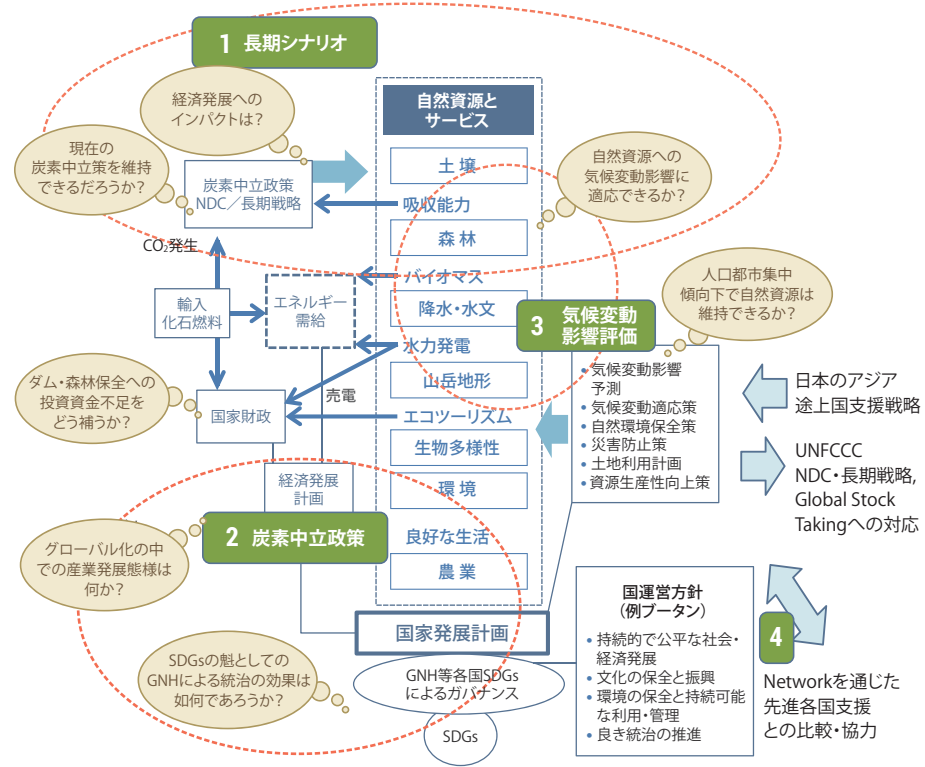


## 本格的協力に向けての フィージビリティスタディ経緯



炭素中立世界への転換に対応する自然資源依存途上国の発展政策支援調査

### 総合研究プロジェクト\*の構成

上記は、自然資源依存途上国の炭素中立発展に関する総合研究プロジェクトの俯瞰図です。炭素中立に必要な吸収、再生可能エネルギーであるバイオマス及び水力エネルギー等自然資源への気候変動影響評価及び適応策、これら自然資源影響も勘案した炭素中立発展シナリオ描写・土地利用検討、想定される政策群のGNHの観点からの評価、の3サブテーマと、ネットワークを使った本研究プロジェクトの知見の発信・共有から構成されています。

### 総合研究プロジェクトの特色

- 1 影響評価・適応策の面からは、世界の空白域でかつ山岳気象という特殊な現象のあるアジア山岳国での降水・水文研究となります。
- 2 炭素中立政策の面からは、既に炭素中立である自然資源依存国での影響評価・適応・緩和を一体に統合した長期戦略についての研究であり、今後同様な状況にあるラオス、ミャンマー、ネパール、インドネシアなど森林と水力が豊富な国への知識移転が可能です。
- 3 途上国発展政策との関連で見ると、本プロジェクトが対象としたブータンは、GNHによる統治・炭素中立発展を目指しています。今後世界はSDGsのもとでの発展に向かいますが、多次元発展目標の魁であるGNHを組み込んでの一国レベルの炭素中立発展は今後の途上国発展論議に大きな示唆を与えます。
- 4 炭素中立社会への転換に求められる、科学的知見をベースにした政策提言を途上国の政策担当者・研究者などとの協働で進めていく、分野横断型・統合型総合研究プロジェクトです。

