

課題名	S-6-2 アジア地域の低炭素型発展可能性とその評価のための基盤分析調査研究
課題代表者名	明日香 壽川 (公益財団法人地球環境戦略研究機関 シニアフェロー)
研究実施期間	平成21～23年度
累計予算額	139,679千円 予算額は、間接経費を含む。
本研究のキーワード	低炭素、アジア、発展パターン、温暖化対策数値目標、都市化

研究体制

- (1) 低炭素社会への飛躍のための発展パターンのあり方に関する研究((公財)地球環境戦略研究機関)
- (2) アジアにおける低炭素社会構築に向けた都市発展メカニズムに関する研究(広島大学)

研究概要

1. はじめに(研究背景等)

これまで途上国における経済発展は、エネルギー集約型の技術社会を基軸として、先進国の産業構造に追随するかたちで自国の産業構造の高度化を促進する雁行形態型発展を標準として形成されてきた。経済発展に伴う市場の開放・国際化は、産業や資本のグローバル化を生み出し、資源の効率的な配分を追求した世界分業体制が構築された。こうした世界分業体制により国の発展の形態やエネルギー消費のあり方が大きく変遷しつつある状況において、気候安定化へ向けた世界秩序の構築が国際社会の取り組むべき喫緊の課題として位置付けられてきた。今後も顕著な経済成長が予測される途上国、特にアジア地域、において、これら途上国が描く発展の道筋にどのように炭素排出の大幅抑制に資する低炭素社会を織り込むのかを検討することは、気候変動安定化を実現するために極めて重要な研究課題となる。また、アジア地域ではメガシティの形成を含む都市化の進展が目覚ましく、高エネルギー消費型の都市構造が構築されつつあり、アジアにおける都市化と温室効果ガス排出構造との関係を明らかにすることは火急の課題である。

2. 研究開発目的

本研究はアジアの多様性を踏まえた低炭素社会発展基盤を明らかにし、共同研究・研究会合/政策対話・学会発表および報告書などを通じてアジアの影響力のあるステークホルダーを巻き込み、各国政策決定過程へ向けた研究成果の発信を行う。

サブテーマ(1)「低炭素社会への飛躍のための発展パターンのあり方に関する研究」では、(1)低炭素社会の基盤となる各国発展の道筋に影響を与える国内・国際要因を分析し、(2)リープフロッグ型発展(従来の高炭素型発展と異なり炭素排出量の少ない発展へと進むこと)における技術・制度的な推進要因や障害要因を分析、低炭素社会への直接発展可能性を報告書にまとめる。(3)「アジア的特質・価値観」では、アジア地域が独自の将来ビジョンを描くことができるかについて価値観という観点から検討した。対象国としては、初年度である平成21年度は主にインドネシア、2年目以降は主に中国とインドにフォーカスして分析した。

サブテーマ(2)「アジアにおける低炭素社会構築に向けた都市発展メカニズムに関する研究」では、まず国全体の都市化と個別都市(アジアのメガシティ)の発展プロセスに関する研究、そして住民移転・ライフスタイル変化による低炭素型都市発展に関するレビューを行った。その後、国全体の都市化とCO₂排出量・エネルギー消費量の関係を明らかにするため、都市化によるセクターごとのCO₂排出量の影響と、都市化の違いによるCO₂排出構造への影響を主要排出部門別に分析した。同時に、都市への住民移転によるエネルギー消費構造の調査をアジア都市で実施するとともに、都市化と直接・間接エネルギー消費を考慮した都市の責任排出量を推計した。更に低炭素社会構築のための先行事例の収集をバングラデシュ及び中国にて行った。

3. 研究開発の方法

(1)低炭素社会への飛躍のための発展パターンのあり方に関する研究

先行研究や関連文献調査、国内外の専門家・実務家からの聞き取り調査、現場調査に加え、ワークショップ(2010年2月16～17日、ボゴール・コンベンションセンター)を開催し、現地専門家からの更なるインプットの獲得を

図った。中国、インドに関しては、特に、温室効果ガス排出削減数値目標、順守体制、省エネ促進制度などを、現地聞き取り調査や文献調査によって定性的かつ定量的に分析した。アジア的特質・価値観に関しては、地域社会での営みにある「サステイナブル」な要素に着目し、現代のコンテキストに翻訳・応用する政策（制度づくり、宣伝、ビジネス、コミュニティの取り組みなど）の可能性を探ることを目的として、日本・タイ・インドネシアで、文献調査とアンケート調査をした。

(2) アジアにおける低炭素社会構築に向けた都市発展メカニズムに関する研究

時系列データを利用し、計量経済モデル、特にパネルデータ分析手法を利用した。アジア地域の低炭素型発展可能性とその評価のための基盤分析調査研究の中で、とりわけ都市および都市化を切り出して検討するものであり、国全体の都市化とCO₂排出量・エネルギー消費量の関係を分析するため、都市化による国全体及びセクターごとのCO₂排出量の影響と、都市化の違いによるCO₂排出構造への影響を産業別に分析した。同時に、都市への住民移転によるエネルギー消費構造の調査をアジア都市で実施するとともに、都市化と直接・間接エネルギー消費を考慮した都市の責任排出量を推計した。最後に低炭素社会構築のための先行事例の収集をバングラデシュ及び中国で実施した。また、「発展段階、規模、産業構造の異なるアジア都市における都市への移転住民の所得とエネルギーアクセスに関する研究」では、住民へのアンケート調査を実施した。

4. 結果及び考察

(1) 低炭素社会への飛躍のための発展パターンのあり方に関する研究

1) 低炭素社会実現を念頭に置いたアジア主要国の発展パターンの解析

a. インドネシアでのREDD+（森林破壊・劣化の回避による温室効果ガス排出削減及び森林保全による吸収源の拡大）の活用

インドネシアでは、LULUCF（土地利用・土地利用変化・森林）からのGHG排出量が全体の47%を占めることから、同セクターでの緩和策の実施は、国家GHG削減目標の達成への寄与度が高い。LULUCFからの排出量のうち泥炭地からの炭素排出の寄与度は大きく、背景要因として主に森林伐採等による劣化やパーム油や商業木材のためのプランテーションへの土地利用変化が挙げられる。またREDD+の導入・実施に対するインドネシア特有の課題として、関連各省間の政策協調の欠如や森林管理権限・責任の不明瞭さに起因する森林資源管理全体の実効性の低さ、脆弱なガバナンス、適切なモニタリング体制の欠如といった制度的課題や、材木市場における商業材木の供給量に対する需要過多といった構造的課題が、最終的に国内での木材資源の過剰採取や違法伐採を招き、森林劣化に大きく寄与している点が確認された。同時に、REDD+実施のための計画立案段階からの地域住民の参加を促進する仕組みが欠如している点も課題として確認された。REDD+活用による効果的なGHG削減の実現には、違法伐採や木材密輸に係る法整備の強化や関連各省間の政策協調を含めた制度面での抜本的な見直し・強化に加え、商用木材プランテーションの拡大等を通じた材木の需給バランスの確保や、地域住民のREDD+への積極的な関与促進に基づく森林資源管理に係るモニタリング体制の強化を図る必要がある。

b. 地方分権化と交通セクターの低炭素化

低炭素社会の実現には、経済成長に伴うインフラ投資の高エネルギー型への固定(Lock-in)を回避する必要がある。これら対策を担保する政策の実効性を高めることが肝要である。アジア地域の潮流となっている地方分権化は、地方政府が実施する施策展開や予算配分の柔軟性を増し、地域のニーズに対するより細やかな施策への対応を可能にしている。インドネシアの交通セクターを俯瞰すると、都市部におけるBRT制度(ジャカルタ・ポゴール・バンドン・マカッサル)、自転車促進プログラム(ジョグジャカルタ)や歩行者歩道の整備(スラバヤ)などのモーダルシフトを後押しする制度的革新を生み出すなど、地方分権化による地方政府のエンパワメントが交通セクターの低炭素化に寄与していることが示された。これら施策は都市部における大気汚染減少という副次的便益も生じさせている。一方で、交通セクターの低炭素改革に不可欠な地方政府の財政基盤の強化や、中央政府との業務調整・連携という観点では制度に改善の余地があり、地方分権化の潮流を活用しつつ交通セクターの低炭素化を実現するには、中央政府と地方政府間の予算配分の見直し・改善や、地方政府の実務能力の更なる底上げを支援する施策の導入が不可欠となり、この点において国際援助が果たす役割は大きい。

c. 中国での再生可能エネルギー発電およびインドでの省エネ促進システム

中国では、再生エネ発電量を一次エネルギー相当に換算する際、中国は通常再生エネ発電量を国内全火力発電所の平均エネルギー効率相当の値(2010年では約33%)で割って導出しているが、2020年目標に関してはこの値が約39%に設定されていることが明らかになった。また、非化石エネルギー発電技術の稼働率に関する過去データおよび将来予測を分析したところ、IEAや米エネルギー省のモデルは、風力発電および原子力発電所について中国当局よりかなり高い値を使用していることが分かった。中国は2020年には一次エネルギー総消費における非化石エネルギーの割合は16±1%に達する、すなわち政府目標は国全体のエネルギー消費が想定以上のス

ピードで増加しているにも関わらず、比較的余裕を持って達成できるだろうとの結果が得られた。大型水力も含めた場合、中国の一次エネルギー総消費における再エネの割合は 13-14%になり、EU よりは低いものの日本で議論されている目標（一次エネルギー総消費の 9-10%）より高いことも明らかになった。インドに関しては、PAT の実施は遅れており、各施設のデータの把握や公開などに課題があることがわかった。また、予想以上に、効率の良い装置が多くの工場にすでに装備されていることなどもインタビューなどによって明らかになった。

d. 測定・報告・検証 (MRV) の制度設計

アジアでの低炭素型発展を後押しする国際要因として、現在、国際交渉において議論されている緩和行動の MRV や、ICA(International Consultation and Analysis: 国際的な協議と分析)に関する研究を行った。その結果、特に中国とインドにおけるエネルギー政策・気候政策をより効果的・効率的に実施するという観点から、国内 MRV 体制の整備を進めている側面が大きいことが判明した。また、両国の掲げる目標はユニラテラル NAMA と認識されるべきであり、国際社会からのモニタリングを受けるとすれば、それは国際的 MRV ではなく、ICA レベルに留まるべきであるとの考えが多数派をしめていることも分かった。しかし同時に、両国が目標達成するためには、技術・資金等の面で、国際社会が協調すべきであり、それら無くして両国が目標を達成することは困難であろうとの考えも両国内に存在しており、これら国内目標が如何なる国際的な協力・モニタリングを必要とするかは、引き続き国内外において検討されるべきと認識されていることが分かった。

e. コベネフィット・アプローチの評価

「コベネフィット・アプローチ」とは、気候変動対策を実施し、同時に開発途上国の持続可能な開発に資する取り組みを促進するための手法である。特に、途上国の経済的・社会的ニーズとマッチした気候変動対策を構想することにより、開発途上国において主体的で実行性の高い気候変動対策を促進できる可能性がある。例えば、都市部に鉄道などの公共交通を整備することは、交通混雑を解消し、ヒト・モノの大量輸送を可能にするなど大きな経済効果をもたらすと同時に、自動車だけに依存する輸送モードと比較して温室効果ガスの排出抑制が可能という利点がある。また大気汚染や水質汚濁等の環境問題の解決にもつながる。本研究では、温室効果ガス排出量が増加している交通分野のプロジェクトにおけるコベネフィットの大きさを定量的に明らかにする方法論を開発し、具体的なケーススタディによって実際のコベネフィット(CO₂排出削減量、大気汚染物質排出削減量、時間節約量、車両運用コストなど)を明らかにした。この方法論は、政策立案者、民間の実務家や輸送、気候、大気汚染、都市計画の分野の専門家だけでなく、関連する資金調達機関も対象としている。

2) リーフロッグ型発展の事例解析

a. 炭素回収・貯留技術の可能性

中国とインドの両国における炭素回収・貯留(Carbon Capture and Storage: CCS)の普及の可能性について調査を行ったところ、石炭火力が多用されている両国において、CCSは温室効果ガス削減のために有効であり、またCCSがクリーン開発メカニズム(CDM)に承認されることは両国でのCCS技術の浸透に寄与し得ることが判明した。しかし両国の政府関係者・研究者等へのヒアリングから、インドでは、CCSはエネルギーの代替には成りえず持続可能な開発に貢献しないこと、大規模なCCSは技術として確立していない上、安全性も不確実なこと、高額な費用が発生すること等から、早期のCCS導入には否定的な意見が聞かれた。また中国においても、R&D活動やデモンストレーション・プロジェクトは進められてはいるものの、インドと同様の理由に加え、知的所有権の移転の問題等から、必ずしも利用の可能性が現時点において高いとは言えない状況であることが判明した。原子力の利用についても、両国は共に強い関心を持っており、次世代のエネルギー供給の柱のひとつとして、低炭素型発展シナリオに位置付けている。そしてそれは、2011年3月の福島原子力発電所の事故を受けても、原子力利用を抑制するというような流れには至る可能性が低いことが分かった。

b. 農業分野における低炭素技術

インドネシアにおける農業セクターからの温室効果ガス(GHG)排出量は相対的に高くないものの、拡大する食物生産需要に対応するには、GHG排出量増加の抑制に資する低炭素型農業生産技術の導入が不可欠となる。インドネシアでは、作物生産技術(コメ強化システム(SRI)、土壌炭素貯留、静置式堆肥化など)や畜産技術(メタン発酵処理技術、採食試料の選定、畜産由来バイオガス活用システムなど)などの緩和技術が抽出され、このうち一部の技術については既に導入済み或いは導入の準備段階であることが判明した。しかし、GHG削減目標の実現に必要な規模での導入・実施には至っていないことが分かった。また、特に低炭素型農業技術は、既存インフラや地理的制約といった灌漑水量への制約を受けるため、技術の導入には立地特性を十分に考慮する必要がある。これら低炭素型技術の導入加速や規模の拡大のためには、適切なインセンティブの付与、農業インフラ整備への支援、緩和技術の研究・開発への投資拡大や、農業従事者の能力開発・技術移転を促進させるための制度的枠組み(職業訓練校の設置など)の構築といった追加的施策の導入が求められる。

c. 社会システムとしてのリーフロッグー再生可能エネルギーを活用した分散型電源開発

インドネシアを俯瞰すると、島嶼国という地理的制約や、送配電線延伸による電力網整備・電化の限界(特に

バリ・スマトラを除く離島)、また再生可能エネルギー資源の豊富な貯存量や電源構成のグリーン化(2020年までに15%を再生可能エネルギーで対応)といった要因が存在することから、地方電化率の向上や石油燃料依存からの脱却というエネルギー安全保障の側面からも再生可能エネルギー源を活用した分散型電源開発は有益な施策である。分散型電源開発を後押しする法的制度基盤は近年急速に整備されつつあるものの、化石燃料補助金による価格競争力の歪みや投資インセンティブ・財政オプションの不足といった財政的な制約が存在することに加え、再生可能エネルギー開発の事業許可に係る事務手続きの煩雑性や特に電力買取価格に関する法令の頻繁な更新、また分散型電源開発に係る事業データベースの欠如などの制度的課題が障壁として残る。対処策として、再生可能エネルギー毎の発電技術の熟成と技術の価格競争力の強化を後押しするための補助金の付与や、投資への低金利融資などの財政支援、また地域レベルでの再生可能エネルギー貯存量の特定や電化の便益者である地域コミュニティの技術吸収力や支払能力の同定が必要となる。インドネシアでは同時に地方電化プロジェクトや再生可能エネルギーを切り口とした経済活動の促進を目的としたエネルギー自給村プログラムなどが政府や民間ベースで実施・導入されており、更なる事業の拡大や持続可能性を高める施策の導入が必要となる。また、バンドンにおける小規模水力タービン技術が地場産業として現地に根付いている事例が確認され、これら要素技術の開発・普及には社会企業家や地域の大学等の研究機関の存在も大きな役割を担っている点を確認された。

3) アジア的特質・価値観に基づく発展可能性の検討

本研究では、「もったいない(日本)」「ポーピエン(タイ)」「ゴトン・ロヨン(インドネシア)」という3種の価値と、日常生活でとられる行為(低炭素社会に寄与するもの、逆行するもの、無関係なもの)との関連を分析した。その結果、3種の「価値」の認識と行動について、「もったいない」は(細分化された場合の)4種の規範がよく理解され、人の行為にも取り入れられていることがわかった。ただし「過剰な生産や消費を避ける」という規範については、人々の認知度が高い割に、具体的な行為の場面において活かされることが少ないと言える。「ポーピエン(足を知る)」は、主として「量を制限する」規範が理解される一方で、他の規範(例:過剰な品質を求めないなど)に関しては、認知、行為ともに度合いが下がる。「ゴトン・ロヨン(お互い様)」の認知度は「もったいない」と同様に高い。人々は、この考え方を「他人を助ける(他人のためになる行為をする)べきである」という規範として理解するが、具体的な行為の場面では、「他人の迷惑になることを避ける」という規範が行動理由となる場合が多い。このように、価値が認知される度合いと、行為の動機としてはたらく度合いには多少の違いがあることがわかった。言葉通りの「価値」が、具体的な行為の場面で機能しているわけではないという事実は、「価値」を取り入れた政策を設計する際に意識される必要がある。

(2) アジアにおける低炭素社会構築に向けた都市発展メカニズムに関する研究

1) 国全体の都市化と個別都市の発展プロセス・エネルギーの関係に関する研究

国全体が都市化していく政策的な要因と、都市化が国全体のエネルギー効率、CO₂排出量にどのように影響するかを分析した。特に、国全体のCO₂排出要因のうち、産業構造転換要因、エネルギー転換要因、省エネルギー要因、経済規模拡大など主要な要因と都市化要因を分離して評価することにより、都市化がもたらす真の影響を抽出することを試みた。

分析の結果、都市化がもたらすエネルギー消費量・CO₂排出量への影響の推定を行った結果、低開発状態での都市化は伝統的バイオマスからの転換によりエネルギー総消費量を減少させる効果がある一方で、CO₂排出量は増大する。しかし、年間所得34,787ドルを超える先進国では都市化によってエネルギー消費量は若干増加するものの、CO₂排出量は減少することが分かった。更に交通部門に絞った分析の結果、都市化は交通部門のエネルギー消費量に対してプラスの影響を与えるものの、この影響は発展段階の異なる国で差があることも明らかとなった。1%都市化が進むことで途上国では0.826%、中進国では0.520%、先進国では0.948%、それぞれエネルギー消費量が増加することを示した。対照的に、世帯部門のエネルギー消費の分析の結果、都市化が進むことに途上国ではエネルギー消費量に対してマイナスの影響があるものの、先進国ではプラスの影響となった。中進国では都市化率70%を境にマイナスからプラスに転じることを示した。

