

H-4 東アジア諸国での日本発の使用済み自動車及び部品の不適切な使用・再資源化による地球環境負荷増大の実態とその防止策の検討

(3) 自動車及び部品としての使用の詳細把握と地球環境負荷発生量への影響分析

中央大学理工学部
中央大学理工学部

谷下雅義
鹿島茂

〈研究協力者〉 独立行政法人産業技術総合研究所 布施正暁
タイ国 チュラロンコン大学 Dr.Sorawit Narupiti
タイ国 チュラロンコン大学 Dr.Kanit Wattanavichen

平成15～17年度合計予算額（予定） 2,202千円
（うち、平成17年度予算額 576千円）

〔要旨〕本研究は、東アジア諸国の中から日本から使用済み自動車の中古車及び部品として使用する国としてタイを選定し、日本発の使用済み自動車の中古車、中古部品、材料として使用・再資源化される際に発生する環境負荷量とその削減のための個別防止策の効果を定量的に評価する手法を開発した。平成15年度は、タイの研究者と協力して、政府機関の関係者へのヒアリング調査より手法開発に必要となる基礎統計の整備状況やその性質を把握した。さらに入手した統計を用いてタイでの自動車の保有と使用のモデル化（自動車保有・使用モデル）を試みた。平成16年度は、タイでの車検制度等の運輸政策の評価が出来るように平成15年度に試作した自動車保有・使用モデルを精緻化し、運輸政策について各種シミュレーション分析を行った。また、自動車の再資源化量やそれに伴う環境負荷量を推計するモデルを開発するため、サブテーマ(2)で作成した日本とタイを対象にしたアジア国際自動車リサイクル産業連関表を基に産業連関モデル（自動車再資源化モデル）を開発した。さらに開発したモデルを用いて日本からタイへの使用済み自動車の輸出を全面禁止にして両国が各自に再資源化処理を行う自動車国内再資源化システムと、輸出は自由化にしてタイで発生した使用済み自動車を日本で再資源化処理を行う自動車国際再資源化システムについて評価した。平成17年度は、平成16年度に精緻化した自動車保有・使用モデルを用いて、車検制度の改善、中古車輸入規制の緩和について影響分析を行った。また平成16年度に行った自動車再資源化モデルを用いた分析に、新たに日本に使用済み自動車を輸出せずタイ国内において適切な再資源化処理を行う自動車国際再資源化システムの評価を加えた。

〔キーワード〕 個別防止策、評価手法開発、タイ、自動車保有・使用モデル、自動車再資源化モデル

1. はじめに

日本発の使用済み自動車が東アジア諸国で中古車及び部品あるいは材料として使用・再資源化される際に発生する地球環境問題とその防止する対策を検討する際に東アジア諸国を以下の3つ

のグループに分類することは研究を効率的に進める上で有益である。

- ① 日本発の使用済み自動車の中古車及び部品として使用し、その後は第三国へ輸出する国
- ② 日本発の使用済み自動車を材料として再資源化する国
- ③ 日本発の使用済み自動車の中古車及び部品として使用し、その後は自国内で材料として再資源化する国

①に属する国に対しては日本発の中古車及び部品の使用とその後の再資源化から発生することが考えられる環境問題に対する効果的な対策を検討するために日本発の使用済み自動車の中古車及び部品として使用とその後の再資源化する際に発生する環境負荷量とその削減のための個別防止策の効果を定量的に評価する手法が必要となる。

2. 研究目的

本研究は、東アジア諸国の中から日本発の使用済み自動車の中古車及び部品として使用し、その後は第三国へ輸出する国としてタイを選定し、日本発の使用済み自動車の中古車及び部品として使用、その後の再資源化する際に発生する環境負荷量とその削減のための防止策の効果を定量的に評価する手法を開発することを目的とする。

3. 研究方法と結果・考察

(1) 平成15年度

平成15年度は、タイを対象に日本発の使用済み自動車の中古車及び部品として使用する際に発生する環境負荷量とその削減のための個別防止策の効果を定量的に評価する手法を開発するために①②を行った。

①タイの中古車及び部品の保有、使用に関連する統計の整備状況とその性質の把握

日本発の使用済み自動車の中古車及び部品として使用する際に発生する環境負荷量を定量的に評価する手法を開発する際に、基礎数値資料としてタイの中古車及び部品の保有・使用に関連する統計が必要となる。そこでタイのチュラロンコーン大学の研究者と協力して現地での統計・資料の収集や統計作成する政府機関（タイの運輸通信省の陸運局と道路局）の関係者へヒアリング調査を行い中古車及び部品の保有・使用に関連する統計についてその整備状況（統計の有無、統計の取り扱う車種、車令、地域の分類、統計の把握期間等）とその性質を把握した。その結果を表1に整理する。途上国は統計が少なく、またその制度自体も貧弱であると言われる中、タイの中古車に関しては、車種、地域等についてそれなりの種類と時系列分析に必要な最低レベルの時系列データを有していることが分かった。しかし、中古部品に関しては、中古ディーゼルエンジン以外ほとんど統計が整備されていない状況であることを確認した。