\*うち、自然資源影響も勘案した炭素中立発展シナリオ描写と、ネットワークを使った本研究プロジェクトの知見の発信・共有について、環境省地球環境局総務課研究調査室予算で実施しています。

# 炭素中立世界への 転換に対応する 自然資源依存途上国の 発展政策支援調査 ～ブータンを対象にして～



- 2015年 環境省地球環境局研究調査室予算によるフィージビリティスタディ検討開始
- 2015年12月 IGES/NIES第1回ブータン訪問 (NEC, 森林省, JICAブータン事務所) 気候変動についての省庁合同会合での全体計画発表
- 2016年10月 日本国内分野横断研究チームの組織化  
コーディネーター: IGES  
気候変動影響評価: Tokyo-Tech/NIES  
長期炭素中立シナリオ検討: NIES/IGES/E-konzal  
炭素中立型土地利用計画: IGES/NIES  
「幸福度指標」のもとでの炭素中立政策評価: IGES/NIES
- 2016年10月 IGES・NIES第2回ブータン訪問 (NEC, RUB/CNR, UWICER, CBS, JICAブータン事務所) NDC支援に向けた炭素中立シナリオV1の発表
- 2017年 7月 Tokyo-Tech/IGES/E-konzal第3回ブータン訪問 (NEC, UWICER, RUB/CNR, NCHM, CBS, JICAブータン事務所) NEC, UWICER, RUB/CNRとの共同研究合意
- 2017年 9月 低炭素社会国際研究ネットワーク第9回年次会合 (英国) において、ブータン炭素中立発展研究計画発表
- 2017年10月 NIESによるブータンNEC・財務省2名への炭素中立政策経済評価の研修実施 (つくば, 7週間)
- 2017年10月 NECとIGESとの包括研究協力MoU締結
- 2017年11月 低炭素アジア研究ネットワーク第6回年次会合で、「アジア自然資源依存国の炭素中立発展セッション」をブータン、インドネシア、ラオス、ネパールの参加で開催
- 2018年 1月 Tokyo-Tech, IGES, NIES第4回ブータン訪問 (NEC, UWICER, NCHM, RUB/CNR, RUB/IGNHaS, GNHC, MoWHS)
- 2018年 2月 NIES/IGESによるブータン各省庁チーム12名への気候変動研修実施 (つくば, 1週間)

### ブータン・日本共同研究参加機関と略称

CBS	Centre for Bhutan Studies & GNH
E-konzal	E-Konzal Co. Ltd. (株式会社イー・ Konzal)
IGES	Institute for Global Environmental Strategies (地球環境戦略研究機関)
MoWHS	Ministry of Works and Human Settlement
NCHM	National Center for Hydrology and Meteorology
NEC	National Environment Commission
NIES	National Institute for Environmental Studies (国立環境研究所)
RUB/CNR	Royal University of Bhutan/College of Natural Resources
RUB/IGNHaS	Royal University of Bhutan/Institute for GNH and Sustainability
Tokyo-Tech	Tokyo Institute of Technology (東京工業大学)
UWICER	Ugyen Wangchuck Institute of Conservation and Environmental Research

### 連絡先

公益財団法人 地球環境戦略研究機関  
 神奈川県三浦郡葉山町上山口2108-11 URL: <http://www.iges.or.jp> Email: [lcs-rnet@iges.or.jp](mailto:lcs-rnet@iges.or.jp)

パリ協定で決められた炭素中立世界への大きな転換のためには、先進国側での温室効果ガス排出 (GHG) 大幅削減とともに、森林や水力等自然資源を持つ途上国での吸収力維持に向けた取組みが不可欠です。アジアでは、ラオス、ミャンマー、インドネシア、ネパール、ブータンなどの自然資源依存国が、森林・バイオマス・水力資源を基盤とした炭素中立発展への転換をそれぞれに模索して炭素吸収を維持しようとしています。