2) 発展段階、規模、産業構造の異なるアジア都市における都市移転住民の所得とエネルギー分析

農村から都市への住民移転によって、エネルギーアクセス、CO₂排出量がどのように変化するか、さまざまな都市を対象に住民調査を行い、共通性、多様性について比較分析した。

a. アジア大都市圏における世帯エネルギー消費行動の調査分析

本研究では、東京・北京・ジャカルタとダッカに住む世帯の自宅内外エネルギー消費の実態を明らかにし、その主な影響要因を限定的に評価した。その結果、都市の成熟度が増すにつれ一人当たり年間総エネルギー消費量も増加していた。更に、北京とジャカルタのガソリン消費量が総エネルギー消費量の半分以上を占めており

その絶対値も大きかった。これらの都市では交通手段に関する省エネルギー対策が不可欠であることが示された。

東京・北京では、世帯人数が増えるに従い一人当たりのエネルギー消費量が減少（住宅内・住宅外両方）していることが示された。一般に世帯人数が増えるとテレビの視聴・調理・冷暖房等のエネルギーが効率的に利用されるためと考えられた。その反面、ジャカルタ・ダッカでは、世帯人数が増えても一人当たりエネルギー消費量に大きな変化はみられなかった。

b. 住民調査による、移転住民と都市住民のエネルギーアクセスに関する分析

アジア途上国を対象に、農村から都市への住民移転をもたらす要因とエネルギーアクセスに関する調査を行い、都市への住民移転がもたらすエネルギー消費量やCO₂排出量の変化を分析した。移転住民の移転前後の家電製品保有状況がどのように変化したか、様々な生活家電・電子機器を事例として評価したところ、移転後家電製品の所有比率がとりわけ大きく伸びていることが示された。特にダッカではその傾向が顕著であった。ジャカルタはハノイよりも発展段階が進んでいる（一人当たりGDPが大きい）が、家電製品所有比率は低いという結果となった。住民移転による生活家電所有への影響は、各都市によって大きく異なる可能性があることを示唆した。

3) 都市化と直接・間接エネルギー消費を考慮した都市の責任排出量に関する研究

都市・地域レベルで検討が進んでいる炭素勘定について、都市の責任CO₂排出量の推計を行い、分析手法の確立を目指した。経済発展が進むほど都市化はサービス産業中心の消費型都市への転換を意味し、それによってそれぞれの都市から直接排出されるCO₂は減少する一方で、都市以外の地域で誘発される間接的なCO₂排出量が増える傾向があることも確認できた。これらのことは、途上国において経済発展にともなってリープフロッグ型の都市発展を目指すことの重要性を示唆した。

4) 低炭素社会へ向けた先行事例研究の収集

a. 太陽光発電を用いたバングラデシュでの農村電化事業の評価

SHS導入世帯のSHS導入前の世帯属性と、非導入世帯の現在の世帯属性を比較することで、SHSを導入するかどうかの意思決定モデルを作成した。二項プロビットモデルを用いた分析の結果、導入の意思決定に当たっては、世帯収入以外に住民の所持している充電バッテリーや灯油使用量、携帯電話所有台数が有意に影響していることが示された。更に順序プロビット分析により、灯油消費量が多いほど、子供数が多い世帯ほど、大きなSHSを購入する意欲が高いことを示した。

b. 中国における低炭素社会構築に対する技術開発の取り組み事例

雲南省曲靖市では太陽光発電に適した地理的条件を利用して、太陽熱温水器システム(Solar Water Heating System)は、設置コストの大幅な減少に加え、政府の補助金システムの支援もあり、都市部のほぼ世帯に普及させることに成功している。しかし普及により節約できた温室効果ガス排出量の定量的評価は今後の課題であり、将来的にこの政策を広めていくためには実効性評価・効率性評価（費用対効果分析等）が必要と結論付けた。

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

インドネシア、中国、インドの気候政策およびエネルギー政策に関して、その数値目標や具体的に政策に関して詳細な分析が行われた。特に、中国およびインドにおける温室効果ガス排出削減や再生可能エネルギーに関する数値目標の国際的な比較可能性に関して、これまではなされていないような定性的かつ定量的な分析がなされた。また、アジアの伝統的価値観に関しても、先例のないアンケート調査を行うことができ、具体的な議論のベースを確立することができた。さらに、途上国都市の低炭素型発展に関して、リープフロッグ型の都市発展を目指すこと、各国の都市化の形態（都市化率・産業構造）の多様性、都市部と農村部・他都市との関係性、都市以外の地域で誘発される間接的なCO₂排出量、といった要因に配慮することが望まれることが明らかになった。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

日本のエネルギー環境政策を考える際に、他国、特に中国のエネルギー環境政策の内容を精査して、日本を含む先進国との比較を行うことは重要である。本研究結果によって、各国の数値目標や政策などに関して、より詳細かつ公平な議論が可能となり、具体的に交渉に携わっている政府関係者に研究成果を伝えることによって、日本の政策策定に貢献した。

＜行政が活用することが見込まれる成果＞

アジアにおいては、測定・報告・検証(MRV)の制度設計が必要であり、この分野での日本の国際協力による貢献が期待される。また、価値観に関しては、アンケート調査などをもとに、持続可能・低炭素型社会の実現に向けた政策に「価値」を効果的に活用する方法の提案を行った。これも政策策定に貢献すると思われる。さらに、都市の低炭素型発展は様々な関連政策(都市計画、産業構造の変革等)とも密接に結びついており、エネルギー安全保障の確立や化石燃料輸入コストの削減などを通じて国の経済発展にも貢献することを示すことができた。この点も、日本の政府開発援助などによる国際協力政策の策定に多いに役立せることができると思われる。

6. 研究成果の主な発表状況

(1) 主な誌上発表

＜査読付き論文＞

- 1) P.POUMANYVONG and S. KANEKO: *Ecological Economics*. 70(2): 434-444.
doi:10.1016/j.ecolecon.2010.09.029 (2010)
“Does urbanization lead to less energy use and lower CO2 emissions? A cross-country analysis.”
- 2) S. KOMATSU, S.KANEKO and P. P. GHOSH: *Energy Policy*. doi:10.1016/j.enpol.2010.11.022 (2010)
“Are micro-benefits negligible? The implications of the rapid expansion of Solar Home Systems (SHS) in rural Bangladesh for sustainable development.”
- 3) S. KOMATSU, S.KANEKO, R. M. SHRESTHA, P. P. GHOSH: *Energy for Sustainable Development*,
doi:10.1016/j.esd.2011.03.003 (2011)
“Nonincome factors behind the purchase decisions of solar home systems in rural Bangladesh”,
- 4) Z. JIN, T. KURAMOCHI and J. ASUKA: *Global Environmental Research*, Issue: Vol.17 / No.1 (2013)
“Energy and CO2 intensity reduction policies in China: Targets and Implementation”
- 5) S.V.R.K. PRABHAKAR, S. SURYAHADI, L. IRSAL, A. UNADI and P. SETYANTO: *Asian Journal of Environment and Disaster Management*, Vol. 5, No. 3, 261-276 (2013)
“Mitigation Co-Benefits of Adaptation Actions in Agriculture: An Opportunity for Promoting Climate Smart Agriculture in Indonesia”

＜査読付論文に準ずる成果発表＞

- 1) K. FUKUDA and U.W.R. SIAGIAN: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K.TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Potential of Renewable Energy based Distributed Power Generation System toward Low Carbon Development Option for Indonesia”
- 2) E.I. GENE: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K. TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation and Enhancing Carbon Stocks (REDD+) in Indonesia: Opportunities and challenges”
- 3) M.D.L. MUZONES: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K. TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Bogor Workshop: Sustainable Low Carbon Development in Indonesia and Asia”
- 4) S. V. R. K. PRABHAKAR, S. I. LAS, A. UNADI and P. SURYAHADI: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K. TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Low Carbon Agriculture for Indonesia: Challenges and Opportunities”
- 5) K. TAMURA and S. NISHIOKA: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K. TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Introduction: Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?”
- 6) A. WATABE, M. AOYAGI-USUI, L. KLOPAKING, Y. LEE, T. OTSUKA and O. PANY: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K.TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Traditional and Emerging Values and Practices to Anchor Sustainable & Low Carbon Development in

Asia.”

- 7) E. ZASMAN and H. SUSTOMO: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K.TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Institutions and Low Carbon Transport: The Case of a Decentralizing Indonesia”
- 8) E. ZASMAN and J. Romeo: IGES Policy Report / Research Report | 2011/03 (2011)
“A Guide To Evaluating Transport Projects: Mainstreaming Transport Co-Benefits Approach”
- 9) K. FUKUDA and K. TAMURA: *Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and MRV*, pp.4-19. Hayama, Japan, IGES (2011)
“An Analysis of Non-Annex I Parties NAMAs: Challenges for Designing International Support and Implementing an Effective MRV Framework”
- 10) J. ASUKA, Z. D. LI and X. C. LU: *Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and MRV*, pp.4-19. Hayama, Japan, IGES (2011)
“What constitutes a meaningful participation of China?: Analysis of the Chinese President Hu Jin Tao’s speech at UN Climate Change Summit and the “China’s path of low carbon development to 2050: Energy demand and supply and CO2 emission scenario” by the National Development and Reform Commission Energy Research Institute Taskforce”
- 11) J. ASUKA and X. C. LU: *Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and MRV*, pp.4-19. Hayama, Japan, IGES (2011)
“Quantified emission reduction target of China: Assessing the announced Chinese target of 40-45% reduction in CO2 intensity”
- 12) J. GUO and E. ZASMAN: *Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and MRV*, pp.4-19. Hayama, Japan, IGES (2011)
“Negotiating a Low Carbon Transition in China: Aligning Reforms and Incentives in the 12th Five-Year Plan”
- 13) J. JANARDHANAN: *Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and MRV*, pp.4-19. Hayama, Japan, IGES (2011)
“Shaping the Climate Change Agenda in India: Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMA) and Measurement, Reporting and Verification (MRV)”
- 14) 田村堅太郎: 産業と環境, 2011年2月号, 25~28頁 (2011)
「中国における温暖化の動向」
- 15) 金子慎治・小松悟, 『東アジアへの視点』2010年6月号, pp.27-41 (2011)
「バングラデシュの農村電化と持続可能な発展」

(2) 主な口頭発表(学会等)

- 1) J. ASUKA: 3rd Annual Meeting of the LCS-RNet in Paris, Paris, France (2011)
“Energy and Climate Policy after FUKUSHIMA accident”
- 2) 明日香壽川: S-6一般公開シンポジウムアジア低炭素社会への道筋を考える: アジア低炭素社会実現のビジョンと方策とは, 2011年11月22日、東京 (2011)
持続可能なアジア低炭素社会に向けた日本の役割2011」.
- 3) J. ASUKA: Side event at COP17, Dec.5, 2011, Durban, South Africa (2011)
“Low carbon society (LCS) in Asia: from planning to implementation”
- 4) 田村堅太郎・福田幸司: 環境経済・政策学会2010年大会, 2010年9月11~12日 (2010)
「気候変動交渉を巡る中国の国内政治プロセス」
- 5) A. WATABE: International Workshop: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?* February 17th, 2010, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia (2010)
“Setting the agenda: Traditional and Emerging Values and Practices to Anchor Sustainable & Low Carbon Development in Asia”
- 6) A. WATABE: The Second International Workshop on Low Carbon Asia Research Project Conference, October 31st 2011, Malaysia University of Technology, Johore Bharu, Malaysia (2011)
“Indonesia’s Efforts toward a Low Carbon and Resilient Society: Upstream Strategies and Challenges on the Ground”
- 7) A. WATABE: The First Annual Meeting of the Low Carbon Asia Research Network, 16 October 2012,

Novotel Siam Square, Bangkok, Thailand (2012)

“Values/Practices to Anchor Sustainable & Low Carbon Development”

- 8) 小松 悟、森永 茜、金子 慎治、P. P. GOHSH: 環境経済・政策学会2010年大会、名古屋大学(2010)
「太陽光発電を利用した分散型農村電化事業による受益者満足度の評価—バングラデシュ農村部での事例—」
- 9) S. KANEKO, S. KOMATSU, D.H. HA: 7th Scientific Conference of the University of Science, Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam (2010)
“Effects of Urban-Rural Migration on Greenhouse Gases Emissions in Hanoi”
- 10) S. KOMATSU, S. KANEKO, P. P. Ghosh: 4th Asian Energy Conference, Hong Kong Baptist University, Hong Kong, China (2010)
“Are Micro-benefits Negligible? The Implications of the Rapid Expansion of Solar Home Systems (SHS) in Rural Bangladesh for Sustainable Development”
- 11) 小松 悟、金子 慎治: 国際開発学会第21回全国大会、早稲田大学(2010)
「バングラデシュ農村部での住居用太陽光発電パッケージの需要の評価」

7. 研究者略歴

課題代表者: 明日香 壽川

東京大学工学系研究科先端学際工学専攻卒業、博士(学術)、現在、公益財団法人地球環境戦略研究機関シニアフェロー、東北大学大学院東北アジア研究センター教授

研究分担者

- 1) 田村 堅太郎
ロンドン大学経済政治学院(LSE)卒業、国際関係学博士、現在、公益財団法人地球環境戦略研究機関 気候変動とエネルギー領域 エリアリーダー
- 2) 大塚 隆志
東京工業大学大学院卒業、環境心理学修士、現在、公益財団法人地球環境戦略研究機関 プログラム・マネジメント・オフィス・コーディネーター
- 3) 渡部 厚志
慶応義塾大学大学院卒業、メディア政策修士、現在、公益財団法人地球環境戦略研究機関 持続可能な消費と生産領域 研究員
- 4) 金 振
京都大学大学院卒業、法学博士、現在公益財団法人地球環境戦略研究機関 気候変動とエネルギー領域 研究員
- 5) 金子 慎治
九州大学大学院工学研究科卒業、博士(工学)、現在、広島大学大学院国際協力研究科教授
- 6) 市橋 勝
京都大学大学院経済科学研究科卒業、経済学修士、現在、広島大学大学院国際協力研究科准教授
- 7) 後藤 大策
九州大学大学院経済学府卒業、経済学博士、現在、広島大学大学院国際協力研究科准教授

2. アジア地域の低炭素型発展可能性とその評価のための基盤分析調査研究

(1) 低炭素社会への飛躍のための発展パターンのあり方に関する研究

(公財) 地球環境戦略研究機関

気候変動グループ	明日香 壽川
気候変動グループ	田村 堅太郎
気候変動グループ	石鍋 渚
プログラムマネジメントオフィス	大塚 隆志

< 研究協力者 >

(公財) 地球環境戦略研究機関

気候変動グループ	福田 幸司
プログラムマネジメントオフィス	渡部 厚志
気候変動グループ	エリック・ザスマン
気候変動グループ	ナンダクマール・ジャーナルダナン
気候変動グループ	グオ・ジャンウエン
気候変動グループ	倉持 壮
自然資源・生態系サービスグループ	プラバカール・シヴァプラム

平成21～23年度累計予算額：102,499千円

(予算額は間接経費を含む)

[要旨]

途上国における経済発展は、エネルギー集約型の技術社会を基軸として、先進国の産業構造に追随するかたちで自国の産業構造の高度化を促進する雁行形態型発展を標準として形成されてきた。これからエネルギー消費および二酸化炭素排出の大幅な増大が予想されるアジア地域の途上国および新興国においては、先進国の轍を踏まずに、発展の道筋にどう低炭素社会を織り込むのかを検討することは極めて重要な研究課題となる。このような状況の下、本サブテーマ「低炭素社会への飛躍のための発展パターンのあり方に関する研究」では、(1) 低炭素社会の基盤となる各国発展の道筋に影響を与える国内・国際要因、(2) リーフログ型発展（従来の高炭素型発展と異なり炭素排出量の少ない発展へと進むこと）における技術・制度的な推進要因や障害要因、(3) 「アジア的特質・価値観」、という3つの観点からアジアの国々、特にインドネシア、中国、インドの状況を分析した。その結果、インドネシアではLULUCF（土地利用・土地利用変化・森林）に関して、関連各省間の政策協調の欠如や森林管理権限・責任の不明瞭さに起因する森林資源管理全体の実効性の低さ、脆弱なガバナンス、適切なモニタリング体制の欠如といった制度的課題や、材木市場における商業材木の供給量に対する需要過多といった構造的課題の存在が明らかになった。一方、中国、インドは、それぞれ具体的な数値目標や省エネ促進制度を持ち、技術レベルも向上している。しかし、インドネシアと同様に、測定・報告・検証（MRV）の制度設計が大幅に遅れており、技術・資金等の面での国際協力がある程度は必要であることがわかった。アジ

アにおける環境に対する価値観に関しては、「もったいない（日本）」「ポーピエン（タイ）」「ゴトン・ロヨン（インドネシア）」という3種の価値と、日常生活でとられる行為（低炭素社会に寄与するもの、逆行するもの、無関係なもの）との関連を分析した。その結果、価値が認知される度合いと、行為の動機としてはたらく度合いには多少の違いがあることがわかった。すなわち、言葉通りの「価値」が、具体的な行為の場面で機能しているわけではないという事実は、「価値」を取り入れた政策を設計する際に意識される必要がある。

[キーワード]

低炭素、アジア、リープフロッグ、価値観、温室効果ガス排出削減数値目標、経済成長

1. はじめに

アジア諸国の経済成長は、各国の産業構造、労働市場を変えつつある。十億を超える人々が大量生産・大量消費型の経済システムに巻き込まれることにより、大気や水、土壌の汚染、廃棄物処理の問題などがすでに発生しているほか、温室効果ガスの排出量も急激な増加傾向にある。

これまで途上国における経済発展は、エネルギー集約型の技術社会を基軸として、先進国の産業構造に追随するかたちで自国の産業構造の高度化を促進する雁行形態型発展を標準として形成されてきた。経済発展に伴う市場の開放・国際化は、産業や資本のグローバリゼーションを生み出し、資源の効率的な配分を追求した世界分業体制が構築された。また、このような分業体制は、都市化の進行によって、国内でも発生している。こうした国内外における分業体制により国の発展の形態やエネルギー消費のあり方が大きく変遷しつつある状況において、気候安定化へ向けた世界秩序の構築が国際社会の取り組むべき喫緊の課題として位置付けられてきた。

そのため、アジアを始めとする新興国では、経済成長による地域社会や地球環境への影響を緩和し「低炭素型社会」や「持続可能な発展」を実現するため、生産プロセスの効率化、エネルギー効率改善、リサイクル、資源効率性の改善など、主として先進国の経験と教訓から考案された新たな制度や技術を取り入れる試みがなされている。

