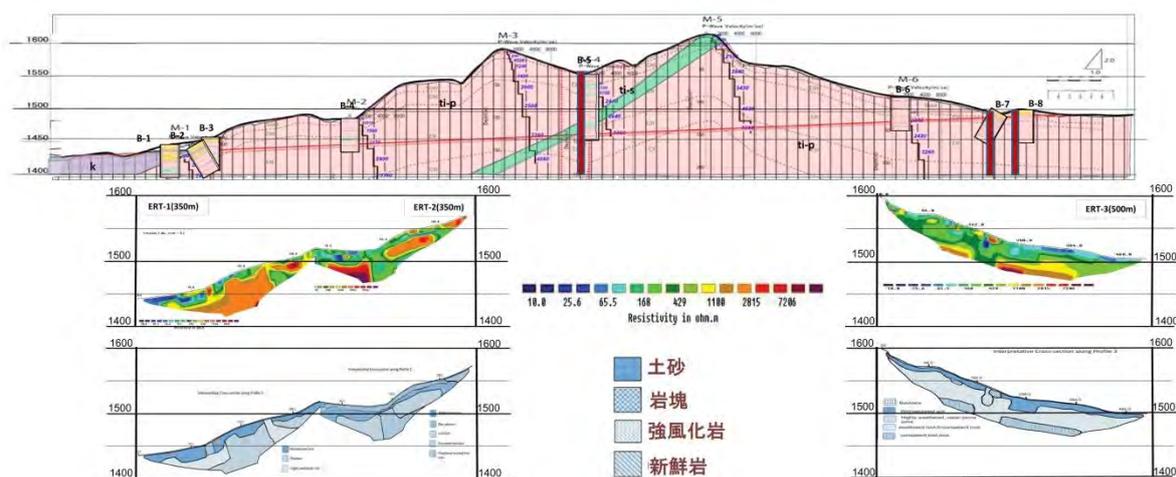


図 8.2.12 電気探査結果断面図

(5) 物理探査結果

物理探査として、6箇所での微動アレー探査、3箇所でのPS検層を実施した。これらの調査結果から、深さ方向の岩盤性状が推定された。推定結果を図 8.2.13 に示す。調査地域の岩盤は、P波速度で4層に分けることができる。表層から深部に向かって、土壌、強風化岩、風化岩、新鮮岩に分類される。

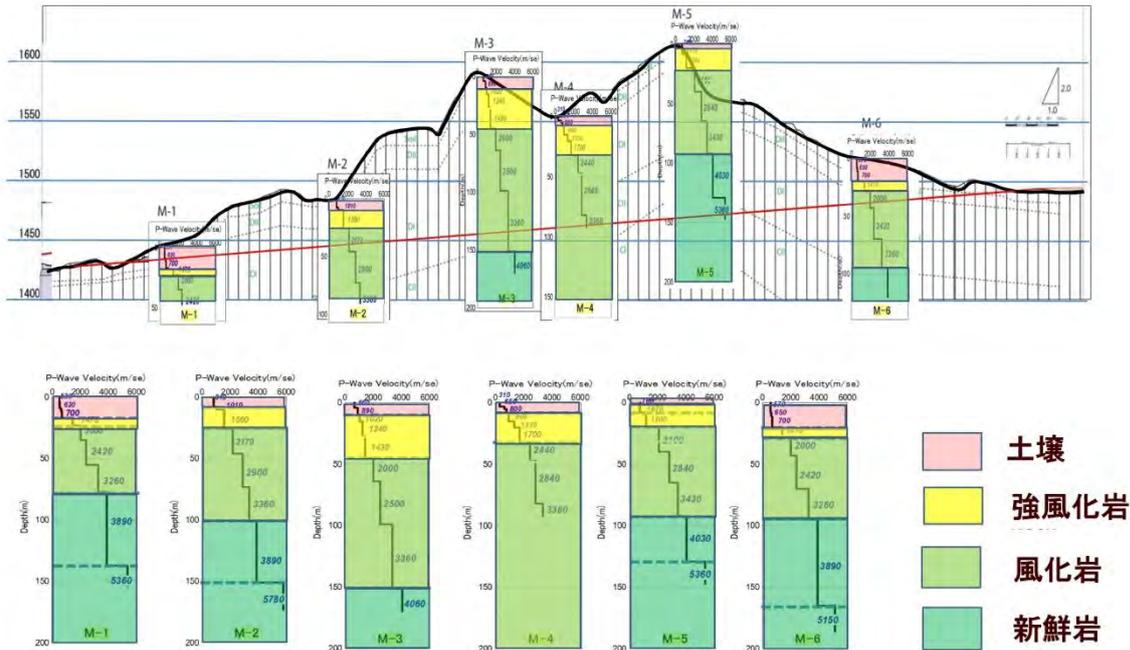


図 8.2.13 微動アレー探査による鉛直方向弾性波分布

表 8.2-6 P-波と岩盤の状態

P波速度	岩盤の状態
0.3 - 0.8 km/s	土壌
0.9 - 1.5 km/s	強風化岩
2.0 - 3.5 km/s	風化岩
3.5 - 4.0 km/s	新鮮岩

(6) 土質試験結果

土質試験結果、一軸圧縮試験結果、ボーリング孔での孔内透水試験結果を取りまとめて、表 8.2-7 に示す。

表 8.2-7 土質試験結果 (含一軸、透水試験)

自然含水比(%)	比重	かさ密度 y(t/m ³)	一軸圧縮強度 (KN/m ²)	透水係数(cm/s)
25.01	2.62	1.91	32.41	1.97E-3

- ・ 土の自然含水比、比重、かさ密度の値は、フィライトおよび砂岩の風化土壌の値を示している。
- ・ 一軸圧縮強度では、試験試料は主に硬質な砂岩であり、試験結果は一般的な値であった。
- ・ ボーリング孔の孔内透水試験結果は、割れ目の発達する基盤岩としては一般的な値である。
- ・ 各種試験の結果や試料の目視観察などから、異常値は認められていない。

(7) 地下水調査結果

トンネル掘削工事は、周辺地域の地下水位を低下させることが多く、沢水の減少や集落の水源地の枯渇を招くことがある。地下水調査結果を図 8.2.14 に示す。

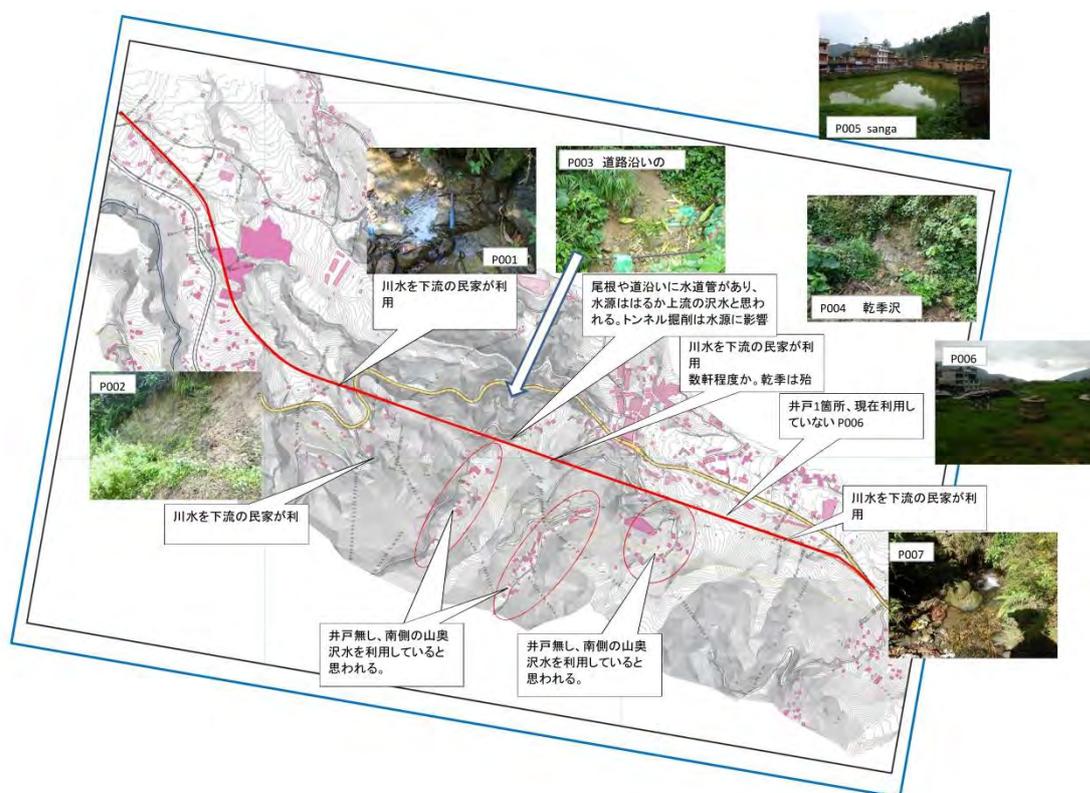


図 8.2.14 水源地調査結果

8.2.6 地質調査結果の検討

地質調査結果を用いて、計画トンネルルート沿いの地質分布および岩盤の性状を検討した。この結果を図 8.2.15、図 8.2.16 に示す。

ヒアリングによると、ルートの南側に位置する集落 2 箇所の水源は調査範囲外の南側沢水とのことであった。また、ルート北側に位置するサンガ集落の水源は北側の山地とのことである。ルート付近に小さな沢水を取水するパイプが数本確認されたが、大規模な取水施設は確認されなかった。

(1) 計画トンネルルート沿いの地質断面図の作成

1. 地質調査とボーリング調査の結果を用いて、計画トンネルルート沿いの地質断面図を作成
2. 電気探査結果に基づき、表層部における堆積物、風化岩の深さ、断層分布等を推定

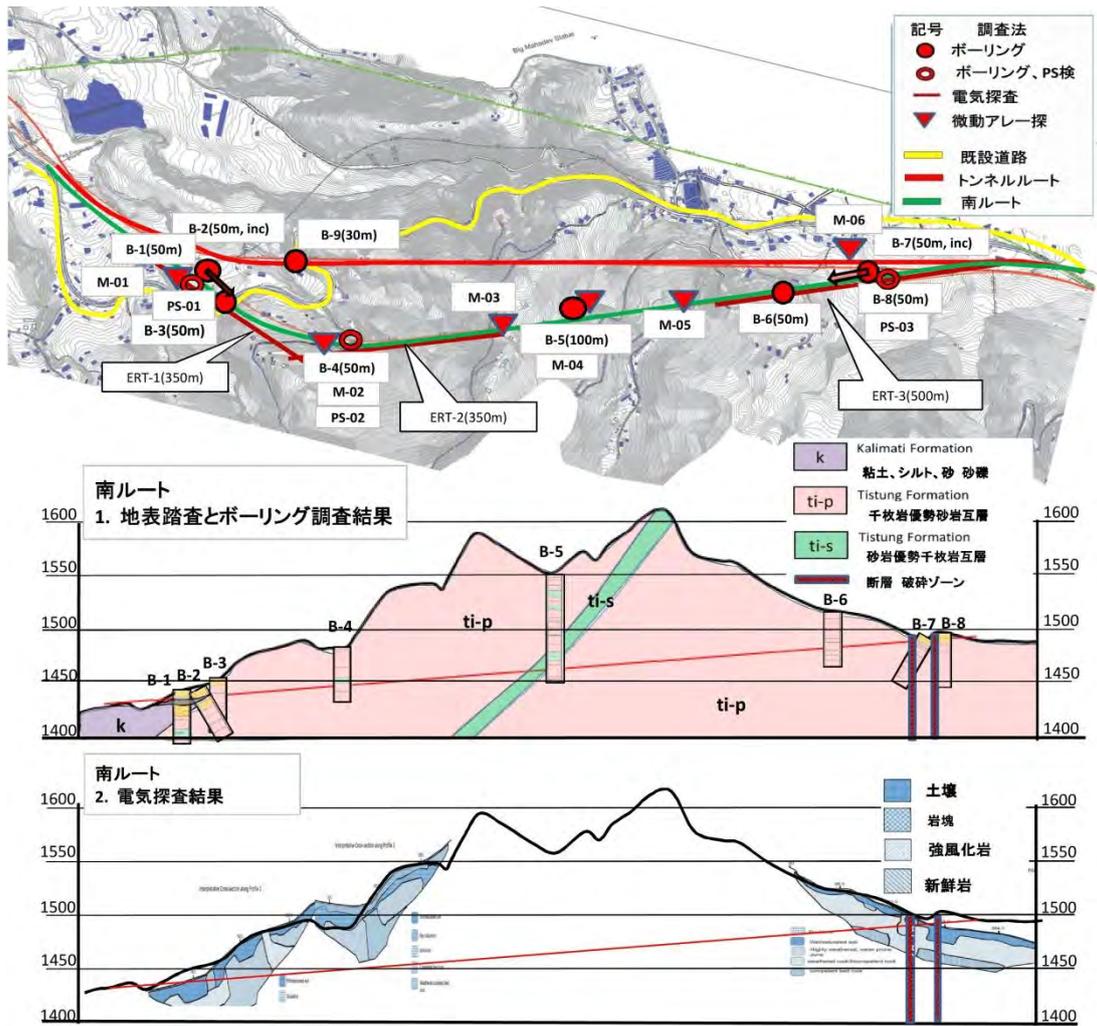


図 8.2.15 調査位置図と電気探査結果図の対比

(2) 計画トンネルルート沿いの岩盤速度層分布図の作成

1. 物理探査結果から得られた基盤岩の深度方向における弾性波速度の検討
2. 弾性波探査検討結果から、ルート沿いのP波速度層の断面図を作成

(3) 計画トンネルルート沿いの地質断面図、P-波速度層断面図の検討作成

1. 上記調査結果を検討し、隣接するルート沿いの地質断面図の作成
2. これに基づき、ルート沿いの地山弾性波速度分布断面図を作成

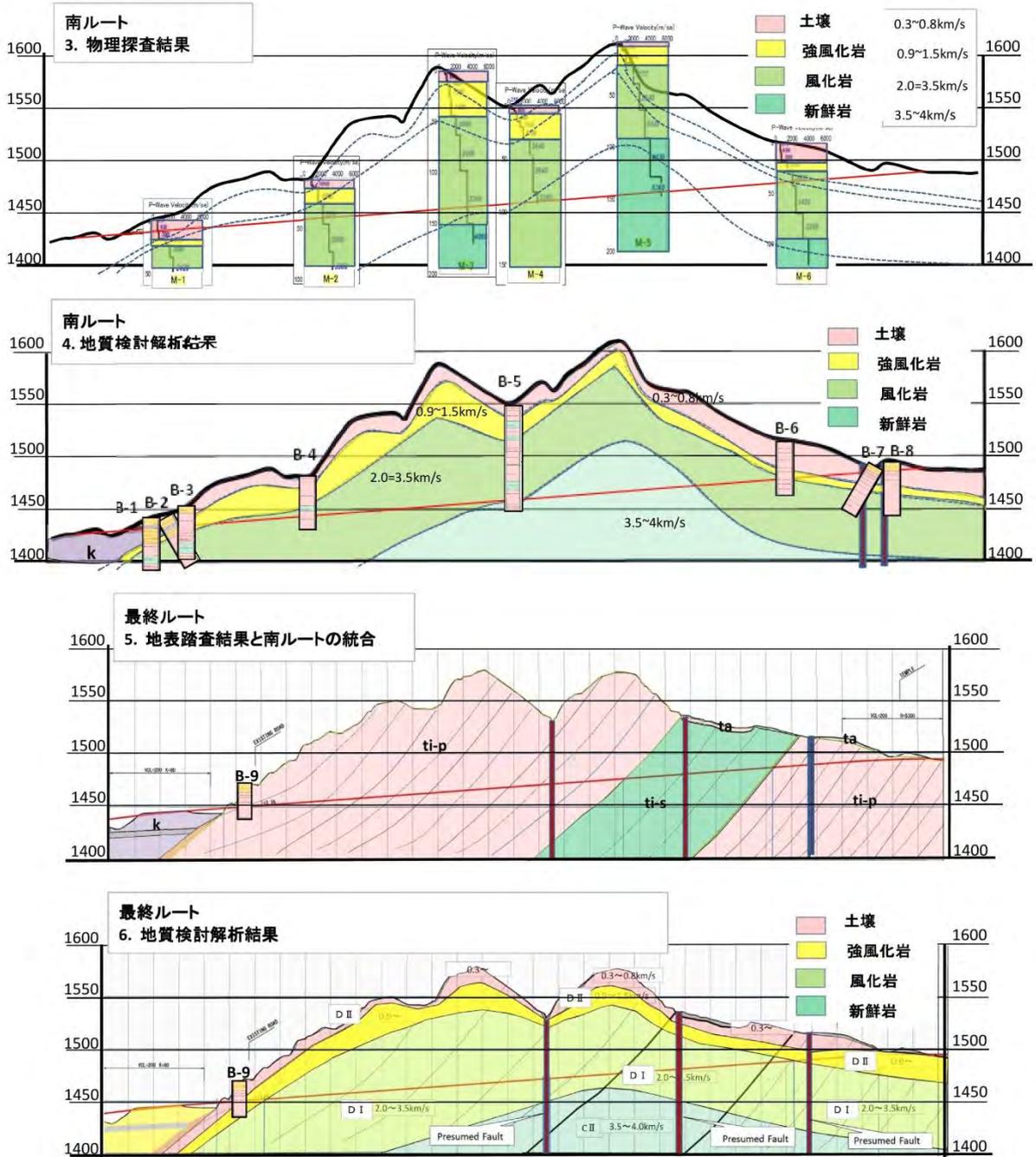


図 8.2.16 南ルート断面図と最終ルート断面図の関係

8.2.7 計画トンネルルート沿いの地質検討

計画トンネルルート沿いの地山弾性波速度分布図を作成し、トンネル計画高さにおける想定 P 波速度から、トンネル掘削における問題点を整理し、図 8.2.17 にトンネル施工面における岩盤分類図として示した。

