

# ヒマラヤの山岳国家ネパールとブータンにおける環境と開発保全に関する比較研究

敬愛大学国際学部教授

中村 圭三

## 1 まえがき

2006年3月、敬愛大学環境情報研究所内に、隊員3人からなる「ネパール学術調査隊」を組織し、エヴェレスト・ベースキャンプを目指した。調査の目的は、エヴェレスト街道における環境調査で、この街道沿いにおける「水環境」「生活と水利用」「ゴミ問題」などについて調査することであった。これらの調査結果については、同研究所機関誌「環境情報研究」第14号（中村 2006、谷口・谷地 2006、谷地 2006）で詳しく報告した。

この調査がきっかけで、以後、「ネパールにおける高度帯別の水環境調査」「ヒマラヤ山地におけるリンゴ・ミカン栽培と気候環境との関わり」「テライ低地におけるヒ素汚染調査」へと研究を展開していった。ヒ素汚染に関する研究は、その後、2011年度に科研費 基盤研究(B)（海外学術調査）に採択され、5年間の調査を実施した。

10年におよぶネパールでの調査活動を通して、ネパール人の生活振りや生活環境についての理解を深めることができた。そこで、その内容については、『ネパールの暮らしと環境』（敬愛大学ネパール研究会 2014）として刊行した。

このようにして、ネパールとの関係を深めて10年になるが、同じヒマラヤの山岳地帯に位置するブータンは、どのような国なのだろうか。自分の目で確かめたいと常々思ってい

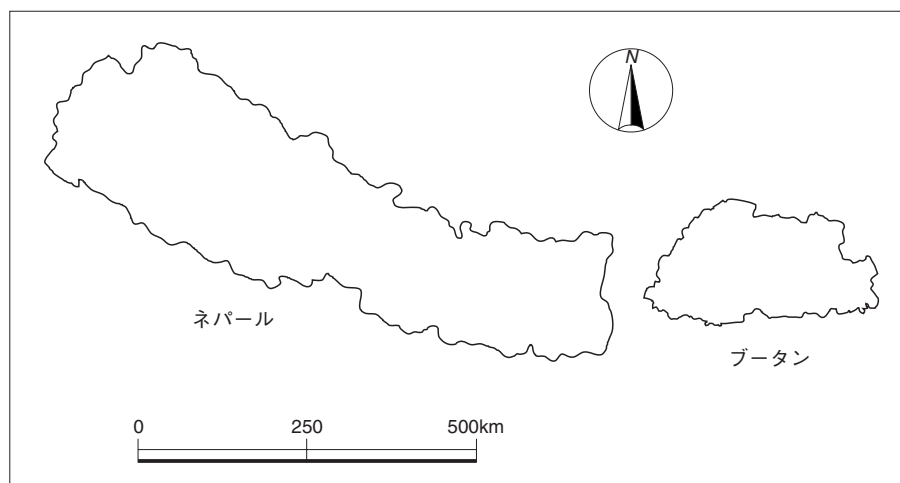


図1 ネパールとブータンの位置図

たが、2016年2月と8月にブータンで調査する機会を得ることができた。

そこで、著者の10年間にわたるヒマラヤ調査の体験を基に、同じヒマラヤの山岳国家であるネパールとブータン両国（図1）について、環境と開発保全に関する比較研究を試みた。

## 2 両国の概要

ネパールとブータンの概要を、表1に示す。国土面積は、ネパール14.7万km<sup>2</sup>（北海道の約1.8倍）、ブータン3.8万km<sup>2</sup>（九州とほぼ同じ）で、ネパールの方が、ブータンよりも約4倍大きい。また、人口は、ネパール2,649万人（2011年：人口調査）、ブータン76.5万人（2014年：世銀資料）で、ネパールの人口はブータンよりも約35倍多い。政体は、ネパールが連邦民主共和制、ブータンが立憲君主制である。

GDP（名目）は、ネパール約213.5億ドル（2014/2015年度、ネパール中央統計局）、ブータン約19.5億ドル（2014年：世銀資料）であるが、一人当たりのGDPは、ネパール約752ドル、ブータン2,560ドルで、ブータンのほうが約3.5倍大きい。また、ネパールとブータンの輸出額はともに5億ドル台であるが、輸入額では、ブータンの9.9億ドルに対して、ネパールは64.8億ドルと6.5倍も大きい。

宗教は、ネパールではヒンドゥー教が81.3%を占め、仏教9.0%、イスラム教4.4%と続く。ブータンの宗教はチベット系仏教、ヒンドゥー教などで、仏教がブータン人の生活に根付いている。

ネパールとブータンは、共にヒマラヤ山脈の南斜面に位置し、高度は、100m足らずの低地から7,000m、8,000m台の高山にまで及ぶ。そのため、気候は低地の亜熱帯気候帯から高