一方、アジアでは、「新たな制度や技術の導入」ではなく「地域社会が以前から持っているもの」にも注目すべきである。アジアを始めとする様々な地域では、経済成長が始まる以前より、人々は限られた資源の中で、自然環境や社会システムへのダメージを最小化するような生活を営んできた。こうした生活をささえた価値観や慣習は、現代の語彙で「低炭素」「持続可能」と呼ぶことができる。「低炭素で持続可能な社会」を実現するために、近代化・経済成長以前の「持続可能な」価値・慣習から学ぶべきところがあるものと期待できる。事実、アジアのいくつかの国や地方政府は、近代化以前からあった（と考えられている）価値や慣習を、現代の環境保護政策や持続可能な開発のための政策に、積極的に活用している。

したがって、今後も顕著な経済成長が予測される途上国、特にアジア地域、において、これら途上国が描く発展の道筋にどのように炭素排出の大幅抑制に資する低炭素社会を織り込むのかを検討することは、気候変動安定化を実現するために極めて重要な研究課題となる。

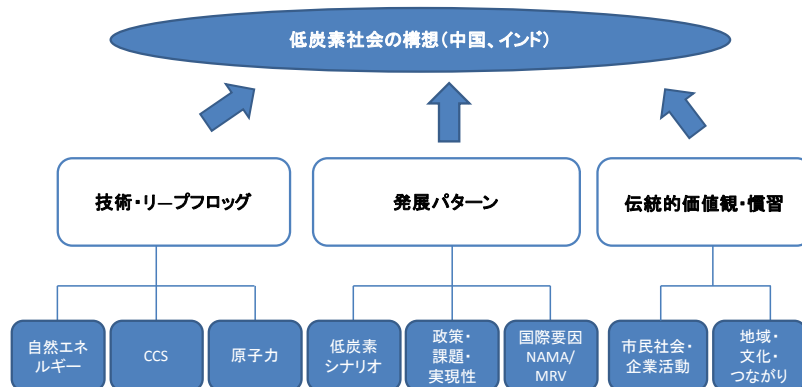
2. 研究開発目的

本サブテーマは、アジアの多様性を踏まえた低炭素社会発展基盤を明らかにし、共同研究・研究会合/政策対話・学会発表および報告書などを通じてアジアの影響力のあるステークホルダーを巻き込み、各国政策決定過程へ向けた研究成果の発信を行う。

本サブテーマ「低炭素社会への飛躍のための発展パターンのあり方に関する研究」では、(1) 低炭素社会の基盤となる各国発展の道筋に影響を与える国内・国際要因を分析し、(2) リープフログ型発展の推進要因や障害要因を分析、低炭素社会への直接発展可能性を報告書にまとめる。

(3) 「アジア的特質・価値観」では、アジア地域が独自の将来ビジョンを描くことができるかについて価値観という観点から検討する。本研究では、アジア地域の低炭素発展、特に持続可能な社会を目指すにあたり、地域社会での営みにある「サステイナブル」な要素に着目した。アジアの各地では、近代化・経済成長の以前より、人と人、人と自然、人と社会、経済と自然といった関係性を「サステイナブル」に、あるいは破綻を避ける形で維持する暮らしが営まれてきた。そうした暮らしを可能にしてきた価値や慣習のシステムを学ぶとともに、現代のコンテクストに翻訳・応用する政策（制度づくり、宣伝、ビジネス、コミュニティの取り組みなど）の可能性を探ることを目的とする。

研究期間の3年において、サブテーマ(1)では、初年度は、インドネシアを主な対象国とし、2年目と3年目は図(1)-1に示すように、主に中国・インドを対象とした。言うまでもなく、中国とインドは、世界全体が低炭素型発展を遂げるために重要な役割を担う。したがって、両国政府の作成する低炭素型発展シナリオやそれに係る政策や施策、またそれらを実施する際の課題を考察すると共に、エネルギー技術モデルを用いインドの低炭素型発展シナリオの実現可能性について分析を行う。加えて、両国の低炭素化を後押しすると考えられる国連気候変動枠組条約において協議が進められているNAMA（Nationally Appropriate Mitigation Actions:途上国の緩和行動）・MRV（Measurable, Reportable, Verifiable：測定・報告・検証可能性）についての、両国の考えを調査する。同時に昨今 CCS（Carbon Capture & Storage: 炭素回収・貯留技術）や原子力に対し関心が高まっていることから、これら技術が両国において導入される可能性について、文献調査やヒアリングを行った。価値観・慣習に関しては、アジアにおける市民社会や企業活動の動向を把握し、同時に価値観に関するアンケートをインドネシア、タイで行った。



図(1)-1 2年目からのサブテーマ(1)「低炭素社会への飛躍のための発展パターンのあり方に関する研究」の構成

3. 研究開発方法

本サブテーマでは、インドネシア、中国、インドを中心に、以下の手法を用いて研究を進めた。

1) 「低炭素社会の基盤となる各国発展の道筋に影響を与える国内・国際要因分析」および 2) 「リープフロッグ型発展の推進要因や障害要因の分析」では、国際気候枠組みの発展が各国の低炭素社会構築に向けた取り組みにどのような影響を与えたかをまずインドネシアで、先行研究や関連文献調査、国内外の専門家・実務家からの聞き取り調査、現場調査に加え、ワークショップ（2010年2月16～17日、ボゴール・コンベンションセンター）を開催し、現地専門家からの更なるインプットの獲得を図った。次に、中国、インドに関して、特に、温室効果ガス排出削減数値目標、順守体制、省エネ促進制度などを、現地聞き取り調査や文献調査によって定性的かつ定量的に分析した。いずれの国も対しても、政府関係者との政策対話、研究者へのインタビュー、文献調査、エネルギー技術モデルを用いた検証を行い、比較政治学・国際関係論に基づいた国内制度や国内利害関係の観点からも検討した。3) 「アジア的特質・価値観に基づく発展可能性の検討」では、アジア各地で持続可能な生活様式を支えてきた価値観・慣習を、低炭素社会の形成に資する形に翻訳・普及する可能性を検討するため、対象国（インドネシア、タイ）でのアンケート調査・事例調査を実施した。

4. 結果・考察

（1）低炭素社会の基盤となる各国発展の道筋に影響を与える国内・国際要因分析

1) インドネシアでのREDD+（森林破壊・劣化の回避による温室効果ガス排出削減及び森林保全による吸収源の拡大）の活用

インドネシアでは、LULUCF（土地利用・土地利用変化・森林）からのGHG排出量が全体の47%を占めることから、同セクターでの緩和策の実施は、国家温室効果ガス（GHG）排出削減目標の達成への寄与度が高い。LULUCFからの排出量のうち泥炭地からの炭素排出の寄与度は大きく、背景要因として主に森林伐採等による劣化やパーム油や商業木材のためのプランテーションへの土地利用変化が挙げられる。またREDD+の導入・実施に対するインドネシア特有の課題として、関連各省間の政策協調の欠如や森林管理権限・責任の不明瞭さに起因する森林資源管理全体の実効性の低さ、脆弱なガバナンス、適切なモニタリング体制の欠如といった制度的課題や、材木市場における商業材木の供給量に対する需要過多といった構造的課題が、最終的に国内での木材資源の過剰採取や違法伐採を招き、森林劣化に大きく寄与している点を確認された。同時に、REDD+実施のための計画立案段階からの地域住民の参加を促進する仕組みが欠如している点も課題として確認された。REDD+活用による効果的なGHG削減の実現には、違法伐採や木材密輸に係る法整備の強化や関連各省間の政策協調を含めた制度面での抜本的な見直し・強化に加え、商用木材プランテーションの拡大等を通じた材木の需給バランスの確保や、地域住民のREDD+への積極的な関与促進に基づく森林資源管理に係るモニタリング体制の強化を図る必要がある。

2) 地方分権化と交通セクターの低炭素化

低炭素社会の実現には、経済成長に伴うインフラ投資の高エネルギー型への固定（Lock-in）を回避する必要がある。これら対策を担保する政策の実効性を高めることが肝要である。アジア地域の潮流となっている地方分権化は、地方政府が実施する施策展開や予算配分の柔軟性を増し、

地域のニーズに対するより細やかな施策への対応を可能にしている。インドネシアの交通セクターを俯瞰すると、都市部におけるBRT制度（ジャカルタ・ボゴール・バンドン・マカッサル）、自転車促進プログラム（ジョグジャカルタ）や歩行者歩道の整備（スラバヤ）などのモーダルシフトを後押しする制度的革新を生み出すなど、地方分権化による地方政府のエンパワメントが交通セクターの低炭素化に寄与していることが示された。これら施策は都市部における大気汚染減少という副次的便益も生じさせている。一方で、交通セクターの低炭素改革に不可欠な地方政府の財政基盤の強化や、中央政府との業務調整・連携という観点では制度に改善の余地があり、地方分権化の潮流を活用しつつ交通セクターの低炭素化を実現するには、中央政府と地方政府間の予算配分の見直し・改善や、地方政府の実務能力の更なる底上げを支援する施策の導入が不可欠となり、この点において国際援助が果たす役割は大きい。

3) 気候変動国際枠組みの発展と中印両国内の取り組み

中印両国は、高い経済成長に支えられ世界第一位と第四位のCO₂排出国となったが（2009年）、他方で自らを未だ経済成長・貧困撲滅などの開発課題を国家の最優先課題とする途上国と位置づけており、気候変動国際交渉においては、途上国としての発展する権利を強く主張する一方、気候変動問題における先進国によるGHG排出に対する歴史的責任を指摘し、先進国による約束（先進国自らの排出削減と途上国支援）の履行を強く要求してきた。他方で、自らの排出削減策については、自主的・拘束的という対策の性質に関わらず、国際的な目標を設定すること自体に一貫して反対する立場を維持してきた。こうした交渉ポジションを採る背景として、経済成長の維持による国全体の発展と、経済成長の恩恵を十分に得ていない地方農村地域住民の貧困撲滅や格差の是正が最優先課題であったこと、また豊富かつ安価な国内石炭資源へのアクセス、気候変動問題における先進国の歴史的責任、国内政治力のあるエネルギー部門の国内アクターが国内エネルギー政策に対する国際的な干渉を嫌ったこと、等が挙げられる。

しかし、2009年のコペンハーゲン会議（COP15）の直前に、中国は2020年までに2005年比で40～45%削減、インドは2020年までに2005年比で20～25%削減という炭素原単位目標（GDP一単位あたりのCO₂排出量の削減）を公表した。その後、コペンハーゲン合意（COPにおいては留意されたのみで正式な採択は見なかったものの、両国は合意内容に対して後日賛同を表明している）に基づき、適切な国内緩和行動（Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMA）としてUNFCCC事務局に提出し、国際公約として掲げた。

このように、中印両国がこれまでの交渉スタンスから乖離した動きに共通する国内背景として、第一に、著し経済発展に伴い国内エネルギー需要が急速に増加したことで、経済成長に対する資源制約やエネルギー安全保障への懸念が強く意識されるようになり、これらの将来への懸念に呼応するかたちで国家開発計画の中で省エネ・気候政策が主流化され始めたことが挙げられる。加えて、スターンレビューや気候変動に関する政府間パネル（IPCC）による自国経済（特に水資源、農業生産）への気候変動の悪影響の認識の増加や、自国のモデル予測技術・能力の進展により気候政策がもたらす便益と費用への理解が向上したことがその理由として挙げられる。さらには、クリーン開発メカニズム（CDM）での成功経験により国際気候レジームがもたらす便益についての認識形成、経済成長に伴う国内環境汚染（大気汚染等）の深刻化に対する市民からの改善の圧力、新興国としての大国意識と、一方で大排出国としての責任・役割・国際的な圧力の増大、等

が挙げられる。

中国については、国特有理由として、自国のグリーン・エネルギー産業の世界市場における地位の確立という新規産業育成という観点が強く見られた。さらに、中国が炭素原単位目標をNAMAとして公表するに至る過程では、第11次5カ年計画の目標達成のための諸制度改革により国内での政策実施の実効性が高まったことや、オバマ政権の誕生後、米国も緩和約束を国際公約として掲げたため、中国への国際圧力が高まったことも大きな要因であった。

一方のインドでは、ラメシュ環境森林大臣（当時）のインドの国際的な役割を重視する個人的資質が果たした役割が大きかった。炭素原単位目標を国際公約として掲げることに対しは、当初、削減目標のあり方を検討した「気候変動に関する諮問委員会」の中でも慎重論が強かった。しかし、中国がインドに先駆けて原単位目標の国際的な発表という圧力も手伝い、国内の各種反対意見よりも、国際的な潮流を見据えた対外的な成果を重視したラメシュ大臣が目標を重要視し、最終的には目標がNAMAとして提出されている。他方で、国内体制の整備も進んでいた。2008年6月にはシン首相（当時）を筆頭とした気候変動に関する諮問委員会が設立され、同委員会から気候変動に関する国家行動計画（NAPCC）が発表された。NAPCCは、インドが抱える開発ニーズの充足と気候変動課題を網羅した8つの国家ミッションで構成されており、太陽光発電シェアの大幅な拡大による分散型電源開発による地域開発の促進や、省エネに向けた大規模エネルギー需要家に対する市場メカニズムの導入、省エネ建築基準の採用などが含まれている。これら国家ミッションのタイムスパンは、第11次5カ年計画（2007-2012）や第12次5カ年計画（2012-2016）に沿っており、各ミッションの達成には省庁横断的、セクター横断的な取り組みが随時行われている。このように、諮問委員会の設立を受け、これまでの計画委員会や個別省庁レベルの意思決定プロセスが、首相の下に一元化されたことがうかがえる。

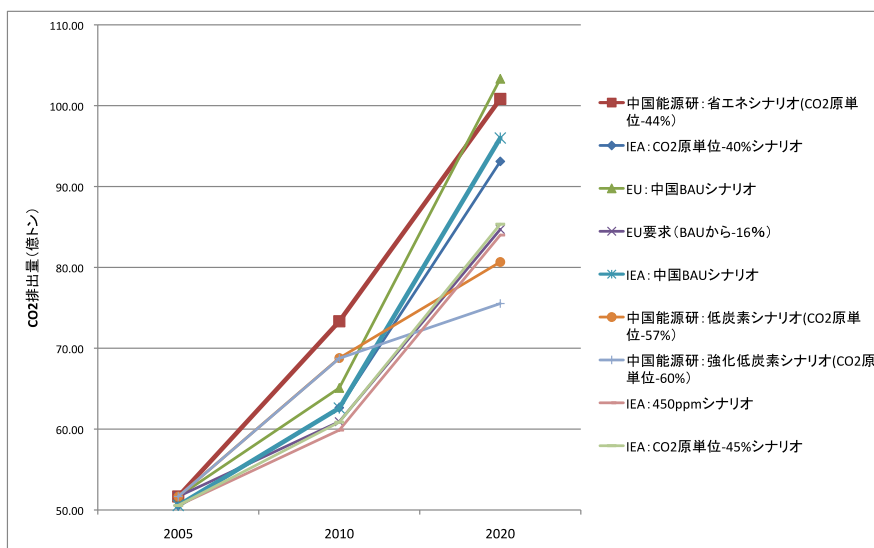
このように、中国とインドともに、経済成長・貧困克服が引き続き優先順位の高い政策課題となるが、省エネやCO₂排出抑制といった政策目標を開発計画・政策の中に組み込む主流化プロセスが進んでいる。こうした国内政策基盤の整備の進捗が、炭素原単位目標の国際公約化を可能とした国内背景・一要因としてあった。しかし、両国が掲げた当該目標値に国際的に拘束性をもたせることには今後も慎重であるとみられる。

4) 中国の温室効果ガス排出削減目標の評価

2009年11月26日に、中国国家発展改革委員会解振華副主任が発表した「2020年までに2005年比でCO₂原単位を40～45%削減」という目標に対しては、まったく正反対の評価がある。一つは、欧米各国の一部の政府やディア報道などによるもので、中国の数値目標は低いとするものである。一方、たとえばIEAチーフ・エコノミストのFatih BirolはIEA（2009）¹⁾に基づいて、「2℃目標達成には世界全体で2020年までにBaUより38億トンCO₂排出削減が必要だが、今回の中国の数値目標は、排出絶対量に換算すると、その4分の1の約10億トンを担うもので、2℃目標達成のためにIEA（2009）¹⁾が中国に求める2020年排出絶対量上限である84億トンとほぼ同じレベルになる」と高く評価している。

前者の評価は、1) 原単位目標なのでとにかく良くない、2) 交渉上の最初のポジション（opening position）なので低いはずである、3) 低いと評価した方が自国の数値目標を際立たせることができる、などが理由であると推察され、定量的かつ論理的な議論に基づいていない。後者の評価は、

正しい、正しくない、というよりも、単純に言えば、中国の経済成長率を、中国政府試算を実質的に担った中国エネルギー研究所より低めに想定していることと、450ppmシナリオの内容（例：オーバー・シューティングの妥当性や各国の負担分担ルール）による。



図(1)-2 各シナリオによる中国の排出量（エネルギー起源）

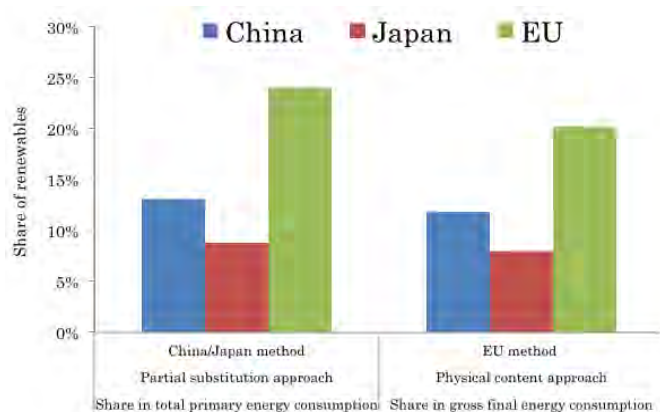
注:EUによる中国BaUは、EU Commission (2009, p.57)²⁾による中国のエネルギー起源以外も含むBaU排出量（2005年：60億tCO₂→2020年BaU：120億tCO₂）に基づいて、BaUの2020年エネルギー起源CO₂排出量は2005年の2倍として計算した。

すなわち、中国のGDP成長率を低く見積もっているIEAシナリオでは、CO₂原単位45%削減シナリオのCO₂排出絶対量（85.35億トンCO₂）は450ppmシナリオの排出絶対量（84.00億トンCO₂）に近いため、中国政府の数値目標を非常に野心的な目標と見なすことが可能になる。一方、中国エネルギー研究所のシナリオでは、GDP成長率が高いため、排出絶対量は大きくなり、IEAの450ppmシナリオの排出絶対量を達成するためには、筆者らの推算によるとCO₂原単位で約53%の削減が必要となる。すなわち、GDP成長率の大きさの想定の違いによって、「CO₂原単位40～45%削減」という中国政府による数値目標の意味合いが大きく異なってくる。