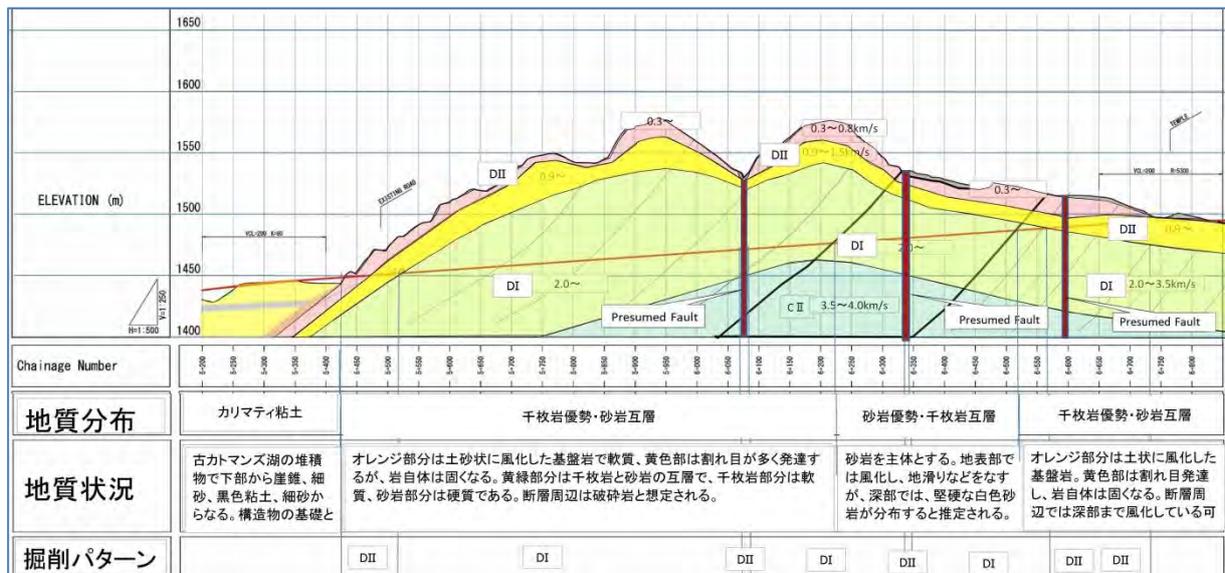


図 8.2.17 トンネル施工面における岩盤分類図

この岩盤分類図から、以下の事項が考えられる。

- ・ カトマンズ側坑口の手前には、粘土やシルトからなるカラマティ層と呼ばれる未固結層が厚く分布している。
- ・ カトマンズ側坑口部分では、坑口から 100m ほどの区間に風化した岩盤の分布が想定される。
- ・ バネパ側坑口付近では、トンネル上盤で風化岩盤層が厚く、なおかつ断層の分布も想定される。
- ・ 計画トンネルルート沿いでは、区間中央沢部とバネパ側を含めて、計 3 本の断層が想定されており、これらの個所では岩盤が破碎され脆弱化していると推定される。

8.2.8 地下水調査検討結果

トンネル掘削による周辺地域の地下水位への影響範囲を、地形図を用いて解析した。影響範囲の検討には、山岳トンネルの検討で一般的に適用される「高橋の水文学的方法」を用いた。

適用式は以下の通りである。

$$K t = R^2 / 6 H$$

ここで R : 平均流域幅 $A / 2 L$ (m)

A : 流域面積 (m²)

L : 流路長 (m)

H : 平均比高 (m)

流域形状から求めた平均流域幅 R と平均比高 H により、上記の式で H-R (K t) 曲線図を作成する。トンネル集水範囲は、トンネル横断方向の断面図を作成し、H-R 曲線をトンネル基面にあわせて図 8.2.18 のように算定する。

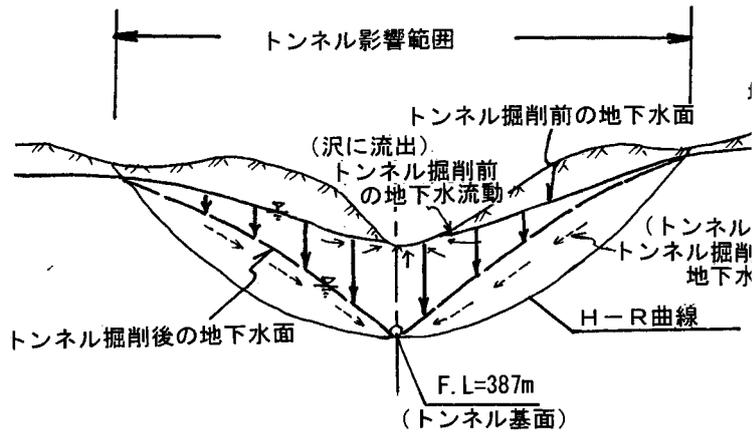


図 8.2.18 水文学的手法による影響範囲の考え方

これらの検討結果から想定されるトンネル掘削による地下水低下提供範囲を図 8.2.19 に示す。この影響範囲内に公共水源などは確認されていない。

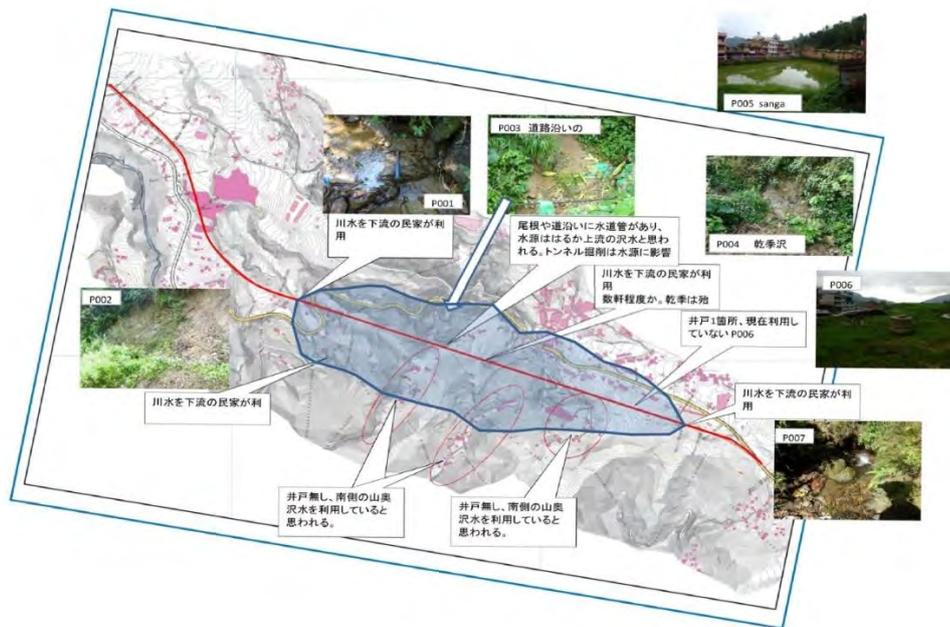


図 8.2.19 水源地調査結果とトンネル掘削による地下水影響範囲図

第 9 章

設計方針の検討

第9章 設計方針の検討

9.1 概要

本調査における既往調査からの主な変更点は、サンガ峠の既往橋梁バイパス案を新規トンネル案に変更したことである。そのため、対象道路の計画・設計方針は、サンガ区域の線形に関する調査を除き、既往調査で既に DOR との間で合意されているものから変更しない。計画・設計方針の策定にあたっては、表 9.1-1 に示すとおり、過去や進行中の同地区でのプロジェクトの事案を参照し、包括的に実施した。特に、カトマンズーバクタブル間道路改修計画は対象範囲が本事業と連続しており、その方針は本事業に参照されている。

表 9.1-1 本事業に関連する過去事業のリスト

タイプ	プロジェクト	用語
開発調査	シンズリ=バルディバス道路建設プロジェクト	1986-1988
	ナラヤンハルシューミュリング ハイウェイ災害リスクマネジメント調査	2007-2009
無償資金協力	シンズリ=バルディバス 道路建設プロジェクト(第1区間)	1995-1997
	シンズリ=バルディバス 道路建設プロジェクト(第4区間)	1997-2001
	シンズリ=バルディバス 道路建設プロジェクト(第4区間)	2003
	シンズリ=バルディバス 道路建設プロジェクト(第2区間)	2000-2008
	シンズリ=バルディバス 道路建設プロジェクト(第3区間)	2009-2011
	シンズリ=バルディバス 道路建設プロジェクト(1/2)(第3区間)	2011-2015
	シンズリ=バルディバス 道路建設プロジェクト(2/2)(第3区間)	2011-2015
	シンズリ=バルディバス 道路建設プロジェクト斜面(第2区間)	2012-2015
	カトマンズーバクタブル間道路改修計画	2008-2011
円借款	ナグドゥンガ・トンネル建設事業	2017-
技術支援	道路保守・整備強化事業	2011-2015
専門家	道路計画・保守管理・運営アドバイザー	2003-2011

9.2 道路計画に係る方針

(1) 適用基準

道路計画は基本的にアジアハイウェイ規格に基づいている。この規格が必須基準を定めていない場合、必要に応じてネパール国基準および日本の基準を含む他の国際基準を適応する。

(2) 道路区分および設計速度

本事業対象区間の道路区分は、当該道路がアジアハイウェイ、ミッドヒル・ハイウェイに位置付けられていることから、主要幹線道路としての一貫性を重視し、アジアハイウェイの「Class I」とする。アジアハイウェイにおける道路区分、地形条件と設計速度の関係を表 9.2-1 に示す。本事業の対象区間の設計速度は、丘陵地のスルヤビナヤックからナリンチョークまでの間、サンガ峠を越えた地点からバネパ市街地の間においては80km/h、山岳地・急峻地であるサンガエリアとバネパ市街地の先以降は60km/hである。

表 9.2-1 「アジアハイウェイ」における道路区分、地形条件と設計速度の関係

(単位：km/h)

地形条件 道路区分	平地	丘陵地	山丘地	急峻地
Primary	120	100	80	60
Class I	100	80	60	60
Class II	80	60	50	40
Class III	60	50	40	30

(3) 道路設計条件

アジアハイウェイの設計条件を本設計業務においても適用する。DOR と合意した条件を以下の表 9.2-2 に示す。

表 9.2-2 道路設計条件

項目		条件 (分類:クラス I)		備考 (適応基準)
設計速度		80km/h	60km/h	80km/h：兵陵地 60km/h：山丘地および急峻地 (アジアハイウェイ)
設計車両		SU-12	SU-12	(AASSHTO)
幅 (m)	車道	3.5	3.5	右折車線 2.5m (アジアハイウェイ)
	路肩	3.0	2.5	(アジアハイウェイ)
	中央分離帯	3.0	2.5	(アジアハイウェイ)
最小曲線半径 (m)		210	115	(アジアハイウェイ)
限界曲線半径 (m)		900	500	(アジアハイウェイ)
最小緩和区間長 (m)		70	50	(アジアハイウェイ)
横断勾配(%)		2	2	(アジアハイウェイ)
最大合成勾配(%)		10	10	(道路構造令：日本道路協会)
最大横断勾配(%)		10	10	(アジアハイウェイ)
最小縦断勾配(%)		0.3	0.3	(道路土工排水工指針：日本道路協会)
最大縦断勾配(%)		5	6	(アジアハイウェイ)
縦断勾配の制限長 (m)		800(4%) 600(5%)	700(5%) 500(6%)	(アジアハイウェイ)

(4) 建築限界

ネ国道路基準 2070 に記載されている通り、路面最頂部の建築限界は 5.0m である。

(5) コントロールポイント

既存の ROW 内には多くの家屋、寺院、神社があるが、調査団と DOR の協議の結果、既存の ROW 内にある限りは、それらをコントロールポイントとして扱う必要はないことを確認している。しかしながら、サンガ峠後の現道右側の寺院は例外として扱う。

一方、改良設計において、ROW 範囲外にあり、コントロールポイントとして識別するものを以下に示す。

- 建設地と近隣住宅（特にネ国政府の土地法が適用され ROW を越えて設置されたもの）
- 大規模土工が必要な地域（急傾斜地）
- 遊園地や観光地、宗教上の建物
- 大規模または有名（歴史的、文化的および社会的に重要な）寺院および樹木

(6) 線形の改良

サンガ峠は山岳地帯である。既往調査にて提案されたバイパスによる改修計画では、現道から左側の丘陵へとそれて、北側の谷（溪谷）方面へバイパスを建設する。バイパスは谷に架かる 198m の橋梁と道路の丘側に沿った斜面安定化のためのコンクリート法枠工などで構成されている。ネ国の道路インフラに重大な被害をもたらした 2015 年 4 月のネパール地震以降、DOR は災害に強い道路の開発を進めており、その取り組みの一つとして、既往調査で推奨された線形のレビューが強く要求された。

サンガ峠の線形は、上述の DOR の方針および下記の方針を考慮してレビューした。

- 適切なトンネルタイプを考慮した導入を検討
- 複数の改良案を調査した後、線形、保守整備、環境および社会影響、コストなどの観点から包括的な評価を実施
- 地形、地質、地下水状況等に関する現地踏査および技術調査からの知見を反映し、現地の要望に最も合致した最適なトンネル構造の決定

(7) 道路用地

ネ国では、国道の道路用地（Right of Way : ROW）現道の中心から片側 25m である。本事業区間はアルニコハイウェイ（国道）の一部であり、この ROW の適用となる。しかし、本事業区間内においては、過去に 25 ヤードを ROW するといった判例があり、25 ヤードを基準にして家屋がセットバックした区間もある。DOR との協議の結果、過去の経緯と判例を踏まえ、現道の中心から片側 25 ヤードを ROW として拡幅計画を行うこととした。

(8) 平面線形

既往調査にて提案された平面線形は以下の方針に基づいている。

- アジアハイウェイの基準に基づき線形を改良
- 可能な限り現道を活用
- 住民移転や再定住を最小化
- 神木、神社、宗教施設、その他の社会的、文化的、宗教的価値のある構造物等を回避
- サンガ区域へのバイパス案を検討

上記に加え、本調査においては以下の方針が適用される。

- 最小曲線半径は避ける。
- サンガ区域へのバイパス案としてトンネル案を検討。

(9) 側道

本事業での側道の整備は、既往調査において以下の理由により決定された。

- (i) 事業成果の早期発現
- (ii) 適正な道路機能の確保
- (iii) 合理的な道路計画・設計
- (iv) 近隣住民の利便性・安全性を確保した道路工事の実施

ネ国での初期調査の際、DOR は対象区間全体への歩道の整備を要望していた。従って、歩道の整備は以下の方針に従って調査を実施する。

- 既往調査での適用範囲を優先。
- その他の区間の整備は、JICA 審査業務を考慮し、DOR からの要請に応じて検討する。

(10) 交差点の改良

既往調査で設定された交差点の改良に関する方針は、今後の制御施設設置のための地下配管を提供し、信号が整備されるまでの間は、車両および歩行者の安全配慮のため、一時的に交通警察による交差点制御を実施することを相手国政府機関と確認している。ドゥリケルでは、交差点にラウンドアバウトを整備する。これらの方針は本調査においても変更しない。サンガエリアのバイパスと現道との交差点については、主道の交通流が可能な限り途切れないように計画される。

(11) 既存舗装と舗装設計の評価

既往調査時に適用された方針を優先する。しかし、需要予測を含む追加交通調査の結果から得られる交通負荷分布パターンに基づき設計をレビューする。

方針および方針選定の理由を以下に示す。

適用する方針

- 既存アスファルト舗装は撤去する。また、アスファルト舗装下部の既存路盤も全て撤去し、舗装計算に用いる路床の CBR 値は新設される拡幅部にて評価する。
- ネ国で一般的に利用されているたわみ性舗装（アスファルトコンクリート）を活用する。
- 舗装組成の計算は AASHTO 方法に基づく。
- 地盤の弾力性は、本調査の下で実施した地質技術調査から得られた結果に基づいて計算される。
- 耐久性確保のため、主幹線道路に適用するアスファルト舗装の最小厚さは 10cm 以上とする。

理由

- 現在の舗装は施工後 10 年以上経過している。
- 既存の舗装には気孔、切断、亀甲状ひび割れ等が発生している。よって、現道の表面のオーバーレイより、アスファルトおよび上層路盤から新設した方が望ましい。
- 下層路盤に関しても施工後長年が経過していること、設計・施工時のデータがないこと、施工時の荷重条件が現在と大きく変化したこと等を踏まえ、路盤としては評価しないこととする。

(12) 排水計画

路面排水計画には、以下の方針が適用される。

- 市街地においては排水施設を設け、路面に降った雨水の排水を行う。排水施設の規模・容量は既設の施設と同等以上とする。
- 対象道路の一部区間において排水施設に下水（汚水や生活雑排水など）も排水されているが、本事業では路面排水のみを対象とし、下水に関してはネ国政府により別途計画・整備することを前提にする。
- 横断排水に関しては、排水データが存在せず、施設の老朽化や交通量の増加（特に大型車の増加）などから安全性が担保できないと判断し、取り替えることとする。規模に関しては、既設の横断排水施設と同等以上とする。
- 本事業対象区間では、ジャガティとバネパにおいて雨期に冠水被害を受ける箇所がある。既設道路排水施設の能力低下および流末を含む、道路用地外の排水路の不整備が原因と考えられる。抜本的な解決には道路用地外の排水路の整備が必要であるため、本事業にて流末の整備を行う。
- 本事業では本線の計画縦断を冠水高より高くし、本線が冠水の影響を受けないようにする。側道の冠水に関しては、路面排水施設の改修を行うことで、被害低減を図る。
- 現在ジャガティにおいて DOR が行っている現道の右側（南側）にある側溝の敷設は一時的な措置であり、本事業にて使用することはなく、撤去される可能性がある。
- 豪雨時の斜面崩壊を防止するため、10m を超える盛土区間においては排水施設の整備を検討する。

(13) 既設橋梁の架け替え

既往調査によって策定された既存橋梁の架け替えに係る方針の変更はない。本事業対象路線では4箇所に渡河橋梁がある。対象橋梁はいずれも供用後40年以上経過し、老朽化が進み構造上の健全性が懸念されている。設計・施工時のデータがなく、現地踏査によって様々なダメージが発見されたことから、架け替えが必要だと判断した。設計にあたっては、将来想定される大型車の通行および維持管理性に配慮するとともに、橋梁区間前後の道路線形、経済性、施工性および維持管理性に配慮した架替計画を行う。

(14) 横断歩道橋

本線の交通機能の確保、歩行者・自転車の安全な横断の促進などのために、歩道橋の整備を実施する。横断歩道橋に関わる方針は既往調査によって以下のとおり策定されている。

- 横断歩道橋の設計および整備は本事業の整備効果の発現に資すると認められた場合に検討する。
- 横断歩道橋の整備は側道を整備する区間および顕著な整備効果が認められる地点にて実施する。
- ユニバーサルデザインの観点から弱者や自転車も利用できるようスロープ付き歩道橋を検討する。

(15) バス停留所

バス停留所に関わる方針は既往調査によって以下のとおり策定されており、本事業においても適応する。

- バス停留所は既存の箇所に整備される。
- 日本側が側道を整備する区間において、側道と歩道の間にはバス停留所を設置する。
- 日本側で整備を行わない場合は、本線沿いバス停留所を整備する。
- シェルターおよび補助品はネ国側にて整備する。

(16) 交通安全施設の配置に係る方針

既往調査にて策定された方針を適応する。交通安全施設およびその方針を以下に示す。

- 中央分離帯を整備し、往復車道を分離して安全性を高めるとともに、歩行者が車道を横断できないよう、分離帯にフェンスを設置する。
- 住宅・商業地域沿道（側道を設置する区間）については、歩行者が車道を歩く必要がないように、側道に歩道を整備する。
- カトマンズ盆地での計画停電を考慮し、道路照明装置およびその基礎等の設置は本事業の対象外とする。ただし、将来的に相手国政府にて整備が可能なように、道路照明整備に必要な配管を整備する。

