

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 18 日現在

機関番号：34428

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21510052

研究課題名（和文）生活行動類型別エネルギー消費・環境負荷排出構造モデルに関する研究

研究課題名（英文）A study of model analysis of household energy consumption and emission of environmental loads classified by lifestyle.

研究代表者

島田 洋子（SHIMADA YOKO）

摂南大学・理工学部・准教授

研究者番号：00314237

研究成果の概要（和文）：既存の生活時間調査データを整備し，社会を構成する個人の多様性を反映したコホートと家庭内のエネルギー消費や環境負荷排出構造を反映した生活行動分類によってクロス集計された生活時間データを作成する統計的手法を提案した．次に，この手法を発展させ，発展途上国における家庭内のエネルギー消費と室内大気汚染物質の1つである PM2.5 の排出による人々の暴露量を性別，年齢および就業状態によって分類されるコホート別に定量的に評価するモデルを構築した．

研究成果の概要（英文）：We presented a statistical approach to process detailed time use data form the existing survey data with other statistical information and to establish time use pattern for individual cohorts and applied this approach to analyze indoor PM2.5 exposure concentration in developing countries. Processed detailed time use data is categorized by cohort classified by gender, age and employment status and by activities.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| 2009 年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 2010 年度 | 1,400,000 | 420,000 | 1,820,000 |
| 2011 年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,400,000 | 1,020,000 | 4,420,000 |

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：環境マネジメント

1. 研究開始当初の背景

現在，われわれは，大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会が引き起こす地球温暖化と廃棄物問題を解決するために，低炭素社会および循環型社会への転換を迫られている．国や地域は，このような転換を可能にする将来の社会ビジョンを提案し始めている．それらの定量的な効果（温室効果ガスや廃棄物排出量の削減可能量）を提示するためには，

まず，提案される社会ビジョンへどのよう
に到達するのかを，人口・世帯，労働，ライフスタイル，消費，産業，国全体の経済動向等の様々な社会想定パラメータの変化の定量的設定によって記述されるシナリオを用いて描写する必要がある．これらのパラメータの定量的設定は，温室効果ガスや廃棄物排出量の削減可能量推定の信頼性に大きな影響を及ぼす．気候変動に関する政府間パネル

(IPCC)の第四次評価報告書において、個人のライフスタイルおよび行動や消費パターンの変化が全ての部門を横断して気候変動の短中期(2030年まで)の緩和に効果があると指摘しているように、近年、個人のライフスタイルや行動を省資源・省エネルギー型へと変化させることの重要性が指摘されている。家庭での環境負荷排出量削減をはかるためには、ライフスタイルや人々の行動が環境負荷の排出にどのようにかわるのかを詳細かつ定量的に把握することがまず必要であり、このテーマについて現在までに様々な研究が行われているが、生活時間の行動別配分を将来のライフスタイルの変化の決定要因の1つとみなして、社会を構成する個人の多様性を反映した個人分類別に分析し、生活時間の使い方の変化がエネルギー消費量や環境負荷排出量に与える影響を定量的に推計することを試みた研究は、生活行動の種類別の行動時間と使用エネルギー機器・住居情報を入力することによって家庭内のエネルギー消費量を算定するツールの提案があるものの、ほとんど行われていない。しかしながら、このような研究を行うにあたって必要となる生活時間に関する調査データは、国内外において詳細な統計情報が存在し入手可能である。以上のような背景から、われわれは、本研究を提案するに至った。

2. 研究の目的

本研究では、まず、日本における生活時間に関する調査データを用いて、社会を構成する個人の多様性を反映した個人分類別生活行動別時間配分ツールを開発する。ここでは、対象地域の住民が、性別・年齢・配偶状況・仕事・収入などによって特徴付けられたいくつかのグループによって構成されているとみなした個人分類を設定する。このツールを用いると、対象地域の住民が個人分類によって分類され、各分類の行動の種類毎の生活時間を計算できるので、将来のシナリオによる生活時間の想定をより詳細に設定することができる。さらに、このツールを、個人分類別の生活時間配分を考慮した家庭におけるエネルギー消費構造および環境負荷排出構造の解析ツールへと発展させる。このツールによって、国や対象地域の家庭におけるエネルギー消費や環境負荷排出の構造を、個人分類別の生活時間配分を組み込んで定量的に分析できる。将来、国や対象地域の個人分類の構成が変化した場合、それによって家庭内の各部門(冷房、暖房、給湯など)のエネルギー消費量や環境負荷(二酸化炭素や廃棄物)の排出量はどれだけ増減するか、どのように変化するかを定量的に推計できることになり、少子化・高齢化等の社会変化がもたらすライフスタイルの変化をみすえた政府