ブータンは小国ですが今後の世界途上国低炭素発展政策をリードする可能性を秘めています。炭素中立発展を行う意思をINDCで国際的に表明し、そのための森林保全・水力エネルギー利用推進を国民幸福度指標 (GNH) 政策のもとでの政策を展開しようとしています。一方で、その森林・土壌・水力・水資源等、自然資源への気候

変動影響が予想され、グローバルイゼーションの下での経済発展がGHG排出を増加させる懸念があります。

本調査は、アジア諸国のNDC、及び長期炭素中立戦略立案を支援する科学的知見をブータンに提供することを目的とし、気候変動影響予測と適応策を考慮しながら、産業発展からの排出と森林土壌吸収をバランスさせる長期シナリオとそれに基づく政策を、ブータンの政策担当者・研究機関との協働で検討しようとするものです。これにより、ブータンのUNFCCCプロセスへのNDC提案の科学的基盤が作られ、炭素中立政策維持に向けた科学的能力が構築されます。本調査の成果は、低炭素社会国際研究ネットワーク (LCS-RNet)、及び低炭素アジア研究ネットワーク (LoCARNet) などの研究者ネットワークを通じて他の世界自然資源依存国に共有されます。



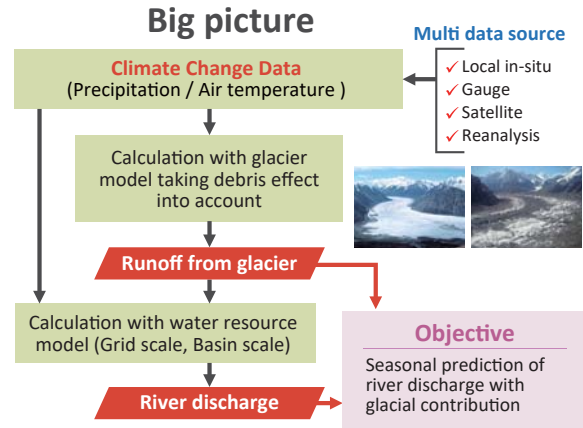


# 自然資源への気候変動はどれほどか？ 適応可能性

## 降水・水文・水力発電への影響は？

水力はブータンにおける重要な経済自然資源です。水力発電は全国に張りめぐらされた配電網によりほぼすべての家庭に届けられているだけでなく、インドへの売電収入が国家財政の約1/4を支えています。包蔵水力量は現在の十数倍と推定され、水力は今後ブータンが炭素中立政策を継続しながら経済発展するために不可欠な資源です。

しかし予想される気候変動は、上流水河の融解増に始まる氷河湖の決壊のリスクをもたらします。また、降水量変化と水文状況変化による河川水量変化は、水力発電量に影響を与えるだけでなく、河川周辺平野でわずかに蓄えられる農業への洪水被害あるいは農業用水不足を引き起こす等大きな懸念があります。ヒマラヤ周辺の高山地帯気候は複雑であり、気候変動予測ではまだ世界の空白域となっていて、解析が十分になされていません。



この研究は、気象・水文を観測研究するNCHM、自然資源の保全研究を行っているUWICERと衛星観測での降雨データや氷河融解の解析、アジア地域で広く使われている流域水文解析モデルを持つ東京工業大学・国立環境研究所(NIES)チームの協力で行われます。

## 森林・土壌の吸収力はどう変わる？

炭素中立世界には、二酸化炭素吸収である森林・土壌の維持拡大が必須です。また、再生可能エネルギーとして、ブータンでは水力とともにバイオマスの利用が必要です。ブータン全土2400地点で組織的に行われた森林・土壌の炭素蓄積調査(写真)では、国土の72%が森林であるとされました。その森林も気候変動の影響を受け、急斜面山岳地帯での豪雨による土地崩壊、旱魃による枯死、山火事の頻発、樹木害虫の繁殖と侵入、高度ごとに異なる樹種の遷移などが予想されています。森林を守るため可能な限りの適応策をとらねばなりません。