以下の箇所において横断歩道を設置する。

- 既存横断歩道の整備箇所付近。
- 歩道橋が整備されないバス停留所付近。
- 学校、大学等の教育機関、医療機関付近。
- 交差点や主な取付道路付近。
- その他交通安全上必要である箇所。

9.3 自然条件に係る方針

(1) 気象条件

既往調査にて策定された方針のうち、本事業における計画や設計において特に次に示すような雨期への対策が必要である。

- サンガのような山岳部では大規模切盛土区間が発生することが考えられる。このような区間における法面浸食を受けにくい材料および諸条件を勘案した土留めや法面防護策の計画・設計。
- 雨期を考慮した盛土、路体および路床工、舗装工の施工計画。
- 雨期を考慮した排水施設（横断排水を含む）の施工順序。

カトマンズの年間雨量は約 1,500mm 程度と少ないが、その 8 割が雨期に集中することや近年世界で見られる豪雨等の異常気象発生状況から、十分な配慮を行うこととする。

(2) 地震

地震に係る方針は、既往調査にて策定された方針を適用する。

ネ国はインドプレートがユーラシアプレートに向かってチベット高原・ヒマラヤ山脈を押し上げる造山運動の影響による地震の発生しやすい位置にある。2015年4月25日に首都カトマンズから北西77kmを震源とする大規模地震が発生している。

本事業対象道路はネ国においては、アジアハイウェイという主要幹線道路として位置づけられており、物流の根幹となる道路であることから、地震時における輸送道路としての機能が求められる。よって、設計に当たってはネ国の耐震設計基準等に配慮する必要がある。特に構造物においては、下記を考慮する。

- 歩道橋は可能な限り連続構造にすること。
- 多経間単純桁の場合は床版を連結すること。
- 落橋防止策を施すこと。

9.4 社会経済条件に係る方針

社会経済条件に係る方針は本調査において変更しない。本事業区間は、日本の無償資金協力事業により整備され2015年に全線開通したシンズリ道路（バルディバースドゥリケル間）と2007年に拡幅工事が完了したカトマンズーバクタプール道路（KB道路）を接続する道路である。沿線にスルヤピナヤック、ジャガティ、ナリンチョーク、サンガ、バネパ、ドゥリケルといった集落や町が点在する。

KB道路が拡幅され、カトマンズまでの旅行時間が大幅に短縮されたことより、上記集落および町はベッドタウンや居住地として拡大を続けている。それ以外の区間の大部分は田圃や畑が広がり、農業地として利用されている。一部の区間においてはレンガ工場や遊園地、宗教施設などの観光地となっている。

本事業は、幹線道路としての機能向上に加えて、沿線の農業、観光、産業の発展や居住環境の向上に資することが期待されることから、改修計画においては、以下のことを考慮する。

- 設計速度の変化に応じて幾何構造基準を満たし、歩行者を含む交通の安全を確保する。
- 既存の排水設備と同等又は同等以上の規模または容量の道路排水設備を整備し、既存の排水設備に適切に接続する（必要に応じて既設排水設備を強化する）。
- 現況の主な交差点における円滑かつ安全な交通が確保できるよう適切に改良する。改良においては将来の交通量を考慮する。
- 市街地に側道を計画し、沿線住民の安全かつ円滑なアクセスを確保する。
- 本事業の対象道路は市街地の生活道路でもあるため、主要交差点付近において歩道橋を計画し、道路横断者の安全性を確保する。
- バス利用者の安全確保のため、既存のバス停留所に専用バスベイを設ける。側道を整備する区間においては側道の外側（側道と歩道の間）に設けることで本線から分離した配置とする。

9.5 環境社会配慮に係る方針

本事業における環境社会配慮に係る方針を以下に示す。

- 用地取得状況の確認を行うとともに、JICA 環境社会配慮カテゴリ A 案件としての要件を踏まえた水準で取り組む。
- トンネル整備を考慮した線形の改良が検討されているサンガにおいて、環境社会配慮を追加した環境影響評価（Environmental Impact Assessment：EIA）ドラフトレポートおよび住民移転計画（Resettlement Action Plan：RAP）計画書の作成
- ネ国側で実施する手続きの内容を確認し、許認可取得の検討、書類作成や手続きを支援し、進捗をフォローする。

9.6 施工および調達事情に係る方針

ネ国における建設事情調査の結果、および調査結果に基づく本事業の労務・建設資材・建設機材調達に関する基本方針は、以下のとおりである。

9.6.1 施工に係る方針

- トンネルを含む対象道路の建設計画は、断面全体を 10 区分に分割して行った。分割は地理的条件、特徴、土地利用傾向、道路幅、側道の整備、主要構造物の位置などに基づいて実施された。
- 既存地盤の掘削から生成された資材は埋め立て材として広く使用する。
- サンガ区域の高盛土部の下部には、トンネル掘削時の掘削物を使用する。

9.6.2 調達事情に係る方針

1) 労務調達

通常の道路工事に必要な作業員はカトマンズ盆地およびその近隣にて調達可能である。一方、トンネル施工に関する技能経験者は不足しているため、トンネル技能工による現地作業員へ指導が必要となる。

2) 資材調達

天然資材（骨材、盛土材）および鉄筋・セメント等の一般的な建設資材は現地の市場にて調達可能である。また、ガードレール等の鋼材加工製品もインドから容易に入手可能である。しかし、主要資材、特にトンネル施工用資材は品質・耐久性の確保から第三国調達とする。

3) 機材調達

土木工事・舗装工事・コンクリート工事における一般的な建設機材は現地調達が可能である。一方、合材プラント、生コンプラントおよび関連機材、その他の特殊機材（基礎杭用機械、桁製作および架設機材等）は調達の信頼性や確実性から第三国調達とする。

第 10 章

サンガ峠の線形改良に関する検討

第10章 サンガ峠の線形改良に関する検討

10.1 概要

既往調査では、図 10.1.1 に示すようなバイパスが提案された。提案されたバイパスは、レクリエーション施設であるカトマンズファンバレーの入口付近から現道を左にそれ、その後谷を横断し、シバ像が建てられている隣の丘に合流する。

計画は丘の斜面に沿って、サンガ峠の現道に向かって走り、現道より約 7m 低い位置に取り付き、掘割にてサンガ峠から東へ約 200m の地点で現道と合流する。この線形は、谷上の 198m の長大橋や、サンガ地域へアクセスするためのアンダーパス



の役割を担うボックスカルバートで構成されている。橋を超えた地帯では切土の斜面を安定させる為、コンクリート法枠工が施されている。

図 10.1.1 既往調査で提案されたサンガ峠バイパス案

10.2 調査区間における問題

2.2 節の現道の現状で既に述べたように、調査区間はカトマンズ盆地の東端に位置し、山岳地帯である。地域の問題点は次のとおりである。

- 対象地域の地形は連続した急カーブおよび急勾配が特徴的である。
- 峠の傾斜は急勾配であり、麓からの平面距離がわずか 1.2km の頂上地点での標高は麓と比べて 125m も高い（麓と頂上を結んだ直線は平均勾配 10%）。現道は、重度の渋滞の原因となる縦断勾配が連続的に発生しており、最大縦断勾配は 8%に達する。
- 地質は脆弱で斜面崩壊しやすい。直近の斜面崩壊は 2015 年の雨季に発生しており、交通を数時間中断させている。
- サンガ峠周辺はサンガ地域の中心部であり、住宅が広く密集している。
- 世界で最も背の高い銅像であるシバ像（ヒンドゥー教の神）、遊園地（カトマンズファンバレー）、宗教寺院などがあり、カトマンズおよび周辺住民にとって、非常に人気の高い観光地である。
- 現道沿いのエリアでは、谷の東側の住居数が大幅に増加している。

10.3 基本方針

本区間は、本調査の対象区間内で最も重要な区間である。他区間では基本的に現道の線形に従うが、本区間は山岳地帯であり、連続する急カーブと急勾配で構成されている為、従来の線形に従うことは地理的に困難である。よって、ここでの線形改良計画は、以下の方針に基づく。

- 線形の効率性、メンテナンスの容易さ、環境・社会影響、経済性などの評価要因を包括的に比較し、複数の代替案を検討。
- 地形、地質、地下水の状態等に関する現地踏査および技術調査の結果を反映。
- 現地の要望に合致した最適なトンネル構造の選択。
- 平面線形および縦断線形は、アジアハイウェイ基準を適応。
- 対象区間に適切なトンネルタイプを検討。
- トンネル区間の線形（特に縦断線形）は、現在対象区間を走行している車両のタイプを考慮。
- 地域への社会・自然影響を最小限に抑えた線形を検討。
- 用地取得を最小限に抑えた線形を検討。
- 住民、寺院、神木、その他宗教上の施設などの移転を最小限に抑えた線形を検討。

10.4 基本条件

対象区間の線形改良における基本条件は以下のとおり。

- (i) 線形には峠を越えるトンネルを含む。
- (ii) トンネルは上り線と下り線をそれぞれ分離した方向別分離タイプとする。
- (iii) 上り線（カトマンズへ向かう方向）および下り線（カトマンズから離れる方向）共に、2車線とする。
- (iv) 本区間に側道は整備しない。

10.5 標準断面

アプローチ道路の標準断面は、アジアハイウェイ規格の要件を満たし、車線幅 3.5 m の 2 車線道路を双方向に持つ（各方向車道幅 7m）。上り線と下り線は、少なくとも 3m 幅の中央分離帯で区切られる（トンネル基準の要件により、抗口によって異なる）。道路は、幅 0.5 m の内側の路肩と、幅 2.5 m の外側の路肩を備え、車両の路外への飛び出しによる車両の破損等を最小限にとどめる為に防護柵を整備する。本区間においては現道が側道の機能を担うため、側道の整備は必要ではない。トンネルの標準断面は上下線共にアプローチ道路と同じ幅員の 2 車線を備える。路肩幅は 0.5 m に幅員減少する。トンネルの両側には 0.75 m 幅の監査歩廊を設ける。

アプローチ道路およびトンネル区間の標準断面を図 10.5.1 および図 10.5.2 に示す。

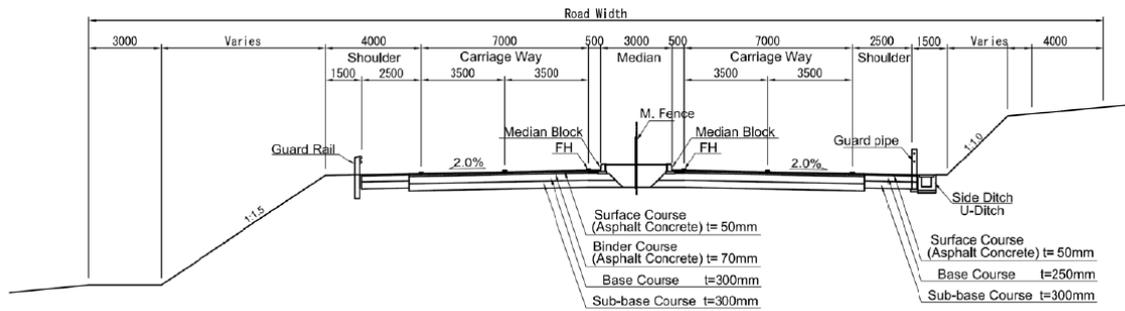


図 10.5.1 道路標準断面

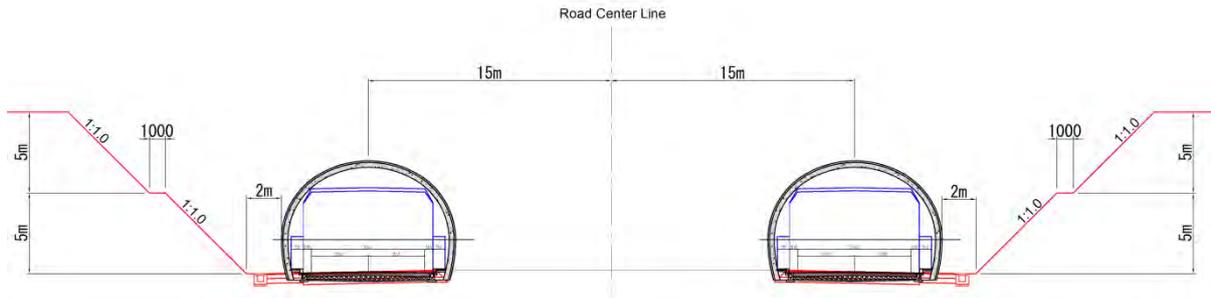


図 10.5.2 トンネル坑口の標準断面

10.6 代替線形案の比較検討

用地問題、基本概念と条件、標準断面を考慮して、3つの代替ルート案を比較する。

前提として、代替案としてのゼロオプション（現状維持）は、交通量の急増に対応し交通渋滞や交通安全問題、災害被害への対策のために4車線への拡幅は必要との交通需要予測結果を受け、代替案から除外する。また、同じく現道の拡幅案は、経済性、建設計画、環境・社会影響配慮、災害への耐久性の観点から除外する。

3つの代替経路を、事業費、線形条件、メンテナンス効率、環境・社会的影響、施工性などの指標により比較・評価した結果を表10.6.1に示す。

ルート1は、既往調査によって提案された、現道から北へそれるバイパスである。現道から谷を通り山に沿って進み、サンガ峠の現道に戻る。長さ約3.2kmのこのルートは、長さ198mの橋梁と長大切土（コンクリート法枠工を含む）で構成される。サンガ峠の家屋付近を通っているため、影響を受ける家屋数は代替案の中で最も多い。

ルート2は、現道に沿って北にわずかに分岐した後に現道とほぼ平行に南を走り、サンガ峠を越えた地点で現道と合流する。サンガ峠を越える分離トンネルの適用を想定している。区間長は約2.9kmで、全長1.3kmのトンネル区間を含む。トンネル区間の平面線形は直線で、縦断勾配は3.5%である。住宅地を1箇所通過するが影響を受ける住宅数は最小である。

ルート3は、ルート2の途中から反対方向の北側に大きくそれ、サンガ峠をやや越えてルート2とほぼ同じ地点で現道と合流する。サンガ峠を越える分離トンネルの適用を想定している。区間長は約2.9kmで、全長1.4kmのトンネル区間を含む。トンネル区間の平面線形はほぼ直線だが、坑口に緩やかなカーブがあり、縦断勾配は3.0%である。住宅密集地を1箇所通過するため、影響を受ける住宅数はルート2より多い。

比較の結果、3つの代替案の中で「ルート2」が最も優れた線形を有する。この線形は、住民移転、用地取得および環境への影響を最小限に抑え、他のトンネル案と比較して経済的実現性も高い。本比較は、現地踏査、技術調査、ネ国政府関係機関との協議の結果得られた情報およびデータを全て考慮している。

表 10.6-1 トンネル線形比較表

概要 平面図							
ルート案		[ルート1]		[ルート2]		[ルート3]	
ルート概要		既往協力準備調査にて計画された現道拡幅計画路線 路線延長:3,150m (土工区間:2,950m、橋梁延長:200m)		線形を南側に改良し、一部をトンネルとして計画した案 (施工性が最も優れた案) 路線延長:2,835m (土工区間:1,571m、トンネル延長:1,264m)		線形を北側に改良し、一部をトンネルとして計画した案 (走行性・線形が最も優れた案) 路線延長:2,900m (土工区間:1,500m、トンネル延長:1,400m)	
概略事業費	工事費	1.00	◎	1.75	△	1.77	△
	用地費	2.33		1.00		1.00	
道路線形	平面線形	路線全体: R=130m~3,000m	△	路線全体: R=400m~500m トンネル区間: R=直線	○	路線全体: R=500m トンネル区間: R=500m	◎
	縦断線形	路線全体: i=7.00%		路線全体: i=1.10%~5.00% トンネル区間: i=3.5%		路線全体: i=1.10%~5.00% トンネル区間: i=3.0%	
維持管理		大規模切土法面(切土段数 10 段)の維持管理が必要	○	トンネル維持管理規模はルート3と同等	○	トンネル維持管理規模はルート2と同等	○
社会環境		複数の住宅集合エリアを通過し、他案よりも住民移転規模が大	△	住宅集合エリアを通過するのは1箇所のみ、社会環境影響が小	○	大規模な住宅集合エリアを通過するため、社会環境影響が大	△
自然環境		大規模切土区間が発生し、環境への影響が大	△	住宅集合エリア直下を通過することから、地下水低下による井戸の枯渇が懸念	△	住宅集中エリアの直下を通過することから、地下水低下による井戸の枯渇および住宅の沈下が懸念	△
施工性		大規模切土(切土段数 10 段)に留意が必要	△	大規模な現道交通の付け替えなし。掘削ズリを盛土材として利用可能	◎	大規模盛土に留意する必要。掘削ズリを盛土材として利用可能	△
総合評価		3		1		2	

注：比較表内の概要図では簡素化のためトンネル1本として描画しているが、事業費比較は、上下線トンネル整備案（トンネル2本）として算出している。

10.7 西側アプローチ道路の詳細比較

表 10.7-1 に、表 10.6-1 で選択したルート 2（南部ルート）のトンネル抗口の西側におけるアプローチ道路区間の線形の比較調査を示す。2 つの線形を提案し、比較している。線形 1 はナリンチョークから現道北側の水田を通る。この線形は、住民移転を最小限に抑えることができるが、広大な水田を取得する必要がある。また、道路の施工高が高いため、大量の盛土材が必要である。土留め構造物の整備により用地取得は削減できるが、工事費を膨らませる。

一方、線形 2 は途中まで現道に従う。線形 1 と比較すると、用地取得面積および盛土量が少ない。しかし、住民移転の数（移転範囲家屋の大部分はすでに ROW 外へ移転済）は、線形 1 よりも多い。また、アプローチ道路と現道の合流地点において、アプローチ道路が現道より 7m ほど高いため、隣接する住宅からのアクセスも問題である。そのため、接続道路（現道付替）および住宅からのアクセスのための側道が必要になる。住民移転の数は、土留め構造物の整備により削減できるが、土留め構造物の整備および側道の整備は工事費を膨らませる。

以上から、線形 1 は社会環境（線形 2 より住民移転が少ない）および施工計画の観点から優れている。線形 2 は、事業費（工事費・用地取得費の大幅削減）、維持管理および自然環境への配慮を重視している。また、全区間において盛土に必要な盛土材の量は非常に多いため、掘削ズリのトンネル・盛土区間への利用は、事業費の削減に大きく寄与する。