や自治体の環境政策の策定の際に有用な情報を提供することが可能となる。また、海外の生活時間調査データの収集も行い、本研究で開発するツールを、国外を対象として適用を試みる。

3. 研究の方法

本研究では、以下のように研究を進めた。

- (1) 日本における生活時間に関する調査データを用いて、社会を構成する個人の多様性を反映した個人分類別生活行動別時間配分ツールを開発する。その際、生活行動別・生活行動別の生活時間調査に関するデータや資料を収集する。
- (2) (1)で開発したツールを、個人分類別の生活時間配分を考慮した家庭部門エネルギー消費構造および環境負荷排出構造の解析ツールへと発展させる。
- (3) (2)で開発したツールを用いて、将来、国や対象地域の個人分類の構成が変化した場合、それによって家庭内の各部門(冷房、暖房、給湯など)のエネルギー消費量や環境負荷(二酸化炭素など)の排出量はどれだけ増減するか、どのように変化するかを定量的に推計する。
- (4) 海外(EU諸国、北米・アジア諸国等)の生活時間調査データの収集と整備を行い、(2)のツールを、国外を対象として適用を試みる。

4. 研究成果

既存の生活時間調査データを整備し、社会を構成する個人の多様性を反映したコホートと家庭内のエネルギー消費や環境負荷排出構造を反映した生活行動分類によってクロス集計された生活時間データを作成する統計的手法を提案した。

次に、この手法を発展させ、世界各国での生活行動類型別のエネルギー消費や環境負荷排出を定量的に評価できるモデルの開発を試みた。先進国では、家庭でのエネルギー源は主に電気と都市ガスで、これらの消費によって排出される環境負荷は二酸化炭素で、地球温暖化問題解決のためにその排出削減が求められている。一方で、発展途上国においては、家庭でのエネルギー源の大部分は石炭やバイオマス(薪、作物残差、動物の糞)などの固形燃料であり、これらの燃料を住居内で調理や暖房のために燃焼することにより発生する室内大気汚染物質(粒子状物質、一酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物など)が人々の健康に悪影響を及ぼす。特に、調理のため室内に長く滞在する女性と、母親の近くにいることが多い子供の健康への影響は深刻な状況で、UNDPとWHOによる報告によると、年間200万人が換気されていない台所での固形燃料の燃焼に起因する健康影響によ

り死亡し、死亡者の40%は子供で、大人の死亡者のうち60%が女性である。WHOは、対策として、調理コンロの改善、換気の改善、台所の構造の改善、よりクリーンな燃料（灯油やガス）や電気の使用を挙げているが、これらの対策を実施するためには、家庭内での燃料使用の実態と人々の暴露状況を詳細に把握するための現地での測定と暴露評価や健康リスク評価が重要となるが、測定や研究の報告は少ない。そこで、われわれは、評価対象を発展途上国として、先に開発した統計的手法を用いて、発展途上国における家庭内のエネルギー消費と室内大気汚染物質排出による暴露の定量的に評価するモデルを構築することにした。室内大気汚染物質のうち、空気力学径が $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質（PM2.5）に注目し、まず、アジア各国を対象に、家庭内での燃料の燃焼によって排出されるPM2.5の人々への室内暴露量を性別、年齢および就業状態によって分類されるコホート別に定量的に評価した。

(1) アジア諸国の既存の生活時間調査情報を収集し、情報を入手できた16カ国（日本、中国、インド、台湾、インドネシア、マレーシア、フィリピン、韓国、タイ、モンゴル、ラオス、カンボジア、バングラデシュ、ブータン、ネパール、パキスタン）の生活時間データを、社会統計などを用いて、睡眠時間、調理時間、食事時間、それ以外の室内滞在時間、自宅以外の屋内滞在時間および室外滞在時間に分類してコホート別に整備した。その際、コホート全属性についてデータが存在し信頼性が高いのは日本のデータのみであり、他国については、コホートの一部の属性によるクロス集計表のデータのみが公表されていることから、本研究では、日本のデータと、入手できている集約された属性の時間種の時間割合の報告値の情報を元に、Cross Entropy法を用いて推計した。Cross Entropy法とは、情報の一部しかわからないデータについて、過去のデータや他の情報などを利用して詳細を推定する手法の1つである。