吸収力は、樹木の健全な成長、適切な木材・バイオマス利用、森林面積の増加によって拡大します。九州程の国土面積を持つブータンで、

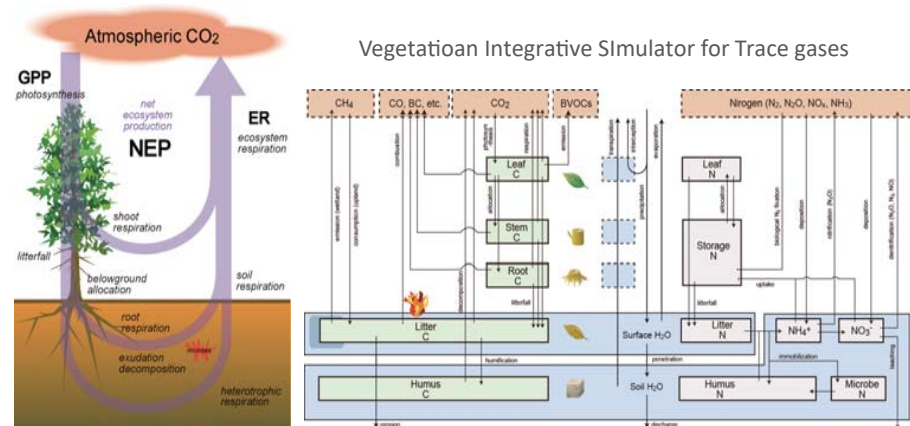
のような炭素循環(カーボンサイクル)になっているのかを知ることは、森林政策だけでなく炭素中立政策にとって重要な科学的知見です。RUB/CNRIによる現地データ収集と、NIESが開発した炭素循環モデル(下図)によって、吸収能力の維持・増加の知見が得られます。



## Forest Resources and Climate Change in Bhutan

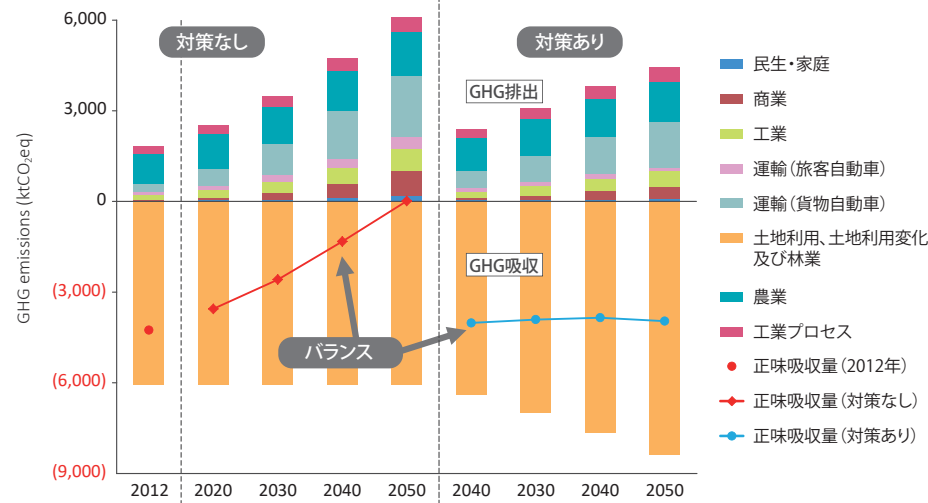
### Model-based assessment

- Representative points along gradients
- Carbon budget, water budget, greenhouse gas exchange etc.
- Validation with inventory and observational data