②タイの自動車保有・使用モデルの開発

日本発の使用済み自動車の中古車及び部品として使用する際に発生する環境負荷量とその削減のための個別防止策を定量的に評価する手法の開発の第一歩として自動車の保有と使用のモデル化を行った。今回は中古車に注目し、日本からの中古車及び部品の輸入については直接的に扱わない。以下、タイでの自動車保有・使用モデルについて説明する。

表1 中古車及び部品の保有・使用に関する統計の整備状況とその性質

		機関	整備状況	性質
中古車	登録台数 (保有台数)	Department of Land Transport	車種：22 車令：なし 地域：75（県レベル） 期間：1988-2002 (車種4ただし貨物車なし、地域なしなら1980-2002まで)	車種・地域ともに詳細である。地方の農作業用自動車は登録されていないものもあり 実際値より過小の傾向がある。
	中古車在庫台数、価格	The Autotmobile Information Center of Thiland	車種：メーカー・車名別 車令：全て 期間：HP検索データ	車種・車令の種類は最も細かい。在庫データより販売実績でない。
	新規登録台数	Department of Land Transport	車種：22 地域：6（地方レベル） 期間：1993-2002	古い統計が存在しない。
	新車販売台数	Automobile maker	車種：メーカー別 期間：1983-2002	古い統計は入手可。車種が少ない。
	輸入自動車台数	Department of Customs	車種：燃料・重量・排気量別 期間：1988-2003	新車と中古車の区別がない。
	走行量	Department of highway	車種：6 地域：6（1986、1993、1999） 道路：4 期間：1985-2002	二輪車がない。 高速道路分がない。 地域別は3時点のみ。 推計値である。
	燃料消費量	Ministry of Science	単位：2（トン、リットル） 燃料：9 地域：2（バンコク、その他） 期間：1981-2002 (地域別1987-2002)	交通部門での統計であり、自動車以外での消費分も含む。
中古部品	登録台数 輸入台数	Department of Land Transport	部品：エンジンのみ 地域：バンコクのみ 期間：不明	紙データであり、統計として整理されていない。
	中古エンジン輸入数量、金額	Department of Customs	部品：中古ディーゼルエンジン 期間：1988-2002	他の部品は新品と中古品の区別がない。

モデル開発に際しては、日本とタイの自動車保有及び使用の違いを考慮して日本を対象に谷下ら（2002）^{1）、2）}が作成した計量経済モデルであるCHU0マクロモデルを改良した。その改良点として以下が挙げられる。

- ・ タイでの都市圏と地方圏の違いを考慮するためモデルを二地域に分割する。
- ・ タイの代表的な移動手段である二輪車、バス、タクシーなどを取り上げる。

よってタイでの自動車保有・使用モデルは都市圏モデルと地方圏モデルに分かれ、それぞれ同じ基本フレームを持つ。ただし、都市圏と地方圏の間でヒト、モノの流れはないものと仮定する。モデルの基本フレームを図1に示す。また、採用したモデルの諸設定を表2に示す。

自動車保有・使用モデルは、①保有台数モデル、②走行量モデル、③平均速度モデル、④走行燃費モデル、⑤道路整備モデルの5つのサブモデルから構成され、そして、保有台数(台)、走行量(km/台)、走行燃費(1/km)を乗じて燃料消費量が推計される。また、各サブモデル間は以下のような相互作用関係を持つ。

- ・ 自動車保有の有無がその使用に直接影響を与えるため、①保有台数モデルが②走行量モデルに正の影響を与える。
- ・ 保有台数（台）と走行量(km/台)を乗じて得られる総走行距離(km)は、道路混雑の影響を与えるため、③平均速度モデルに負の影響を与える。

- ・ 平均速度(km/s)は、走行環境に影響を与えるため、③平均速度モデルは④走行燃費モデルや②走行量モデルに正の影響を与える。
- ・ 最終的に得られた燃料消費量と燃料価格(円/l)を乗じて得られる燃料費用(円)が、予算制約として①保有台数モデルと②走行量モデルに負の影響を与える。
- ・ 保有・取得段階から徴収される保有・取得税収と使用段階から徴収される燃料税収が⑤道路整備モデルに正の影響を与える。
- ・ ⑤道路整備モデルは道路整備（道路延長）を通じて、①保有台数(台)、②走行量(km/台)そして③平均速度(km/s)に正の影響を与える。