また、各国の生活時間調査ではほとんど15歳以上を対象者としているので、子どものコホート（0歳、1～4歳、5～14歳の男女）別の睡眠時間、台所滞在時間、食事時間、それ以外の室内滞在時間、自宅以外の屋内滞在時間および室外滞在時間を、子どもの1日の生活行動に対応させ、子どもの生活、教育および労働に関する各種の統計資料を用いて整備した。

(2) (1)で作成した評価対象国のコホート別の睡眠時間、調理時間、食事時間、それ以外の室内滞在時間、自宅以外の屋内滞在時間および室外滞在時間データを使い、室内空気汚

染暴露評価モデルを用いて各国のコホート別の室内微環境中のPM2.5暴露量を求めた。ここで、微環境とは、人が一時的に滞在する空間で、その中での汚染物質濃度が一様である空間と定義される。住居内空間が表1に示す4つの微環境で構成されるとして各微環境の用途や滞在時間を定義している。

表1 住居内微環境

| 微環境 | 室内空気汚染物質の 住宅内発生源 | 対応する滞在時間 |
|-----|---------------------|--|
| A | 調理 | 調理時間 |
| B | 給湯 | 調理時間 |
| C | 暖房 | 屋外気温が 10°C 以下のときの睡眠時間を除く住宅滞在時間 |
| D | 照明 (灯油・石油ランプ) | 睡眠時間を除く住宅滞在時間 |

微環境ごとの各コホートの室内PM2.5一日平均暴露濃度は、次式(1)で求められる。

$$\bar{E}_a = \sum_m C_m \cdot T_m^a \quad (1)$$

ここで、 \bar{E}_a ：コホートの室内空気汚染物質の一日平均暴露濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)、 C_m ：微環境中の汚染物質濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)、 T_m^a ：コホートの微環境における滞在時間率(-)である($\sum_m T_m^a = 1$)。

各微環境中の一日平均室内空気汚染物質濃度は、次式(2)によって算定できる。

$$C_m = \frac{S_m e_m}{(\nu + F_d) V_m} \quad (2)$$

ここで、 C_m ：微環境 m における室内空気汚染物質濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)、 ν ：換気回数(1/hr)、 F_d ：除去率(1/hr)、 S_m ：微環境 m における一時間当たり燃料消費量(KJ/hr)、 e_m ：排出係数($\mu\text{g}/\text{KJ}$)、 V_m ：微環境 m の体積(m^3)である。これらのパラメータをのうち、家庭内燃料使用量は、室内での燃焼によりPM2.5が発生する燃料種はバイオマス、石炭、灯油、LPG、天然ガスであるので、これら5種類の燃料の各国の微環境別、用途(調理、暖房、照明)別の消費量を、統計資料や既報告値から設定した。部屋の体積は、各国の一戸当たり延べ床面積を一戸当たり部屋数で割り、部屋の高さを2mであると仮定して算出した。他のパラメータについても文献値を用いて設定した。

微環境におけるPM2.5一日平均暴露濃度の全コホートの平均値の推定結果を表2に示す。中国における発生源が暖房の微環境Bにおける暴露濃度の平均値が最も高く $470.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。各国のコホート別のPM2.5一日平均暴露濃度を比較すると、暴露濃度が高いのは35～64歳の無職女性である。

表2 各国PM2.5一日平均暴露濃度推定結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | 微環境A (調理+食事) | 微環境B (暖房) | 微環境C (照明) |
|---------|-----------------|--------------|--------------|
| 日本 | 0.9 | 1.7 | 0.0 |
| 韓国 | 3.0 | 29.3 | 0.0 |
| 中国 | 427.5 | 444.2 | 1.5 |
| 台湾 | 6.7 | 15.4 | 0.0 |
| モンゴル | 8.2 | 6.7 | 0.2 |
| ネパール | 285.2 | 128.8 | 1.4 |
| パキスタン | 178.2 | 130.8 | 0.9 |
| ブータン | 156.7 | 115.5 | 1.1 |
| インド | 205.7 | 8.5 | 5.5 |
| バングラデシュ | 127.2 | 0.0 | 0.6 |
| インドネシア | 171.9 | 0.0 | 16.2 |
| マレーシア | 39.9 | 0.0 | 0.6 |
| フィリピン | 107.8 | 0.0 | 0.0 |
| タイ | 58.2 | 0.3 | 0.0 |
| カンボジア | 155.0 | 0.0 | 0.4 |
| ラオス | 266.3 | 151.9 | 0.9 |