# 炭素中立を維持できるか？ 長期排出・吸収シナリオ検討

## 排出、吸収両面の対策がなければ炭素中立は保てない



炭素中立とは、排出される二酸化炭素を森林・土壌・海洋ですべて吸収してしまい、大気中に余分な二酸化炭素を出さない状況を言います。上図左半分で見ると2012年ではブータンは排出が少なく吸収が多い炭素吸収国です。しかし森林などの吸収力強化や排出抑制の政策を打っていかなければ、吸収と排出のバランス(赤線)は2050年にはゼロに到達し、その後は排出国になりそうです。

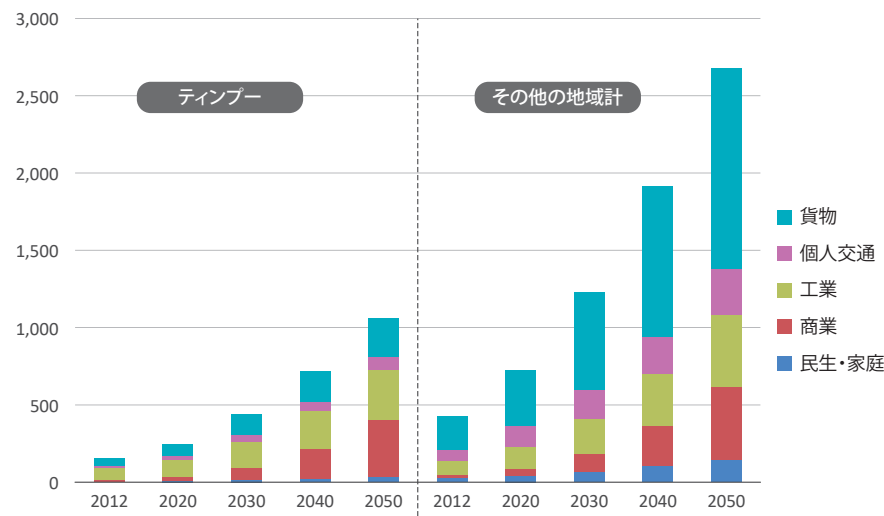
一方、図の右半分のように排出を抑え、吸収を増加させるといった両面からの対策をすれば相当の間は吸収国のままでいられます(青線)。このような対策には、政府の明確な目標設定、長期を見通した発展戦略、適正技術の選択、都市化への対応等広範な政策が不可欠です。

下図は、2050年まで特段の炭素中立政策を打たない成り行きでの発展を想定した時の、温室効

果ガスの予想排出量を、都市型のティンブーとティンブー以外の地域に分けて予測したものです。ブータンは電力が発達しているため、住宅(柱状グラフ再下段)からの排出は少ないですが、2050年には、両地域とも2012年から6~7倍の排出量になります。しかし両地域の主要排出源には違いがあります。ティンブーでは商工業からの排出が多く、その他地域では交通からの排出が大きくなります。EV導入などの交通対策が必要です。

炭素中立を保つには、このページの両側にあるようないろいろな努力が必要です。本研究は、国立環境研究所(NIES)等が開発した炭素中立発展のための統合評価モデル群(AIM)を用い、ブータンNECの政策担当者と日本側研究者(NIES、IGES及びE-konzal)の協力で行われます。

## ティンブー以外の地域では交通から、ティンブーでは工業・商業からの排出増が課題



※ 図は、現在入手可能なデータのみを用いて推算した、まだ初期的かつおおよその結果です。これから日・ブータンの研究者同士で話し合い、より妥当な予測にしていきたいと思います。

# GNHの統治が有効か？ 炭素中立政策評価

## 大きな挑戦: 幸福度指標のもとでの炭素中立発展

### Gross National Happiness (Indices for the 9 domains)

Width of a box shows weight given to each index

Psychological well-being	Life satisfaction	Positive emotion	Negative emotion	Spirituality
Health	Number of healthy days	Disability	Mental Health	
Time use	Work	Sleep		
Education	Literacy	Schooling	Knowledge	Value
Cultural diversity and resilience	Zorig chusum skills	Cultural participation	Speak native language	Driglam Namzha
Good Governance	Political participation	Services	Governance performance	Fundamental rights
Community vitality	Donation (time & money)	Safety	Community relationship	Family
Ecological diversity and resilience	Wildlife damage	Urban issues	Responsibility to environment	Ecological issues
Living standards	Income	Assets	Housing	