表1 ネパールとブータンの基礎データ比較

	ネパール	ブータン
面積	14.7万km <sup>2</sup> (北海道の約1.8倍)	約3.8万km <sup>2</sup> (九州とほぼ同じ)
人口	2,649万人、人口増加率 1.35%(2011年、人口調査)	約76.5万人(2014年：世銀資料)
宗教	ヒンドゥー教徒(81.3%)、仏教徒(9.0%)、イスラム教徒(4.4%)	チベット系仏教、ヒンドゥー教等
民族	バルバテ・ヒンドゥー、マガル、タルー、タマン、ネワール など	チベット系、東ブータン先住民、ネパール系 など
教育	識字率65.9%(2011年、国勢調査)	識字率63.02%(2012年)、初等教育就学率107%(2013年)
政体	連邦民主共和制	立憲君主制
議会	立法議会(新憲法公布により、連邦議会2院制への移行が決定)	二院制(上院25議席、下院47議席)
GDP(名目)	213.5億ドル(2014/2015年度、ネパール中央統計局)	19.5億ドル(2014年：世銀資料)
一人あたりGDP	752ドル(2015/2016年度、ネパール中央統計局)	2,560ドル(2014年：世銀資料)
経済概況	GDP約212.9億ドル(2015/2016年度)。経済構造はGDPの約31.7%及び就労人口の約67%を農業に依存。各国政府・国際機関より多額の開発援助を受けている。	ブータンは人口の約7割が小規模な地域自給自足型の労働集約的農業を中心とした農業に従事している。経済活動を行う労働力は全人口の65.3%(約34万9千人[2014年])である。
経済成長率	3.6%(2014年)	5.5%(2014年：世銀資料)
総貿易額	(1) 輸出 5.88億ドル (2) 輸入 64.84億ドル (2015/2016年度当初11ヵ月、中央銀行)	(1) 輸出 5.31億ドル (2) 輸入 9.92億ドル (世銀資料 2012年)

外務省基礎データ<sup>1)</sup> より作成

度ともに変化し、熱帯気候を除く亜熱帯から氷雪気候帯までのすべての気候帯が分布する。

両国の季節は類似し、春（2～3月）、プレモンスーン（4～5月）、モンスーン（6～9月）、ポストモンスーン（10～11月）、冬（12～1月）の5季に区分できる。ただし、期間は年により変動する。

### 3 環境問題

#### 3.1 氷河湖の決壊

地球温暖化の影響は、地球上の各所に表れているが、ヒマラヤの山中でも例外ではない。山岳氷河の後退に伴う融解水の貯水によって形成された氷河湖（写真1）が、ヒマラヤの山中に多数分布している。その数は、ネパールで2,300以上、ブータンで2,674といわれ、標高約4,000mから5,000mに分布する。これらの氷河湖は決壊の危機にさらされ、決壊した氷河湖もある。

ネパールでは、1935年以来14件の氷河湖の決壊が報告されている。1985年に起きたクンブー地方のディグ・チョウ氷河湖の決壊では、5件の家屋、畑、家畜などが流された（佐久間 2006）。国際総合山岳開発センター（International Center for Integrated Mountain Development: ICIMOD）とUNEPによる最近の研究結果では、ネパールにある27の氷河湖について、潜在的な洪水の危険性があると指摘されている。

ブータンでは、ICIMODの研究結果によると、23の氷河湖が近い将来に決壊の危険性があると報告されている。1957年、1960年、1994年に、ポ・チュの準盆地で氷河湖の決壊が発生した。1994年10月にルゲ・ツォで発生した決壊洪水では、死者21人、約700haの農地・放牧地と5つの水車、16頭のヤク、6tの穀物、多数の家屋などに被害があった（国際協力機構 2014）。

JICA-JST 共同研究事業では、過去の決壊事例を解析し、氷河湖水面とモレーン（湖水を堰き止める岩屑ダム）下端とを結ぶ傾斜角が、 $10^{\circ}$ 以上ある場合に、決壊が発生していることを突き止めた。そこで、傾斜角 $10^{\circ}$ を超える氷河湖においては、決壊が発生するものと仮定して、傾斜角 $10^{\circ}$ 未満になるまで湖水位を低下させた場合の全流出ボリュームを、可能最大洪水量と定めた。ブータンには、傾斜角 $10^{\circ}$ 以上の危険氷河湖が148存在する。

可能最大洪水量が2,000万 $\text{m}^3$ を超える氷河湖は、ヒマラヤ全域で9湖存在し、6湖がネパール、残りの3湖がブータンにある（国際協力機構 2016）。

この氷河湖の下流域には、人々が生活している。彼らは電化製品や自動車を使わず、最も環境にやさしい生活をしているにもかかわらず、地球温暖化による影響で、生命にもかかわるほどの危機にさらされているのである。



写真1 ネパールのエヴェレスト南麓に位置するイムジャ氷河湖(5,030m)<sup>2)</sup>

#### 3.2 都市の大気汚染

ネパールの首都カトマンズは、標高約1,300mのカトマンズ盆地内に位置し、周囲を



写真2 大気汚染対策のマスクをして、カトマンズ市内を行く人達(2012年2月27日)

2,000m以上の高い山々に囲まれている。冬季の晴天で風が弱い日の夜間から早朝にかけては、盆地内の地上付近に放射冷却によって形成された、冷たく安定した大気が長時間滞留し、高濃度の大気汚染を引き起こす。

このような地形的要因に加えて、近年の人口急増に伴う自動車数の急増、道路事情の問題による慢性的な大渋滞などの人為的な要因が、大気汚染にさらに拍車をかけ、メキシコシティと並ぶともいわれる、世界一の大気汚染都市となっている（敬愛大学ネパール研究会 2014）。