(3) (2)では、各国内の地域的な違いや都市域と農村域の違いを考慮しなかったが、アジア地域においては、人々の生活は地域や都市域と農村域による違いが大きいことから、生活時間の行動分類やコホート分類に反映させる必要がある。したがって、次に、人々の室内でのPM2.5の暴露濃度を都市域と農村域とを区別して推計できるようにモデルを発展させることを目的に、(2)において室内PM2.5暴露濃度の推計値が最も高かった中国を対象に、中国10省の都市域と農村域における生活時間、家庭内燃料消費量および人口や住居についての統計情報を収集し、家庭内での燃料燃焼によって発生するPM2.5のコホート別の室内暴露濃度を、各地域の都市域と農村域を区別して推計できるモデルを開発した。

各微環境における燃料使用量は、バイオマス、石炭、灯油、LPG、天然ガス、電気・熱の一人当たり燃料使用量データと、各地域の平均世帯人員数データを用いて設定した。図1に各地域における一世帯当たりの燃料使用量を示す。他のパラメータについても、統計資料と文献による既報告地を用いて設定した。

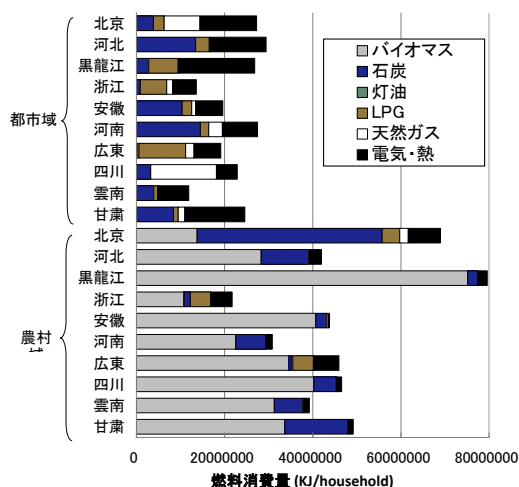


図1 各地域一世帯当たり燃料消費量

評価対象地域の各微環境におけるPM2.5一日平均暴露濃度の全コホートの平均値の都市域と農村域での推定結果をそれぞれ図2と図3に示す。暴露濃度全体の平均値が最も高いのは黒龍江省の農村域で $1516.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。どの省でも都市域より農村域における暴露濃度が高くなっている。また、ほとんどの地域で、発生源が暖房の微環境Bでの暴露濃度が発生源が調理・給湯の微環境Aでの暴露濃度より高くなっており、中国においては暖房に使用するバイオマスや石炭の燃焼によって発生するPM2.5の影響が大きいことがわかる。

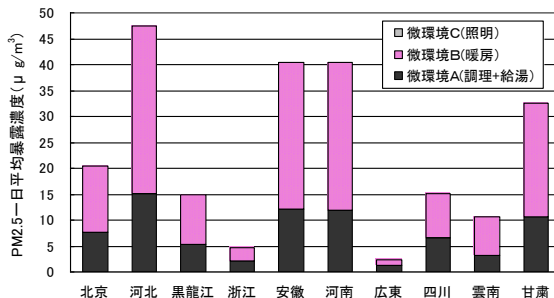


図3 各地域の都市域における全コホート平均PM2.5暴露濃度推定結果

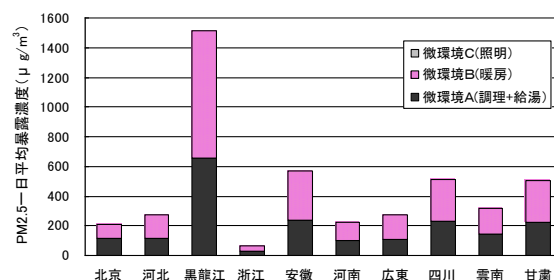


図2 各地域の農村域における全コホート平均PM2.5暴露濃度推定結果

各地域のコホート別のPM2.5一日平均暴露濃度を比較すると、河北、浙江、安徽、河南、四川、雲南、甘肅の都市域では65~69歳の無職男性、黒龍江と広東の都市域と10省全ての農村域では60~64歳の無職女性の暴露濃度が最も高い推定結果となった。黒龍江農村域の60~64歳の無職女性の暴露濃度が最も高く $3027 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。都市域では暴露濃度は男女ともに中高年の無職の人が高く、暴露濃度は男女とも同程度であるが、農村域では、男性はどのコホートも女性に比べて低くなっている。図4に黒龍江省・農村域におけるコホート別のPM2.5一日平均暴露濃度の推定結果を示す。