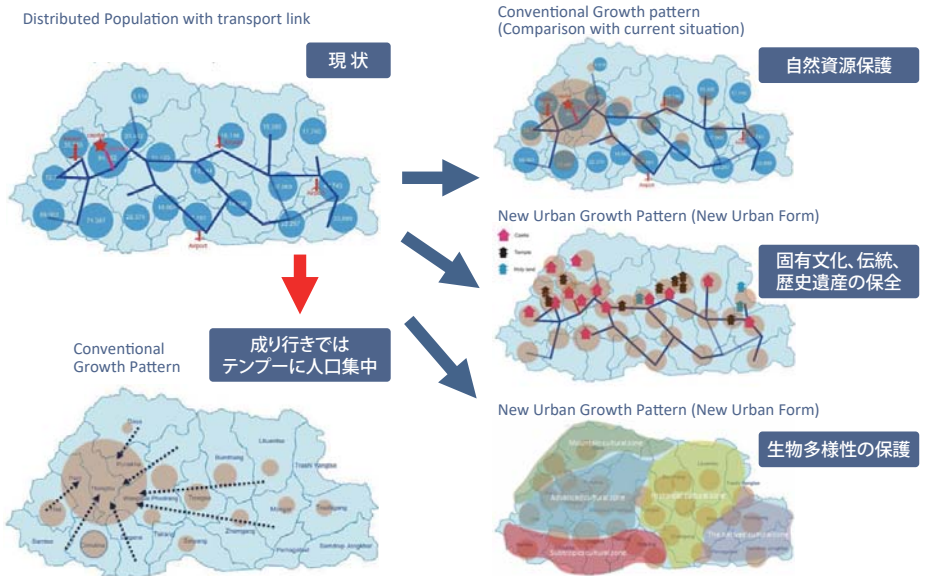
ブータンでは既に1970年代から、幸福度指標(GNH)が提唱され、今では国家統治の基準として予算配分をはじめ政策評価に深く利用されています。炭素中立維持政策もGNHのもとで構成されます。

気候変動に代表されるように経済活動が「地球の限界」に達したいま、経済成長だけでない多次元発展目標指標として国連でSDGsが提唱されていますが、GNHは上図に見るようにSDGsと多くの共通項目を持っています。GNHは多次元発展目標での一元的ガバナンスが一国単位

で既になされているという、いわばSDGsの魁と言えるでしょう。炭素中立発展がSDGsとの相乗効果で進められようとしているときに、GNHに基づく炭素中立戦略が成功すれば、他の途上国にも先進国型発展に追随しない新たな発展の道筋を開くものになります。

本研究では、炭素中立シナリオ構築にGNHの要素を盛り込んだ政策を入れ込み、その効果を評価し、多次元発展目標指標の政策適用可能性を、IGESとNIESがRUB/IGNHaSとの協力で行います。

## GNHによる地域社会分散政策で自然資源を守る土地利用計画



自然資源は土地に張り付いて広く分散しています。放っておけば劣化しますし、今後は気候変動にも影響されます。自然資源を保全するためには、それぞれの地域に自然資源を守る人々が住んでいなければなりません。特に炭素中立には吸収力強化のために森林・土壌を農林業で適切に使いながら保全していく地域の住民を必要とします。しかしどの国でも発展

途上では都市への人口集中が止まりません。ブータン政府は地域特有の文化を維持し、伝統を守る地域分散政策をとっており、予算の配分にも反映させていますが、そのために適切な全国土地利用計画が必要です。現在JICAが全国総合開発計画を作成中ですが、炭素中立の観点からの知見を、IGESがMoWHSと協力して提案します。