カトマンズ市内では、歩行者や、バイクに乗る人の多くが大気汚染対策のためにマスクをしている（写真2）。市内10数カ所に大気汚染観測機器が設置され、その状況を監視している。

一方、ブータンの首都ティンブーは、人口10万人足らずの小都市であり、渋滞はほとんどなく、大気汚染は全くというほど感じられない。

### 3.3 水汚染

#### 3.3.1 都市の水質汚濁

大気汚染同様、カトマンズの水質汚濁は、危機的な状況にある。カトマンズ市内の西部を南に流れるバグマティ川をはじめとする市内の河川には、下水道が十分に整備されていないために生活排水が流入し、河川水は白濁あるいは黒く濁り、悪臭を放っている。

バグマティ川では、排水の流入に加えて、ゴミの投機により川の流路が狭められ、深刻な状況になっている（写真3）。このような河川水や、地下に浸透した汚染水は、地下水汚染を引き起こす。そのため、安全な飲料水の確保が、重要な課題となっている。



写真3 カトマンズ市バグマティ川のゴミ投棄(2008年3月11日)

しかし、川の沿岸にある湧水を利用した洗濯場や川で遊ぶ子供たちの姿も見られ、河川が人々にとって身近な空間としても機能している（敬愛大学ネパール研究会 2014）。

一方、ブータンにおいては、水質汚濁が問題になるには至っていない。この国では、仏教により魚釣りは禁止されている。郊外の川は清流となり、河川水の流量の変化が少ない冬季の川面の色は素晴らしい。

#### 3.3.2 地下水ヒ素汚染

ネパール南部を東西に带状に伸びるテライ低地においては、全域で地下水ヒ素汚染による被害が報告されている。著者らは、2007年以来テライ低地中央部に位置するナワルパラシ群パラシにおいて、ヒ素汚染に関する実態と対策に関する研究を実施してきた。日本の



ヒ素濃度の基準値は10ppbであるが、ネパールではその5倍の50ppbとなっている。

調査の結果、500ppbを超える高濃度のヒ素汚染井戸が、多数存在することが判明した。また、深さ約20m付近の帯水層に高濃度のヒ素が含まれ、それよりも浅い層、および深い層の地下水においては、ヒ素濃度が低いことが明らかになった（中村ほか 2008, 2010）。

ヒ素を含む水を長期間飲み続けるとヒ素中毒となり、皮膚に色素が沈着したり、角化の症状が現れたりする（写真4）。この症状がさらに進むとガン化の危険性が高まり、住民の健康に重大な影響をおよぼすことになる（敬愛大学ネパール研究会 2014）。



写真4 ヒ素被害者の家の井戸と、被害者の色素沈着と角質化した手（テライ低地・2007年9月1日）

### 3.4 都市のゴミ問題

#### 3.4.1 カトマンズ

カトマンズでは、朝、ゴミが道路や街角などに投棄されている光景（写真5）や、ゴミ収集車に住民がゴミを投げ込み、収集車がゴミを落としながら走って行く様子が見かけられた（写真6）。また、川が日常的なゴミ捨て場となり、バグマティ川（写真3）では、捨てられたゴミで川が埋め尽くされていた。牛や馬などがゴミの中から食べ物を探していたり、ゴミの中からプラスチック系のゴミを探している人もいた。

カトマンズ盆地内では、都市人口の増加などに伴い急速に増加し続けるゴミ発生量に対して、ゴミ処理責任を有する各市行政機関の対応が追いつかず、ゴミ収集能力の不足と市民のゴミ投棄行為とが相まって、ゴミが沿道や河岸などの生活圏に投棄・放置されていた。加えて、各市は収集したゴミの最終処分にも苦慮しており、カトマンズ市、ラリトプル市、



写真5 カトマンズ市内の路上に投棄されたゴミ（2008年3月8日）



写真6 カトマンズ市内のゴミ収集車（2009年9月4日）

キルティプル市の3市は、バグマティ川の河川敷に埋め立て処分し、適正な埋め立て管理もしていなかったため周辺環境への影響が懸念されていた（国際協力機構ネパール事務所2014）。

### 3.4.2 ブータン

ブータンの首都ティンブー市では、カトマンズ市のようなゴミ問題は見られなかった。朝、ゴミ収集車が来ると、付近の住民がゴミを持って集まり、自分でゴミ収集車の収集口に容器からゴミを投げ込んでいた（写真7）。

市内中心部にはゴミらしいものは散乱していなかったが、建物と建物との間の水路や街角には、ゴミが散乱していることもあった（写真8）。ゴミゼロまでもう一歩というところだろうか。



写真7 ゴミ収集車と、ゴミを持ってきた住民（2016年8月20日）



写真8 ティンブー市の街角に捨てられた段ボール箱と水路のゴミ（2016年8月19日）

## 4 開発と保全

### 4.1 森林の保全

#### 4.1.1 ネパール

2010年におけるネパールの森林面積は364万haであり、国土面積の約25%を占める。このうち天然林は359万haで、人工林は約4万haに過ぎない（FAO, 2010）。過去30年間におけるネパールの森林面積は、毎年約2%の割合で減少し続けた。その原因としては、森林に対する依存度の高さ、違法伐採、森林火災などが上げられる（Nepal, 2010）。