表 10.7-1 代替ルート比較表

概要 平面図					
ルート案		線形 1		線形 2	
ルート概要		現道北側の水田を利用し、住民移転を最小化 路線延長: 2,800m (土工区間: 1,600m、トンネル延長 1,200m)		現道を利用し、用地取得を最小化 路線延長: 2,785m (土工区間: 1,585m、トンネル延長 1,200m)	
概略事業費	工事費	-	△	220 million NPR の削減	◎
	用地費	-		1,600 million NPR の削減	
道路線形	平面線形	路線全体: R=400m~500m トンネル区間: R=直線	○	路線全体: R=150m~500m トンネル区間: R=直線	○
	縦断線形	路線全体: i=1.10%~6.00% トンネル区間: i=3.5%		路線全体: i=1.10%~6.00% トンネル区間: i=3.5%	
施工計画		現在の交通に影響なし (現道切り回しの必要なし)	◎	現道切り回しが必要な場合は影響有り	○
維持管理		盛土の維持管理区域は、線形 2 より大きい。	○	盛土の維持管理区域は、線形 1 より小さい。	◎
社会環境		家屋 17 戸に影響 (ROW 内: 7 戸、 ROW 外: 10 戸) ROW 外用地面積: 82,200m ²	◎	赤枒(住宅密集地)を含めた約 25 戸に影響 (ROW 内: 16 戸、 ROW 外: 9 戸) ROW 外用地面積: 37,200m ²	○
自然環境		本ルートは水田を通る	△	大部分は ROW を利用し、水田の利用は少ない	○
その他		交差点は 1 箇所	○	交差点は 1 箇所のみ	○
総合評価				推奨案	

第 11 章

トンネル計画

第11章 トンネル計画

11.1 トンネル計画概要

本トンネル計画における概要は以下のとおりである。

- サンガ峠トンネル（上下線分離トンネル）は北東から南西方向にかけて計画されており、トンネル延長は約 1,300 m である。
- 現地踏査の結果、トンネル計画地周辺の地質は主に砂岩および千枚岩の互層で構成されている。
- 特に坑口部周辺は強風化層が厚く堆積していると推察される。
- 本調査にて実施された地質調査結果より、岩質は軟岩程度であり、地下水位はそれほど豊富ではないと想定される。

11.2 トンネル構造

11.2.1 設計基準

日本は山岳トンネルの施工において、世界で最も経験のある国の一つである。ネ国の地質および地質条件は日本のものと酷似していることから、本調査におけるトンネル計画および概略設計は日本の経験に基づき、表 11.2-1 に示す本邦設計基準を基本として実施する。これらの設計基準は本邦の高速道路、並びに国道における山岳トンネルのすべてに適用されており、山岳トンネルの標準工法である NATM（New Austrian Tunneling Method）によって施工されている。

本トンネル計画地であるサンガ峠周辺は山岳および丘陵地帯であり、地質および地形の特徴からも NATM が適用可能であると言える。しかしながら、トンネル計画地周辺には脆弱な地質も存在することから、トンネル掘削面（グラウンドアーチおよび切羽）の安定性を確保するため、部分的に補助工法が必要となる可能性がある。

表 11.2-1 適用基準一覧表

基準名	発行年	年
2016年制定 トンネル標準示方書 山岳工法編	土木学会	2016
道路トンネル技術基準（構造編）・同解説	日本道路協会	2003
道路トンネル技術基準（換気編）・同解説	日本道路協会	2008
道路の交通容量	日本道路協会	1984
道路構造令の解説と運用	日本道路協会	2015
道路トンネル非常用設備設置基準・同解説	日本道路協会	2001
道路トンネル維持管理便覧 本體工編	日本道路協会	2015
道路トンネル維持管理便覧 付屬施設工編	日本道路協会	2016
電気通信施設設計要領（電気編）	国土交通省	2017

基準名	発行年	年
道路照明施設設置基準・同解説	日本道路協会	2006
道路トンネル観察・計測指針	日本道路協会	2009
設計要領（第三集および第四集）	(株)高速道路総合技術研究所	2016
道路トンネル安全施工技術指針	日本道路協会	1996

11.2.2 設計条件

(1) 道路規格および設計速度

9.2 (2)節に記載のとおり、本トンネル計画地（山岳地帯）はアジアハイウェイ基準に基づくと、道路規格「Class I」に区分され、設計速度は60km/hに分類される。

(2) 幾何構造

本トンネルの幾何構造を表 11.2-2 に示す。なお、トンネル標準断面を規定する幾何構造条件であるジェットファン設置の有無、ジェットファン設置位置、監査歩廊については、本トンネルと同規模の本邦トンネルの仕様を参考に決定する。

表 11.2-2 幾何構造条件（サンガ峠トンネル区間）

項目	条件値	備考	
設計速度	60km/h	アジアハイウェイ基準	
車線数	4	片側2車線対面通行	
幅員 (m)	車道	3.5	アジアハイウェイ基準
	路肩	0.5	道路構造令の解説と運用
	監査歩廊	0.75	道路トンネル技術基準（構造編）・同解説
横断勾配 (%)	2.0	アジアハイウェイ基準	
縦断勾配 (%)	3.5%	本邦トンネルおよび先行実績（ナグドゥンガトンネル事業）より3%前後を目安に設定	
建築限界高	5.0	Nepal Road Standard 2070	

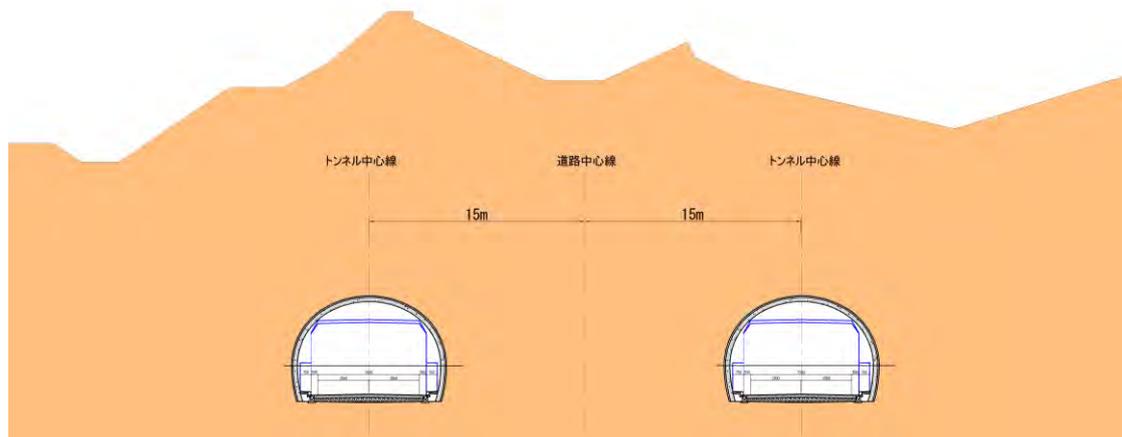
(3) 近接施工におけるトンネル間離隔距離

新設トンネルまたは他の新設構造が既存トンネルに近接して施工される場合、既存トンネルに新たな変形および応力が発生することから、それらの影響を考慮して設計する必要がある。

本調査で実施された交通需要予測によれば、現状で2車線道路としての可能交通容量を超えており、4車線化が差し迫っている状況にある。したがって、本トンネル区間においても4車線化に対応した計画とする必要がある。4車線に対応した山岳トンネルを計画する場合、施工性および構造安定性などの観点から、上下線トンネル（上下線分離構造：2車線×2トンネル）として計画することが一般的である。よって、本トンネル計画においても上下線トンネル（2トンネル）として計画する。その際、両トンネルの相互間距離（各トンネルのトンネル中心距離）は近接施工に伴う変形および応力の影響を考慮することから、「設計要領第三章（高速道路総

合技術研究所)」に基づき、図 11.2.1 に示すように 30m 以上確保することを標準とする。

なお、近接施工を伴う構造的挙動は、近接施工の程度、作用荷重、地盤条件、既存トンネル構造、施工方法および施工手順などの要因によって大きく異なる。主な影響として、既存トンネルの近接する構造物側への側方変形（変位）およびトンネル周辺地山の緩みに伴い、支保工および覆工コンクリートへの荷重が増加する恐れがある。そのため、詳細設計時においてはそれらの条件、前後の道路計画および周辺環境などを踏まえ、詳細に検討し、適切な相互離隔距離を決定する必要がある。



出典: JICA 調査団 (設計要領第三集を参考)

図 11.2.1 近接トンネルにおける相互間距離

11.2.3 地山分類と支保パターン

現地踏査および地質調査結果を踏まえ、表 11.2-3 に示す指標を参考にトンネル区間における地山等級を分類する。また、その地山等級に基づき、表 11.2-4 に示す支保パターン（支保構造）を計画する。

本トンネルに適用される支保パターンは DI、DII および DIII パターンの 3 種類が適用される。DI パターンは、岩盤がせん断作用を受けている、もしくは風化した地面に適用される。DII パターンは、顕著なせん断作用を受けている、もしくは風化が強い、断層帯が予想される場所に適用される。DIII パターンは、グラウンドアーチの形成が困難なトンネル坑口付近の区間に適用される。本トンネル区間における地山分類および支保パターンを図 11.2.2 に示す。

表 11.2-3 地山分類方法

地山等級	地山状態	RQD*	切羽の安定性	内空変位
B	岩質は非常に新鮮で堅固であり、割れ目は比較的少なく、安定しており、トンネル掘削による緩みの可能性は非常に小さい。	60 ~ 90	強度は予想される荷重よりもかなり高く、岩石破片の局部的破砕が時々起こるだけである。	微小
CI	岩質は部分的に風化、または変質している。不連続面は一般に比較的安定している	20 ~ 70	強度は予想される荷重よりも高く、緩みは局所的であると予想される。	弾性領域内での変位
C II	岩質は部分的に風化、変質、破砕されている。	20 ~ 70	強度は予想される荷重よりも高くはないが、弾性領域内での変形にとどまる。滑りやすい不連続面に沿った岩塊が崩壊する傾向がある。	切羽が 2 D*の距離だけ進む前に、変位は収束する。トンネル内空変位は50mmを超えない。
DI	岩石は著しく風化して軟化している、もしくはせん断作用を受けている。	20 程度 以下	部分的な塑性変形起こる可能性があります。あるいは、弾性領域内の変形であっても、滑りやすい不連続面に沿って地表面の緩みが生じる可能性がある。	強度が小さくインバートコンクリートが早期に施工されない場合、内空変位が30~60mmに達する可能性があり、切羽が2D以上進んでも変位が収束しない。
D II	岩は完全に風化し、部分的に粘土化している、または著しいせん断作用を受けている。	20 程度 以下	予想される強度よりも低く、大きな塑性変形が起こり得る。低強度に加えて、滑りやすい不連続面に沿った地表面の緩みが発生する可能性がある。	内空変位は 60~200mm に達する可能性がある。インバートコンクリートが初期段階に配置されていない場合には、トンネル面が2Dを超えても内空変位は収束しない。
DIII	坑口周辺の地山（土被り 1.0D~2.0D の区間）	—	土被りが薄くグラウンドアーチの形成が困難である。	—
E	断層、破砕帯などの地盤。	—	切羽は押し出しを生じ、顕著なものは崩壊する。	400mm に達する大きな内空変位を起こす可能性がある。

注) RQD (Rock Quality Designation): 削孔長(通常100cm)に対する10cm以上の長さのコアの累計長の割合(%)である。

D: トンネル掘削幅

灰色ハッチング: 本トンネルで想定さえる地山等級

出典: 設計要領(第三集)を参考

なお、本調査では、地質調査開始後に平面線形が変更されたため、最終的な坑口位置およびトンネル線形直上での地質調査が実施できていない。そのため、地質縦断図および地山分類は最終線形近傍による調査結果からの推測となるため、詳細設計段階では最終線形に基づく緻密な地質調査を実施し、地質条件についての評価を確立する必要がある。

表 11.2-4 2車線トンネルにおける標準支保パターン

地山等級	支保パターン	延長方向 (m)	ロックボルト				吹付けコンクリート	鋼アーチ支保工			覆工コンクリート (cm)		変形余裕量 (cm)	掘削工法	
			長さ (m)	施工間隔		施工範囲		厚さ (cm)	上半	下半	建込間隔 (m)	アーチ			インバート
				周方向 (m)	延長方向 (m)										
B	B	2.0	3.0	1.5	2.0	上半 120°	5	-	-	-	30	0	0	補助ベンチ付き全断面、または上半工法	
C I	C I	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	10	-	-	-	30	(40)	0		
C II	C II-a	1.2	3.0	1.5	1.2	上下半	10	-	-	-	30	(40)	0		
	C II-b							H125	-	1.2					
D I	D I-a	1.0	3.0	1.2	1.0	上下半	15	H125	H125	1.0	30	45	0		
	D I-b	1.0	4.0							1.0					
D II	D II	1.0以下	4.0	1.2	1.0以下	上下半	20	H150	H150	1.0以下	30	50	10		

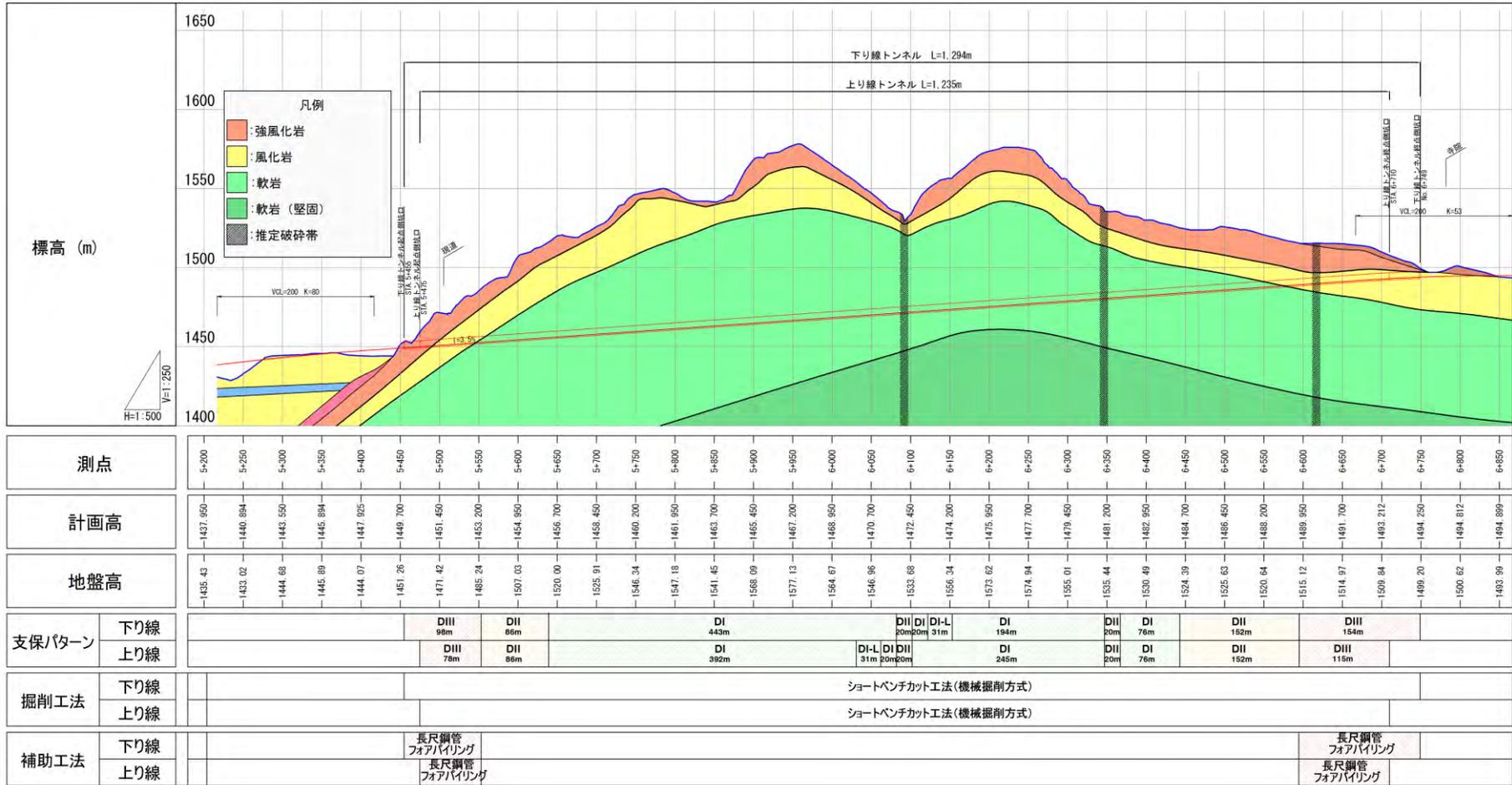
注) サポートパターンの a、b の区分は以下による。

a: 基本的にすべての岩盤に適用する標準支保パターン

b: 当初設計において、粘板岩、黒色片岩、泥岩、頁岩、凝灰岩等のうち、トンネル掘削に伴う変位が大きくなると予想される場合のみ適用する。

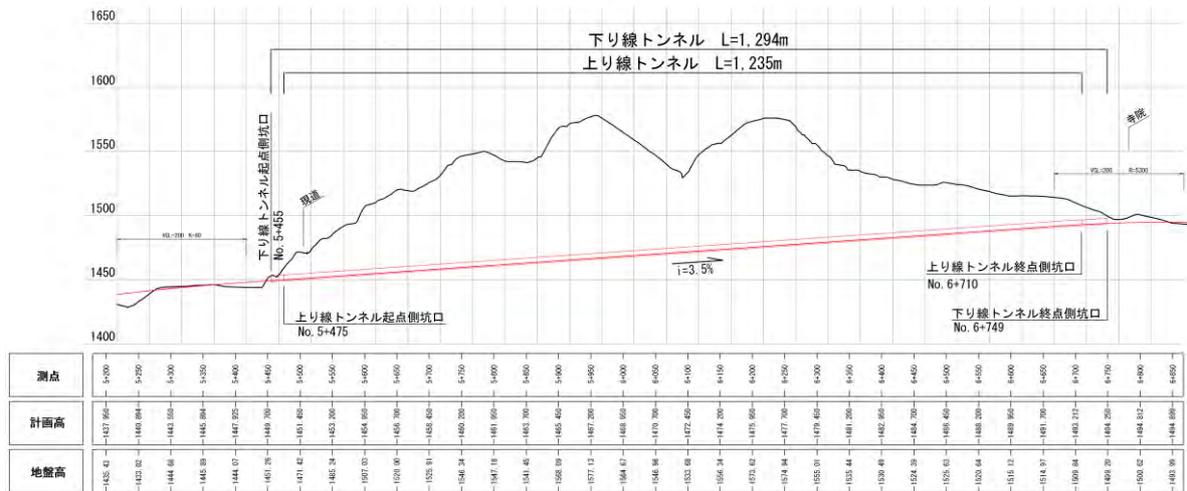
なお、インバートの () は、第三紀泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の粘性土岩や風化結晶片岩、温泉余土などに適用する。

出典: 道路トンネル技術基準 (構造編)・同解説



出典：JICA調査団

図 11.2.2 地質縦断面図



出典: JICA調査団

図 11.2.5 トンネル縦断面図

11.2.6 坑口検討

トンネル坑口は、斜面の安定性、坑口周辺の自然環境および社会環境への影響を考慮して検討する必要がある。それを踏まえ、本トンネルの坑口位置を下記のとおり設定した。

なお、上下線トンネルの離隔は、図 11.2.1 に基づき標準離隔である 30m を適用する。用地取得に関連する設計制約により相互離隔距離を 30m 以下としなければならない場合、メガネトンネル化について詳細設計段階で検討する必要がある。