5) 中国での再生可能エネルギーによる発電およびインドでの省エネ促進システム

中国では、再エネ発電量を一次エネルギー相当に換算する際、通常再エネ発電量を国内全火力発電所の平均エネルギー効率相当の値（2010年では約33%）で割って導出している。しかし、2020年目標に関してはこの値が約39%に設定されていることが明らかになった。また、非化石エネルギー発電技術の稼働率に関する過去データおよび将来予測を分析したところ、IEAや米エネルギー省のモデルは、風力発電および原子力発電所について中国当局よりかなり高い値を使用していることが分かった。中国は2020年には一次エネルギー総消費における非化石エネルギーの割合は16±1%に達する、すなわち政府目標は国全体のエネルギー消費が想定以上のスピードで増加しているにも関わらず、比較的余裕を持って達成できるだろうとの結果が得られた。大型水力も含め

た場合、中国の一次エネルギー総消費における再エネの割合は 13-14%になり、EU よりは低いものの日本で議論されている目標（一次エネルギー総消費の 9-10%）より高いことも明らかになった。



図(1)-3 中国、日本、EUにおける2020再生可能エネルギー目標の比較

注：揚水発電以外の水力を含み、空気熱ヒートポンプは除く。

インドの気候変動に関する国家行動計画では、国家エネルギー効率向上事業（National Mission on Enhanced Energy Efficiency: NMEEE）を通じてインドのエネルギー効率改善に関する省エネ証書取引制度（Perform, Achieve and Trade: PAT）が規定されている。このPATは、このNMEEEの一環であり、国内の主要産業施設のエネルギー効率改善を目的する取引可能な省エネ証書制度である。

PATでは、まず対象となった産業施設は、一定の時間枠での所定基準に対するエネルギー原単位を改善するために法的拘束力のある目標値を割り当てられ、達成できない場合は罰金を科される。次に、目標を達成した産業施設は、報告及び検証の手続きを経て省エネルギー証書を授与される。更に、省エネ目標値と各施設が達成可能な目標との間にミスマッチが生じた場合、施設は特定サイクルにおける各々の規定目標値を達成するために省エネルギー証書を売買することができる。実施機関である電力省傘下のエネルギー効率局は、プログラムの目的や目標の達成のために十分な法的権限も与えられている。すなわち、PATはエネルギー効率改善のための強制的な一定の期限付き目標を個々の産業施設に課すのみならず、かかる施設がコスト効率性に関して抱く懸念に配慮し、この命令への遵守に柔軟に対応できる制度的余地を提供している。

現地調査を行ったところ、このPATの実施は遅れており、各施設のデータの把握や公開などに課題があることがわかった。また、予想以上に、効率の良い装置が多くの工場にすでに装備されていることなどもインタビューなどによって明らかになった。

6）適切な緩和行動（NAMAs）の準備状況と測定・報告・検証（MRV）の制度設計

アジアでの低炭素型発展を後押しする国際要因として、現在、国際交渉において議論されている緩和行動に対するMRVや、ICA（International Consultation and Analysis：国際的な協議と分析）に関する研究を行った。中国とインドのみならず、多くの途上国（2010年3月現在では48か国）がコペンハーゲン合意以降、適切な緩和行動（NAMAs）を提出している。NAMAsは、各国が自

国の事情に応じ、自由な形式で提出できるため、その形式は多岐に渡っている（表(1)-1）。

表(1)-1：途上国における適切な緩和行動（NAMAs）の提出状況

国別目標□				セクター/ポリシー レベル□	プロジェクト・レベル 活動□	環境整備□
絶対値目標□ (対基準年)□	カーボン・ニ ュートラル□	BAU比目 標□	排出強度目 標（対GDP）□			
アンティグア・ バーブーダ□ モルディブ□ マーシャル諸島□	コスタリカ□ ブータン□ モルドバ□	ブラジル□ チリ□ 韓国□ インドネ シア□ ラエル□ メキシコ□ パプアニ ューギ ニア□ シンガポ ール□ 南アフリ カ□	中国□ インド□	アルジェリア□□ アルゼンチン□ アルメニ□□ ベニン□□□□ ボツワナ□□□□ カンボジア□ カメルーン□□□□□ 中央アフカ□ チャド□□□□ コロンビア□□ コンゴ□□□□ コートジボアール□ エリトリア□ ガボン□ ガンビア□ ガーナ□ マダガスカル□ モーリタニア□ モーリシャス□ ペルー□ サンマリノ□ シエラレオネ□ トーゴ□ チュニジア□	エチオピア□ モロッコ□ エチオピア□ ヨルダン□ モンゴル□ マケドニア□	アフガニス タン□ グルジア□ タジキスタ ン□

□

出所：Fukuda and Tamura（2011）³⁾

表(1)-1にあるように、提出されたNAMAの形式としては、国別目標やセクター別目標、政策、プロジェクト、環境整備の4つに分類できる。また、国別目標については、目標の設定の仕方により、絶対値目標、固定値目標、排出強度目標、BaU比目標に分けることができる。それぞれの特徴や可測性（測定の可能性のみならず、測定・算出手法の透明性、将来予測の容易性を含む）について以下で検討する。

国別（economy-wide）目標：一国内のすべての排出源・吸収源を対象とするものである。アジアでは中国やインド、韓国等がこの形式のNAMAsを提出している。排出動向を把握するためには、各国が作成する排出目録が基盤となるが、排出クレジットや土地利用変化による排出・吸収についても考慮する必要がある。

セクター別・政策レベル：個別セクターを対象とした目標や行動の設定であり、政策は立法、規制、基準等が含まれる。セクター別の場合、各国間のセクターの定義や境界の引き方の違い、さらにはカーボン・リーケージの問題などが想定され、国別目標よりも、国としての責任が曖昧になり、かつ可測性は低くなる。また、政策レベルでは、国あるいは準国家主体による政策の実施により実現される排出削減の定量的な評価が求められる。多くの途上国が政策レベルのNAMAsを提出しており、これらのNAMAsの実効性を確保するためには、この形式に対するMRV手法・体制の確立が重要となるが、未だに確立していない。

プロジェクト・レベルの活動：個別プロジェクトの実施により排出削減を実現することを指すもの。コペンハーゲン/カンクン・プレッジの下でのプロジェクト活動に対する共通の算定ルールなどは確立されていないが、京都議定書のクリーン開発メカニズム（CDM）においては方法論が確立しており、応用・転用が可能と思われる。

環境整備：国別報告書や排出目録の作成をNAMAsとして提出しているもので、定量化が難しい類型と言える。

次に、目標の設定手法における分類とそれぞれの特徴や可測性や比較可能性について検討する。

絶対値目標（対基準年）：ある一定の基準年の排出量に対しての排出削減、あるいは排出抑制を約束するものとなる。これは先進国の削減値目標の形式と同様のものであるが、アジアの途上国でこの形式のNAMAを採用している国はない。また、次に見る固定値目標と同様、対基準年の絶対値目標の可測性は高い。その理由としては、GHGの排出データ以外にデータが不要であること、モデル等を使った将来予測の必要がないことが挙げられる。さらに、基準年の排出量に関する十分なデータがあれば、目標年の排出レベルが事前に分かり、目標達成の進捗状況や目標達成の判定も容易である。

固定値目標：目標年における排出量を目標として掲げるものである。ある一定の年の絶対値での排出量が目標であるため、基準年やベースライン・シナリオについて言及する必要はない。固定値目標の典型的な例としては、カーボン・ニュートラル（正味での排出量がゼロ）を目標年までに達成することが挙げられる。アジアではブータンが採用している。目標年における排出量自体が目標値となるので、事前の排出レベル予測は容易である。また、対基準年の絶対値目標と同様に、GHG排出データ以外にデータが不要であること、モデル等を使った将来予測の必要がないことから、固定値目標の可測性は高い。

排出強度目標：産出量単位当たりの排出量（排出強度）を、基準年のそれに比して削減したり、上昇を抑制したりすることを約束するものである。具体的には、対GDPや対エネルギー消費量の排出強度がある。対象となる産出単位（GDPやエネルギー消費量）の予測や計測が必要となり、追加的な不確実性が加わる。そのため、対基準年の絶対値目標や固定値目標に比べ、排出強度目標の可測性は低くなる。特に、産出単位の将来予測を事前に正確に行うことは非常に難しい。排出強度目標の比較可能性は、産出単位の計測や予測に関して同一のデータソースや方法論を使用することで高めることはできるが、多くの場合、締約国は独自の国内データの利用を 선호する傾向がある。

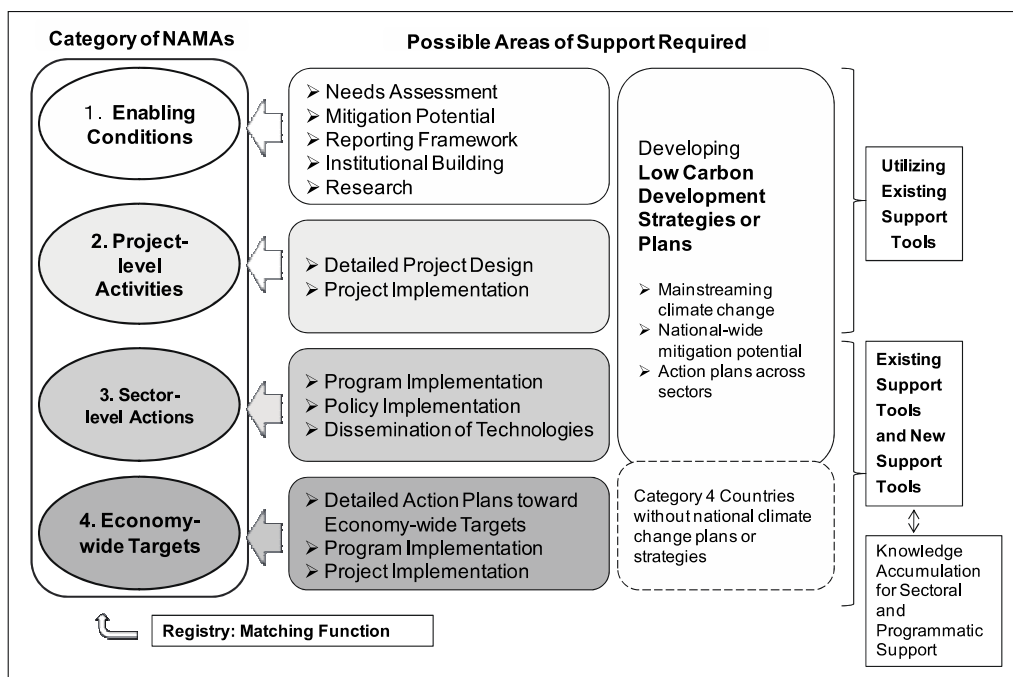
BaU比目標：将来の排出BaUシナリオに対して排出量を削減あるいは排出増を抑制することを約束することである。アジアでは、インドネシア、韓国、シンガポールがこの形式のNAMAsを採用している。BaUシナリオとは、適切な仮定とデータに基づき、目標に向けた追加的な対策が講じられない場合に予測される将来の排出シナリオのことであり、ベースライン・シナリオとも呼ばれる。BaUシナリオは静的なもの、あるいは動的なものとなりうる。静的なBaUシナリオとは、固定された参照シナリオとして事前に描かれ、そのシナリオに対し目標が設定され、進捗状況が測定される。それに対し、動的なBaUシナリオとは、国内総生産（GDP）、エネルギー価格、経済活動量の変化に

対応するため、定期的にシナリオをアップデートしていくものである。BaU比目標の可測性は、排出強度目標のそれより低くなる。その理由としては、排出強度目標は排出量に加え、もう一つの変数（産出単位）についての計測・予測が必要となるのに対し、BaU比目標は多岐にわたる経済活動量の仮定・予測を必要とし、モデル手法にも大きく左右される。そのため、BaUシナリオの設定には、技術的に大きな相違が生まれやすく、比較可能性を確保することが困難となる。さらに、動的なBaU比目標の場合は、目標年における排出量予測を事前に正確性をもって行うことが困難となる。加えて、比較可能性を高めるためには、すでに実施されている、あるいは計画されている政策をどこまで含むのか（つまり、どこからを追加的な政策とみなすか）、またそれらの排出削減効果を測定する手法についても統一する必要があるが、BaUシナリオは各国の政治的な情勢を踏まえて設定されることも多く、手法の統一には様々な困難が予想される。

このように、NAMAには様々な形式があり、それぞれの形式に応じたMRV手法を確立する必要があるが、その状況はまちまちである。特に、政策レベルでのMRVの確立は重要であり、今後の研究課題ともなる。

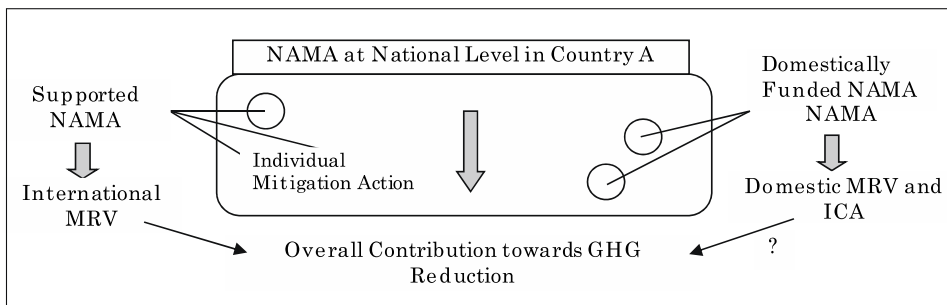
また、図(1)-4は、主に途上国での排出削減目標および行動であるNAMAに対する作成支援を形式別に示したものである。このように、NAMAの種類・形式によって、支援を差異化する必要がある。また、図(1)-5は、NAMAの形式に関わらず、国内においてNAMAをMRVする際の困難さや複雑さを示す。すなわち、今後、具体的なNAMA案件の実施が進むにつれて、ダブルカウンティングの回避など、国際的な支援があるNAMAと国内的な資金で支援されたNAMAとの区別が重要となっていると思われる。

このような状況のもと、現地調査などで、特に中国とインドにおけるエネルギー政策・気候政策をより効果的・効率的に実施するという観点から、両国が国内MRV体制の整備を積極的に進めていることが判明した。また、両国の掲げる目標はユニラテラルNAMAと認識されるべきであり、国際社会からのモニタリングを受けるとすれば、それは国際的MRVではなく、ICAレベルに留まるべきであるとの考えが多数派をしめていることも分かった。しかし同時に、両国が目標達成するためには、技術・資金等の面で、国際社会が協調すべきであり、それら無くして両国が目標を達成することは困難であろうとの考えも両国内に存在しており、これら国内目標が如何なる国際的な協力・モニタリングを必要とするかは、引き続き国内外において検討されるべきと認識されていることが分かった。



図(1)-4 NAMA に対する国際的支援の階層的な分類

出所：Fukuda and Tamura (2011)



図(1)-5 国内において NAMA を MRV する際の難しさ

出所：Fukuda and Tamura (2011)

(2) リーフロッグ型発展の推進要因や障害要因の分析

1) 炭素回収・貯留技術の可能性

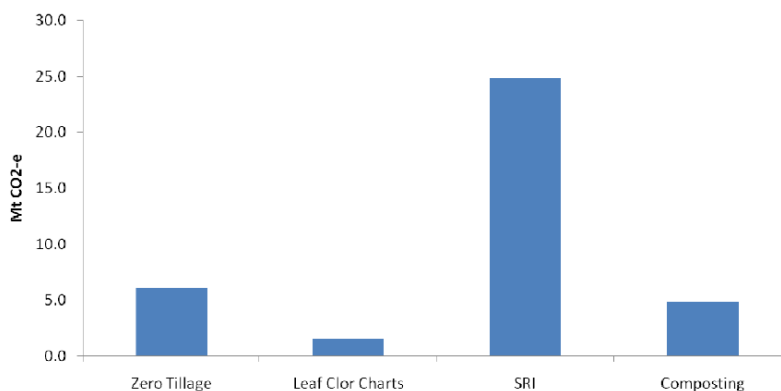
中国とインドの両国における炭素回収・貯留 (Carbon Capture and Storage: CCS) の普及の可能性について調査を行ったところ、石炭火力が多用されている両国において、CCSは温室効果ガス削減のために有効であり、またCCSがクリーン開発メカニズム (CDM) に承認されることは両国でのCCS技術の浸透に寄与し得ることが判明した。しかし両国の政府関係者・研究者等へのヒアリングから、インドでは、CCSはエネルギーの代替には成りえず持続可能な開発に貢献しないこと、大規模なCCSは技術として確立していない上、安全性も不確実なこと、高額な費用が発生すること等から、早期のCCS導入には否定的な意見が聞かれた。また中国においても、R&D活動やデモンス

トレーション・プロジェクトは進められてはいるものの、インドと同様の理由に加え、知的所有権の移転の問題等から、必ずしも利用の可能性が現時点において高いとは言えない状況であることが判明した。原子力の利用についても、両国は共に強い関心を持っており、次世代のエネルギー供給の柱のひとつとして、低炭素型発展シナリオに位置付けている。そしてそれは、2011年3月の福島原子力発電所の事故を受けても、原子力利用を抑制するというような流れには至る可能性が低いことが分かった。たとえば、中国は福島事故の後、原子力発電体制の見直しを実施したものの、大気汚染問題の深刻化という要因もあって、福島事故後の計画を若干下方修正しただけの原子力発電推進計画を新たに立て直している。しかし、実際には、立地自治体が反対するケースも増えてきており、政府の計画通りに建設が進むとも思われない状況にある。

2) 農業分野における低炭素技術

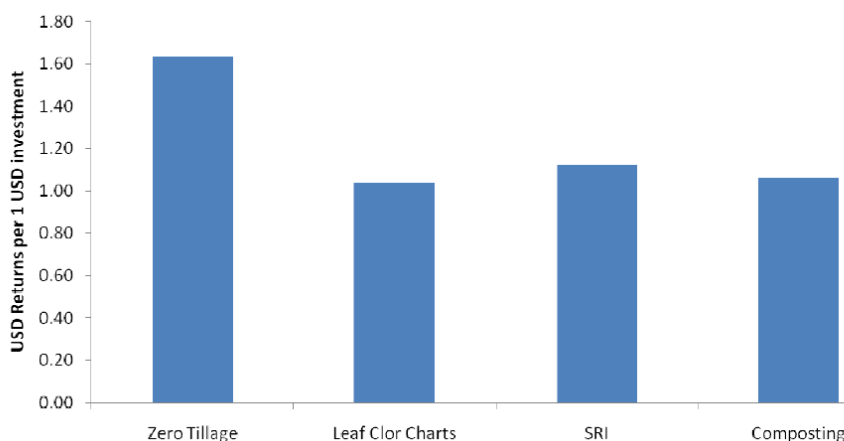
インドネシアにおける農業セクターからのGHG排出量は相対的に高くないものの、拡大する食物生産需要に対応するには、GHG排出量増加の抑制に資する低炭素型農業生産技術の導入が不可欠となる。インドネシアでは、作物生産技術（コメ強化システム（SRI）、土壌炭素貯留、静置式堆肥化など）や畜産技術（メタン発酵処理技術、採食試料の選定、畜産由来バイオガス活用システムなど）などの緩和技術が抽出され、このうち一部の技術については既に導入済み或いは導入の準備段階であることが判明した。また、本研究では、各作物生産技術のCO₂排出量および費用対効果を定量的に明らかにした（図(1)-6および図(1)-7）。これより、コメ強化システム（SRI）が温暖化対策という観点からは最も効果的な作物生産技術であることが明らかになった。