ネパールには国立公園や保護区として重点保全区域に指定された森林が多数あるが、域内に約700万人の住民が住み、その約60%が森林に生計を依存し、伐採活動を実施してき

た。こうした地域住民による農地転換により森林が減少し、また、薪炭材採取により森林劣化が進行していた。さらに、希少な野生動物の密猟が問題となっていた。

2000年頃より、森林生態系の回復・保全・希少野生動物の個体数維持の取り組みが開始された。国立公園や保護区などの重点保全地区では、植林などによる森林回復・保全活動・密猟者の逮捕や林内監視活動を実施してきた。その一方で、周囲の森林をコミュニティ森林として地域住民へ提供し、生産活動を許可した。地域住民はコミュニティ森林利用者グループを組織し、森林管理能力を向上させた上で、コミュニティ森林の提供を受けることができ、森林資源を活用している（ネパール連邦民主共和国 2015）。

#### 4.1.2 ブータン

2010年におけるブータンの森林面積は270万 ha（森林率70%）で、ほとんどが天然林であり、人工林は1%にも満たない。人々は森林から木材のほかに、薪、飼料、落葉、薬草、キノコなど非木材林産物の収穫、放牧地としての利用など、森林に深く依存して生活している。また、大きな歳入減になっている水力発電に必要な水源地や急峻な山腹や深い谷に広がる農地の保全の面でも、ブータンでは森林はきわめて重要な役割を担っている。ブータンでは、国土の最低60%を森林として維持することが憲法で定められている。

現在、同国にとって、生活向上に向けた産業振興と森林保全・持続的利用の両立を、どのように図っていくのかが大きな課題となっている（後藤ほか 2011）。

ブータンの木材生産の中心となる森林は、標高2,500mから3,200mに位置する針葉樹混交林（写真9）で、ツガ、モミ、トウヒなどの常緑針葉樹が優占する天然林である。国産材の年間供給量（約28万 m<sup>3</sup>、2004年時点）は、国内の木材需要量（約77万 m<sup>3</sup>）を大きく下回っており、需要を満たすために伐採量の増加が避けられない状況にある（後藤ほか 2012）。

針葉樹混交林帯より下部には、シイ、カシ類が優占する常緑広葉樹林が広がっている。ここでの森林荒廃の原因には、木材生産や燃料用の伐採、焼畑による農地への転換などが挙げられる。また、夏季には涼しい高山（3,500m以上）へ、冬季には暖かな低地へと、ヤク、ウシ、ウマなどを季節ごとに移動させる移牧は、現在でもブータンのほぼ全域で行われている。毎年の放牧地と移動ルートがほぼ決まっているために、場所によっては裸地化が進行して土壌浸食が引き起こされ、移牧に伴う食害がもたらす影響が問題になりつつある（後藤ほか 2012）。



写真9 ベレ・ラ（峠）付近(3,250m)の道路沿いのツガ林(2016年2月22日)

## 4.2 生物多様性・国立公園

### 4.2.1 ネパール

ネパールには国立公園7カ所、野生生物保護区3カ所、狩猟保護区1カ所があり、国土の約8%にあたる広大な地域が自然保護区となっている。テライ平原にあるチトワン国立公園（写真10）は、東西80km、南北23kmにおよぶ広大な面積を占めている。かつてのテライ平原はジャングルで、多数の野生生物が生息していた。この地域のマラリヤが撲滅された後、



写真10 チトワン国立公園内のサイと、  
象に乗った観光客(2009年9月4日)

耕地の少ない山岳部の民族を移住させ、ジャングルを耕地に転換した。そのためジャングルは急減したが、王家の狩猟地であったため、開発からは免れることができた。

この地域は1961年にサイ保護区、1973年に国立公園、さらに1984年には世界遺産に指定された。ジャングルにはトラ、サイ、シカ、ヒョウなど43種類の哺乳類と、約450種類の鳥類が生息している<sup>3)</sup>。

#### 4.2.1 ブータン

ブータンには、山岳地帯における固有の生育環境に適応した、多種多様な生物種が存在している。確認されている動植物は、ほ乳類166種、鳥類770種、植物5,446種とされており、東ヒマラヤ固有種の約60%を占めている。近年の社会インフラ開発や森林伐採などにより、生態系の連続性が寸断・破壊され、絶滅に瀕する生物種も存在するとみられる(国際協力機構 2014)。ブータンにおける野生保護動物と保護植物を表2、表3に示す(Bhutan, 1995)。

標高3,000mから4,000mには、ユキヒョウ、ベンガルタイガー、レッサーパンダ、ゴール、ラングール、ツキノワグマ、サンバー、ブタ、ホエジカ、ブルーシープ、ジャコウ

表2 野生保護動物リスト(Bhutan, 1995より作成)