(1) トンネル起点側坑口（バクタプール側坑口）

図 11.2.6 に示すように、下り線トンネル起点側坑口位置は No.5 + 455、上り線トンネル起点側坑口位置を No.5 + 475 とする。各坑口周辺状況を図 11.2.7 に示す。

起点側坑口位置の選定理由は下記のとおりである。

- ・ 既存道路との平面交差を避けるため、トンネル坑口位置は既存道路高よりも低く計画する必要がある。（計画道路を既存道路高よりも高く計画する場合、坑口前に既存道路をフライオーバーするための橋梁が必要となり、不経済である。）
- ・ トンネル掘削による既存道路への沈下の影響を軽減するために、既存道路直下では土被りを 10m 以上確保する。（なお、既存道路への沈下影響を最小限に抑えるために、地質条件に合わせて適切なトンネル補助工法を計画する。）

(2) トンネル終点側坑口（バネパ側坑口）

図 11.2.8 に示すように、下り線トンネル終点側坑口位置は No.6+749、上り線トンネル終点側坑口位置を No.6+710 とする。各坑口周辺状況を図 11.2.9 に示す。

終点側坑口位置の選定理由は下記のとおりである。

- ・ 地形特性上、終点側坑口は掘割構造となることから、周辺自然環境への負荷を考慮し、トンネル坑口背面の切土が大規模とならない位置に計画する。

なお、トンネル延長が最短となる坑口位置を検討した結果、トンネル延長は約 1,100m まで追い込めることを確認した。起点側坑口位置は既存道路との交差に伴い坑口位置が制限されるが、終点側坑口は交差等による構造的制約が無く、周辺社会環境を著しく阻害しない範囲である程度調整が可能である。トンネル延長が最短となる終点側坑口位置は図 11.2.10 に示すとおりであるが、終点側トンネル坑口背面の大規模切土が発生することとなり、自然環境および景観等の社会環境に大きな影響を与えることが懸念され、当該位置での地質調査が実施できていないことから現時点で推奨はできない。また、終点側坑口周辺の地質は全体的に風化が進行しており、耐震性や維持管理を考慮すると大規模な法面保護工が必要となることで経済性にも影響を与えることが考えられる。

終点側坑口位置に関しては、詳細設計段階において詳細な地質調査を実施すると共に、法面の安定勾配およびコスト削減策を考慮しながら適切な位置を検討する必要がある。

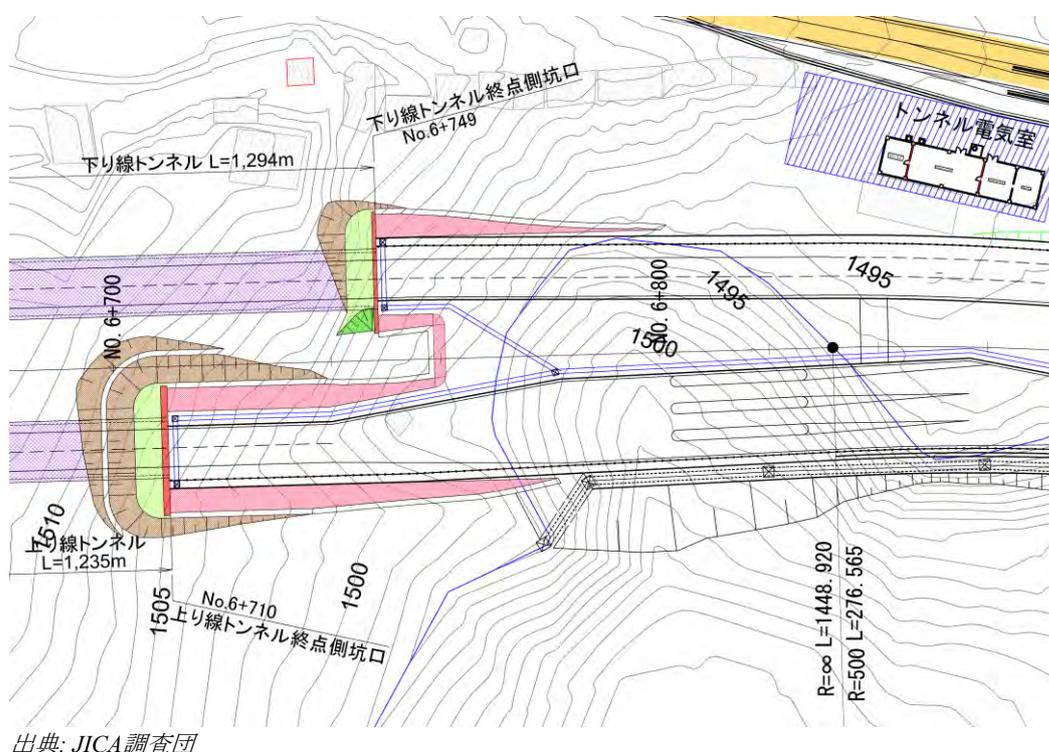
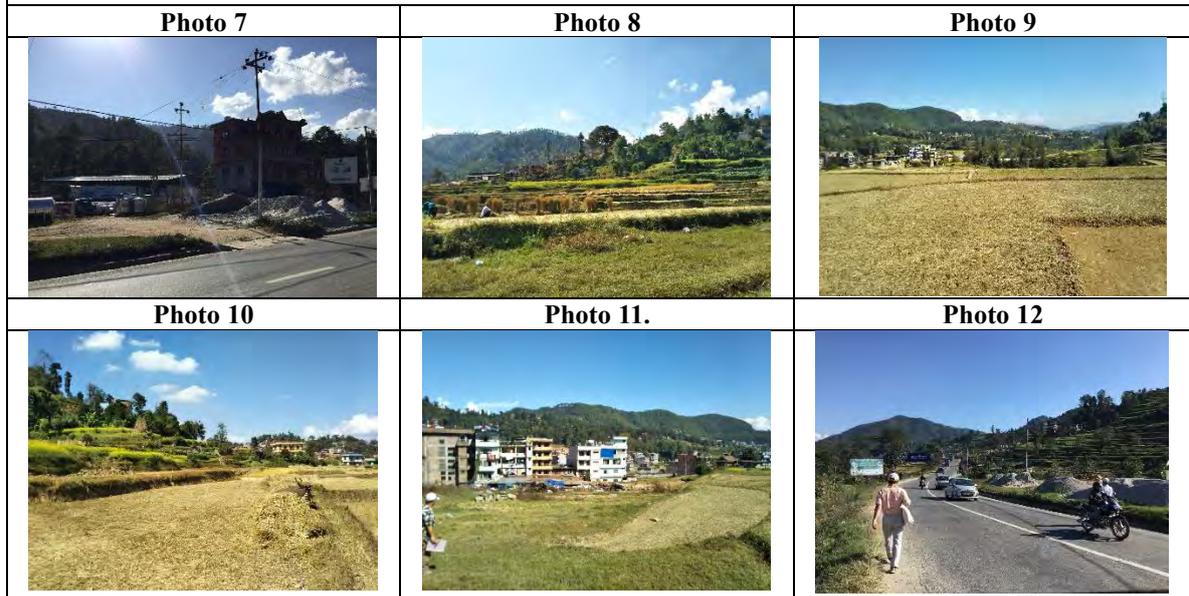
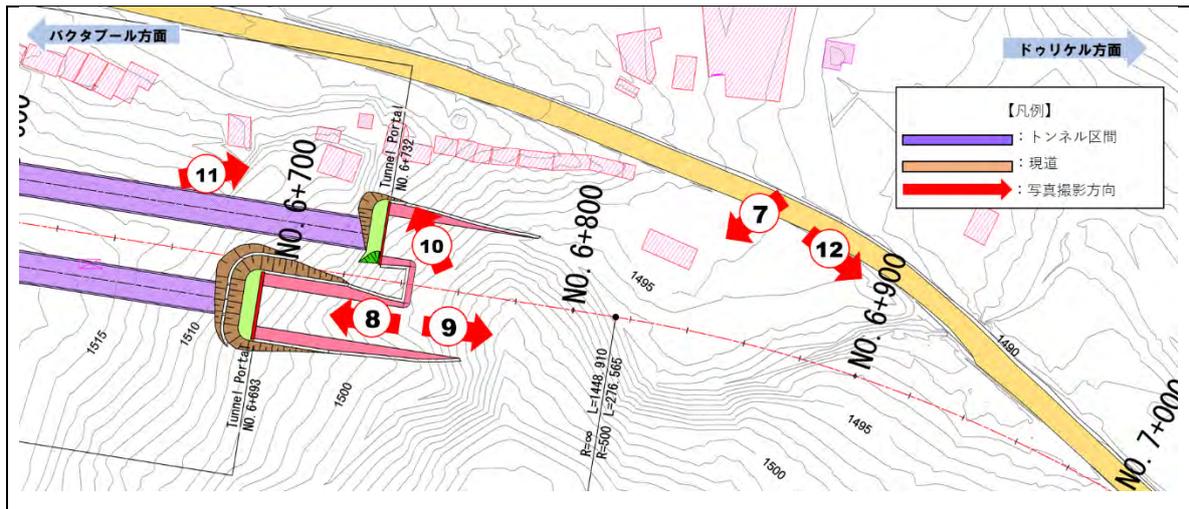
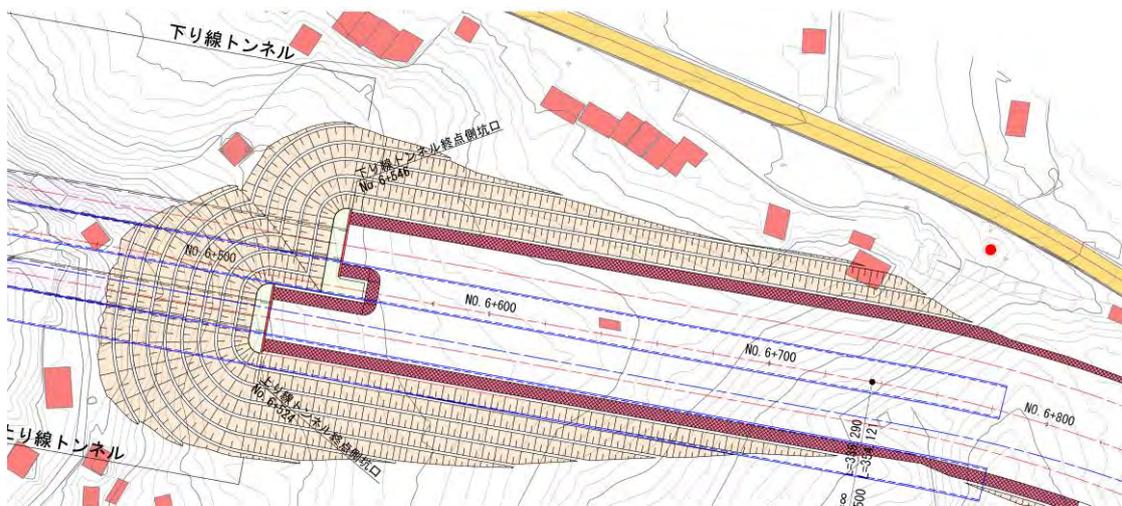


図 11.2.8 終点側坑口平面図（バネパ側）



出典: JICA調査団

図 11.2.9 終点側坑口周辺状況



出典: JICA 調査団

図 11.2.10 終点側坑口平面図 (トンネル延長最短案)

11.3 トンネル工法

11.3.1 地質および水文概要

本調査では、地質調査開始後に平面線形が変更されたため、坑口位置および路線直上での調査が実施できていない。そのため、以下の地質および水文状況は本調査で実施した調査結果に基づき推定したものである。詳細設計段階では最終線形に基づく緻密な地質調査を実施し、地質および水文環境についての評価を確立する必要がある。

本調査結果から推定される地質および水文状況は以下のとおりである。

- トンネル周辺の地質は主に古生代の砂岩と千枚岩の互層で構成されている。表層は風化土であり、下層は亀裂が発達した岩盤である。互層状となっている千枚岩部分は比較的脆く、砂岩部分は堅固である。部分的に亀裂密集帯が存在する可能性があり、断層に起因する場合には粘土が狭在する破砕帯の可能性もある。
- 坑口周辺には風化した岩石と土砂が含まれており、特に終点側坑口部付近は薄い土被り区間が連続する。その為、終点側坑口部付近の掘削では、トンネル天端および地表面の安定性が低下する可能性がある。
- 基盤岩の一軸圧縮強度 (q_u) は、概ね 50Mpa 未満であると予想され、軟岩～中硬岩レベルである。
- 本調査で実施した地質調査および現地踏査結果に基づけば、トンネル計画地周辺の地下水は高くないと推察され、トンネル掘削時の湧水も少量であると想定される（地下水状況はトンネル工事の施工性および安全性に大きく影響するため、詳細設計時および施工時には十分な調査・対応が必要である）。

11.3.2 掘削方式および掘削工法

(1) 掘削方式

山岳トンネルの掘削方式は爆薬を用いて岩盤破碎する爆破方式および岩盤掘削機を使用する機械掘削方式に区分される。爆破方式は一般に岩盤地山に適用され、機械掘削方式は比較的柔らかい中硬岩～軟岩地山に適用される。

本トンネル区間の地質は、主に中硬岩～軟岩で構成されており、岩盤の一軸圧縮強度として 50 MPa 未満であると予想される。一軸圧縮強度が 50Mpa 未満である場合、本邦の基準ではロードヘッダー（図 11.3.1 参照）を用いた機械掘削方式が推奨されており、本トンネルにおいても機械掘削方式が適していると考えられる。ロードヘッダー（出力 200 kw）を使用した機械掘削方式は、爆破方式よりも余掘りが小さく、トンネル周辺の地山を緩めにくいため、多くの不連続面を有する軟岩地山の掘削に有効である。しかし、岩盤が非常に堅固な場合、ロードヘッダー（出力 200 kw）では掘削することが困難であり、爆破方式に切り替えるか、硬岩対応の高出力ロードヘッダー（出力 300kw または 350kw）が必要となる。岩盤の一軸圧縮強度が 100MPa 以上となるような地山の場合では、機械掘削方式では経済的な掘削が不可能であり、爆破方式を採用することとなる。



出典：

https://www.kyb-ksm.co.jp/products/construction_machinery/construction_machinery-0019.html

https://www.kyb-ksm.co.jp/products/construction_machinery/construction_machinery-0017.html

図 11.3.1 ロードヘッダー（自由断面掘削機）

(2) 掘削工法

山岳トンネルの掘削工法は、表 11.3-1 のように分類される。地盤条件によっては、掘削面積（加背割り）が分割される場合もあれば、地盤条件が極端に悪い場合は CD 工法や側壁導坑先進工法を採用する場合もある。

表 11.3-1 掘削工法の分類と特質

掘削工法	加背割り	適用条件	長所	短所
全断面工法		小断面トンネルでは、ほぼすべての地山。 中断面 (A=30m ²) では比較的安定した地山。 良好な地山が多くても不良地山が狭在する場合には段取り替えが必要であり不適。	機械化による省力化急速施工に有利。 切羽が単独であるので作業の錯綜がなく安全面等の施工管理に有利。	トンネル全長が単一工法で施工可能とは限らないので、施工方法の変更体制が必要。 天端付近からの肌落ちがある場合には、落下高さに比例して増加するので注意を要する。
補助ベンチ付き全断面工法		全断面工法では施工が困難であるが、比較的安定した地山。 全断面工法が困難になった場合。 良好な地山が多いが部分的に不良地山が狭在する場合。	上半と下半の同時併進で機械化による省力化急速施工に有利。 切羽が単独であるので作業の錯綜がなく安全面等の施工管理に有利。	補助ベンチでも切羽が自立しなかった場合の段取り替えが困難。
ベンチカット工法	ロングベンチカット工法 	全断面では施工が困難であるが、比較的安定した地山。	上半と下半を交互に掘削する方式の場合は、機械設備と作業員が少なくすむ。	交互掘進方式の場合、工期がかかる。
	ショートベンチカット工法 	比較的軟質な地山など様々な地山状況に対応が可能。(採用されるケースが多い工法)	地山の変化に対応しやすい。	同時掘削の場合には上半と下半の作業時間サイクルのバランスがとりにくい。
	ミニベンチカット工法 	ショートベンチカット工法の場合よりもさらに内空変位を抑制する必要がある場合。 膨張性地山等で早期閉合を必要とする場合。	インバートの早期閉合がしやすい。	同時掘削の場合には上半と下半の作業時間サイクルのバランスがとりにくい。

掘削工法	加背割り	適用条件	長所	短所
中壁分割工法	<p>上半のみ中壁分割する方法と上下半ともに分割する方法がある</p>	<p>地表面沈下を最小限に抑止する必要がある土被りの小さな土砂地山。 大断面トンネルで比較的不良な地山。</p>	<p>断面を分割することによって切羽の安定性を確保しやすい。 地表面沈下を小さくすることが可能。 側壁導坑先進工法よりも加背が大きく、施工機械をやや大きくすることが可能。</p>	<p>中壁撤去時の変形等に留意が必要。 中壁撤去工程が加わる。 坑内からの特殊な補助工法の併用が困難。</p>
側壁導坑先進工法		<p>地盤支持力が不足する地山であらかじめ十分な支持力を確保したうえ、上半部の掘削を行う必要がある場合。 偏圧、地すべり等の懸念される土被りの小さい軟岩や土砂地山。</p>	<p>導坑断面の一部を比較的マシな側壁コンクリートとして先行施工するため支持力が期待できるとともに、偏圧に対する抵抗力も高い。</p>	<p>導坑掘削に用いる施工機械が小さくなる。</p>