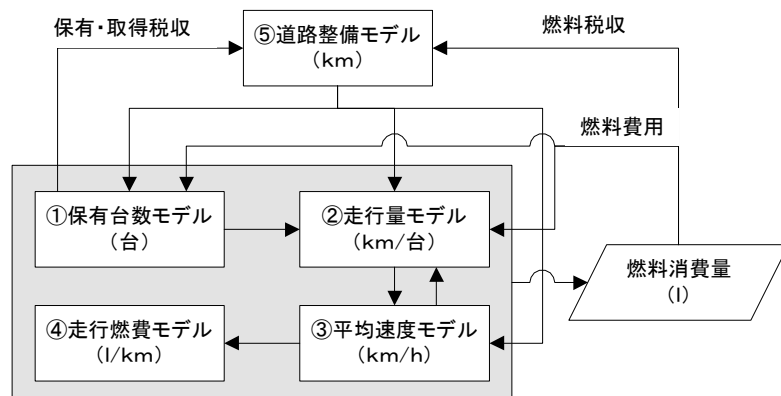


図1 自動車保有・使用モデルの基本フレーム

表2 モデルの諸設定

項目	内容
地域	都市圏（バンコクとその近郊地域）、地方圏（それ以外の地域）（2地域）
燃料	ガソリン、軽油（2種類）
車種	二輪車、セダン、乗用ピックアップ、タクシー、バス、ピックアップトラック、ライトトラック、ミディアムトラック、ヘビートラック（9車種） 備考：二輪車、セダンをガソリン車、それ以外をディーゼル車と仮定する。
車令	0から16歳と17歳以上（18歳）
道路	国道、高速道路（2種類）

タイの自動車保有・使用モデルの各サブモデルについて以下で整理する。

①保有台数モデル

二輪車、タクシー、バス、ミディアムトラック、ヘビートラックの保有台数についてはそれぞれ個別保有台数モデルを作成する。また、その他の車種についてはセダンと乗用ピックアップ、ピックアップトラックとライトトラックの代替関係を考慮して次のようにモデル化する。

今年の車種別保有台数は今年の車種別新規登録台数と昨年の車種別保有台数のうち廃棄されなかった車種別生存台数の和である。今年の車種別生存台数は車種別車生存率モデルにより得られる車種・車令別生存率と昨年の車種・車令別保有台数を乗じることによって推計される。今年の車種別新規登録台数は次のように推計される。まず代替関係をもつ車種を統合した保有台数モデルより得られる保有台数から車種統合された新規登録台数を得る。次にその車種統合された新規

登録台数に車種選好比率モデルから得られる車種選好比率を乗じて車種別新規登録台数を求める。

保有台数モデルは、世帯と事業者がそれぞれ独立して保有行動を行うと仮定している。世帯の保有台数モデルでは説明変数としては世帯数、道路延長、保有税、所得税、燃料費用、所得を用いる。また、企業の保有台数モデルでは説明変数として道路延長、鉄道車両キロ、輸送量、事業所数、保有税、所得税、燃料費用、地域内総生産を用いる。

生存率モデルは、Parks (1977) ³⁾ の廃車理論を参考に説明変数として修理費用を代理指標とする車令と車両耐久性の向上の代理指標としてタイムトレンドを用いる。ただし、タイでの日本より長期使用し平均車令が高い実情とタイでの統計的な制約を踏まえCHU0マクロモデルのパラメータ値のうち車令に関するものはタイで独自に推計したが、それ以外のものは日本での値を用いる。

車種選好比率モデルも保有モデルと同様に世帯が保有する車種と企業が保有する車種ではモデルが異なる。世帯の車種選好比率のモデルでは説明変数としては保有税、所得税、燃料費用、所得、前年度車種選好比率を用いる。また、企業の車種選好比率のモデルでは説明変数として保有税、所得税、燃料費用、地域内総生産、前年度車種選好比率を用いる。

②走行量モデル

道路・車種別走行量は、走行量モデルから得られる車種別走行量に外生の車種別道路選択比率を乗じて推計される。世帯が保有する車種の走行量モデルは、平均走行速度、道路延長、燃料費用、所得を説明変数として用いる。また、企業の保有する車種の走行量モデルは、保有率、燃料費用、GRP、道路延長を説明変数として用いる。車種別道路選択比率は、統計の制約より、国道延長と高速道路延長の比率を使用する。