No.	和 名	一般名称	学 名
1	アジアゾウ	Asian Elephant	<i>Elephas maximus</i>
2	ウンピョウ	Clouded Leopard	<i>Neofelis nebulosa</i>
3	ゴールデンラングール	Golden Langur	<i>Presbytis geei</i>
4	ジャコウジカ	Musk Deer	<i>Moschus chrysogaster</i>
5	インドセンザンコウ	Pangolin	<i>Manis crassicaudata</i>
6	コビトイノシシ	Pigmy Hog	<i>Sus sylvanicus</i>
7	ユキヒョウ	Snow Leopard	<i>Panthera uncia</i>
8	ターキン	Takin	<i>Budorcas taxicolor</i>
9	トラ	Tiger	<i>Panthera tigris</i>
10	水牛	Wild Buffalo	<i>Bubalus bubalis</i>
11	オグロズル	Black-Necked Crane	<i>Grus nigricollis</i>
12	ニジキジ	Monal Pheasant	<i>Lophophorus impejensis</i>
13	コクジャク	Peacock Pheasant	<i>Polyplectron bicalcaratum</i>
14	渡りガラス	Raven	<i>Corvus corax</i>
15	アカクビサイチョウ	Rufous-Necked Hornbill	<i>Aceros nepalensis</i>
16	ゴールデンマハシア	Golden Mahseer	<i>Tor tor</i>
17	アキシスジカ	Spotted deer	<i>Axis axis</i>
18	ガウル(インドヤギウ)	Gaur	<i>Bos gaurus</i>
19	ヒョウ	Leopard	<i>Panthera pardus</i>
20	レオパードキャット	Leopard Cat	<i>Felis bengalensis</i>
21	ヒマラヤグマ(ツキノワグマ)	Himalayan Black Bear	<i>Selenarctos thibetanus</i>
22	レッサーパンダ	Red panda	<i>Ailurus fulgens</i>
23	ヒマラヤカモシカ	Serow	<i>Capricornis sumatraensis</i>



表3 保護植物リスト (Bhutan, 1995より作成)

No.	和 名	一般名称	学 名
1	ジンコウ	Eagle Wood	<i>Aquilaria malaccensis</i>
2	冬虫夏草	Chinese caterpillar	<i>Cordyceps sinensis</i>
3	—	—	<i>Gentiana crassuloides</i>
4	—	Snow down lily	<i>Lloydia yunnanensis</i>
5	ブルーポピー	Blue poppy	<i>Meconopsis grandis</i>
6	イチイ	Yew	<i>Taxus baccata</i>
7	ヤクヨウニンジン	Ginseng	<i>Panax pseudo-ginseng</i>

ジカなどが生息する。また、熱帯の森では、ウンピョウ、サイ、ゾウ、固有種のゴールデンランゲール、スイギュウ、ヌマシカなどが生息する<sup>2)</sup>。

ブータンには、4つの国立公園があり、それぞれは重要な生物保全複合体として、絶滅危惧種の動植物の生息地となっている<sup>4)</sup>。

### 4.3 道路開発

#### 4.3.1 ネパール

ネパールは内陸国であるため、輸送は主に陸路となり、鉄道がないため道路が移動手段として最も重要である。しかし、急峻な山谷を越えなければならないなど地形的な制約も多く、道路の延長、修復には莫大な資金と労力を要す。

ネパールの道路は、国道 (National highways)、支線林道 (Feeder Roads)、郡道 (District Roads)、市道 (City Roads/Streets) などに分類される。このうち国道、支線林道などの国家的に重要な道路が戦略道路網 (Strategic Road Network) とされ、道路局 (Department of Roads) が、その整備や補修を担当している (図2)。2011/12年における戦略道路の総延長は11,636kmである。総延長に占める舗装道路、砂利道、土道の比率は、それぞれ47.9%、16.2%、35.9%であり、舗装道路は1/2に満たない (国際協力機構 2013)。

先に述べたように、著者は、テライ低地中央部のナワルパラシにおけるヒ素汚染調査を

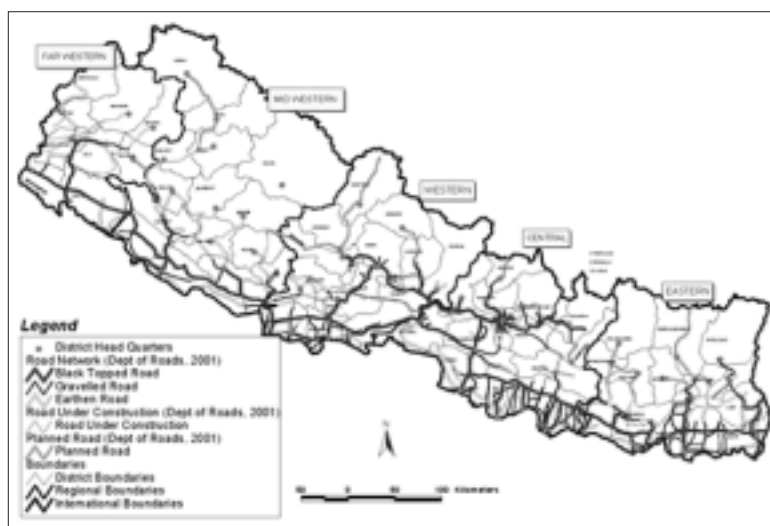


図2 ネパールの戦略道路網<sup>5)</sup>



写真11 土砂崩れが頻発するシュワリク山地越えの難所(2007年9月1日)