しかし、インドネシアでの現地調査などによって、GHG削減目標の実現に必要な規模での導入・実施には至っていないことが分かった。また、特に低炭素型農業技術は、既存インフラや地理的制約といった灌漑水量への制約を受けるため、技術の導入には立地特性を十分に考慮する必要がある。これら低炭素型技術の導入加速や規模の拡大のためには、適切なインセンティブの付与、農業インフラ整備への支援、緩和技術の研究・開発への投資拡大や、農業従事者の能力開発・技術移転を促進させるための制度的枠組み（職業訓練校の設置など）の構築といった追加的施策の導入が求められる。したがって、日本がODAなどによって国際的に支援する場合は、このような状況を検討した上で、実際の案件形成を行うべきである。



図(1)-6 インドネシアにおける低炭素農業技術の炭素排出削減可能量

注：Zero Tillage:無耕農業、leaf Color Charts: 葉色板活用、SRI:米強化システム、Composting:静置式堆肥化



図(1)-7 低炭素農業技術の費用対効果

注：低炭素農業技術の種類は図(1)-9と同じ

3) 社会システムとしてのリープフロッグー再生可能エネルギーを活用した分散型電源開発

インドネシアを俯瞰すると、島嶼国という地理的制約や、送配電線延伸による電力網整備・電化の限界（特にバリ・スマトラを除く離島）、また再生可能エネルギー資源の豊富な貯存量や電源構成のグリーン化（2020年までに15%を再生可能エネルギーで対応）といった要因が存在することから、地方電化率の向上や石油燃料依存からの脱却というエネルギー安全保障の側面からも再生可能エネルギー源を活用した分散型電源開発は有益な施策である。分散電源開発を後押しする法的制度基盤は近年急速に整備されつつあるものの、化石燃料補助金による価格競争力の歪みや投資インセンティブ・財政オプションの不足といった財政的な制約が存在することに加え、再生可能エネルギー開発の事業許可に係る事務手続きの煩雑性や特に電力買取価格に関する法令の頻繁な更新、また分散型電源開発に係る事業データベースの欠如などの制度的課題が障壁として残る。対処策として、再生可能エネルギー毎の発電技術の熟成と技術の価格競争力の強化を後押しするための補助金の付与や、投資への低金利融資などの財政支援、また地域レベルでの再生可能エネルギー貯存量の特定や電化の受益者である地域コミュニティの技術吸収力や支払能力の同定が必要となる。インドネシアでは同時に地方電化プロジェクトや再生可能エネルギーを切り口とした経済活動の促進を目的としたエネルギー自給村プログラムなどが政府や民間ベースで実施・導入されており、更なる事業の拡大や持続可能性を高める施策の導入が必要となる。また、バンドンにおける小規模水力タービン技術が地場産業として現地に根付いている事例が確認され、これら要素技術の開発・普及には社会企業家や地域の大学等の研究機関の存在も大きな役割を担っている点を確認された。

4) コベネフィット・アプローチの評価

現在、交通・輸送部門は、世界の石油消費量の3分の2以上を占め、エネルギー関連の二酸化炭素排出量の23%を排出する。特に道路交通は、輸送部門での温室効果ガス(GHG)の発生源であり、自動車は、国内の輸送部門排出源のほぼ半分を占める。このため、急速なモータリゼーションが

起きているアジアの政策決定者は、化石燃料の消費量を削減し、それによりGHG排出量を緩和する一方、エネルギー安全保障、モビリティ、道路交通の安全性、大気の質を改善する必要がある。

コベネフィット（共便益）・アプローチは、複数以上の目的をプロジェクトの計画策定に組み入れ、現在起きている地方の問題（例、交通混雑、大気汚染など）と、それが将来地球規模に及ぼす影響結果（気候変動）とのシナジーを図るものである。モビリティ、アクセス可能性、道路交通の安全性、大気汚染、CO₂排出量の問題に全体論的観点で取り組む場合、コベネフィットを考慮すれば、利益を最大にするだけでなくコストを最小限に抑えることができる。

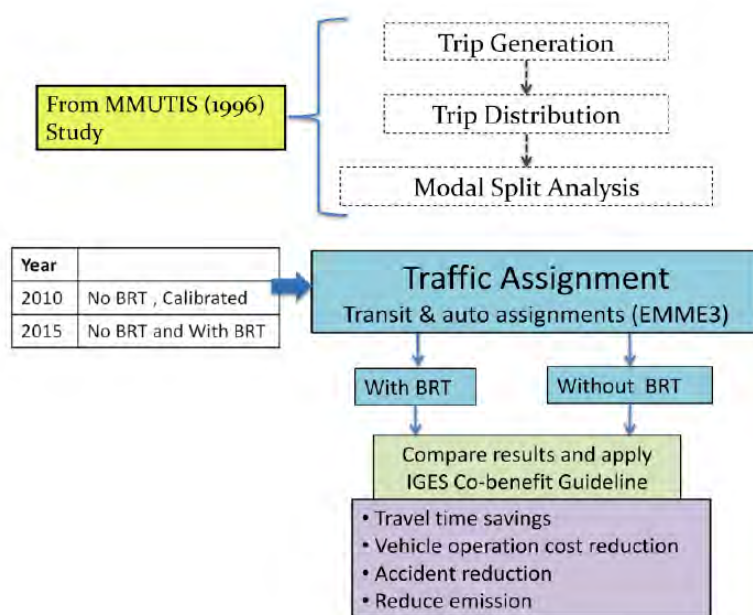
本研究では、輸送に関するコベネフィットガイドライン（TCG: Transport Co-benefits Guidelines）を策定した。TCGは、政策決定者、実務者、その他利害関係者に対し、アジアの輸送プロジェクトにおけるコベネフィットの定量化を図る単純かつ直感的なツールであり、CO₂削減や、従来の大気汚染物質の削減、さらには時間の節約、車の運転コスト削減、並びに事故の削減を推計する場合、どのようなステップに係るかを明確にする。またTCGは、異なる利害関係者に対し、コベネフィット推計方法に関する共通の理解を提供することも目指す。

ただし、コベネフィットの定量的な推計は、多くのデータと時間を要する。その推計プロセスは、輸送部門では特に困難を伴う。これは人々や商品の移動に関する情報、使用する交通モードや燃料消費量、排出傾向に関する情報が、限定的かつ断片的である場合が多いためである。さらに輸送プロジェクトでは、通常、フィージビリティ・スタディー（実施可能性研究）、経済影響評価、環境影響分析（特に海外開発援助または多国籍銀行の資金を得るプロジェクトの場合）の実施が要求され、その遵守の確認には強力な監視体制が必要となる。また、政府機関では、コベネフィットの分析に参加できる人材や技術的訓練に欠けている場合が多い。

なお、TCGは、日本総研（JRI）の「道路投資プロジェクト評価のガイドライン」を改良したものである。JRIのガイドラインは、既に輸送部門専門家間で広く普及しており、最新の拡大した環境や気候の評価の承認済み技法への取り込みを容易にしている。

以下では、TCGに関する事例研究としてフィリピン（マニラ）でのバス輸送システム（BRT: Bus Rapid Transit）プロジェクトを示す。

マニラでは、メトロマニラ都市輸送統合研究が完了した1996年以後、数件のBRTラインが提案されている。本事例研究で取り上げた周回道路5（C-5）のコリドーに沿うBRT提案は、フィリピン大学ディリマンキャンパスを始点とし、南ルソン高速道路まで延びる。長さは20.59 kmと推計され、C-5道路の内側の2車線を使うことになる。合計18の駅が提案され、駅間距離は0.7 kmから1.2 kmの範囲である。以下の図(1)-8は、TCGを用いたコベネフィットの計算チャートを、表1-(2)は、C-5 BRTライン案で推計されるコベネフィットをそれぞれまとめている。ここでは、CO₂の価格を20米ドル/トン、NO_x（窒素酸化物）の損害コストを25米ドル/トン、PM（粒子状物質）の損害コストを72米ドル/トンと想定する。また、本計算においては、NO_x及びPMの損害コストは、大気汚染物質による健康への影響に基づくものではなく、大気汚染対策を行うことによる排出削減での日本における推計限界コストに基づいている。



図(1)-8 マニラBRT建設計画におけるTCGを用いたコベネフィットの計算チャート

表(1)-2 マニラでの BRT のコベネフィットの大きさ

	2015 (BRTなし)	2015 (BRTあり)	削減 (BRTなし-BRTあり)
時間コスト (Php/year)	166,293,592,161	165,027,449,934	1,266,142,228
車両運用コスト (Php/year)	215,724,125,000	215,579,668,400	144,456,600
事故被害コスト (Php/year)	70,494,002,500	70,444,534,500	49,468,000
NO _x (Php/year)	78,629,203	78,566,815	62,388
PM (Php/year)	7,572,398	7,526,066	46,332
CO ₂ (Php/year)	3,889,534,900	3,886,395,900	3,139,000

(3) アジア的特質・価値観に基づく発展可能性の検討

1) 文献調査の結果

近代化以前から存在する価値規範を現代における持続可能な社会のために政策として活用する例として、日本、タイ、インドネシアの3カ国で、環境保護、省資源・省エネルギー、持続可能な開発に取り入れられている「価値」の例を取り上げた。

もったいない：「もったいない」は、もともと、ものの価値や人の能力が発揮されないことを惜しむ考え方である。2005年に、ノーベル平和賞の受賞者でもあるケニアのワンガリ・マータイ氏が、無駄な消費の削減やリサイクルを奨励するスローガンとして「もったいない」

を紹介したことをきっかけに、日本以外の国でも知られるようになった。以来、日本国内各地の県や市町村が、ゴミ削減や省エネのための取り組みに「もったいない」を活用した取り組みを行っている。

ポーピエン：タイでは、ポーピエン（足るを知る）という考え方が再評価されている。タイ国王は、1997年の金融危機の後、それまでの高度成長の時代に人々が心の充足やモラルをないがしろにして物質的な富ばかりを追求してきたことに注意を促し、経済や社会のあるべき姿としてこの言葉を用いた。それ以来、タイでは貧困削減や環境保全といったさまざまな事業が、ポーピエンという考え方のもとで実施されている。

ゴトン・ロヨン：インドネシアには、ゴトン・ロヨン（助け合い、お互いさま）という考え方がある。1949年の独立以来、インドネシアは政治の不安定化や経済危機、自然災害や環境汚染のようにさまざまな困難を経験してきたが、そのたびに、ゴトン・ロヨンの考え方を前面に打ち出したキャンペーンなどが行われ、人々の積極的な参加によって困難に立ち向かうところみが行われてきた。

ここで取り上げた「価値」の共通点は、1) 近年、国のキャンペーンとして再び注目を浴びたものであり、文献資料が多いこと、2) 一般的にも認知されているものと考えられること（アンケートにおいても裏付けられた）、3) 比較的汎用性の高い規範で、もともとその「価値」を有していた国や地域の外でも有効に機能する可能性があることである。

なお、「もったいない（日本）」にかんしては地球環境戦略研究機関（IGES）および国立環境研究所、「ポーピエン（タイ）」についてはマヒドン大学、「ゴトン・ロヨン（インドネシア）」についてはボゴール農科大学が文献調査を担当、それぞれの価値の概要や、近現代の政策に取り入れられた経緯などを取りまとめた。さらに、それぞれの「価値」が政策に取り入れられた場合だけでなく、日常の語彙において用いられるケースをより詳細に検討した。3つの価値はそれぞれ、いくつかの機能に細分化することができる。例として、「もったいない」が使われる場面を列挙すると、人は「もったいない」という言葉によって、大別して4種類の「好ましくない状態」を避けようとしていることがわかる（表1-(3)）。つまり「もったいない」は4種類の行為規範を含む考え方なのである。本調査では同様の分類を「ポーピエン」「ゴトン・ロヨン」についても実施した。

表(1)-3 「もったいない」の使い方および含意される行為規範

活用される場面	サステイナブル社会	行為規範	避けるべき状態
1) 自家用車で行くことも、バスや電車で行くこともできる場所に行く時は、バスや電車を利用する	Pro	a. 使い道・価値があるものを捨てるべきではない（資源効率の改善）	生産or価値算出のために必要な量を超える資源が投入される 消費量or価値享受のために必要な量を超える副産物が廃棄される
2) 洗剤など日用品は最後まで使い切る	Pro		
3) 使わない部屋は消灯する	Pro	b. 必要以上に作ること、使うことを避けるべき（過剰生産・消費の抑制）	人や社会が消費する量以上の財・サービスが生産される 人や社会の効用を満たす量以上の財・サービスが消費される
4) 使う分より多くの物は買わない	Pro		
5) 空き時間を活用する	Neutral	c. 時間を有効に使うべき（勤勉・労働生産性の改善）	人や組織が利用できる時間が、生産に使われていない
6) 自分では使っていない品を役立ててくれる人に譲る	Pro	d. ものの価値や人の能力を有効に使うべき（勤勉・適材適所）	人や組織の持つ能力・技能が、それによって可能であるはずの生産活動に用いられていない
7) 自分や他人が各自の能力に見合う仕事をできるように取りはからう	Neutral		

興味深いことに、「もったいない」「ポーピエン」「ゴトン・ロヨン」を人が日常生活において用いる場合に、それらは必ずしも「サステイナブルな（あるいは低炭素型の）社会」に結びつく行為規範ではない。場合によっては「サステイナブルな社会」に逆行する行為が推奨される場合すらある。しかし、3種の規範を同時に守りながらサステイナブルな社会に逆行する行動をとることは、原理的に不可能である。ここから、こうした「価値」を、サステイナブルな社会を目指す現代において活用する場合、「単一の価値」ではなく、他の価値などとも組み合わせて「逆行」を防ぐような活用方法を検討する余地があると言えるだろう。

2) 質問紙調査の結果

上記の文献調査、ならびに調査に基づく考察を踏まえ、2012年2月、これらの「価値」が現代の日常生活に持つ効果を国および都市・農村の別に調査する意図(1)-で、日本、タイ、インドネシアの3カ国で質問紙調査を実施した。日本国内では東京都港区および神奈川県山北町、各200件を対象として質問紙を郵送により送付・回収した。タイおよびインドネシアでも200件ずつ実施した（両国の郵便事情、質問回収率や精度などを考慮した結果、両国では対面方式とした）。

調査の目的は、「もったいない（日本）」「ポーピエン（タイ）」「ゴトン・ロヨン（インドネシア）」という3種の価値と、日常生活でとられる行為（低炭素社会に寄与するもの、逆行するもの、無関係なもの）との関連を分析することにある。この目的から、調査票は以下3セクションによって構成した。

セクション1...3種の価値をあらかじめ回答者に提示した上で、その価値と近い意味の考え方や、生活に取り入れられているかどうかといった質問をする。

セクション2...三つの価値のどれかに関連して、その価値で奨励される行為またはその価値に反する行為を選択する場面を提示、回答者自身による行為の傾向を問う。つづいて、その選択をする理由に近い価値を選んでもらうことにより、具体的な行為の場面において回答者が重視する価値を問う。

セクション3...回答者の年齢、職業、家族構成等、基本的な情報。

ところで、「低炭素社会・持続可能な社会に寄与する価値」と「低炭素社会・持続可能な社会の実現に必要な行為」との関係を考察する場合、「低炭素社会に寄与する価値を重視する人は、その価値で高く評価される行為、すなわち低炭素社会に寄与する行為をする」という循環論法に陥る危険がある。循環論法を避けるため、行為にかんする質問群には、その選択が「低炭素社会に寄与する行為／逆行する行為」の選択となる質問と、どちらの行為を選んでも低炭素社会に寄与することも障害となることもない質問とを取り混ぜた。

以下、3カ国での質問紙調査から解明できたことの概要を示す。

a. 3種の「価値」の認識と行動について

「もったいない」は（細分化された場合の）4種の規範がよく理解され、人の行為にも取り入れられていることがわかった。ただし「過剰な生産や消費を避ける」という規範については、人々の認知度が高い割に、具体的な行為の場面において活かされることが少ないと言える。

「ポーピエン（足るを知る）」は、主として「量を制限する」規範が理解される一方で、他の規範（例：過剰な品質を求めないなど）に関しては、認知、行為ともに度合いが下がる。

「ゴトン・ロヨン（お互い様）」の認知度は「もったいない」と同様に高い。人々は、この考え方を「他人を助ける（他人のためになる行為をする）べきである」という規範として理解するが、具体的な行為の場面では、「他人の迷惑になることを避ける」という規範が行動理由となる場合が多い。

このように、価値が認知される度合いと、行為の動機としてはたらく度合いには多少の違いがあることがわかった。言葉通りの「価値」が、具体的な行為の場面で機能しているわけではないという事実は、「価値」を取り入れた政策を設計する際に意識される必要があるだろう。

b. 都会と農村部のちがい

調査以前の想定とはやや異なり、日本、タイ、インドネシア各国とも、都会と農村部で回答に大きな差は認めることができなかつた。あえて指摘するならば、以下の点に注目できる。

投資・投機などによって資産を増やすことをよしとしない考え方（足るを知るべきである）という考え方は、農村部において都会よりも多い。一方、「足るを知るべき」「お互い様」といった考え方を見聞きする場面（日常の会話、メディア、教育など）は、都会においては農村部より少ない。こうしたことから、職業（生業）と、拡大・成長への考え方との関連を、より詳細に調査する価値があると思われる。

家電製品、家具、その他の耐久消費財や衣服を「壊れるまで使う」「使えなくなるまで使う」と回答する人は、農村部において都会より多い。一方、地産地消、旬産旬消など、環境負荷の低い食料品の消費について、都会では関心が低く、またその理由には、どれが地元のもの（あるいは旬のもの）か、分からないためという答が多い。ここから、地域の事情や職業などによる知識・理解の違いに配慮した形で消費による環境負荷に関する情報を提供することが、「持続可能な消費」に有益であると推察できる。