③平均速度モデル

平均速度モデルは交通工学で一般的に用いられている速度と交通量の関係を記述したマクロQ-V式を用いる。ただし、統計的な制約より国道の平均速度モデルは日本での推計値をパラメータ値として使用する。また高速道路は常に平均速度は80 km/hと仮定する。

④走行燃費モデル

二輪車、セダン、乗用ピックアップの走行燃費モデルは、説明変数として平均速度と車両燃費性能を用いる。ただし、不十分な車検制度の実情と統計的な制約を踏まえ日本で推計したパラメータ値を使用する。

それ以外の車種については、財団法人自動車研究所が開発した平均速度と車両重量を説明変数に用いる走行燃費モデルを用いる。

⑤道路整備モデル

保有税、取得税、燃料税の税収を含む政府の道路財源から前期の道路ストックを維持するための費用を差し引いた残りの財源が道路建設費用に充填されると仮定する。道路建設費用に建設原単位モデルより得られる道路建設費用当たりの道路延長を乗じることで道路延長が推計される。建設原単位モデルはGDPを説明変数として使用する。

以上、各モデルパラメータの推定は1985年から1999年までの時系列データを基本に用いて行った。ただし、走行量等については統計データの都合上1989年から1999年までのデータを用いて推計した。t 値の低いパラメータは除くとともに関数形の見直しや前期の値を用いることで多重共線性と系列相関の問題に対応した。また、各モデルの関数形は推定の容易さから以下の片対数、両対数あるいはロジットモデルのいずれかを用いる。

$$Y = a_0 + \sum_i a_i \cdot \ln X_i$$

$$\ln Y = a_0 + \sum_i a_i \cdot \ln X_i$$

$$Y = \frac{1}{1 + \exp(a_0 + \sum_i a_i \cdot \ln X_i)}$$

ここで、Y：非説明変数、X：説明変数、a：パラメータである。

(2) 平成16年度

平成16年度は、タイでの車検制度等の個別防止策の評価が出来るように平成15年度に試作した自動車保有・使用モデルを精緻化し、運輸政策について各種シミュレーション分析を行った。また、サブテーマ(2)で作成した日本とタイを対象にしたアジア国際自動車リサイクル産業連関表を基に産業連関モデル(自動車再資源化モデル)を開発し、それを用いて日本からタイへの使用済み自動車の輸出を全面禁止にして両国が各自に再資源化処理を行う自動車国内再資源化システムと、輸出は自由化にしてタイで発生した使用済み自動車を日本でリサイクル処理を行う自動車国際再資源化システムについて評価を行った。自動車保有・使用モデルの精緻化と運輸政策のシミュレーション分析については①、自動車再資源化モデルの開発と国内再資源化システムと国際再資源化システムの評価については②に示す。

①自動車保有・使用モデルの精緻化と運輸政策のシミュレーション分析

自動車保有・使用モデルの精緻化として、モデルの基本フレーム(図1)は変更せず、モデルの諸設定を変更した。変更内容を表3に示す。燃料について今後の天然ガス車の導入の評価できるようにLPGを加えた。車種については、公共交通政策を評価できるようにバスの種類を二つに分け、さらにバンコクで代表的な交通手段であるトゥクトゥク(三輪車)を加えた。あと平成15年度においてピックアップトラックを取り上げているが、ヒアリング調査よりこの車種は基本的に公共交通用に用いられるということでライトバスに含まれると定義し直した。車令については、貨物車において20年以上使用するケースがあるため、20歳まで考慮できるように拡張した。モデルのパラメータを推定する際の時系列データの時点であるが、平成16年度のタイ現地調査より前回より古い時点と新しい時点のデータを入手したので用いる。

自動車の保有・使用モデルを再度構築し、その現況再現性について再評価した。ここでは、モデルの最終アウトプットであるガソリンと軽油の燃料消費量を取り上げ、1989年から2001年での実績値をモデルから得られる推計値で割り算した適合度を求める。ガソリンと軽油の燃料消費量の実績値と推計値の推移を図2に示す。適合度は、ガソリンで0.95~1.10(モデル精度として±10%)、軽油で0.92~1.11(モデル精度として±11%)となり、精緻化前の平成15年度得られた

適合度は、ガソリンで0.78～1.24（モデル精度として±25%）、軽油で0.81～1.15（モデル精度、±20%）であることから、大幅にモデルの現況再現性が向上したことが分かる。