2007年から継続してきた。この調査地に向かうためには、カトマンズから幹線国道をボカラに向かい、ムグリンからバラトプルを経由して現地に向かう。その途中、シュワリク山地を越えていくが、この付近では、特に雨季に巨礫の落石などがあり、自動車を直撃、スリップして横転などの惨事が多発し、被災した車を見ないことがないほどである(写真11)。幹線の国道でも、路面に大きな穴が開き、その周りに穴があることを示す小石が置かれていることもよくある。道路網の迅速な

整備や補修が望まれる。

#### 4.3.2 ブータン

ブータンも、ネパール同様大部分が山岳地帯であり、道路交通が最も重要な交通・輸送手段の役割を担っていて、2013年の道路の総延長は10,600kmである(国際協力機構 2015b)。ブータンの道路は、国道、県道、市道、農道などに分類される。ここ10年で道路密度は約2倍に増大したが、新規に建設された道路には未舗装が多く、ネパールと同様に、未舗装道路の割合が増加している。

ブータンの道路は、ヒマラヤの南斜面の地形的制約を受け、尾根や谷を迂回しながら進むため、カーブや勾配が非常に急である。また、固い岩盤を削って建設するため、幅員が狭く、谷側は断崖絶壁であるにもかかわらず、ガードレールはない。橋梁の数が少ないために、すぐ近くに見える場所でも、かなり遠くを迂回しないとたどり着けないことが多い。雨季には、土砂崩れや路面の陥没などにより、通行不能になることが多々ある。

国内の東西を結ぶ唯一の幹線道路である国道1号線(図3)では、現在、第11次5ヵ年計画(2013~2018年)により、ティンブー(シムトカ)からタシガンまでの546kmにおいて、改良および改善のための工事が行われている。

著者はこの道路を、2016年2月にはティンブーからブムタムまで往復、また、同年8月

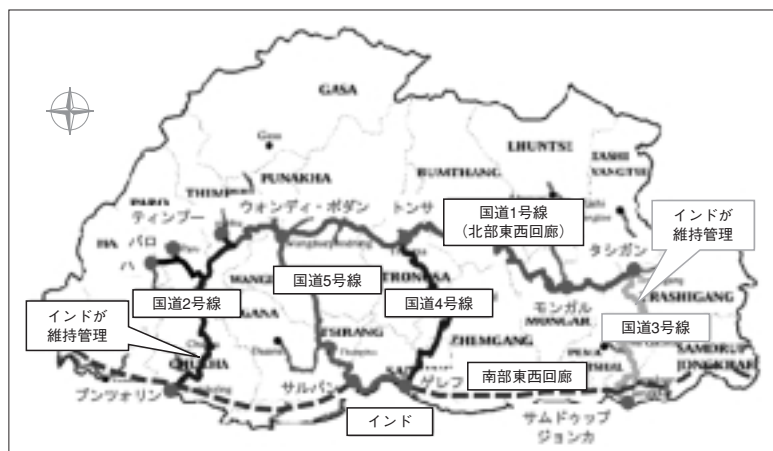


図3 ブータンの国道網図(国際協力機構、2014)

にはティンブーからタシガンまで車で走行した。幅員を拡張するために、道路を30分から1～2時間通行止めにして、山側の断崖絶壁を日本製の重機で掘削しているところが何箇所もあった（写真12）。掘削した岩碎や、大雨により谷から流出した土砂が道幅を狭める。また、路面はアスファルトがはがされ、岩がごつごつした状態のところが多かった。そのため、200kmの走行にまる一日かかることもあった。

国道1号線は、何度も大きな峠を越える。峠では道路の中央に仏塔が建っていて、自動車はこの仏塔を右回りで旋回し、安全を祈願して通過して行く（写真13）。



写真12 長時間交通を遮断して行われる道路工事  
(2016年2月20日)



写真13 ヨトン・ラ（峠）3,425mの道路中央に  
建つ仏塔（2016年2月22日）

## 4.4 電力開発

### 4.4.1 ネパール

2006年3月、初めてカトマンズを訪問した日の夜6時、シャワー室に入ると同時に停電となった。闇の中で大変な思いをしたが、この日の夜6時から計画停電であった。

ネパールでは、日常的に計画停電が行われ、1日に10時間以上も停電になることは珍しくない。さあこれから仕事を始めようとしている矢先に、朝9時から停電となるとコンピュータは作動せず、昼間の仕事に大きな支障が生じる。

ネパールの発電は主に水力発電に依存しているために、乾季には河川の水量減に伴って発電量が減少し、停電の頻度はさらに高まる。ネパールには流域面積1,000km<sup>2</sup>以上の河川が33あり、世界第4位の42,000MWの経済的包蔵水力を有し、176,000GWh/年の発電が可能であると見込まれている。しかしながら、2010/11年時点で実際に発電されている電力は、652MWに過ぎない。このほかに火力発電53MWを加えても、総発電量は706MWである。また、2011年の乾季には、120MWの電力をインドから輸入した（国際協力機構 2013）。