以上、文献調査、質問紙調査の結果をまとめたが、上記から、低炭素・サステイナブルな社会を目指す政策に、アジア各地にある価値観や慣習を活用するにあたって、以下の様な点に配慮する必要があるといえるだろう。

第一に、ローカルな文化は、そのオリジナルな場所や文化で、かつ、純粋な形でのみ人の行為に働きかけ、「サステイナブルな社会」のために役立つわけではない。

「もったいない」「ポーピエン（足るを知る）」「ゴトン・ロヨン（お互い様）」といった価値は、単なるお題目として知られているだけでなく、今でも、実生活の具体的な場面で人々の行為に働きかける規範として機能している。ただし、それらは、近代化・経済成長の以前から知られていた本来の価値とは違う形で理解されている面も否定できない。これは、人々が日々の生活に沿うコンテキストにおいて、言葉の意味や使い途を翻訳していることの現れである。例えば「もったいない」は、本来の意味のうちから「省資源」や単に「リユース、リデュース、リサイクル」に関する意味が切り取られ、その部分に特化したキャンペーンが行われてきた。他の二つの価値についても、政策に動員する際の翻訳のされ方や、そもそもの社会経済構造の変化により、以前と同じ形で機能することは困難である。各国の人々は、伝統的な価値の一部分を継承し、解釈しなおし、現代の生活に取り入れているのである。

また、日本でタイとインドネシアの「価値」に関連する質問をすると、他国の考え方であるにもかかわらず非常によく理解されており、また、人々の行動にも反映されている。人々の行為に働きかける規範は、「自国の伝統」でなくてもよいわけである。

そこで、価値の「本来の」形よりは、現在、必要とされる規範を強調すること（例：もったいないキャンペーンのように）、他の（場合によっては他の地域にあるような）価値、規範との組み合わせで機能させるような政策のデザインを行うことが有益であると考えられる。言い換えると、国や地域、コミュニティの将来に、どのような課題があるか、その課題に取り組むコンテキストにおいて「もともと持っていたもの」のうち、どの部分を応用し、どういった政策として人の生活に翻訳し取り入れるかといった、全般的な構想が求められるわけである。

第二に、質問紙調査において、限定された形ではあるが、地域による傾向や、認知と行為の微妙な差異が明らかになった。ここから、多くの人々が「環境の（あるいは将来世代の）ために」なすべきと考える行為と、具体的に日常生活でとられる選択・行動との間にあるもの（「思っても実行できない」理由）の一端を伺うことができる。そこで、例えば特に都会において、食料品の「サステイナブルな消費」に役立つ情報を提供するなど、地域や職業、家族構成などの事情に応じた政策を考案することが有効であろう。

このように、本調査においては、伝統（あるいは古い価値）を単純に再導入することではなく、現代の生活に活用できる形へと翻訳し再設計する作業が必要であること、また、その際、地域や

職業といった、従来からの価値を現代の生活に活かすことを妨げている事情をよく理解することで、サステイナブルな社会の実現に有効な形で、人々の行為に働きかけることができる可能性があることが示された。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

インドネシア、中国、インドの気候政策およびエネルギー政策に関して、その数値目標や具体的に政策に関して詳細な分析が行われた。特に、中国およびインドにおける温室効果ガス排出削減や再生可能エネルギーに関する数値目標の国際的な比較可能性に関して、これまではなされていないような定性的かつ定量的な分析がなされた。また、アジアの伝統的価値観に関しても、先例のないアンケート調査を行うことができ、具体的な議論のベースを確立することができた。さらに、途上国都市の低炭素型発展に関して、リープフロッグ型の都市発展を目指すこと、各国の都市化の形態（都市化率・産業構造）の多様性、都市部と農村部・他都市との関係性、都市以外の地域で誘発される間接的な CO₂ 排出量、といった要因に配慮することが望まれることが明らかになった。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

日本のエネルギー環境政策を考える際に、他国、特に中国のエネルギー環境政策の内容を精査して、日本を含む先進国との比較を行うことは重要である。本研究結果によって、各国の数値目標や政策などに関して、より詳細かつ公平な議論が可能となり、具体的に交渉に携わっている政府関係者に研究成果を伝えることによって、日本の政策策定に貢献した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究でフォーカスした農業、原子力発電、運輸・交通、CCSなどの低炭素技術としてのポテンシャルが大きい分野での政策を把握することは、気候変動枠組条約（UNFCCC）の下で国際交渉のみではなく、ODAや市場メカニズムを用いた二国間あるいは多国間の国際協力の案件形成に重要な役割を担うと思われる。特にアジアにおいては、測定・報告・検証（MRV）の制度設計がまず必要であり、この分野での日本の国際協力による貢献が期待される。さらに、アジア地域においてPMなどによる大気汚染が深刻化する中、コベネフィット・アプローチの考え方や定量化の方法論を普及させることも重要である。そして、環境に対する価値観に関しては、本研究で実施したアンケート調査が示唆するように、持続可能・低炭素型社会の実現に向けた政策に「価値」を反映させることが重要であり、本研究の方法論の効果的な活用などを期待したい。

なお、本研究の成果の一部は、小沢鋭仁環境大臣、田島一成副大臣及び大谷信盛副大臣（肩書はいずれも当時）への鳩山イニシアティブにおける途上国支援に関する大臣ブリーフィング（2009年10月14日）に使用された他、民主党「地球温暖化と経済成長の両立をめざす議員連盟」総会（2010年11月24日）におけるプレゼンテーションにも使用された。

6. 国際共同研究等の状況

1) 中国

- ・ 中国国家発展改革委員会エネルギー研究所研究員 Jiang Kejun: 中国のエネルギー・気候変動政策一般およびモデル計算に関するインプット
- ・ 清華大学エネルギー環境研究所准教授 Teng Fei: 中国の気候変動政策、特にMRVに関する制度設計のインプット

2) インド

- ・ エネルギー研究所 (TERI) 気候変動グループ研究員 Neha Pahuja: インドの気候変動政策、特に国内政策に関するインプット

3) インドネシア

- ・ バンドン工科大学エネルギー政策研究センター長 Ucok Siagian教授: 気候変動政策一般および農業技術に係る本を共著
- ・ ボゴール農科大学教授 Lala M. Kolopaking: 価値観に関するアンケートの共同実施
- ・ University of Indonesia 教授 Mahi Benedictus Raksaka: 気候変動政策一般および地方分権化と低炭素型発展に関する財務データ収集や知見のインプット

4) タイ

- ・ マヒドン大学准教授 Opart Panya: 価値観に関するアンケートの共同実施
- ・ アジア工科大学名誉教授 Ram Manohar Shrestha; Arc Bangladesh Mr. Partha Pratim Ghosh: バングラデシュでの再生エネルギー普及にかかわる論文の共著

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文 (査読あり)>

- 1) Z. JIN, T. KURAMOCHI and J. ASUKA: Global Environmental Research, Issue: Vol.17 / No.1 (2013)
“Energy and CO₂ intensity reduction policies in China: Targets and Implementation”
- 2) S.V.R.K. PRABHAKAR, S. SURYAHADI, L. IRSAL, A. UNADI and P. SETYANTO: Asian Journal of Environment and Disaster Management, Vol. 5, No. 3, 261–276 (2013)
“Mitigation Co-Benefits of Adaptation Actions in Agriculture: An Opportunity for Promoting Climate Smart Agriculture in Indonesia”
- 3) A. SRINIVASAN, F.H. LING and H. Mori: Climate Smart Development in Asia: Transition to Low Carbon and Climate Resilient Economies. London: Routledge. 1-250 (2012)
- 4) K. TAMURA and K. FUKUDA: Climate Smart Development in Asia: Transition to Low Carbon and Climate Resilient Economies A. Srinivasan, F. Ling, H. Mori (eds.) London: Routledge. 126-147 (2012).
“Financing the low carbon energy sector in the context of future climate regime negotiations”

- 5) E. ZUSMAN, A. SRINIVASAN, S. DHAKAL: *Low carbon transport in Asia: strategies for optimizing co-benefits*. London: Routledge. (2012)

<査読付論文に準ずる成果発表> (対象：社会・政策研究の分野)

- 1) Fukuda, K. 2009. *IGES Briefing Notes on the Post-2012 Climate Regime*. Issue No. 10. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan. pp 1-8.
“A Measurable, Reportable and Verifiable (MRV) Framework for Developing Countries”
- 2) 田村堅太郎 (2010) *IGES Briefing Notes on the Post-2012 Climate Regime*. Issue No. 11. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan. pp 1-14.
「気候変動交渉を巡る中国の国内政治プロセス」
- 3) K. FUKUDA and U.W.R. SIAGIAN: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K.TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Potential of Renewable Energy based Distributed Power Generation System toward Low Carbon Development Option for Indonesia”
- 4) E.I. GENE: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K. TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation and Enhancing Carbon Stocks (REDD+) in Indonesia: Opportunities and challenges”
- 5) M.D.L. MUZONES: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K. TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Bogor Workshop: Sustainable Low Carbon Development in Indonesia and Asia”
- 6) S. V. R. K. PRABHAKAR, S. I. LAS, A. UNADI and P. SURYAHADI: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K. TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Low Carbon Agriculture for Indonesia: Challenges and Opportunities”
- 7) K. TAMURA and S. NISHIOKA: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K. TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Introduction: Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?”
- 8) A. WATABE, M. AOYAGI-USUI, L. KLOPAKING, Y. LEE, T. OTSUKA and O. PANY: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K.TAMURA, Hayama, Japan, IGES (2010)
“Traditional and Emerging Values and Practices to Anchor Sustainable & Low Carbon Development in Asia.”
- 9) E. ZASMAN and H. SUSTOMO: *Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?: Opportunities, Potentials and Limitations*, edited by K.TAMURA,

- Hayama, Japan, IGES (2010)
 “Institutions and Low Carbon Transport: The Case of a Decentralizing Indonesia”
- 10) E. ZASMAN and J. Romeo : IGES Policy Report / Research Report | 2011/03 (2011)
 “A Guide To Evaluating Transport Projects: Mainstreaming Transport Co-Benefits Approach”
- 11) K. FUKUDA and K. TAMURA: Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and MRV,
 pp.4-19. Hayama, Japan, IGES (2011)
 “An Analysis of Non - Annex I Parties NAMAs: Challenges for Designing International Support
 and Implementing an Effective MRV Framework”
- 12) K.FUKUDA, Koji, K.TAMURA, J. ASUKA, Z.D. Li, X.C. CHUN, J. GUO, E. ZUSMAN, N.K.
 JANARDHANAN: IGES Policy Report / Research Report (2011)
 “Negotiating A Low Carbon Transition In Asia: NAMAs And MRV”
- 13) J. ASUKA, Z. D. LI and X. C. LU: Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and
 MRV, pp.4-19. Hayama, Japan, IGES (2011)
 “What constitutes a meaningful participation of China?: Analysis of the Chinese President Hu Jin
 Tao’s speech at UN Climate Change Summit and the “China’s path of low carbon development to
 2050: Energy demand and supply and CO2 emission scenario” by the National Development and
 Reform Commission Energy Research Institute Taskforce”
- 14) J. ASUKA and X. C. LU: Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and MRV,
 pp.4-19. Hayama, Japan, IGES (2011)
 “Quantified emission reduction target of China: Assessing the announced Chinese target of
 40-45% reduction in CO2 intensity”
- 15) J. GUO and E. ZASMAN: Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and MRV,
 pp.4-19. Hayama, Japan, IGES (2011)
 “Negotiating a Low Carbon Transition in China: Aligning Reforms and Incentives in the 12th
 Five-Year Plan”
- 16) J. JANARDHANAN: Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and MRV, pp.4-19.
 Hayama, Japan, IGES (2011)
 “Shaping the Climate Change Agenda in India: Nationally Appropriate Mitigation Actions
 (NAMA) and Measurement, Reporting and Verification (MRV) ”
- 17) 田村堅太郎、亀山康子、高村ゆかり編『気候変動と国際協力：京都議定書と多国間協調の
 行方』慈学社、278-309頁 (2011年)
 「国際気候変動レジームにおける中国の交渉ポジションと国内政治」
- 18) 福田幸司、亀山康子、高村ゆかり編『気候変動と国際協力：京都議定書と多国間協調の行
 方』慈学社、352-384頁 (2011年)
 「インドの気候変動政策」
- 19) 田村堅太郎：産業と環境, 2011年2月号, 25～28頁 (2011)
 「中国における温暖化の動向」

<その他誌上発表（査読なし）>

（2）口頭発表（学会等）

- 1) 田村堅太郎・福田幸司：環境経済・政策学会2010年大会, 2010年9月11～12日（2010）
「気候変動交渉を巡る中国の国内政治プロセス」
- 2) 福田幸司、田村堅太郎：環境経済・政策学会 2010 年大会（2010 年 9 月 11～12 日）
「コペンハーゲン合意付表2におけるNAMAに関する基礎分析」
- 3) A. WATABE: International Workshop: Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development?, February 17th, 2010, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia(2010)
“Setting the agenda: Traditional and Emerging Values and Practices to Anchor Sustainable & Low Carbon Development in Asia”
- 4) J. ASUKA: 3rd Annual Meeting of the LCS-RNet in Paris, Paris, France (2011)
“Energy and Climate Policy after FUKUSHIMA accident”
- 5) 明日香壽川: S-6一般公開シンポジウムアジア低炭素社会への道筋を考える：アジア低炭素社会実現のビジョンと方策とは, 2011年11月22日、東京（2011）
「持続可能なアジア低炭素社会に向けた日本の役割2011」.
- 6) J. ASUKA : Side event at COP17, Durban, South Africa（2011）
“Low carbon society（LCS）in Asia: from planning to implementation”
- 7) A. WATABE : The Second International Workshop on Low Carbon Asia Research Project Conference, October 31st 2011, Malaysia University of Technology, Johore Bharu, Malaysia (2011)
“Indonesia’s Efforts toward a Low Carbon and Resilient Society: Upstream Strategies and Challenges on the Ground”
- 8) K. TAMURA, and E. ZUSMAN: 日本国際政治学会2011年大会（2011年11月12日 つくば国際会議センター）
“The Politics of Climate Policy in China: Interests, Institutions and Ideas”
- 9) 田村堅太郎：環境研究総合推進費 気候変動政策研究プロジェクト・地球規模課題対応国際科学技術協力プロジェクト（SATREPS）一般公開シンポジウム「持続可能なアジア低炭素社会に向けた日本の役割」2011年11月22日 国際協力機構JICA研究所国際会議場
「中国の気候政策と国内政治: : 利益、制度、アイディア」
- 10) A. WATABE: The First Annual Meeting of the Low Carbon Asia Research Network, 16 October 2012, Novotel Siam Square, Bangkok, Thailand (2012)
“Values/Practices to Anchor Sustainable & Low Carbon Development”

（3）出願特許

特に記載すべき事項はない

（4）シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

- 1) IGES-ERI政策対話 「アジアにおける低炭素型発展—持続可能で低炭素なアジアに向け（2009年9月22日～23日、中国・北京、参加者50名）

- 2) IGES-TERI政策対話 「アジアにおける持続可能な低炭素型発展に向けた将来枠組みの展望」
(2009年10月22～23日、インド・ニューデリー、参加者50名)
- 3) International Symposium: “Is Indonesia in a Good Position to Achieve Sustainable Low Carbon Development? Opportunities, Potentials and Limitations”, Bogor: Indonesia, Bogor Institute of Agriculture, February 17, 2010
- 4) 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) COP16公式サイドイベント 地球環境戦略研究機関 (IGES)、国立環境研究所 (NIES)、アジア開発銀行 (ADB) 共催 「アジア太平洋地域における低炭素で気候変動の影響に対応可能な発展への移行」 (2010年12月3日、公式サイドイベント会場 (カンクンメッセ)、メキシコ・カンクン、観客約120名)
- 5) 気候変動の将来枠組みに関する日中非公式政策対話 (2011年1月27日、中国・北京、参加者数30名)
- 6) 気候変動の将来枠組みに関する日印政策対話 (2011年2月1日、インド・ニューデリー、参加者数約30名)
- 7) 国際ワークショップ「低炭素社会における発展：気候変動政策計画・実施のための参加型アプローチ」 (2010年8月5～13日、インドネシア・ボゴール農業大学との共同開催；参加者数約40名)。
- 8) International Workshop on Development within Low Carbon World: Education for Promoting Green Innovations in Asia (2010年2月24日, Hiroshima University, 参加者数約100名)
- 9) The 2nd expert meeting on Rural Electrification and Solar Energy (2011年9月28日, Bangladesh Institute of Administration and Management Foundation；参加者数25名)
- 10) 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) COP17公式サイドイベント「アジアにおける低炭素発展」 (2011年12月3日、公式サイドイベント会場、南アフリカ・ダーバン、観客約80名)
- 11) シンポジウム「持続可能なアジア低炭素社会に向けた日本の役割」 (2011年11月22日、(独) 国際協力機構 JICA 研究所 国際会議場、参加者数約200名)
- 12) 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) SB36公式サイドイベント「The road to the Durban Platform: New framework, New market Mechanisms and MRV in Asia」 2012年5月16日、ボン (観客50人)
- 13) 気候変動の将来枠組みに関する日中非公式政策対話 (2012年10月18日、中国・北京)
- 14) 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) COP18公式サイドイベント「低炭素アジアへのロードマップ」 (2012年11月29日、公式サイドイベント会場、カタール・ドーハ、観客約80名)

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) IGESホームページ (2010年12月3日、上記サイドイベントの成果及び発表内容について)
<http://www.iges.or.jp/jp/cp/activity20101203.html> (日)
<http://www.iges.or.jp/en/cp/activity20101203.html> (英)
- 2) IGESホームページ(2011年1月31日、上記非公式政策対話の成果および発表内容について)
http://www.iges.or.jp/jp/news/press/11_01_31.html (日)
- 3) IGESホームページ(2011年2月4日、上記政策対話の成果および発表内容について)
http://www.iges.or.jp/jp/news/press/11_02_04.html (日)

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 1) EU Commission: COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT (2009)
“Towards a comprehensive climate change agreement in Copenhagen: Extensive background information and analysis-PART2-{COM(2009) 39 final}{SEC(2009) 102}”
http://ec.europa.eu/environment/climat/future_action.htm
- 2) IEA: Special early excerpt of the World Energy Outlook 2009 for the Bangkok UNFCCC meeting (2009)
“How the Energy Sector Can Deliver on a Climate Agreement in Copenhagen”
http://www.iea.org/weo/docs/weo2009/climate_change_excerpt.pdf
- 3) K. FUKUDA and K. TAMURA: Negotiating a Low Carbon Transition in Asia: NAMAs and MRV, pp.4-19. Hayama, Japan, IGES (2011)
“An Analysis of Non - Annex I Parties NAMAs: Challenges for Designing International Support and Implementing an Effective MRV Framework”