コホート別の暴露濃度推定値と睡眠時間以外の自宅滞在時間とを比較した結果、コホート別の暴露濃度は人々の調理時間(台所滞在時間)に大きく影響を受けているが、地域によっては60歳以上の無職男性の自宅滞在

時間が長く、暴露濃度が主に調理にたずさわる40歳以上の女性より高い場合があったことから、地域やコホートによる時間の使い方がPM2.5の暴露に大きな影響を及ぼしていることが明らかになった。

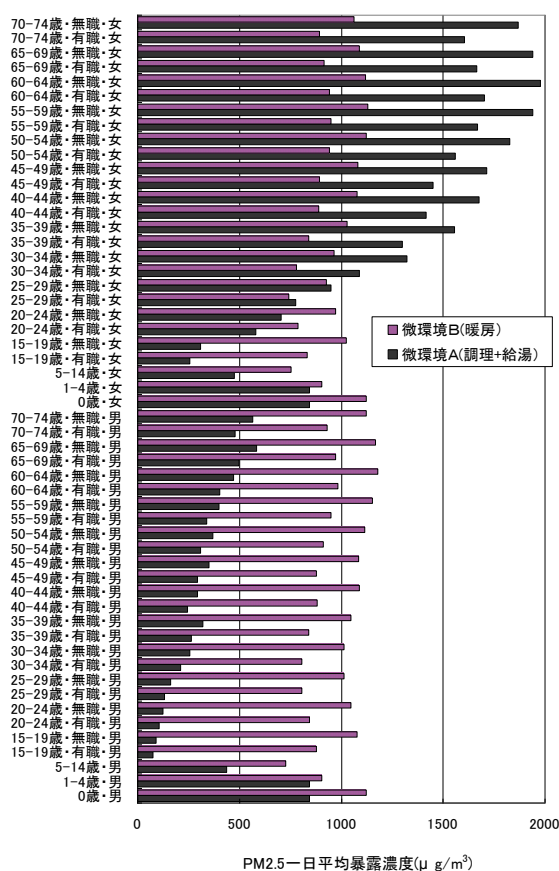


図4 黒龍江省・農村域におけるコホート別PM2.5暴露濃度

以上(1)～(3)の研究において、室内でのPM2.5暴露濃度の測定値の報告が少なく、ばらつきが大きいことによってモデルの妥当性の検証が十分ではないことと、モデルを構成するパラメータの一部には詳細なデータを入手できなかったことから地域的な差異を考慮することができなかったことなどの、課題が残されているが、本研究で構築した手法とモデルによって、性別・年齢・就業状態によって分類される個人の生活時間の使い方、家庭での燃料の使い方と消費量および世帯の人員や住居の広さの地域による違いを考慮した詳細な室内空気汚染物質による暴露評価を地域別に都市・農村を区別して行うことが可能となった。

今後、この手法を、中国以外のアジア各国に適用するために、さらなるモデルの改良を行い、最終的には、このモデルを各国での今後のライフスタイルや社会の変化、電化によ

るエネルギー消費構造の変化などの将来の変化に対する予測ツールへと展開させていき、統計的な情報から、国内の地域やコホート別の詳細なPM2.5の室内暴露による集団レベルの健康リスクを把握して、リスク低減のための施策(居住環境の改善や家庭用燃料の転換等)を実行する際の有用な知見を提供することを旨とする。