表3 モデルの諸設定の変更

項目	平成15年度	平成16年度
地域	都市圏（バンコクとその近郊地域）、地方圏（それ以外の地域）（2地域）	都市圏（バンコクとその近郊地域）、地方圏（それ以外の地域）（2地域）
燃料	ガソリン、軽油（2種類）	ガソリン、軽油、LPG（2種類）
車種	乗用車：二輪車、セダン、乗用ピックアップ（3車種） 公共交通：タクシー、バス（2車種） 貨物車：ピックアップトラック、ライトトラック、ミディアムトラック、ヘビートラック（4車種）	乗用車：二輪車、セダン、乗用ピックアップ（3車種） 公共交通：タクシー、ライトバス、ヘビーバス、トゥクトゥク（4車種） 貨物車：ライトトラック、ミディアムトラック、ヘビートラック（3車種）
車令	0から16歳と17歳以上（18車令）	0から20歳と20歳以上（21車令）
道路	国道、高速道路（2種類）	国道、高速道路（2種類）
時点	1989（1985 ^注 ）～1998年（10時点）	1989（1983 ^注 ）～2001年（14時点）

注：核となる保有モデルと走行量モデルの時点は他のサブモデルより時点が長い。

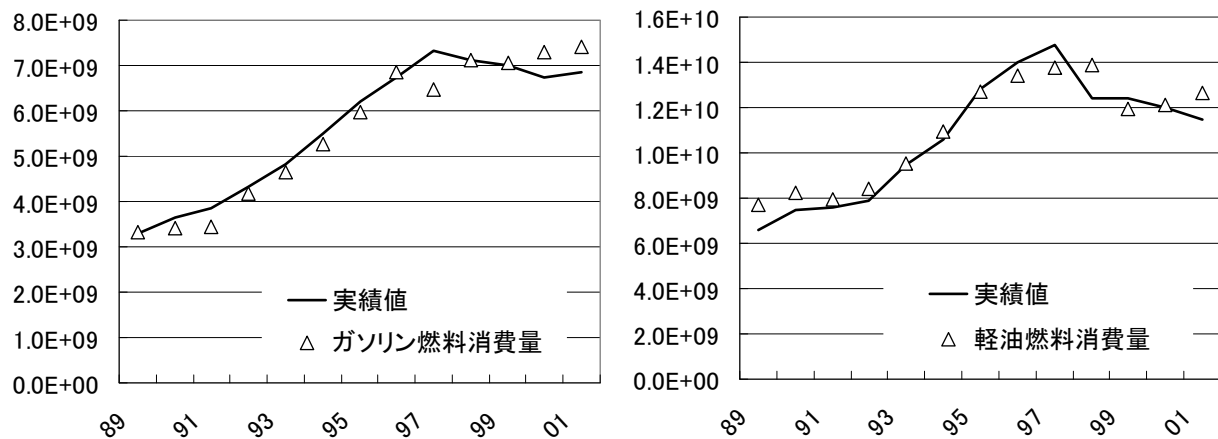


図2 ガソリン及び軽油燃料消費量のモデルの現況再現性（単位：l）

次に精緻化した自動車保有・使用モデルを用いて運輸政策のシミュレーション分析を行った。運輸政策として、以下の3つのケースを取り上げ、各ケースの2020年における燃料消費量の削減効果を推計した。ただし、外生変数である実質GDP、世帯所得はNEPO（国家エネルギー政策局）の予測値（年成長率5%）を用いた。各ケースの燃料消費量の削減量と削減率を表4に示す。

- ケース1：鉄道整備投資の増額（1000億バーツ）、ただし他の道路及びバス整備投資額は固定
- ケース2：鉄道整備財源間の歳出比率変更（鉄道整備歳出比率を2倍）
- ケース3：バス整備財源間の歳出比率変更（バス整備歳出比率を2倍）
- ケース4：ガソリン税の増税（税率を現行1.5倍）

表 4 各ケースの燃料消費削減率

		BAU(2020) (億 l)	ケース 1: 鉄道整備投資 の増額	ケース 2: 鉄道整備財源間の 歳出比率変更	ケース 3: バス整備財源間の 歳出比率変更	ケース 3: ガソリン税の増 税
燃料 消費量	ガソリン	18.1	-13.3	-12.3	-1.1	-2.4
	軽油	51.8	-2.9	-3.8	-0.2	+1.1