(2) アジアにおける低炭素社会構築に向けた都市発展メカニズムに関する研究

広島大学

大学院国際協力研究科

金子 慎治・市橋 勝・後藤 大策

平成21～23年度累計予算額：37,180千円

[要旨]

本サブテーマ「アジアにおける低炭素社会構築に向けた都市発展メカニズムに関する研究」では、まず国全体の都市化と個別都市（アジアのメガシティ）の発展プロセスおよび住民移転・ライフスタイル変化による低炭素型都市発展に関するレビューを行い、国全体の都市化とCO₂排出量・エネルギー消費量の関係、都市化によるセクターごとのCO₂排出量の影響、都市化の違いによるCO₂排出構造への影響、都市への住民移転によるエネルギー消費構造の調査などを、アジア都市で実施し、都市化と直接・間接エネルギー消費を考慮した都市の責任排出量を推計した。ケーススタディによる分析では、東京・北京では、世帯人数が増えるに従い一人当たりのエネルギー消費量が減少（住宅内・住宅外両方）していることが示された。その反面、ジャカルタ・ダッカでは、世帯人数が増えても一人当たりエネルギー消費量に大きな変化はみられなかった。更に、ベトナム・ハノイを事例として、住民移転自体がもたらす世帯部門エネルギー消費量・CO₂排出量を推計した。その結果、農村からの移転住民と非移転住民（5年以上ハノイに居住する住民）の間にはエネルギー消費量・CO₂排出量において有意差が生じていた。反面、他都市からの移転はエネルギー消費・CO₂排出量に有意な影響を与えていなかった。これは都市化による世帯部門のエネルギー消費量・CO₂排出量の増加を考える際は、人口移動の動態を考慮することが重要であると示唆している。一方、経済発展が進むほど都市化はサービス産業中心の消費型都市への転換を意味し、それによってそれぞれの都市から直接排出されるCO₂は減少する一方で、都市以外の地域で誘発される間接的なCO₂排出量が増える傾向があることも確認できた。これらのことは、途上国において経済発展にともなってリープフロッグ型の都市発展を目指すことの重要性を示唆している。

[キーワード]

都市化、住民移転、内包エネルギー、エネルギー消費、CO₂

1. はじめに

急速な都市化が進む一方で、都市化率が比較的低いアジア地域において、低炭素社会に向けた中長期的政策オプションを検討する際に、エネルギー消費・温室効果ガスの発生と都市化との関連性を理解しておくことは重要である。しかし、個別の都市を対象とした分析や低炭素化シナリオは盛んに議論されているものの、これまで国全体、あるいはグローバルな温室効果ガス排出シナリオの構築やそれにもとづく政策議論において、都市化を明示的に扱うことは少なかった。アジアの将来の低炭素社会を構想するためには、都市化を明示的に扱う意味や必要性の検討を行っておく必要があるのではないだろうか。

2. 研究開発目的

本サブテーマにおいては、国全体の都市化と個別都市（アジアのメガシティ）の発展プロセスに関する研究、そして住民移転・ライフスタイル変化による低炭素型都市発展に関する既存研究のレビューを行う。その後、国全体の都市化とCO₂排出量・エネルギー消費量の関係を明らかにするため、都市化によるセクターごとのCO₂排出量の影響と、都市化の違いによるCO₂排出構造への影響を産業別に分析する。同時に、都市への住民移転によるエネルギー消費構造の調査をアジア都市で実施するとともに、都市化と直接・間接エネルギー消費を考慮した都市の責任排出量を推計する。低炭素社会構築のための先行事例の収集もバングラデシュ及び中国において行う。

3. 研究開発方法

本サブテーマでは、アジア地域の低炭素型発展可能性とその評価のための基盤分析調査研究の中で、とりわけ都市および都市化を切り出して検討するものであり、国全体の都市化とCO₂排出量・エネルギー消費量の関係を分析するため、都市化による国全体及びセクターごとのCO₂排出量の影響と、都市化の違いによるCO₂排出構造への影響を産業別に分析する。研究は4つの領域に分けて行い、（1）国全体の都市化と発展プロセス・エネルギーの関係に関する研究、（2）発展段階、規模、産業構造の異なるアジア都市における都市への移転住民の所得とエネルギーアクセスに関する研究、（3）都市化と直接・間接エネルギー消費を考慮した都市の責任排出量に関する研究、（4）低炭素社会へ向けた先行事例研究、である。同時に、都市への住民移転によるエネルギー消費構造の調査をアジア都市で実施するとともに、都市化と直接・間接エネルギー消費を考慮した都市の責任排出量を推計する。最後に低炭素社会構築のための先行事例の収集をバングラデシュ及び中国で行った。

4. 結果・考察

（1）国全体の都市化と発展プロセス・エネルギーの関係に関する研究

1）都市化がもたらすエネルギー消費量・CO₂排出量への影響の推定

表(2)-1に、国全体のエネルギー消費量及びCO₂排出量を従属変数として設定し、都市化を含めたそれらに対する要因分析を行ったものを示す。途上国・中進国・先進国に分割した分析結果も示す。途上国では都市化にともなってエネルギー消費量が減少する一方で、先進国では都市化によってエネルギー消費は大幅に増加することが示された。1%都市化が進むことで途上国では0.296%エネルギー消費量が減少するが、先進国では0.595%増加する。途上国では伝統的なバイオマス燃料から化石燃料への燃料転換、また都市化による燃料の効率的利用により、エネルギー消費量減少につながるものと考えられる。それに対して先進国では都市化に伴い、娯楽需要の増加によるエネルギー消費増加、更に第三次産業の活発化や世帯人数の減少により、エネルギー消費が増加するものと考えられる。その反面、途上国では都市化が進むとCO₂排出量が顕著に増加するのに対し、先進国では、増加は限定的であることを明らかにした。これらの結果は、都市化の影響は国の発展段階に分けて検討する必要があることを示唆している。

表(2)-1 エネルギー消費量及び CO₂ 排出量に及ぼす要因の評価
(左図：エネルギー消費量、右図：CO₂ 排出量)

Variable	全ての国	途上国	中進国	先進国	変数	全ての国	途上国	中進国	先進国
lnP	1.435 ***	0.791 ***	1.935 ***	1.334 ***	lnP	1.649 ***	0.904 *	2.174 ***	1.501 ***
lnGDP	0.422 ***	-0.854 ***	0.450 ***	6.234 ***	lnGDP	0.576 ***	0.703 ***	0.578 ***	5.835 ***
(lnGDP) ²	-	0.073 ***	-	-0.301 ***	(lnGDP) ²	-	-	-	-0.279 ***
lnIND	0.074 ***	0.037 **	0.173 ***	0.091	lnIND	0.169 ***	0.121 *	0.254 ***	0.017
lnSV	0.096 ***	0.038	0.172 ***	0.040	lnSV	0.159 ***	0.020	0.176 ***	0.04
lnURB	-3.469 ***	-0.296 ***	-1.818 **	0.595 **	lnURB	-3.786 ***	-4.217 ***	0.491 ***	10.077 **
(lnURB) ²	0.507 ***	-	0.289 **	-	(lnURB) ²	0.597 ***	0.658 ***	-	-1.137 **
Observations	2,945	589	1,333	1,023	Observations	2,945	589	1,333	1,023
R ²	0.991	0.996	0.99	0.993	R ²	0.984	0.962	0.988	0.994
Turning point (GDP)	-	347 (US\$)	-	31,429 (US\$)	Turning point (GDP)	-	-	-	34,787 (US\$)
Turning point (URB)	30.60%	-	23.23%	-	Turning point (URB)	23.83%	24.64%	-	84.05%
URB elasticity	0.665	-0.296	0.521	0.595	URB elasticity	1.081	0.350	0.491	0.212

注: P は総人口、A は 1 人当たり GDP、URB は都市化率、IND は第 2 次産業比率、SV は第 3 次産業比率を示す。固定効果 (国・年ダミー) は省略。*** p < 0.01; ** p < 0.05; * p < 0.1.

また同様の分析を部門ごとに実施したところ、こうした関係は特に家庭部門で顕著であるが、他方、交通部門や産業部門では発展している国ほど、都市化の進展に伴う CO₂ 排出量の増加は低減されることが示された (表(2)-2、表(2)-3)。

表(2)-2 都市化による交通部門のエネルギー消費量への影響

Estimation results for transport energy use.								
Variable	Whole sample		Low income		Middle income		High income	
	FE (1)	GMM (2)	FE (3)	GMM (4)	FE (5)	GMM (6)	FE (7)	GMM (8)
lnP	1.091**	1.008**	0.613**	0.658**	1.247**	1.190**	1.140**	1.097**
	(0.066)	(0.060)	(0.131)	(0.135)	(0.084)	(0.078)	(0.084)	(0.084)
lnA	0.773**	0.837**	0.975**	0.980**	0.810**	0.921**	0.535**	0.600**
	(0.045)	(0.043)	(0.140)	(0.134)	(0.069)	(0.060)	(0.060)	(0.047)
lnURB	0.473**	0.600**	0.830**	0.816**	0.455**	0.520**	1.190**	0.948**
	(0.110)	(0.107)	(0.168)	(0.187)	(0.164)	(0.123)	(0.373)	(0.292)
lnSV	0.420**	0.356**	0.483**	0.528**	0.219**	0.237**	0.470**	0.399**
	(0.061)	(0.055)	(0.152)	(0.138)	(0.071)	(0.066)	(0.085)	(0.082)
Observations	2852	2576	651	588	1240	1120	961	899
R ²	0.985		0.956		0.977		0.995	
Uncentered R ²		0.698		0.592		0.751		0.831
Hansen test		2.460		0.643		1.352		4.007
(p-value)		(0.117)		(0.423)		(0.245)		(0.045)
Endogeneity		0.339		1.696		0.104		0.019
test (p-value)		(0.561)		(0.193)		(0.747)		(0.890)
URB elasticity	0.473	0.600	0.830	0.816	0.455	0.520	1.190	0.948

Notes: ln denotes natural logarithms, P denotes total population, A denotes GDP per capita, URB denotes urbanization and SV denotes percent GDP from services. FE (Fixed Effects); GMM (Generalized Method of Moments). Newey-West corrected standard errors are in parentheses. ** P < 0.01; * P < 0.05.

表(2)-3 都市化による世帯部門のエネルギー消費量への影響（途上国の場合）

Estimation results for residential energy use models (low-income group).				
Variable	Newey–West (5)	Driscoll–Kraay (6)	Prais–Winsten (7)	FGLS (8)
$\ln P$	1.661*** (9.00)	1.661*** (13.88)	1.311*** (6.99)	1.229*** (44.37)
$\ln A$	0.118*** (3.81)	0.118*** (4.13)	0.038* (1.66)	0.031*** (8.30)
$(\ln A)^2$	—	—	—	—
$\ln URB$	-0.223*** (-4.36)	-0.223*** (-11.46)	-0.205*** (-6.16)	-0.202*** (-28.40)
$(\ln URB)^2$	—	—	—	—
Observations	651	651	651	651
R^2	0.997	0.916	0.996	—
Country dummies	Yes	Yes	Yes	Yes
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes
Turning point (A)	—	—	—	—
Turning point (URB)	—	—	—	—
URB elasticity	-0.223	-0.223	-0.205	-0.202

Notes: \ln denotes natural logarithms, P denotes total population, A denotes GDP per capita and URB denotes urbanization. Coefficients of the fixed effects (country and year dummies) and constant are not reported. t -values are shown in parentheses. *** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$.

2) 都市形態の違いによる CO₂ 排出構造への影響評価

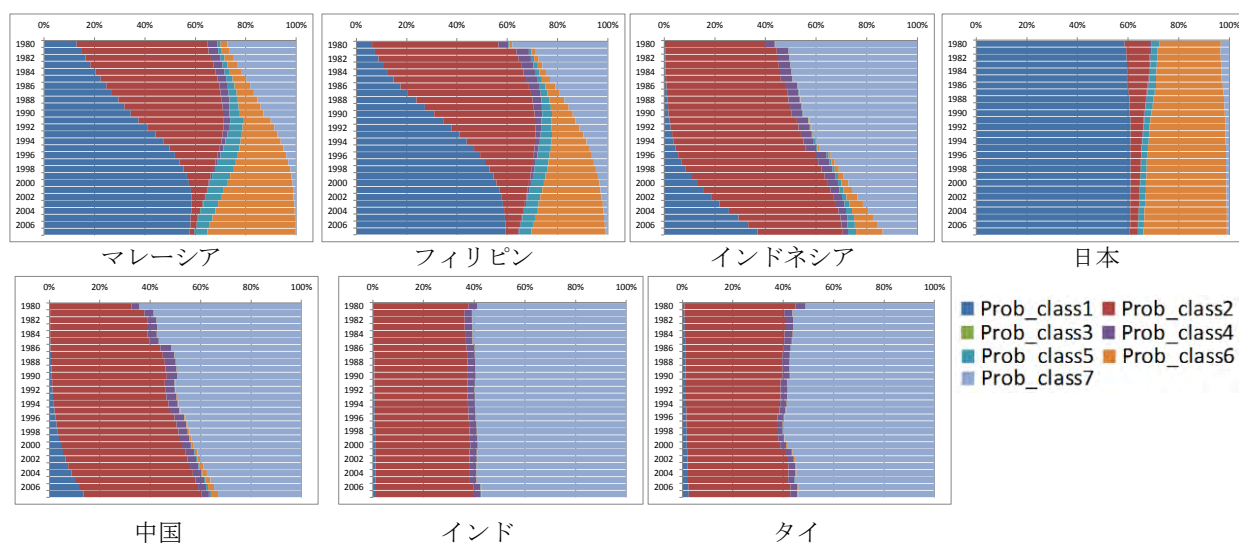
都市化を示す指標によって、国全体の CO₂ 排出量を説明する要因構造による分類を探索した結果、ベイズ情報量規準 (BIC) が最小となる 7 つの潜在クラス (グループ) が導出された。これは都市化の状態に応じて CO₂ の排出構造が異なるグループが 7 つ導出されたことを意味する。この結果は、CO₂ 排出構造は都市化に依存するという仮説を支持するものである。都市化の初期段階では、GDP 増加が CO₂ 排出構造に強く影響する要因構造が卓越するのに対し、都市化の最終段階 (都市人口比率が 80% 以上の場合でイギリスなどが典型) ではエネルギー強度 (Total Primary Energy Consumption/GDP) が CO₂ 排出構造に影響を与える要因構造が卓越する。表(2)-4 に推計結果を示す。

クラス 2 及びクラス 7 は、都市化の進んでいない場合に帰属確率が高くなるクラスであり、他のクラスに比べて GDP 増加の影響を受けやすい CO₂ 排出構造を持つ。クラス 1、クラス 3、クラス 6 は、都市人口の割合が高い場合に帰属確率が高くなるクラスである。クラス 6 は二次産業の増加が CO₂ 排出量を抑制する効果があるという特性がある。クラス 4 は都市人口年間増加率が高い (急速に都市化が進行する) 場合に帰属確率が高くなるクラスであり、他のクラスに比べて人口増加の影響を受けやすい一方、エネルギー強度の影響を受けにくい特性がある。クラス 5 は都市人口の割合が高く、且つ都市人口年間増加率が高い場合に帰属確率が高くなるクラスであり、他のクラスに比べて第 2 次産業、第 3 次産業が GDP に占める割合の増加に強く影響を受ける一方、GDP 増加の影響を受けにくい CO₂ 排出構造を持つ。

表(2)-4 パネル潜在クラスモデルの推計結果 (クラス=7)

	クラス1	クラス2	クラス3	クラス4	クラス5	クラス6	クラス7
回帰部分							
<i>Fixed effects</i>							
Constant	-4.231 ***	-6.006 ***	-4.357 ***	-0.061	-12.366 ***	-3.596 ***	-9.267 ***
P	0.922 ***	0.969 ***	0.980 ***	1.076 ***	0.939 ***	0.891 ***	1.009 ***
GDP	0.867 ***	0.957 ***	0.785 ***	0.954	0.253 ***	0.839 ***	0.951 ***
EI	0.799 ***	0.853 ***	0.918 ***	0.737 ***	-0.072	0.764 ***	0.573 ***
IND	0.132 ***	0.030	0.323 ***	-0.630	2.116 ***	0.226 ***	0.235 ***
SV	-0.194	-0.087 **	0.306 *	-1.534	1.915 ***	-0.306 ***	-0.003
<i>Random effects</i>							
country level	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196
<i>Residual variance</i>	0.003	0.004	0.013	1.223	0.029	0.004	0.045
メンバーシップ関数							
Constant	-10.511 ***	-2.311 *	-101.264 ***	-4.852 ***	-14.540 ***	-13.707 ***	-
P_URB(% of total)	0.221 ***	0.052 *	1.373 ***	0.042	0.230 ***	0.260 ***	-
PG_URB(% of total)	0.109	0.172	0.046	0.262 *	0.423 **	0.105	-
帰属確率	23.8%	23.2%	13.4%	1.9%	1.6%	11.7%	24.5%
帰属確率×サンプル数	950.5	925.3	535.0	74.8	65.1	466.7	977.7
帰属サンプル数	1129	1035	538	48	55	346	844

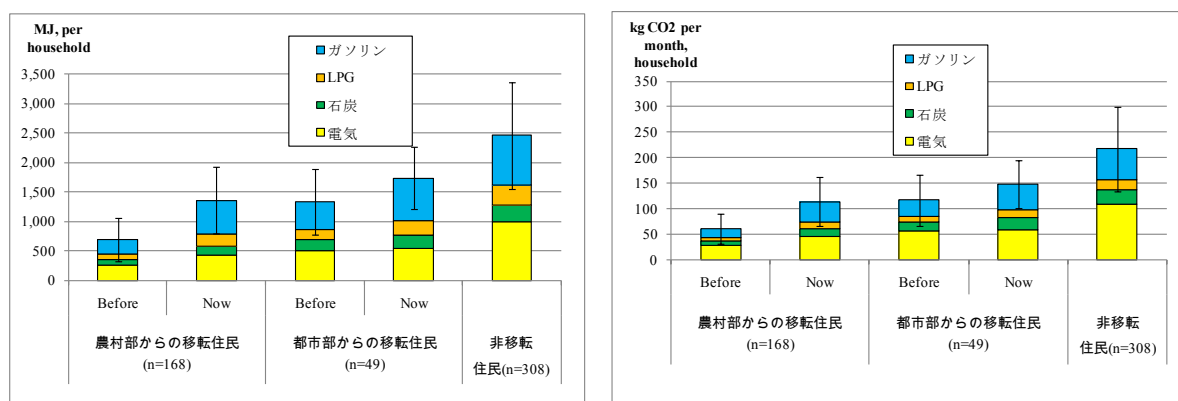
注: Pは総人口(mln)、GDPは1人当たりGDP(constant 2000 US\$)、EIはエネルギー強度 (Total Primary Energy Consumption(ton)/GDP(constant 2000 US\$)、INDは第2次産業比率、SVは第3次産業比率、P_URBは都市人口比率 (% of total)、PG_URBは都市人口年間増加率 (annual%)を示す。*** p < 0.01; ** p < 0.05; * p < 0.1.