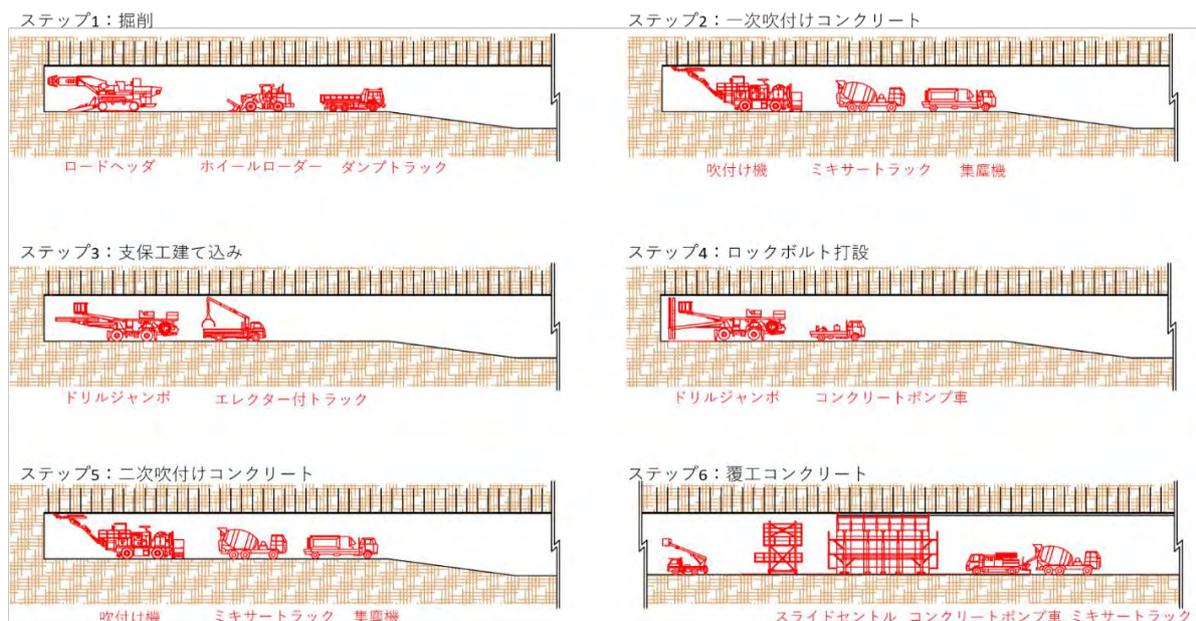
出典：2016年制定 トンネル標準示方書 山岳工法編を参考

11.3.3 施工方法および仮設備計画

以下の理由より、バクタプール側坑口を掘削坑口とする。

- バクタプール側を掘削坑口とすることでトンネル掘削ズリをトンネルアプローチ道路（No.4 + 300 付近）の盛土材料へ効率的に転用可能である。
- 順掘り（上り勾配方向）で掘削することができるため、トンネル掘削で発生する工事排水や湧水をトンネル坑外へ自然排水することが可能である。
- 起点側坑口周辺の住宅数は終点側坑口周辺の住宅数よりも少なく、トンネル工事に伴う騒音リスクが小さい。

トンネル施工次第図を図 11.3.2 に示す。なお、上り線トンネルおよび下り線トンネルは同時施工を想定する。また、トンネル工事においては、山岳トンネル工事に伴う岩盤崩壊事故防止対策の指針（2018年1月18日、厚生労働省）を遵守することが重要である。



出典：JICA調査団作成

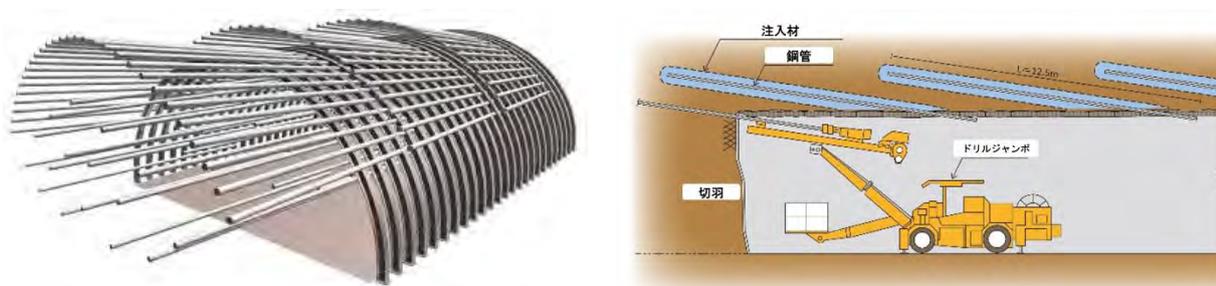
図 11.3.2 トンネル施工ステップ図

11.4 トンネル補助工法

フォアポーリングやフォアパイリングなどのアンブレラ工法（図 11.4.1 参照）はトンネル補助工法の一つであり、非常に貧弱な地面や断層帯、更には重要構造物に近接する場合など、トンネル掘削に伴う地山の緩みを抑制したい場合に用いられる。

本トンネルの起点側坑口は既存道路と近接交差しており、トンネル掘削に伴う道路沈下を抑制する必要がある。また、トンネル終点側坑口では岩盤の風化が進行していることから、切羽面およびトンネル天端の安定性を確保する必要がある。よって、起点側および終点側坑口区間には補助工法として長尺鋼管フォアパイリング工法を適用する。

なお、長尺鋼管フォアパイリング工法には、鋼管打設に伴い掘削断面を拡幅する方法と、鋼製支保工間から鋼管打設することにより掘削断面を拡大しない「非拡幅型」が適用可能であるが、薄土被り部においてさらに土被りを小さくする拡幅は避けることが望ましいことから、非拡幅型の適用を推奨する。



Source:
Technical Document of AGF Method -6th revised edition- (Right)
JICA Project Team (Left)

図 11.4.1 長尺鋼管フォアパイリング工法（非拡幅型）

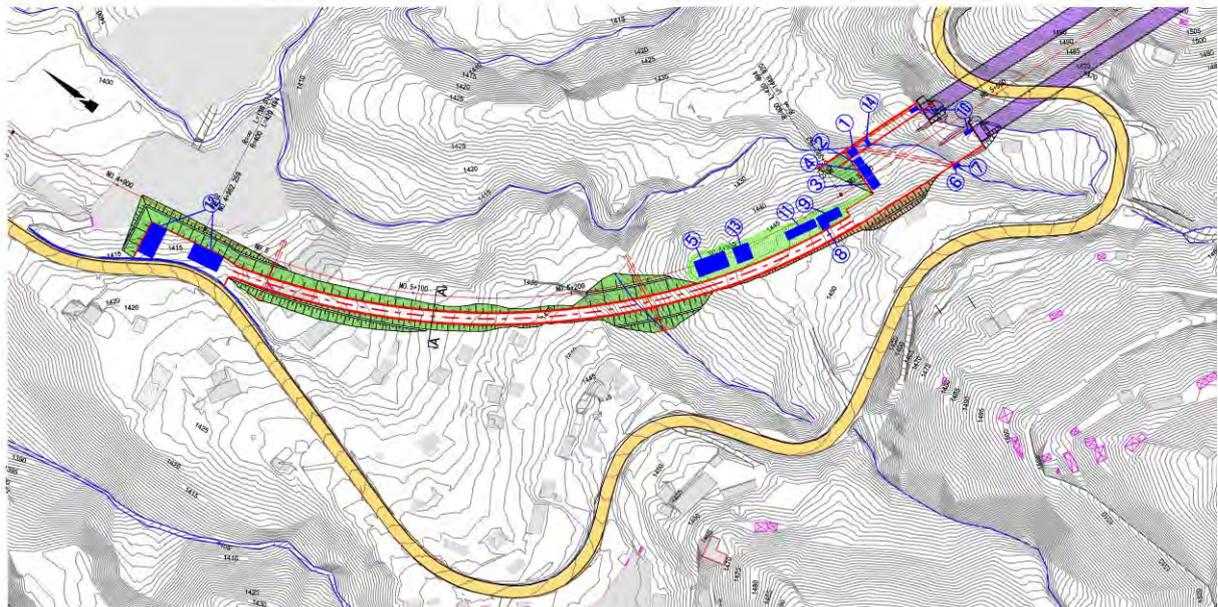
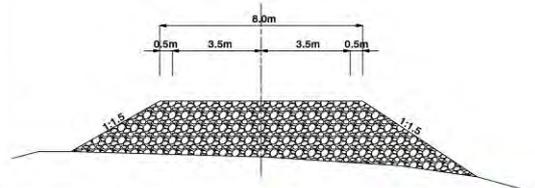
11.5 トンネル仮設備

主な仮設備施設は、排水処理プラント、吹付コンクリートと覆工コンクリート用のコンクリートバッチャープラント、ディーゼル発電機、トンネル内を清潔に保つための換気ファンと集塵機、事務所や作業員の休憩室などがある。

前述したとおり、トンネル工事に伴う排水性の観点から、掘削坑口としてバクタプール側坑口（起点側坑口）を想定することから、トンネル仮設備は起点側坑口周辺に配置される。トンネル仮設備配置図（案）を図 11.5.1 に示す。

なお、詳細なトンネル仮設備計画は、詳細設計段階にてトンネル構造およびトンネルアプローチ道路の計画、騒音など工事段階での周辺環境への影響も考慮しながら検討する必要がある。

No.	設備名	サイズ (m)	No.	設備名	サイズ (m)
①	受配電所	4.5×5.5	⑧	貯水槽	2.0×5.0
②	発電機	5.0×5.0	⑨	濁水処理設備	6.0×15.0
③	修理工場	5.5×7.5	⑩	換気ダクト	2.0×5.0
④	資材倉庫	5.5×7.5	⑪	資材ヤード	20.0×5.0
⑤	休憩所	20.0×10.0	⑫	コンクリートプラント	10.0×20.0 (2 sets)
⑥	取水ポンプ	1.8×1.8	⑬	現場事務所	10.0×10.0
⑦	給水ポンプ	1.8×1.8	⑭	燃料タンク	2.0×5.0



出典: JICA調査団作成

図 11.5.1 トンネル工事における仮設備配置図

11.6 トンネル設備検討

11.6.1 概要

安全で円滑な交通を確保するためにトンネル内外に設置すべき諸設備を表 11.6-1 に示す。これらの施設は、表 11.2-1 に記載された基準に基づいて設計されると共に、現在実施中のナグドゥンガトンネル詳細設計との整合性、連携管理等も考慮しながら検討される。

表 11.6-1 設置施設一覧表

施設名		機器名称
トンネル換気	トンネル内部	ジェットファン* / CO 計 / VI 計 / AV 計
	トンネル外	制御盤 (電気室)
トンネル照明	トンネル内部	基本照明 / 入口照明 / 非常照明
	トンネル外	制御盤 (電気室)
非常用設備	トンネル内部	非常電話 / 押ボタン式通報装置 / 火災検知器 / 消火器 / 消火栓 / 誘導表示板 / 給水栓 / CCTV カメラ 等
	トンネル外	制御盤 (電気室) / 給水ポンプ (坑外) / 主水槽 (坑外) / 非常警報装置 (坑口前)
その他	トンネル内部	—
	トンネル外	トンネル電気室 / トンネル管理室棟 / 受変電施設 / バックアップジェネレーター 等

*下り線トンネルに設置される。

11.6.2 トンネル換気設備

(1) 概要

トンネル内換気は、車両からの排出される有害物質を強制的に坑外に排出し、坑内濃度を管理基準以下に抑えることでトンネル内の安全で快適な運転環境を確保する。また、トンネル維持管理作業を実施する際の良好な作業環境を作り出すうえでも非常に重要である。

機械換気設備の必要性と必要規模は、トンネル断面、トンネル延長、トンネル内の交通量などのさまざまな要素に基づいて検討される。自然風による自然換気量が安全で快適なトンネル内環境を確保するのに十分でない場合は、機械換気設備を導入し、強制的に換気させる必要がある。本トンネルにおける機械換気設備の必要性及び必要規模を以下に示す。

(2) 適用基準

本検討においてトンネル換気検討は表 11.2-1 に記載された本邦の最新基準に基づき実施するが、以下の理由から排出ガスの原単位等については「道路トンネル技術基準（換気編）・同解説（2000年）」に基づき実施する。

- ネ国における排ガス規制値は、1992～1996年の日本の短期目標値に近い値であり、当時の日本の自動車性能と同等と考えることができる。
- 本基準は、1991～1993年に日本で実施された排ガスの自動車性能調査に基づいている。
- 本調査ではトンネル換気検討に本基準を適用することで、ネ国における車両排ガス性能を考慮した設計が可能であると判断する。

なお、詳細設計段階において、再度、排出ガス原単位および目標とする有害物質濃度について検討し、設計条件を確立する必要がある。

(3) 設計条件

換気検討における設計条件を表 11.6-2 に示す。

表 11.6-2 換気検討における設計条件

項目	条件値	備考
トンネル延長	1,235 m（上り線トンネル） 1,294 m（下り線トンネル）	
縦断勾配	3.5 %	上り線および下り線トンネル
坑口標高	1,500 m 以下	
トンネル断面積	57.8 m ²	
代表寸法	7.9m	トンネル断面積／トンネル周長
車線運用	片側通行	上下線分離
設計速度	60 km/h	
大型車混入率	17.1 %	

(4) 換気方式

トンネルの換気方式は、縦流換気方式、半横流換気方式、横流換気方式およびこれらの方式の組み合わせが存在する。ジェットファンに代表される縦流換気方式は、最も経済的で広く普及している換気方式である。ジェットファンを使用するにより、他の換気方式よりもランニングコストを抑えることが可能であり、トンネル内で火災が発生した場合には排煙設備としても使用することが可能である。

以上から、本トンネルの換気方式は縦流換気方式（ジェットファン）を基本として計画する。

(5) 所要換気量

トンネル内の所要換気量とジェットファンの設置台数は、以下に示す。

1) 設計交通容量と設計時間交通量

本トンネルにおける設計交通容量および設計時間交通量を表 11.6-3、表 11.6-4 に示す。

表 11.6-3 設計交通容量

項目	条件値	備考
基本交通容量 (C _B)	2,200 pcu /h	道路の交通容量, p22
車線幅員による補正率 (γ _L)	1.00	道路の交通容量, p20
側方余裕不足による補正率 (γ _C)	1.00	道路の交通容量, p25
大型車の乗用車換算係数 (γ _T)	0.79	道路の交通容量, P31
沿道条件による補正率 (γ _I)	1.00	道路の交通容量, p27
可能交通容量 (C)	4,400 pcu /h	$C = C_B \times \gamma_L \times \gamma_C \times \gamma_I \times 2 \text{lanes}$
計画水準 (P _L)	0.75	道路の交通容量、 p84
設計交通容量 (C _D)	2,607 pcu /h	$C_D = C \times P_L \times \gamma_T$

表 11.6-4 設計時間交通量

項目	条件値	備考
設計交通量(ADDT)	30,918 台/日	
K 値 (K)	10 %	道路の交通容量、 p80
D 値 (D)	60 %	道路の交通容量、 p83
設計時間交通量	1,855 台/h	$= \text{ADDT} \times K / 100 \times D / 100$ 道路の交通容量、 p81

2) 一酸化炭素 (CO) および煤煙の設計濃度

トンネル内における一酸化炭素 (CO) および煤煙の許容可能濃度を表 11.6-5 に示す。

表 11.6-5 一酸化炭素および煤煙の設計濃度

設計速度	CO	煤煙の設計濃度 (100 m 透過率)
80km/h 以上	100ppm	50%
60km/h 以下		40%

出典：道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、P26

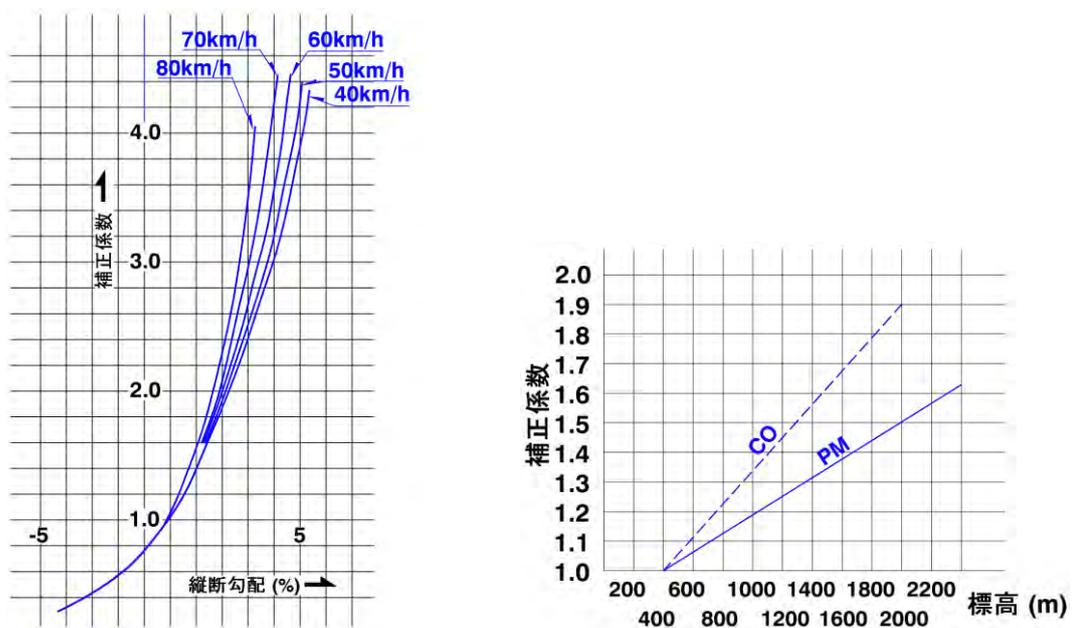
3) 基準換気量

基準換気量、煤煙換気量に対する走行速度および標高に係る補正率を表 11.6-6 に示す。

表 11.6-6 基準換気量

車種	煤煙		一酸化炭素 (CO)
	平均値 (m ² /km)	標準偏差 (m ² /km)	平均値 (m ³ /km)
軽自動車	5.1	2.3	0.007
普通車	0.5	0.7	

出典：道路トンネル技術基準（換気編）・同解説



煤煙換気量に対する勾配補正率

煤煙および一酸化炭素換気量に対する標高補正率

出典：道路トンネル技術基準（換気編）・同解説

図 11.6.1 煤煙および一酸化炭素換気量に対する補正率

4) 所要換気量および自然換気量

所要換気量および自然換気量表 11.6-7 および表 11.6-8 に示す。

表 11.6-7 下り線トンネルの所要換気量

項目	設計時間交通量		設計交通容量		備考
	煤煙	CO	煤煙	CO	
設計値	40%	100ppm	40%	100ppm	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p26
換気補正係数 (m ³ /s)	0.0463	0.0194	0.0463	0.0194	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p55-58
勾配補正係数	2.97	-	2.97	-	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p62
標高補正係数	2.82	-	2.74	-	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p63
対象別 所要換気量 (m ³ /s)	422	75	577	106	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p57-58
交通量別 所要換気量 (m ³ /s)	422		577		

表 11.6-8 上り線トンネルの所要換気量

項目	設計時間交通量		設計交通容量		備考
	煤煙	CO	煤煙	CO	
設計値	40%	100ppm	40%	100ppm	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p26
換気補正係数 (m ³ /s)	0.0463	0.0194	0.0463	0.0194	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p55-58
勾配補正係数	0.37	-	0.37	-	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p62
標高補正係数	1.35	-	1.35	-	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p63
対象別 所要換気量 (m ³ /s)	53	72	74	101	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p57-58
交通量別 所要換気量 (m ³ /s)	72		101		

表 11.6-9 自然換気量および機械換気設備の必要性

項目	条件値		備考
	上り線トンネル	下り線トンネル	
トンネル断面積	57.8 m ²	57.8 m ²	
設計時間交通量	1,855 台/h	1,855 台/h	
自然風速	2.5 m/s	2.5 m/s	道路トンネル技術基準（換気編）・同解説、p251
自然換気量	307 m ³ /s (>72 m ³ /s)	309 m ³ /s (<422 m ³ /s)	
機械換気設備の必要性	不要	必要	