表 4 より、運輸政策について削減効果を見ると、鉄道整備の増額や鉄道整備歳出比率の変更といった鉄道に関連する政策が燃料消費量の削減効果が高い結果が得られた。例えば、鉄道整備の増額は、削減率でガソリン 13.3%、軽油 2.9%であった。鉄道整備歳出比率の変更は、削減量でガソリン 12.3%、軽油 3.8%であった。一方、バス整備歳出比率の変更は、削減量でガソリン 1.1%、軽油 0.2%で鉄道整備より大幅に少ない結果となった。これは元々歳出比率自体が少ないことが理由として挙げられる。ガソリン税の増額は、ガソリンで 2.4%削減に対し、軽油で反対に 1.1%増加する結果となった。これは、ガソリン税の増額によりガソリン車からディーゼル車への乗り換えが起き、ディーゼル車の保有が増加したことが原因として考えられる。

②自動車再資源化モデルの開発と国内再資源化システムと国際再資源化システムの評価

自動車再資源化モデルは、サブテーマ（2）で作成した1995年の日本とタイを対象としたアジア国際自動車リサイクル産業連関表から得られる各種係数から導出される産業連関モデルである。

この産業連関モデルは、非正方表であるアジア国際自動車リサイクル産業連関表を廃棄物の処理方式を示す配分行列Sを用いて正方化し、その行方向の需給バランス式を基本とする。アジア国際自動車リサイクル産業連関表は、中村によって開発された廃棄物産業連関分析の考え方を採用しているため、自動車再資源化モデルも廃棄物産業連関モデルの導出法に従う。アジア国際自動車リサイクル産業連関表の雛形を表5に、それを正方化したものを表6に、産業連関モデルを(1)式に示す。自動車再資源化モデルの出力である埋立量（静脈部門の埋立量の活動量）は(1)式、放置量、CO₂排出量は(2)式から得られる。放置量とは、放置車、放置タイヤ、放置バッテリーに加え、エンジンオイルなどの液類やフロンの土壌大気への放出を扱ったものである。

表5 アジア国際自動車リサイクル産業連関表の雛型（非正方表）

		日本: J		アジア: A		最終需要			計
		動脈部門: l'	静脈部門: q	動脈部門: l'	静脈部門: q	日本: J	アジア: A	第3国	
日本: J	動脈財: l'	$X_{l'l'}^{JJ}$	$X_{l'q}^{JJ}$	$X_{l'l'}^{JA}$	$X_{l'q}^{JA}$	$F_{l'}^{JJ}$	$F_{l'}^{JA}$	$EXP_{l'}^{JO}$	$X_{l'}^J$
	再生財: n	$-W_{nl'}^{JJ}$	W_{nq}^{JJ}	$-W_{nl'}^{JA}$	0	0	$-F_n^{JA}$	$-EXP_n^{JO}$	0
	残余物: o	$W_{ol'}^{JJ}$	W_{oq}^{JJ}	0	0	F_o^{JJ}	0	0	W_o^J
アジア: A	動脈財: l'	$X_{l'l'}^{AJ}$	$X_{l'q}^{AJ}$	$X_{l'l'}^{AA}$	$X_{l'q}^{AA}$	$F_{l'}^{AJ}$	$F_{l'}^{AA}$	$EXP_{l'}^{AO}$	$X_{l'}^A$
	再生財: n	0	0	$-W_{nl'}^{AA}$	W_{nq}^{AA}	0	0	$-EXP_n^{AO}$	0
	残余物: o	0	0	$W_{ol'}^{AA}$	W_{oq}^{AA}	0	F_o^{AA}	0	W_o^A
運賃・保険・関税等		$TC_{l'}^J$	TC_q^J	$TC_{l'}^A$	TC_q^A	TCF^J	TCF^A	-	TC
第3国からの輸入		$IMP_{l'}^J$	IMP_q^J	$IMP_{l'}^A$	IMP_q^A	$IMPF^J$	$IMPF^A$	-	IMP
環境 負荷	CO ₂	$E_{CO2,l'}^J$	$E_{CO2,q}^J$	$E_{CO2,l'}^A$	$E_{CO2,q}^A$	F_{CO2}^J	F_{CO2}^A	-	E_{CO2}
	ELV:s	0	E_{sq}^J	0	E_{sq}^A	F_s^J	F_s^A	-	E_s
付加価値額		$V_{l'}^J$	V_q^J	$V_{l'}^A$	V_q^A				

財・部門の分類数: $l'=\{1\cdots 78\}$, $n=\{1\cdots 89\}$, $o=\{1\cdots 62\}$, $q=\{1\cdots 40\}$, $s=\{1\cdots 20\}$