図(2)-1 アジア主要国における都市化で分類したCO₂排出構造の組み合わせの時系列変化

図(2)-1には、アジア各国の帰属確率の時系列推移(すなわち、CO₂排出構造の変化の組み合わせ)を示す。これより、マレーシア、フィリピンではクラス1及びクラス6への帰属確率が高まっており、遅れてインドネシアがその傾向に近付いていることが分かる。またこれらの国々は日本の排出構造に近付いていることが分かる。反面、タイ・インド・中国は、クラス2及び7への帰属確率が高くなっており、都市化が進んでいない場合のCO₂排出構造が卓越していることが分かる。しかしタイ・インド・中国では、近年クラス4への帰属確率が高くなっており、割合は小さいものの、急激な都市化がCO₂排出構造に影響を与えている可能性がある。

(2) 発展段階、規模、産業構造の異なるアジア都市における都市への移転住民の所得とエネルギーアクセスに関する研究

図(2)-2 にハノイ市における非移転住民（ハノイ市内に5年以上居住する住民）及び移転住民のエネルギー消費と農村、都市からの移転前後のエネルギー消費量・CO₂排出量の比較結果を示す。農村から移転する場合、世帯当たりのエネルギー消費量・CO₂排出量は、移転前と比較して2倍以上に増加する一方、他都市から移転する場合は、増加幅は限定的であることが示された。この傾向は1人当たりのエネルギー消費量・CO₂排出量を比較する場合も同様であった。移転住民は通常世帯人数が少ないことを考えると、エネルギー消費は非効率であることを示唆している。よって住民移転による都市化が進行する場合、非効率な燃料消費が行われている可能性がある。Tobit分析により、全体としてハノイ市への住民移転はCO₂排出量増加に対して有意に影響していることが分かった。



図(2)-2 移転住民・非移転住民のエネルギー消費量及びCO₂排出量の推移

注：各バーは標準偏差の半分を示す

途上国での都市への移転住民の調査により農村から都市の移転が、CO₂排出量を増加させることを示すことを、アジア各都市で実施した住民調査から確認できた。また、ベトナム・ハノイを事例とし、収入・世帯人数や住居面積といった、主たるエネルギー消費量に影響する要因をコントロールした後に、住民移転自体がもたらす世帯部門エネルギー消費量・CO₂排出量を推計した結果、農村からの移転住民と非移転住民（5年以上ハノイに居住する住民）との間にはエネルギー消費量・CO₂排出量において有意差が生じていた。反面、他都市からの移転はエネルギー消費・CO₂排出量に有意な影響を与えていなかった。これは都市化による世帯部門のエネルギー消費量・CO₂排出量の増加を考える際は、人口移動の動態を考慮することが重要であると示唆している（表(2)-5 参照）。

表(2)-5 農村からの移転住民と非移転住民との間での、世帯部門エネルギー消費量とCO₂排出量の違い

<i>Panel A: Probit Regression</i>				
	Model (7)	Model (8)	Model (9)	
INC	4.71*10 ⁻⁵ (4.02*10 ⁻⁵)		2.34*10 ⁻⁵ (4.10*10 ⁻⁵)	
HH	-0.42 *** (4.00*10 ⁻²)	-0.43 *** (3.95*10 ⁻²)	-0.42 *** (4.08*10 ⁻²)	
FLR	-1.15*10 ⁻² *** (2.77*10 ⁻³)	-1.24*10 ⁻² *** (2.80*10 ⁻³)	-1.25*10 ⁻² *** (2.81*10 ⁻³)	
EDU		6.49*10 ⁻² * (3.32*10 ⁻²)	5.99*10 ⁻² * (3.44*10 ⁻²)	
Dm_DD		0.34 *** (0.13)	0.34 *** (0.13)	
Dm_HD		0.32 ** (0.16)	0.31 * (0.16)	
Cons.	1.45 *** 0.18	1.09 *** (0.22)	1.06 *** (0.22)	
McFadden's R ²	0.26	0.27	0.27	
Prob>χ ²	0.00	0.00	0.00	
観測数	666	666	666	
<i>Panel B: Estimation of Average Treat Effects on the Treated (ATT)</i>				
世帯エネルギー消費量 (1人当たり、MJ)	Kernel	-143.80 *** (30.85)	-133.19 *** (34.32)	-134.63 *** (41.28)
	Radius	-103.18 *** (17.39)	-96.87 *** (18.40)	-97.98 *** (17.58)
CO ₂ 排出量 (1に当たり、kg)	Kernel	-14.86 *** (3.30)	-13.80 *** (3.60)	-13.94 *** (3.53)
	Radius	-10.97 *** (1.74)	-10.36 *** (1.73)	-10.47 *** (1.89)

注: 上段は推計値、下段(括弧内)は標準誤差を示す。

*, **, *** は、それぞれ10%, 5%, 1%水準での有意水準を示す。

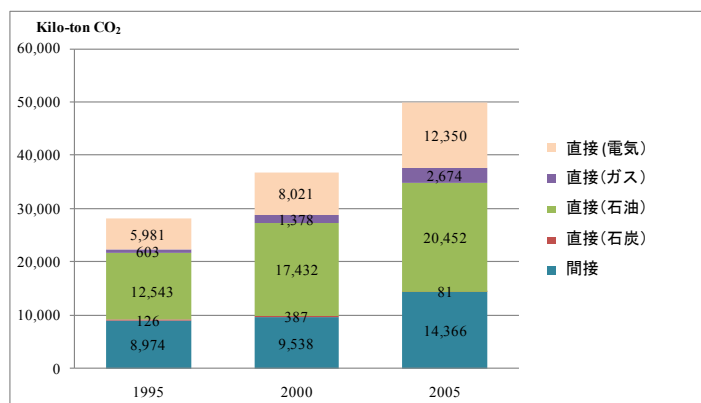
KernelはKernel Matching methods, Radiusは"Radius Matching methodsを示す。

(3) 都市化と直接・間接エネルギー消費を考慮した都市の責任排出量に関する研究

図(2)-3にジャカルタにおける直接・間接の排出量の推移を示す。1995年、2000年、2005年の3時点における分析の結果、直接排出量は大きく増加していることが示された。特に石油と電力消費量増加がCO₂排出量増加に大きく寄与していることが明らかになった。また、間接排出量も増加しているものの、直接排出量に比べて増加速度は緩慢である。

また1995年、2000年、2005年の3時点において、CO₂排出強度 (kg-CO₂/Million Rupiah) の分析を行ったところ、ジャカルタ全体では改善傾向がみられるが、人口増加、産業構造の変化、電力需要が大きく増加しているため、総CO₂排出量増加にもつながっていることが明らかになった。

更に、手法の開発としてWRI/WBCSDの提案するSCOPE1~3に沿った結果の提示を行うため、東京都を対象に同様の分析を行った。具体的には、SCOPE1 (直接排出)、SCOPE2 (間接分のうち電力のみ)、SCOPE3 (他の財の間接分も含む) に加え、責任排出量 (移輸出分の間接分を控除) の推計方法を確定した。今後、これらの方法をアジア他都市に適用し、比較可能なデータ、知見を整理した。



図(2)-3 ジャカルタでの直接・間接CO₂排出量の推移

(4) 低炭素社会へ向けた先行事例研究の収集

1) 太陽光発電を用いたバングラデシュでの農村電化事業の評価

SHS導入世帯のSHS導入前の世帯属性と、非導入世帯の現在の世帯属性を比較することで、SHSを導入するかどうかの意思決定モデルを作成した。二項プロビットモデルを用いた分析の結果、導入の意思決定に当たっては、世帯収入以外に住民の所持している充電バッテリーや灯油使用量、携帯電話所有台数が有意に影響していることが示された。更に順序プロビット分析により、灯油消費量が多いほど、子供数が多い世帯ほど、大きなSHSを購入する意欲が高いことを示した。

また導入によって生じた便益分析と将来需要の評価を行った結果、SHS導入によりそれぞれの家庭で節約できる化石燃料消費量には限界があるものの、非電化世帯の数が膨大であるため、農村部全体へのインパクトは非常に大きいことが示された。

更に調査データを利用して、導入によって生じた便益と分割による資本費用の返済と維持管理費を比較した結果、導入世帯にとっては短期的費用と金銭的便益はバランスしないことが浮き彫りになった。しかしSHSの価格が10%低下した場合、6割以上の住民が太陽光発電を導入する可能性があることから、技術革新等による価格低下が太陽光発電普及を促す可能性が明らかになった。

2) 中国における低炭素社会構築に対する技術開発の取り組み事例

雲南省曲靖市で地方政府（Technology Development Office of Qulin District, Quijing City）及び民間企業（Yunnan Zhongjian Boneng Engineering & Technology Co. Ltd）に対して聞き取り調査を実施した。曲靖市では太陽光発電に適した地理的条件を利用して、太陽熱温水器システム（Solar Water Heating System）は、設置コストの大幅な減少に加え、政府の補助金システムの支援もあり、都市部のほぼ世帯に普及させることに成功している。しかし普及により節約できた温室効果ガス排出量の定量的評価は今後の課題であり、将来的にこの政策を広めていくためには実効性評価・効率性評価（費用対効果分析等）が必要である。他方、河北省保定市では地方政府（Baoding Development and Reform Committee）・民間企業（Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.）、更に再生エネルギー普及のための工業地域（Baoding National New & Hi-Tech Industrial Development Zone）、大学（Hebei University in Baoding）へのインタビュー調査を実施した。保定市では地方政府が先導して再生エネルギー普及に係る企業誘致（世界有数の太陽パネル製造企業、風力発電設備関連企業など）を図っており、保定市に企業集積が進んでいる。同時に保定市での企業誘致の取り組みは中央政府・

省政府のイニシアティブでなされたという面もあるため、保定市での取り組みが他都市にも広がるものかどうかは、今後も検討する必要がある。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

1) 都市化とエネルギー消費量・CO₂排出量との関係について、国の発展段階や産業構造に配慮した計量経済モデルを用いて分析を行ったことで、各国が都市政策を通じてどのように低炭素社会構築を目指すことが望ましいのか、実証的に検討することができた。

更にCO₂排出構造は都市化の形態に依存していることが示された。都市化の初期段階では、GDP増加の影響を受けやすいCO₂排出構造を持つ事が示唆された。更にアジア諸国においてもクラスへの帰属確率に大きな違いが生じていることから、CO₂排出削減を目指すには、各国の都市化の形態の多様性に配慮する必要があることを示唆した。

2) 都市化とエネルギー消費量・CO₂排出量との関係を、住民移転の観点から分析することで、家庭部門でエネルギー消費量・CO₂排出量を抑制するための知見を提示できた。更に住民移転によるエネルギー消費・CO₂排出量の影響は、住民が元々居住していた地域により大きく異なると示した。

3) ジャカルタにおいてCO₂の責任排出量の変化を検討することにより、間接・直接のCO₂排出量と都市化・都市発展との関係を分析することができた。本研究により途上国都市が長期的にCO₂責任排出量を減少するための知見を提供することができた。

4) 都市化の進展と低炭素社会構築のための先進事例として、バングラデシュと中国を挙げ、それぞれ民間・住民レベルの取り組みと地方政府の施策について成果と教訓を得ることができた。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究成果を学術論文及び学会にて報告することで、アジアの都市化と温暖化問題との関係性に関して専門的知見として提供することができた。更に都市化とアジアの気候変動問題に関して、途上国都市個別の温暖化対策立案だけではなく、様々な関連政策（都市計画・産業政策・エネルギー安全保障等）を実施するために生かすことができる。これまで本研究成果の一部は、学会発表・ワークショップ・専門家会議を通じて、各国の研究者・途上国政府（インドネシア・中国・バングラデシュ）・援助関係者（GTZ・UN・JICA）・民間企業・NGOと議論を行う中で、成果の広報・普及に努め、各国のエネルギー政策や援助政策や貢献することができた。更に、都市の低炭素型発展は様々な関連政策（都市計画、産業構造の変革等）とも密接に結びついていることを示すことができた。この点も、日本の政府開発援助などによる国際協力政策の策定に多いに役立せることができると思われる。

6. 国際共同研究等の状況

1) インド

・ Indian Institute of Management 教授 Dr. Priyadarshi R. Shukla; Adani Institute of Infrastructure Management 助教 Dr. Diptiranjana Mahapatra : 住民移転、都市化とエネルギー消費量に関する住民調査の共同実施

2) インドネシア

・ The University of Indonesia 教授 Dr. Mahi Benedictus Raksaka : 気候変動政策一般および地方分権化と低炭素型発展に関する財務データ収集や知見のインプット

3) タイ

・ アジア工科大学名誉教授 Ram Manohar Shrestha; Arc Bangladesh Mr. Partha Pratim Ghosh: バングラデシュでの再生エネルギー普及にかかわる論文の共著

4) バングラデシュ

・ Grameen Shakti 取締役 (代理) Mr. Abseer Kamal; Rural Electrification Board 議長 Mr. Bhuiyan Shafiqul Islam; University of Shaka 教授 Dr. Saiful Huque; Mr. Abseer Kamal; Infrastructure Development Company Ltd. CEO, Mr. Islam Sharif; GTZ Bangladesh, Senior Advisor, Dr. Mohammad Khaleq-uz-zaman : バングラデシュでの再生エネルギー普及と低炭素社会構築に向けた研究に対するインプット

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文 (査読あり)>

- 1) P. POUMANYVONG and S. KANEKO: Ecological Economics, 70, 434-444 (2010)
"Does urbanization lead to less energy use and lower CO2 emissions? A cross-country analysis"
- 2) S. KOMATSU, S. KANEKO and P. P. GHOSH: Energy Policy, 39, 4022-4031 (2010)
"Are micro-benefits negligible? The implications of the rapid expansion of Solar Home Systems (SHS) in rural Bangladesh for sustainable development"
- 3) S. KOMATSU, S. KANEKO, R. M. SHRESTHA and P. P. GHOSH: Energy for Sustainable Development, 15, 284-292 (2011)
"Nonincome factors behind the purchase decisions of solar home systems in rural Bangladesh"

<査読付論文に準ずる成果発表> (対象: 社会・政策研究の分野)

- 1) 金子慎治・小松悟、『東アジアへの視点』2010年6月号、27-41 (2010)
「バングラデシュの農村電化と持続可能な発展」

<その他誌上発表 (査読なし)>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表 (学会等)

- 1) 小松悟、森永茜、金子慎治、P. P. GHOSH : 環境経済・政策学会2010年大会 (2010)
「太陽光発電を利用した分散型農村電化事業による受益者満足度の評価—バングラデシュ農村部での事例—」
- 2) S. KANEKO, S KOMATSU, and H. D. HIEU: 7th Scientific Conference of the University of Science, Vietnam National University, Vietnam 2010
“Effects of Urban-Rural Migration on Greenhouse Gases Emissions in Hanoi”
- 3) S. KOMATSU, S KANEKO, P. P. GHOSH: 4th Asian Energy Conference, Hong Kong Baptist University, China
“Are Micro-benefits Negligible? The Implications of the Rapid Expansion of Solar Home Systems (SHS) in Rural Bangladesh for Sustainable Development”
- 4) 小松悟、金子慎治 : 国際開発学会第21回全国大会(2010)
「バングラデシュ農村部での住居用太陽光発電パッケージの需要の評価」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催 (主催のもの)

International Workshop on Development within Low Carbon World: Education for Promoting Green Innovations in Asia (2010年2月24日, Hiroshima University, 参加者数約100名)

The 2nd expert meeting on Rural Electrification and Solar Energy (2011年9月28日, Bangladesh Institute of Administration and Management Foundation ; 参加者数25名)

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

特になし

Basic Analytic Research of Potential for Low-Carbon Development in Asia

Principal Investigator: Jusen ASUKA

Institution: Institute for Global Environmental Strategies (IGES)
2108-11 Kamiyamaguchi, Hayama, Kanagawa 240-0115, Japan
Tel: +81-46-855-3700 / Fax: +81-46-855-3709
E-mail: asuka@cneas.tohoku.ac.jp

Cooperated by: Hiroshima University

Abstract

Keywords: Low-carbon, Asia, Development pattern, Climate change mitigation target, Urbanization

This research examined the potentials, opportunities, and challenges in major GHG emitting sectors and the basis for accelerating technology transfers in Asia, especially in Indonesia, China, and India. The research suggested policy interventions such as the introduction of a market mechanism with a more stringent measurable, reportable, and verifiable (MRV) system. We also carried out studies on developmental patterns toward leapfrogging to a low-carbon society, examined low-carbon developmental scenarios formulated by the governments of China and India. Thorough analysis of the emission reduction target in China showed the fundamental difficulty of evaluating an intensity target that varies drastically with changes in GDP growth. With regard to leapfrogging type technologies, it is likely that nuclear power development in Asia will not significantly change even after the Fukushima nuclear accident. Carbon capture and storage (CCS) will play a critical role in Asia as a leapfrogging technology, although institutions for its dissemination have not yet been established. We also identified traditions and values that form the basis of sustainable local lifestyles, and found that maintaining this social foundation could contribute to the establishment of a low-carbon society.

The research also estimated the impacts of urbanization on national energy consumption and CO₂ emissions at the national and sectoral levels, and showed that energy consumption and CO₂ emissions are highly dependent on the development stages of the respective countries. In the process of urbanization, energy consumption has decreased in the developing countries due to efficiency improvement from traditional biomass to modern energy sources, whereas it has increased in the developed countries. In contrast, CO₂ emissions of developing countries have increased while those of developed

countries have declined due to urbanization. This is consistent with the result of a regional input-output analysis of Tokyo, where per capita direct CO₂ emissions are far below the national average, while per capita responsible CO₂ emissions with consideration of indirect CO₂ emissions are not greatly different. In terms of the effects of internal migration which is the major driving force of urbanization, a case study of Hanoi indicated that the population increase through rural-to-urban migration had less influence on energy use and CO₂ emissions than urban-to-urban migration and the natural increase of population within the city. The results of this research also imply that cities whose population growth is dominated by rural-to-urban migration will generate less CO₂ emissions than cities whose population growth is led by other factors.

* Research under this theme was conducted from 2009 to 2011, and related research has been continuously conducted under the theme “Scenario Development Study for Realizing Low Carbon Society in Asia” since 2012.