5) ジェットファンの設置台数

所要換気量から計算されたジェットファンの設置台数を表 11.6-10 に示す。

下り勾配となる上り線トンネルにおいては、自然換気量が所要換気量を上回っているため、トンネル内に機械換気設備は不要である。一方、上り勾配となる下り線トンネルにおいては、所要換気量が自然換気量を上回っているため、機械換気設備を設置する必要がある。

ジェットファンの必要台数算定にあたっては、「トンネル換気設備標準仕様書他（株）高速道路総合技術研究所」および「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（日本道路協会）」に掲載されている JFX-1250 を想定し、必要台数を検討する。表 11.6-10 に示す通り、ジェットファン（JFX-1250）を設置する場合、必要設置台数は 6 台である。なお、設置位置に関しては、「設計

要領第三集（㈱高速道路総合技術研究所）」を参考とし、トンネル坑口近傍に160m間隔で設置する。

なお、上り線トンネルにおいては現時点では機械換気設備が不要と判断されるものの、今後の社会情勢の変化により大型車交通量が想定以上に増加する可能性を考慮して、機械換気設備（ジェットファン）が設置可能なトンネル断面形状として計画する。

なお、換気設備には、火災による非常時の避難支援、消防隊突入のための排煙などの機能もある。本トンネル規模は、本邦では排煙設備等を設置する必要がないレベルとされるが、トンネル防災は実施主体である道路管理者、地域消防との調整により決定されるところも大きいため、詳細設計段階にて再検討し、上り線トンネルへの機械換気設備設置を決定する必要がある。

表 11.6-10 下り線トンネルにおけるジェットファン設置台数

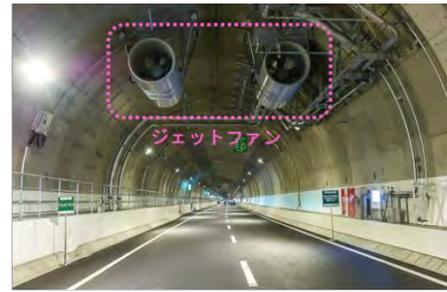
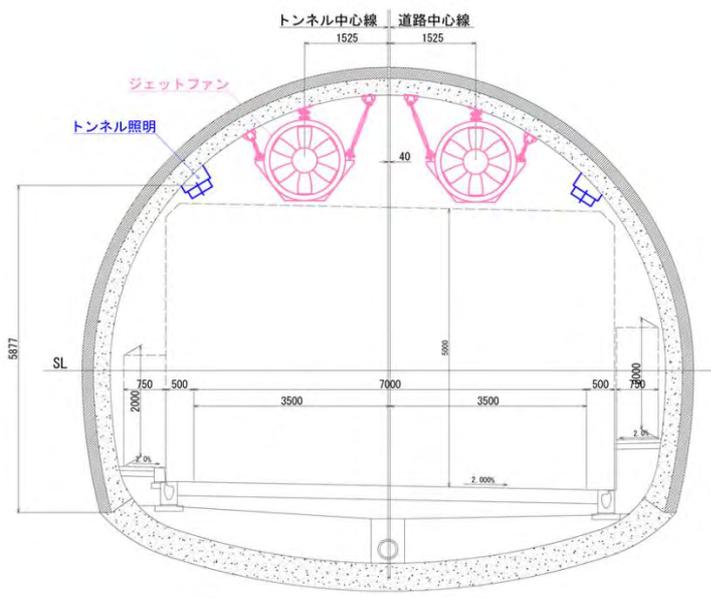
項目	条件値	備考
トンネル壁面摩擦損失係数 (ΔP_r)	182.1 Pa	
自然換気力 (ΔP_{MT})	21.4 Pa	
交通換気力 (ΔP_t)	-74.3 Pa	
ジェットファンによる押し出し力 (ΔP_j)	24.8 Pa	
ジェットファンの必要台数 (J_i)	6 台	$J_i = (\Delta P_r + \Delta P_{MT} + \Delta P_t) / \Delta P_j$

6) ジェットファンの仕様

ジェットファン（JFX-1250）の標準仕様および設置断面図を表 11.6-11 および表 11.6-2 に示す。なお、ジェットファンの制御方式にインバータ制御を用いることで、初期投資は大きくなるが、運用コストの引き下げが可能である。また、本方式は非常時の避難支援にも有効であることが報告されているので、詳細設計時に採否について検討することを求める。

表 11.6-11 ジェットファン（JFX-1250）の標準仕様

項目	仕様
ファンの直径 (mm)	1,250mm
平均風速	35 m/s 以上
騒音	95 (dB (A)) 以下
躯体延長	4,250mm
躯体直径	1,450mm
風量	43 m ³ /s 以上
送風面積	1.23 m ²
送風方向	双方向 (前後)
モーター電圧	400 V
モーター出力	50 kW 以下



出典： JICA 調査団
<https://car.watch.impress.co.jp/img/car/docs/690/622/html/29.jpg.html>
http://www.e-nexco-engi.co.jp/sekkei_denki.html

図 11.6.2 ジェットファン設置断面図

11.6.3 トンネル照明検討

(1) 概要

トンネル内の安全な交通を確保するためにトンネル内照明は非常に重要である。トンネル照明は、入口照明、基本照明、非常時照明（停電時照明）の3タイプで構成されており、詳細な配置計画および仕様は、下記に示す事項を考慮しながら検討される。近年、日本をはじめとする多くの国では、下記事項を満たすため、LED照明の採用が主流となっている。よって、本トンネルの照明においてもLED照明を基本として設計を行う。

- 高効率／長寿命
- 高温、高湿度に対応でき耐久性に優れる
- 適切な発光色の確保
- 要求された高い照明レベルを満たすことのできる高光束
- メンテナンスが容易
- 低ランニングコスト

1) 基本照明

基本照明は、一定速度の下でドライバーが前方の障害物を視認するのに必要な明るさを与えるため、トンネルの全長にわたって一定間隔で設置される。

2) 入口照明

入口照明は野外輝度とトンネル内輝度の差を調整するために設置される。従って、ドライバーがトンネルへ進入した際の輝度変化の影響を緩和できるような輝度に設定しなければならない。

3) 非常時照明（停電時照明）

非常時照明は停電発生時にトンネル内を走行中のドライバーの視野を確保するために設置される。非常時照明の電力は無停電電源装置によって直ちにUPSから供給され、照明機能を維持することが可能であり、その後、バックアップ発電機に接続される。

4) トンネル坑口照明

トンネル坑口照明は、特に夜間においてトンネルから野外へ出る際にドライバーの視認性を確保するため、適切に設置されなければならない。トンネル出口付近の野外道路区間は街灯がない場合、ドライバーの視認性低下を引き起こし、事故につながる可能性がある。

(2) トンネル照明設計

本トンネル照明の設計では、「道路照明施設設置基準・同解説（日本道路協会）」および「電気通信施設設計要領（電気編）」を適用する。設計条件および照明計算結果を下記に示す。

1) 設計条件

トンネル照明設計における設計条件を表 11.6-12 に示す。

表 11.6-12 設計条件（トンネル照明）

項目	条件値	備考
トンネル延長	1,235 m（上り線トンネル） 1,294 m（下り線トンネル）	
車道幅	7.0 m（3.5m×2 車線）	
舗装タイプ	コンクリート舗装	
路面の平均輝度換算係数	13 lx/cd/m ²	道路照明設置基準・同解説、p108
設計交通量	15,459 台/日	
設計速度	60 km/h	
設計路面輝度	2.30 cd/m ²	道路照明設置基準・同解説、p68
光源タイプ	LED	
光束	11,000 lm	
設置高さ	5.2 m	
照明率	0.693	
保守率	0.60	電気通信施設設計要領、p4-100
均斉度	0.4 以上	道路照明設置基準・同解説、p70
車軸均斉度	0.6 以上	道路照明設置基準・同解説、p70

2) 照明計算結果

a) 基本照明

基本照明における検討結果を表 11.6-13 に示す。

表 11.6-13 路面輝度および基本照明設置数

項目	条件値
設置間隔	21.5 m
設置灯具数*	上り線トンネル：58 個 下り線トンネル：60 個
路面輝度	2.33 cd/m ²
均斉度	0.548 > 0.4 (OK)
車軸均斉度	左側車線: 0.640 > 0.6 (OK) 右側車線: 0.631 > 0.6 (OK)

*設置灯具数にはバッテリー内蔵型の非常時照明の灯具数も含まれる。

b) 入口照明

入口照明における検討結果を表 11.6-14 に示す。

表 11.6-14 路面輝度と入口照明設置数

区間*	坑口照明 (個)	入口照明 (個)									路面輝度 (cd/m ²)				区間 距離 (m)	
		11、 000 lm	3、 500 lm	7、 000 lm	10、 000 lm	15、 000 lm	20、 000 lm	25、 000 lm	30、 000 lm	35、 000 lm	40、 000 lm	設計		標準		
												晴天	曇天	晴天		曇天
A	1								1		-	-	-	-	10.00	
B	0.5								1	3	44.78	23.56	43.94	21.97	16.25	
C	1								1	4	42.70	22.52	41.86	20.93	21.50	
D	1									4	35.45	18.89	35.42	17.71	21.50	
E	1							1	3		30.28	16.31	29.98	14.99	21.50	
F	1						3	1			24.07	13.20	23.59	11.75	21.50	
G	1				3	1					15.79	9.06	15.23	7.47	21.50	
H	1		1	3							9.99	6.16	9.83	4.74	21.50	
I	1			2							6.47	4.40	6.34	3.02	21.50	
J	1	1	1								4.50	3.42	4.09	2.30	21.50	
K	1	1									3.05	2.69	2.64	2.30	21.50	
L	47										2.33	2.33	2.30	2.30	1010.50	
M	0.5										-	-	-	-	4.75	
合計	58	2	2	5	3	1	3	2	6	11.	-	-	-	-	1235.0	

*区間の詳細は図 11.6.3 に示される。

c) 非常時照明

非常時照明（バッテリー内蔵型）の設置数は、「道路照明設置基準・同解説（日本道路協会）」に基づき、基本照明設置数の 1/8 以上設置する。よって、上り線トンネルおよび下り線トンネルに非常用照明を各 8 個設置する。

d) トンネル照明配置

各照明の検討結果に基づき、各照明の配置計画を表 11.6-3 のとおり計画する。



<凡例>

項目	区分	記号	タイプ
基本照明	常時/非常時点灯	■	11,000 lm
	常時点灯	□	
入口照明	晴曇天点灯	田	40,000 lm
	晴曇天点灯	⊗	35,000 lm
	晴曇天点灯	⊠	30,000 lm
	晴曇天点灯	△	25,000 lm
	晴曇天点灯	▽	20,000 lm
	晴曇天点灯	◇	15,000 lm
	晴曇天点灯	◇	10,000 lm
	晴曇天点灯	◇	7,000 lm
	晴曇天点灯	◇	3,500 lm

出典：JICA調査団

図 11.6.3 照明配置図

11.6.4 トンネル非常用設備/施設

(1) 概要

トンネル非常用設備および施設は、トンネル内で事故や災害が発生したときに道路利用者および道路管理者への情報伝達、避難、自主消火および消防隊活動を支援する設備/施設を指す。

(2) トンネル等級と非常用設備

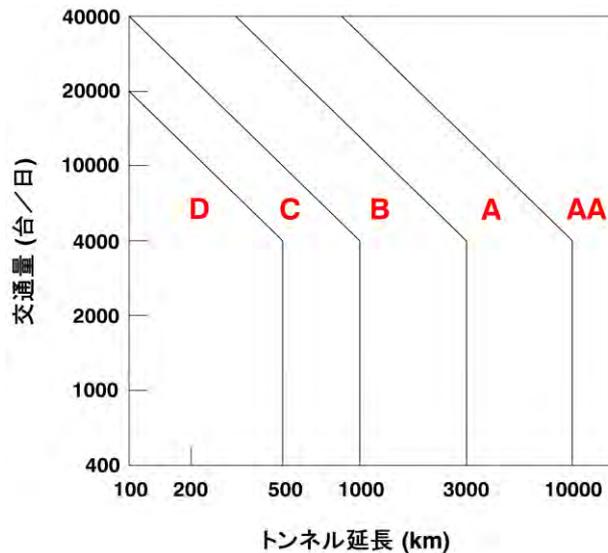
表 11.2-1 の本邦基準「道路トンネル非常用設備設置基準・同解説」では、設置すべき非常用設備をトンネル等級により定義している（表 11.6-15）。トンネル等級は、表 11.6-4 に示すとおり、トンネル延長およびトンネル内交通量によって決定され、等級 AA、A、B、C および D に分類される。この表から分かるように、トンネル等級が高いほど、多くの非常用設備を設置する必要がある。

表 11.6-15 トンネル等級に応じた設置すべき非常用設備

非常用施設		トンネル等級					備考
		AA	A	B	C	D	
通報・警報設備	非常電話	○	○	○	○		
	押ボタン式通報装置	○	○	○	○		
	火災検知器	○	△				排煙設備もしくは水噴霧設備が設置されるA等級以上のトンネルに設置される。
	非常警報装置	○	○	○	○		トンネル坑口近辺に設置される。
消火設備	消火器	○	○	○			
	消火栓	○	○				
避難・誘導設備	誘導表示板	○	○	○			
	排煙設備または避難通路	○	△				機械換気設備は排煙設備としても利用することができる。避難坑はA等級以上のトンネルに設置される。延長3,000m以上の相互通行で縦流換気方式が採用されているトンネルに設置される。
その他の設備	給水栓	○	△				A等級以上のトンネルに消火栓とともに設置される。
	無線通信補助設備	○	△				延長3,000m以上でA等級以上のトンネルに設置される。
	ラジオ再放送または拡声設備	○	△				延長3,000m以上でA等級以上のトンネルに設置される。
	水噴霧設備	○	△				延長3,000m以上でA等級以上のトンネルに設置される。
	監視装置	○	△				延長3,000m以上でA等級以上のトンネルに設置される。

注) 上表中○は原則として設置する。△は必要に応じて設置する。

出典： 道路トンネル非常用設備設置基準・同解説



出典： 道路トンネル非常用設備設置基準・同解説

図 11.6.4 トンネル等級

(3) トンネル非常用設備の種類

各種非常用設備の概要を下記に示す。なお、下記に記載される設置間隔は「道路トンネル非常用設備設置基準・同解説」に基づくものである。

1) 非常電話

非常電話（写真 11.6-1 参照）はトンネル内で発生した災害／事故をトンネル管理者へ通報する目的で利用され、200m 間隔での設置を基本とする。



非常用電話（壁面設置）



非常電話（トンネル坑口部）



非常電話（BOX タイプ）

出典：

<https://radiate.jp/20130421/higashi-fushimi/>

https://blogs.yahoo.co.jp/biwako_11.64/59547680.html

<https://travel.watch.impress.co.jp/img/trw/docs/1049/821/html/12.jpg.html>

写真 11.6-1 非常電話

2) 押ボタン式通報装置

押ボタン式通報装置（写真 11.6-2 参照）も同様にトンネル内で発生した災害／事故を通報する目的で利用され、路面上から 1.2～1.5m の高さかつ 50m 間隔で設置される。警報アラームシステムは非常電話および消火システムと連携している。



押ボタン式通報装置（消火器一体型）



押ボタン式通報装置（単独型）

出典：

<https://car.watch.impress.co.jp/img/car/docs/685/703/html/049.jpg.html>

<https://www.iwasaki.co.jp/projects/examples/detail.php?EID=t34&cat=3>

写真 11.6-2 押ボタン通報装置

3) 火災検知器

火災検知器（写真 11.6-3 参照）はトンネル内火災によって発生する煙に反応し、火災発生を感知するもので、50m 間隔で設置される。火災検知器の反応に連動してトンネル坑口前に設置される非常警報装置、消火設備および換気設備を起動するスイッチを兼用する場合が多い。



出典：
http://nexcokiyomi.hida-ch.com/index_7.html
<http://www.pref.akita.jp/chuodo/new/newwing/h19.05.31new.html>

写真 11.6-3 火災検知器

4) 非常警報装置

非常警報装置（写真 11.6-4 参照）は視覚信号（警報表示）および可聴アラームによって道路利用者へ事故／災害情報を発信する。トンネル内の災害／事故状況を道路利用者に知らせるための十分な通信機能が必要であり、道路利用者による消火活動および避難活動妨げない適切な場所に設置される。



非常警報装置



制御パネル

出典：
<http://kitanihon-t.com/results/>
<http://www.iwate-shinkodenki.com/case/case25.html>

写真 11.6-4 非常警報装置

5) 消火器

消火器（写真 11.6-5 参照）は、トンネル利用者によるトンネル内火災の初期消火に利用されるものであり、50m 間隔で設置される。



出典：
<http://www.pref.yamanashi.jp/kanjo/kanri/manriki.html>
<https://car.watch.impress.co.jp/docs/news/688076.html>

写真 11.6-5 消火器

6) 消火栓

消火栓（写真 11.6-6 参照）は、トンネル利用者によるトンネル内火災の初期消火に利用されるものであり、200 m 間隔で設置される。なお、同時に消防隊活動支援用の給水栓を併設する場合もあり、その場合には、消火栓盤に消防用給水栓が合わせて設置される。



出典：
<http://asahisetsubi.co.jp/construction/463/>
<http://photozou.jp/photo/show/629359/11.6028160>

写真 11.6-6 消火栓

7) 誘導表示板

誘導表示板（写真 11.6-7 参照）はトンネル坑口までの距離を道路利用者へ伝える役割を果たし、200m 間隔で設置される。



出典：
<https://www.iwasaki.co.jp/projects/examples/detail.php?EID=rhi07&cat=1>
<http://www.pref.yamanashi.jp/kanjo/kanri/manriki.html>

写真 11.6-7 誘導表示板

8) 排煙設備および避難通路

トンネル排煙設備は火災時の排煙を目的として設置される。ジェットファン（写真 11.6-8 左側写真参照）は換気設備の一つであり、通常換気に利用できると共に火災発生時には排煙動作も可能である。

避難通路は避難坑、避難連絡坑（写真 11.6-8 右側写真参照）および避難口に分類され、災害／事故発生時に道路利用者をトンネル外へ避難させるために設置される。本トンネルは、独立した上下線 2 トンネルによる運用であることから、火災時には坑口または隣接トンネルに脱出することを避難の基本とする。そのため独立した避難坑は設置せず、相互トンネルを連結する避難連絡坑を計画する。