表6 アジア国際自動車リサイクル産業連関表の雛型（正方表）

		日本：J		アジア：A		最終需要			計
		動脈部門：l'	静脈部門：q	動脈部門：l'	静脈部門：q	日本：J	アジア：A	第3国	
日本 ：J	動脈財：l'	$X_{l'l'}^{JJ}$	$X_{l'q}^{JJ}$	$X_{l'l'}^{JA}$	$X_{l'q}^{JA}$	$F_{l'}^{JJ}$	$F_{l'}^{JA}$	$EXP_{l'}^{JO}$	$X_{l'}^J$
	静脈部門：q	$W_{ql'}^{JJ}$	W_{qq}^{JJ}	$-S_{qn}^J W_{nl'}^{JA}$	0	F_q^{JJ}	$-F_q^{JA}$	$-EXP_q^{JO}$	W_q^J
アジア ：A	動脈財：l'	$X_{l'l'}^{AJ}$	$X_{l'q}^{AJ}$	$X_{l'l'}^{AA}$	$X_{l'q}^{AA}$	$F_{l'}^{AJ}$	$F_{l'}^{AA}$	$EXP_{l'}^{AO}$	$X_{l'}^A$
	静脈部門：q	0	0	$W_{ql'}^{AA}$	W_{qq}^{AA}	0	F_q^{AA}	$-EXP_q^{AO}$	W_q^A
運賃・保険・関税等		$TC_{l'}^J$	TC_q^J	$TC_{l'}^A$	TC_q^A	TCF^J	TCF^A	-	TC
第3国からの輸入		$IMP_{l'}^J$	IMP_q^J	$IMP_{l'}^A$	IMP_q^A	$IMPF^J$	$IMPF^A$	-	IMP
環境 負荷	CO ₂	$E_{CO2,l'}^J$	$E_{CO2,q}^J$	$E_{CO2,l'}^A$	$E_{CO2,q}^A$	F_{CO2}^J	F_{CO2}^A	-	E_{CO2}
	ELV:s	0	E_{sq}^J	0	E_{sq}^A	F_s^J	F_s^A	-	E_s
付加価値額		$V_{l'}^J$	V_q^J	$V_{l'}^A$	V_q^A				

財・部門の分類数：l'={1・・・78}、n={1・・・89}、o={1・・・61}、q={1・・・40}、s={1・・・20}

$$\begin{bmatrix} X_{l'}^J \\ X_q^J \\ X_{l'}^A \\ X_{lq}^A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{l'l'}^{JJ} - A_{l'l'}^{JJ} & -A_{l'q}^{JJ} & -A_{l'l'}^{JA} & -A_{l'q}^{JA} \\ -A_{ql'}^{JJ} & I_{qq}^{JJ} - A_{qq}^{JJ} & -A_{ql'}^{JA} & 0 \\ -A_{l'l'}^{AJ} & -A_{l'q}^{AJ} & I_{l'l'}^{AA} - A_{l'l'}^{AA} & -A_{l'q}^{AA} \\ 0 & 0 & -A_{ql'}^{AA} & I_{qq}^{AA} - A_{qq}^{AA} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_{l'}^{JJ} + F_{l'}^{JA} + EXP_{l'}^{JO} \\ F_q^{JJ} - F_q^{JA} - EXP_q^{JO} \\ F_{l'}^{AJ} + F_{l'}^{AA} + EXP_{l'}^{AO} \\ F_q^{AJ} - F_q^{AA} - EXP_q^{AO} \end{bmatrix} \quad \dots(1)$$

$$\begin{bmatrix} E_{CO2,l'}^J & 0 \\ E_{CO2,q}^J & E_{sq}^J \\ E_{CO2,l'}^A & 0 \\ E_{CO2,q}^A & E_{sq}^A \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} e_{CO2,l'}^J & 0 \\ e_{CO2,q}^J & e_{sq}^J \\ e_{CO2,l'}^A & 0 \\ e_{CO2,q}^A & e_{sq}^A \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} I_{l'l'}^{JJ} - A_{l'l'}^{JJ} & -A_{l'q}^{JJ} & -A_{l'l'}^{JA} & -A_{l'q}^{JA} \\ -A_{ql'}^{JJ} & I_{qq}^{JJ} - A_{qq}^{JJ} & -A_{ql'}^{JA} & 0 \\ -A_{l'l'}^{AJ} & -A_{l'q}^{AJ} & I_{l'l'}^{AA} - A_{l'l'}^{AA} & -A_{l'q}^{AA} \\ 0 & 0 & -A_{ql'}^{AA} & I_{qq}^{AA} - A_{qq}^{AA} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_{l'}^{JJ} + F_{l'}^{JA} + EXP_{l'}^{JO} \\ F_q^{JJ} - F_q^{JA} - EXP_q^{JO} \\ F_{l'}^{AJ} + F_{l'}^{AA} + EXP_{l'}^{AO} \\ F_q^{AJ} - F_q^{AA} - EXP_q^{AO} \end{bmatrix} \quad \dots(2)$$