本研究の遂行においては、各国の家庭内でのエネルギー消費の状況、時間の使い方、生活文化についての詳細な情報のみならず、室内大気汚染物質による暴露の影響を最も受けやすい女性と子供の置かれている社会的状況(貧困や女性差別、児童労働の問題)を把握しなければならない。従って、各国の統計情報だけでなく、社会学、開発経済学、文化人類学、ジェンダー、子どもの福祉等に関する社会科学分野における調査研究成果から得られる情報の入手が必要不可欠となる。このように、本研究は、工学的な暴露評価の手法に、社会化学的な研究成果を取り込むことによって、発展途上国における室内大気汚染への人々の暴露をよりミクロな視点で定量的に把握しようとしているところに、従来の研究にはない独創性がある。この研究によって、発展途上国における室内大気汚染に大きな影響を受ける地域や集団を特定すること、さらに、それらの地域や集団の健康影響に特に大きな影響をおよぼす生活行動や社会的状況にかかわる因子についての有用な知見を、国連や各国政府に提供し、場合によればさらなる調査の提案を行うことを最終的な目標とし、今後も研究を継続していく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ① 藤森真一郎, 松岡 譲, エネルギー転換効率を考慮したエネルギー産出投入表の推計手法の開発とその適用, 地球環境研究論文集, 査読有, Vol.17, 2009, pp.163-174.
- ② Tatsuya HANAOKA, Osamu AKASHI, Tomoko HASEGAWA, Go HIBINO, Kazuya FUJIWARA, Yuko KANAMORI, Yuzuru MATSUOKA and Mikiko KAINUMA, Global Emissions and Mitigation of Greenhouse Gases in 2020, Journal of Global Environment Engineering, 査読有, Vol.14, 2009, pp.15-26.
- ③ 柳千絵, 島田洋子, 倉田学児, 松岡譲, アジア地域の人々を対象としたPM2.5暴

露濃度の推定, 地球環境研究論文集, 査読有, 18 巻, 2010, pp.19-27

- ④ 島田洋子, 柳千絵, 松岡譲, アジア各国の生活時間情報を用いた室内空気汚染暴露評価—PM2.5 について—, 環境システム論文集, 査読有, 38 巻, 2010, pp.93-100
- ⑤ 島田洋子, 郭敏娜, 倉田学児, 松岡 譲, 中国各地域の都市と農村の生活時間調査情報を用いた室内環境中 PM2.5 暴露評価, 土木学会論文集 G (環境), Vol.67, No.6, 査読有, 2011, II_307-II_314
- ⑥ Yoko Shimada, Yuzuru Matsuoka, Analysis of indoor PM2.5 exposure in Asian countries using time use survey, Science of the Total Environment, 査読有, Vol.409, No.24, 2011, pp. 5243-5252, DOI: [10.1016/j.scitotenv.2011.08.041](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.08.041)

[学会発表] (計 7 件)

- ① 島田洋子, Lifestyle and Household Energy Consumption and Emission of Environmental loads—Using Time Use Survey Data—, JSPS-VCC Group VII Expert Meeting Toward Next Research Proposal on Energy and Urban Structure, Air Quality Modeling and Urban Sound Environment, 2010 年 3 月 2 日, 岡山大学.
- ② 島田洋子, Analysis of indoor air pollution exposure in Asian countries by Using Time Use Survey, The 32nd annual meeting of the International Association for Time Use Research (IATUR), 2010 年 7 月 9 日, Science Po, (フランス・パリ)
- ③ 島田洋子, アジア各国の生活時間情報を用いた室内空気汚染暴露評価—PM2.5 について—, 土木学会第 38 回環境システム研究論文発表会, 2010 年 10 月 23 日, 広島修道大学
- ④ 島田洋子, 生活時間調査データを用いたアジア地域の室内 PM2.5 暴露リスク評価, 日本リスク研究学会第 23 回年次大会, 2010 年 11 月 28 日, 明治大学
- ⑤ 島田洋子, Challenges in analysis of the children's health risks caused by indoor air pollution in developing countries using and processing data on child well-being, The ISCI (International Society for Child Indicators) 3rd International Conference, 2011 年 7 月 28 日, York University (イギリス・ヨーク)
- ⑥ 島田洋子, Analysis of Indoor PM2.5 Exposure in Urban and Rural China Using Time Use Survey, The 33rd

Conference of the International Association for Time Use Research (IATUR), 2011 年 8 月 2 日, Oxford University (イギリス・オックスフォード).

- ⑦ 島田洋子, 中国各地域の都市と農村の生活時間調査情報を用いた室内環境中 PM2.5 暴露評価, 土木学会第 39 回環境システム研究論文発表会, 2011 年 10 月 23 日, 桜美林大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

島田 洋子 (SHIMADA YOKO)
摂南大学・理工学部・准教授
研究者番号: 00314237

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

松岡 譲 (MATSUOKA YUZURU)
京都大学・工学研究科・教授
研究者番号: 90109033
(H21: 研究分担者)