ネパールの消費エネルギーの構成は、薪、農業廃棄物などの伝統的なエネルギーと、石炭、石油、電力などの商業的エネルギーに分類される。2011/12年度では、伝統的エネルギーが全体の86.5%（薪77.3%、農業廃棄物3.5%、動物糞55.7%）、石炭・石油が10.6%であり、電力はわずか2.2%を占めるに過ぎなかった（国際協力機構 2013）。

### 4.4.2 ブータン

ブータンの主要河川は、ヒマラヤ山脈を源流として南に流下し、インドのアッサム地方で、プラマプトラ川に合流する。ブータンの経済的包蔵水力は23,760MWと推定され、平均して年間約100,000GWhの発電が可能であると見込まれている。しかし、現在の水力発

電設備容量は1,488MWである（国際協力機構 2014）。

そのほかに、再生可能エネルギーとして8,152kWの設備容量（太陽光発電152kW、小規模水力発電8,000kW）があり、発電設備容量の合計は1,497MWでネパールの2倍以上にあたる。

ブータンには、2016年の2月と8月に訪れたが、数十分間の短い停電はあったものの、長時間にわたる計画停電のようなものはなかった。ブータンでは、余剰の電力をインドに輸出し、外貨獲得の重要な柱としている。また、政府は農村の電化を積極的に推進し、現在の電化率は92.82%（2014年）に達している。

2016年8月のある日、タシガンのホテルに戻ると、夕暮れとなった。その時、遠くの山の頂を指して、ガイドが言った。「あの山の頂上に明かりが灯っている。ブータンでは、国内の農村部の津々浦々まで、無料で電気が供給されているのだ」と、誇らしく説明してくれた。

確かに国の政策として、農村においては、無料で電力が供給されているようである。農村共同体が電力を使用することにより、経済上と健康上の理由から、薪の使用を減らすことを意図しているようである（国際協力機構 2014）。

## 5 考察とまとめ

同じヒマラヤの南斜面に位置する山岳国家であるネパールとブータンを比較すると、そこにはかなり大きな相違点があることが明らかになった。

ネパールは、ブータンと比較して国土面積が約4倍、また、人口が約35倍である。宗教はネパールでは80%以上がヒンドゥー教であるのに対し、ブータンでは仏教が国教となっている。GDPはネパールのほうがブータンよりも約11倍大きい、一人当たりのGDPでは、逆にブータンのほうが約3.5倍大きい。貿易では両国の輸出額に大きな違いはないが、輸入額では、ネパールのほうがブータンよりも約6.5倍多くなっている。

このような両国における環境問題と開発保全について比較研究した。

### （1）氷河湖

両国の標高約4,000mから5,000mには、それぞれ2,000以上の氷河湖が存在する。ICIMODの調査結果によると、ネパールでは27氷河湖、ブータンでは23氷河湖が、近い将来に決壊の危険性があると報告されている。また、可能最大洪水量が2,000万m<sup>3</sup>を超える氷河湖は、ネパールに6湖、ブータンに3湖存在する。

### （2）都市の大気汚染

標高約1,300mの盆地内に位置するネパールの首都カトマンズでは、地形的な要因と、人口急増に伴う自動車数の急増、道路事情の問題による慢性的な大渋滞などの人為的な要因とが重なり、高濃度の大气汚染が引き起こされている。

一方、ブータンの首都ティンブーは、人口10万人足らずの小都市であり、渋滞もほとんどなく、大気汚染は全くというほど感じられない。

### （3）水汚染

カトマンズ市内のバグマティ川をはじめとする市内の河川には、下水道が十分に整備されていないために生活排水が流入し、河川水は白濁あるいは黒く濁り、悪臭を放っている。このような河川水や、地下に浸透した汚染水は、地下水汚染を引き起こす。そのため、安



全な飲料水の確保が、重要な課題となっている。

ネパールのテライ低地においては、500ppbを超える高濃度のヒ素汚染井戸が多数存在し、深さ約20m付近の帯水層に高濃度のヒ素が含まれる。

一方ブータンにおいては、水質汚濁が問題になるには、至っていない。

#### (4) 都市のゴミ問題

カトマンズでは、都市人口の増加などに伴い急速に増加し続けるゴミ発生量に対して、ゴミ処理責任を有する行政機関の対応が追いつかず、ゴミ収集能力の不足と市民のゴミ投棄行為とが相まって、ゴミが沿道や河岸などの生活圏に投棄・放置されてきた。

一方、ブータンの首都ティンブーでは、カトマンズのようなゴミ問題は見られなかった。

#### (5) 森林の保全

ネパールの森林面積率が国土面積の約25%であるのに対し、ブータンではその3倍近い約70%である。ブータンでは、憲法で国土の最低60%を森林として維持することが定められている。両国ともにほとんどが天然林で、人工林は1%にも満たない。

#### (6) 生物多様性・国立公園

ネパールには国立公園7カ所、野生生物保護区3カ所、狩猟保護区1カ所があり、国土の約8%にあたる広大な地域が自然保護区となっている。

一方、ブータンには、4つの国立公園があり、それぞれは重要な生物保全複合体として、絶滅危惧種の動植物の生息地となっている。

#### (7) 道路開発

両国ともに鉄道がないため、道路が移動手段として最も重要である。急峻な山谷を越えなければならないなど地形的な制約が多く、道路の延長、修復には莫大な資金と労力を要す。ネパールの2011/12年における戦略道路の総延長は11,636km、ブータンの2013年における道路の総延長は10,600kmである。両国ともに舗装道路は1/2に満たない。