排煙設備（ジェットファン）



避難通路（避難連絡坑）

出典：

<http://www.hanshin-exp.co.jp/company/skill/library/tech/post.html>

https://radiate.jp/20081213/kitakan_opening_tochigi-ibaragi/

写真 11.6-8 排煙設備および避難通路

9) 坑口給水栓

坑口給水栓（写真 11.6-9 参照）は、消防隊による消火活動を容易にさせるための補助設備であり、両坑口部に配置される。



出典：

<http://daikitihanayama.web.fc2.com/2004Touring/yasya/Re/y3.html>

<http://www.pref.yamanashi.jp/kanjo/kanri/manriki.html>

写真 11.6-9 給水栓

10) 無線通信補助設備

無線通信補助設備（写真 11.6-10 参照）はトンネル照明部またはトンネル壁面などに配置され、トンネル管理者および消防、警察等の無線機を使用可能とする。



出典：

<https://car.watch.impress.co.jp/img/car/docs/685/703/html/048.jpg.html>

写真 11.6-10 無線通信補助設備

11) ラジオ再放送設備／拡声装置

ラジオ再放送設備（写真 11.6-11 左側および中央写真参照）はトンネル坑口部近辺にリードアナテナを設置することによりトンネル内のラジオ放送を可能とする設備である。トンネル内で災

害／事故が発生した場合、ラジオ再放送設備により緊急情報無線信号をトンネル利用者へ発信するために使用される。

また、拡声装置（写真 11.6-11 右側写真参照）は、トンネル内に拡声スピーカーを設置し、ラジオ放送による事故状況や避難情報をトンネル利用者に伝達する。



ガイドワイヤー



リードアンテナ



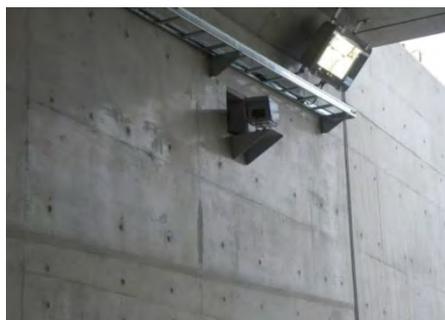
拡声スピーカー

出典：<https://travel.watch.impress.co.jp/img/trw/docs/1048/548/html/53.jpg.html>

写真 11.6-11 ラジオ再放送設備および拡声装置

12) 監視装置

CCTV カメラなどの監視装置（写真 11.6-12 参照）はトンネル延長、縦断・平面線形などに応じて適切な配置位置を計画する。カメラは建築限界に支障ないトンネル壁面に設置され、非常駐車帯位置および通常断面区間（150～200m 間隔）で設置される。



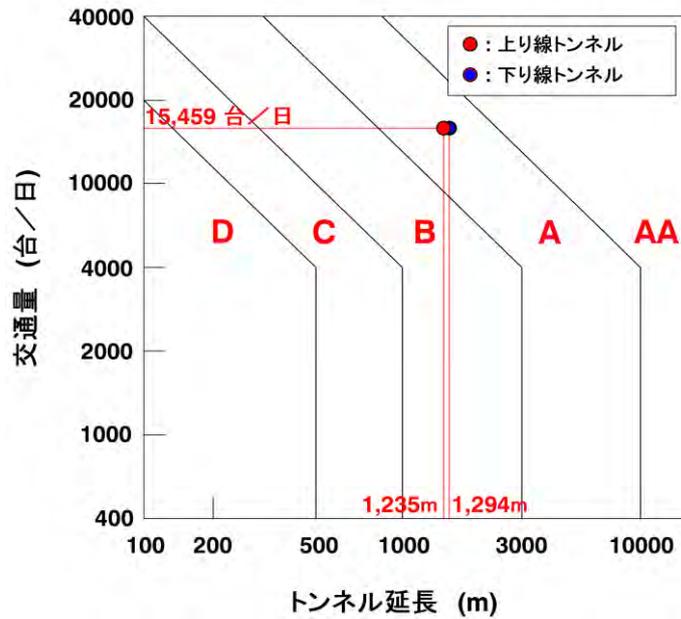
出典：<http://www.densetsu-ndd.co.jp/construction/construction-329/>

写真 11.6-12 監視装置（CCTV カメラ）

(4) 本トンネルにおける非常用設備

本トンネルは設計交通量 15,459 台／日、トンネル延長は上り線トンネルが 1,235 m、下り線トンネルが 1,294 m である。これらの条件より、図 11.6.5 に示すとおり上下線トンネル共に A 等級に分類される。

図 11.6.5 および DOR との協議結果を踏まえ、本トンネルに設置する非常用設備を表 11.6-16 に示す。また、それら設備の配置計画を図 11.6.6 および図 11.6.7 に示す。



出典： 道路トンネル非常設備設置基準・同解説

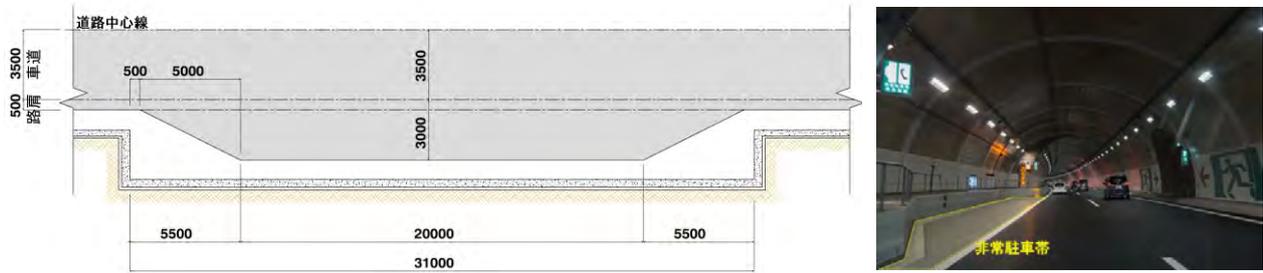
図 11.6.5 サンガ峠トンネルのトンネル等級

表 11.6-16 サンガ峠トンネルに設置される非常用設備

施設名	設置数	
	上り線トンネル	下り線トンネル
非常電話	8	7
押ボタン式通報装置	26	27
火災検知器	0	31
非常警報装置	1	1
消火器	25	26
消火栓	25	26
誘導表示板	13	12
排煙設備 (ジェットファン)	0	6
給水栓	5	6
制水弁	4	8
無線通信補助設備	2	2
ラジオ再放送設備	2	2
監視装置	6	7
端子盤	0	4
CO 計	0	1
VI 計	0	1
AV 計	0	1

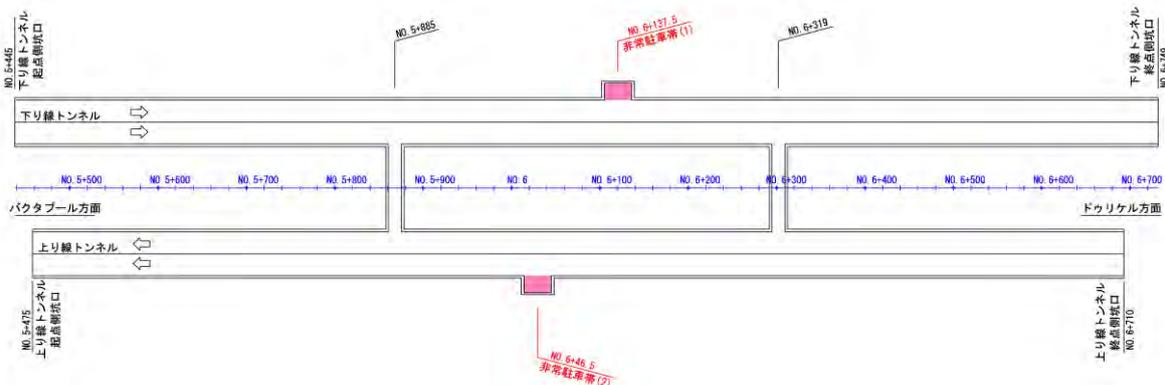
な交通流を確保する施設である。

「設計要領第四集（株）高速道路総合技術研究所」に基づき、約750mの間隔を目安にトンネル内非常駐車帯を配置する。図11.6.8および図11.2.9に非常駐車帯配置位置案および形状を示す。非常駐車帯の設置場所や設置箇所数については、その必要性について十分に議論・検討し、詳細設計段階で詳細を決定する必要がある。



出典：
 JICA調査団（平面図）
https://radiate.jp/20140628/sagami_open/ (Photo)

図 11.6.8 非常駐車帯（トンネル内）



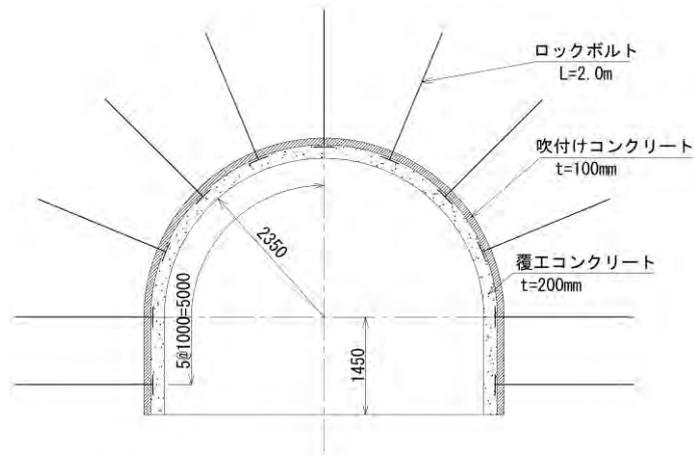
出典：JICA調査団

図 11.6.9 非常駐車帯配置図（案）

(2) 避難連絡坑

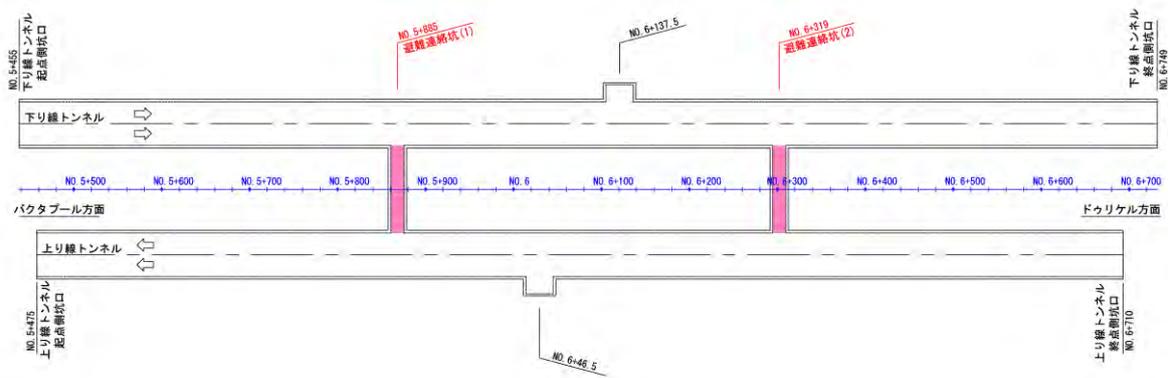
避難連絡坑（図11.6.10参照）は、上り線トンネルおよび下り線トンネルを結ぶ避難経路として配置される。「道路トンネル非常用設備設置基準・同解説（日本道路協会）」によれば、本邦では多くの場合約700～800mの間隔で設置されていると記載されている。本トンネルの避難連絡坑配置（案）を図11.6.11に示す。

避難連絡坑の設置場所や設置箇所数については、その必要性について十分に議論・検討し、詳細設計段階で詳細を決定する必要がある。



出典：設計要領第三集

図 11.6.10 避難連絡坑標準断面



出典：JICA 調査団

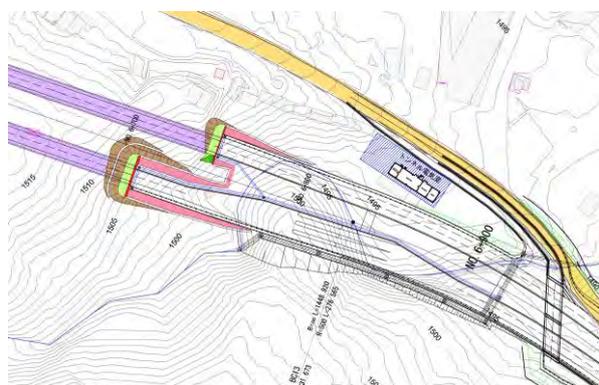
図 11.6.11 避難連絡坑配置図（案）

(3) トンネル管理室および電気室

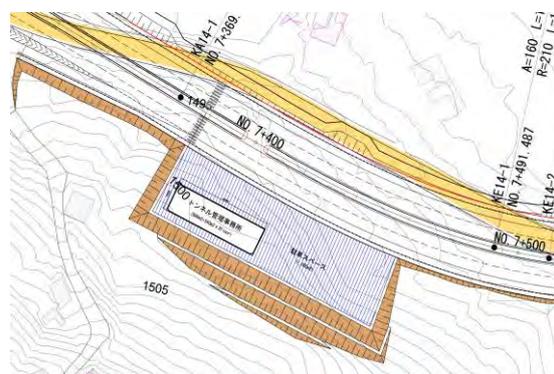
トンネル管理室および電気室の概要を表 11.6-17 に示す。

表 11.6-17 トンネル管理室および電気室の概要

施設名	概要	
トンネル管理室	面積	680m ² (管理室) + 1,000m ² (駐車スペース) = 1,680m ²
	位置	図 11.6.12 参照
	機能	<ul style="list-style-type: none"> トンネル監視および運営を目的とした運営・管理スタッフおよび料金所スタッフの管理施設 維持管理車両および救急車両の駐車スペース
	施設	<ul style="list-style-type: none"> 管理棟 設備管理室 交通管理室 (制御室および休憩設含む) その他 (受付・会議室・トレイ等) 駐車スペース
電気室	面積	200m ² (電気室) + 500m ² (維持管理ヤード) + 225m ² (配管ヤード) = 925m ²
	位置	図 11.6.12 参照 (電気室の参考レイアウトを図 11.6.13 に示す)
	機能	<ul style="list-style-type: none"> トンネル用一次受電施設 各種トンネル非常用設備の制御
	施設	<ul style="list-style-type: none"> 通信機械室 電気室 発電室 ポンプ室



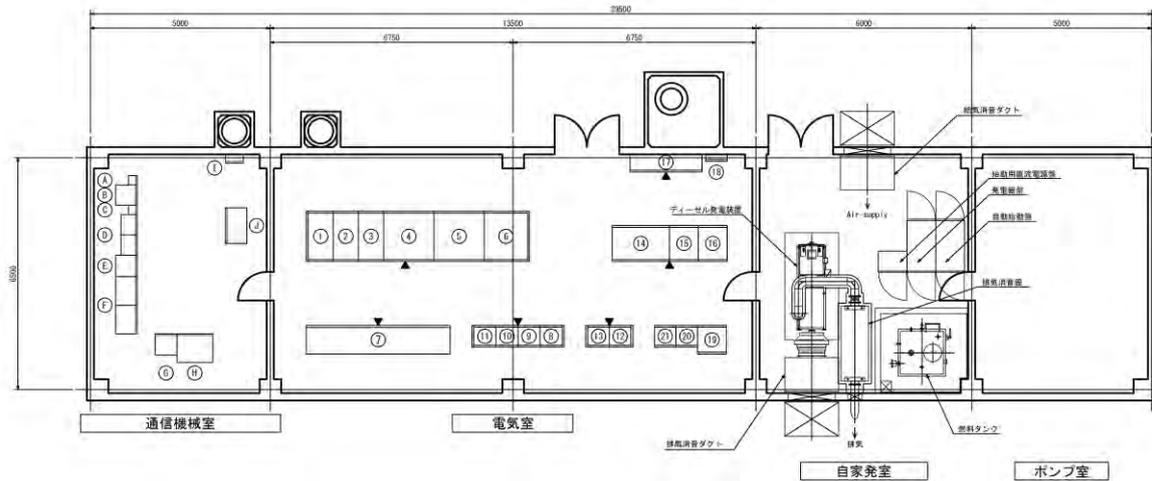
電気室



管理室

出典：JICA 調査団

図 11.6.12 トンネル管理室および電気室位置図 (案)



記号	機器名称	記号	機器名称
①	空機無線	①	発電機
②	共用装置	②	無効電力補償装置一次機
③	蓄電池装置	③	動力変圧器一次/照明変圧器一次機
④	ラジオ兼放送 (AM・FM)	④	動力変圧器機
⑤	遠方監視制御装置	⑤	照明変圧器機
⑥	ITV室	⑥	所内変圧器機
⑦	監視制御盤	⑦	無効電力補償装置
⑧	防災受信機	⑧	照明制御盤
⑨	光成機箱	⑨	No.1 照明コントロールセンター
⑩	VDF	⑩	No.2 照明コントロールセンター
		⑪	No.3 照明コントロールセンター
		⑫	No.1 換気コントロールセンター
		⑬	No.2 換気コントロールセンター
		⑭	インバータ機
		⑮	充電器機
		⑯	蓄電池機
		⑰	低圧保守切換盤
		⑱	接地線子機
		⑲	換気制御盤
		⑳	換気制御盤
		㉑	交通量処理装置

出典：JICA調査団

図 11.6.13 トンネル電気室配置図の例 (参考)

(4) 電力供給システム

1) 概要

本節では、電力施設からトンネルまでの電源供給計画および停電時のバックアップシステムの概要について記載する。

2) トンネル関連設備の負荷容量

トンネル関連設備の負荷容量を表 11.6-18 に示す。

表 11.6-18 トンネル関連設備の負荷容量

項目	負荷容量 (kVA)
換気設備	250
非常用設備	50
トンネル設備	25
その他	32
合計	357

3) 無停電時電源装置

停電時における最小限のトンネル設備機能を維持するため、以下の設備に無停電電源装置を設置する。

- 誘導表示板
- トンネル照明（非常時照明）
- CCTV システム（監視施設）
- 消火設備
- その他

また、上記設備を維持するために必要な負荷容量を表 11.6-19 に示す。それより、バックアップ機能を確保するため、発電機（100 kVA）をトンネル電気室内に配置する必要がある。

また、停電直後（約 10 分間程度）はバックアップ発電機の起動動作により安定した電気を供給できないことから、停電直後も電力を失わない無停電電源装置も併せて計画する必要がある。

表 11.6-19 バックアップジェネレーターの負荷容量

項目	負荷容量 (kVA)
非常用設備	47
トンネル照明	3
その他	45
合計	95 (≒ 100)

4) 電力供給計画

本トンネルへの電力供給はネパール電力公社（Nepal Electricity Authority : NEA）が所有するバネパ変電所から供給される予定である。バネパ変電所の位置を図 11.6.14 に示す。

トンネル関連設備に電気を供給するためのトンネル電気室はバネパ側坑口付近に計画している。トンネル関連施設の負荷容量は全体で約 357KVA であり、300KVA の変圧器 1 台と 150KVA の変圧器 1 台を電気室に設置する必要がある。

なお、本トンネルへの詳細な送電計画（送電方式および経路など）は、詳細設計段階で十分に議論し、決定する必要がある。





出典：JICA調査団

図 11.6.14 バネパ電力施設位置図および現況