#### (8) 電力開発

ネパールは、42,000MWの経済的包蔵水力を有し、176,000GWh/年の発電が可能であると見込まれているが、2010/11年時点で実際に発電されている電力は、652MWに過ぎない。このほかに火力発電53MWを加えても、総発電量は706MWにとどまる。また、2011年の乾季には、120MWの電力をインドから輸入した。

一方、ブータンの経済的包蔵水力は、23,760MWと推定される。平均して年間約100,000GWhの発電が可能であると見込まれているが、現在の水力発電設備容量は1,488MWである。そのほかに、再生可能エネルギーによる発電を加えると、発電設備容量の合計は1,497MWとなり、この値はネパールの2倍以上にあたる。余剰の電力はインドに輸出され、外貨獲得の重要な柱となっている。

[付記] 本研究には、平成27年度研究プロジェクト補助金「ヒマラヤの山岳国家ブータンとネパールにおける環境・エネルギーの保全と開発に関する比較研究」(研究代表者：中村圭三)を使用した。

(注)

1) 外務省基礎データ〈<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/asia.html>〉(2016年11月9日閲覧)。

2) Lake Imja in a valley situated south of Mount Everest in Nepal. Photograph: HO/AFP/Getty Images. 〈<https://>

[www.theguardian.com/environment/2011/sep/16/glacier-imja-lake](http://www.theguardian.com/environment/2011/sep/16/glacier-imja-lake) (2016年12月27日閲覧).

3) チトワン国立公園 [\(http://www.saiyu.co.jp/special/nepal/midokoro/chitwan/\)](http://www.saiyu.co.jp/special/nepal/midokoro/chitwan/) (2016年12月27日閲覧).

4) ブータン政府観光局：自然環境・動植物 [\(http://www.travel-to-bhutan.jp/about\\_bhutan/\)](http://www.travel-to-bhutan.jp/about_bhutan/) (2016年12月27日閲覧).

5) ネパールの戦略道路網  [\(http://www.bigfootprint.org/t3/fileadmin/Images/Nepal\\_Roads.jpg\)](http://www.bigfootprint.org/t3/fileadmin/Images/Nepal_Roads.jpg) (2017年1月5日閲覧).

#### (参考文献)

敬愛大学ネパール研究会 2014：ネパールの暮らしと環境. 147p.

国際協力機構 (JICA) 2013：第7章 インフラ整備・工業立地. ネパール国. 民間セクター開発情報収集・確認調査ファイナル・レポート, 7-1-7-20.

国際協力機構 (JICA) 2014：ブータン国国内交通網に係る情報収集・確認調査報告書.

国際協力機構ネパール事務所 2014：第1章調査の概要, 第2章カトマンズ盆地における廃棄物管理の概要. ネパール連邦民主共和国カトマンズ盆地廃棄物管理情報収集・確認調査報告書. 1-65.

国際協力機構 (JICA) 2015a：ブータン王国第二次救急車整備計画 準備調査報告書.

国際協力機構 (JICA) 2015b：ブータン国道1号線橋梁架け替え計画準備. 調査報告書 (先行公開版).

国際協力機構 (JICA) 地球環境部 2016：ブータン国氷河湖決壊洪水 (GLOF) 及び洪水予警報能力向上プロジェクト詳細計画策定調査報告書. 74p.

後藤忠男・梶本卓也・大井徹・松井哲哉・田中信行 2011：ブータンにおける森林・林業分野の研究課題(1). 海外の森林と林業, No. 82, 28-32.

後藤忠男・梶本卓也・大井徹・松井哲哉・田中信行 2012：ブータンにおける森林・林業分野の研究課題(2). 海外の森林と林業, No. 83, 9-14.

佐久間浩子 2006：ネパール クンブー地方の氷河湖. 地理資料シリーズ.

谷口智雅・谷地隆 2006：ネパールソルクンブ地域の水環境と水利用. 環境情報研究, 第14号, 13-20.

中村圭三 2006：ネパールのエヴェレスト街道におけるゴミの実態調査結果. 環境情報研究, 第14号, 3-11.

中村圭三・大岡健三・駒井武 2008：ネパール・テライ低地におけるヒ素汚染調査. 環境情報研究, 第16号, 13-23.

中村圭三・大岡健三・駒井武 2010：ネパール・テライ低地におけるヒ素汚染調査とその対策. 環境情報研究, 第17号, 1-13.

ネパール連邦民主共和国 2015：Conservation of Terai Arc Landscape. 10p.

谷地隆 2006：エヴェレスト街道の水利用に関する実態調査結果. 環境情報研究, 第14号, 21-26.

Bhutan 1995：Forest and nature conservation act of Bhutan.

FAO 2010：Global Forest Resources Assessment 2010. FAO, Rome, Italy.

Nepal 2010：Nepal's Readiness Preparation Proposal REDD 2010-2013.

Nepal 2012：Ministry of Finance. Economic Survey Fiscal Year 2011/12.