$$\text{投入係数：} \begin{bmatrix} A_{l'l'}^{JJ} & A_{l'q}^{JJ} & A_{l'l'}^{JA} & A_{l'q}^{JA} \\ A_{ql'}^{JJ} & A_{qq}^{JJ} & A_{ql'}^{JA} & 0 \\ A_{l'l'}^{AJ} & A_{l'q}^{AJ} & A_{l'l'}^{AA} & A_{l'q}^{AA} \\ 0 & 0 & A_{ql'}^{AA} & A_{qq}^{AA} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{l'l'}^{JJ} & X_{l'q}^{JJ} & X_{l'l'}^{JA} & X_{l'q}^{JA} \\ W_{ql'}^{JJ} & W_{qq}^{JJ} & W_{ql'}^{JA} & 0 \\ X_{l'l'}^{AJ} & X_{l'q}^{AJ} & X_{l'l'}^{AA} & X_{l'q}^{AA} \\ 0 & 0 & W_{ql'}^{AA} & W_{qq}^{AA} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{l'}^{J-1} \\ X_q^{J-1} \\ X_{l'}^{A-1} \\ X_{lq}^{A-1} \end{bmatrix}$$

$$\text{環境負荷排出係数：} \begin{bmatrix} e_{CO2,l'}^J & 0 \\ e_{CO2,q}^J & e_{sq}^J \\ e_{CO2,l'}^A & 0 \\ e_{CO2,q}^A & e_{sq}^A \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} E_{CO2,l'}^J & 0 \\ E_{CO2,q}^J & E_{sq}^J \\ E_{CO2,l'}^A & 0 \\ E_{CO2,q}^A & E_{sq}^A \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} X_{l'}^{J-1} \\ X_q^{J-1} \\ X_{l'}^{A-1} \\ X_q^{A-1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{正方変換式：} & W_{ql'}^{JJ} = -S_{qn}^J W_{nl'}^{JJ} + S_{qo}^J W_{ol'}^{JJ}, \quad W_{qq}^{JJ} = S_{qn}^J W_{nq}^{JJ} + S_{qo}^J W_{oq}^{JJ}, \quad W_{ql'}^{JA} = -S_{qn}^J W_{nl'}^{JA} \\ & F_q^{JJ} = S_{qo}^J F_o^{JJ}, \quad F_q^{JA} = S_{qn}^J F_n^{JA}, \quad EXP_q^{JO} = S_{qn}^J EXP_n^{JO} \\ & W_{ql'}^{AA} = -S_{qn}^A W_{nl'}^{AA} + S_{qo}^A W_{ol'}^{AA}, \quad W_{qq}^{AA} = S_{qn}^A W_{nq}^{AA} + S_{qo}^A W_{oq}^{AA}, \\ & F_q^{AA} = S_{qo}^A F_o^{AA}, \quad EXP_q^{AO} = S_{qn}^A EXP_n^{AO} \end{aligned}$$

次に自動車再資源化モデルを用いて、以下の国内再資源化システムと国際再資源化システムに関する2つのシナリオについての埋立・放置量（最終埋め立て量に放置車両等の環境負荷を足したもの）とCO₂排出量を推計する。埋立量は(1)式から、放置量やCO₂排出量は(2)式から得られる。

各シナリオの埋立・放置量、CO₂排出量の推計結果について現状を基準に取った場合の変化量を、それぞれ図3に示す。

シナリオ1：国内再資源化システム

ELVに関連する輸出を禁止し、日本タイで個別に使用済み自動車を再資源化处理するケース。このとき、タイではもともと再資源化处理を行っていなかったため、鉄屑、アルミ屑などのマテリアルリサイクルを中心とした再資源化处理状況を配分行列で設定した。このとき、タイでの再資源化处理方式として、アジアに適した破碎処理を行わない（つまり、シュレッダーダストが生じない）解体中心のシュレッダーレス方式を採用した。同時に、タイの動脈部門の鉄屑、アルミ屑などの再生財の需要も外生的に与えた。また、タイの動脈部門では、日本からの中古車及び中古部品の輸出禁止の影響（代替）として、新車及び新部品の需要の増加シナリオも外生的に与えた。

シナリオ2：国際再資源化システム（日本輸出）

使用済み自動車に関連する輸出は是とし、タイで排出されるELVも、すでに再資源化处理技術を持つ日本で再資源化处理するケース。シナリオ1との比較を考慮して、タイの静脈部門での鉄屑、アルミ屑などの再生財の需要シナリオは変化させない。

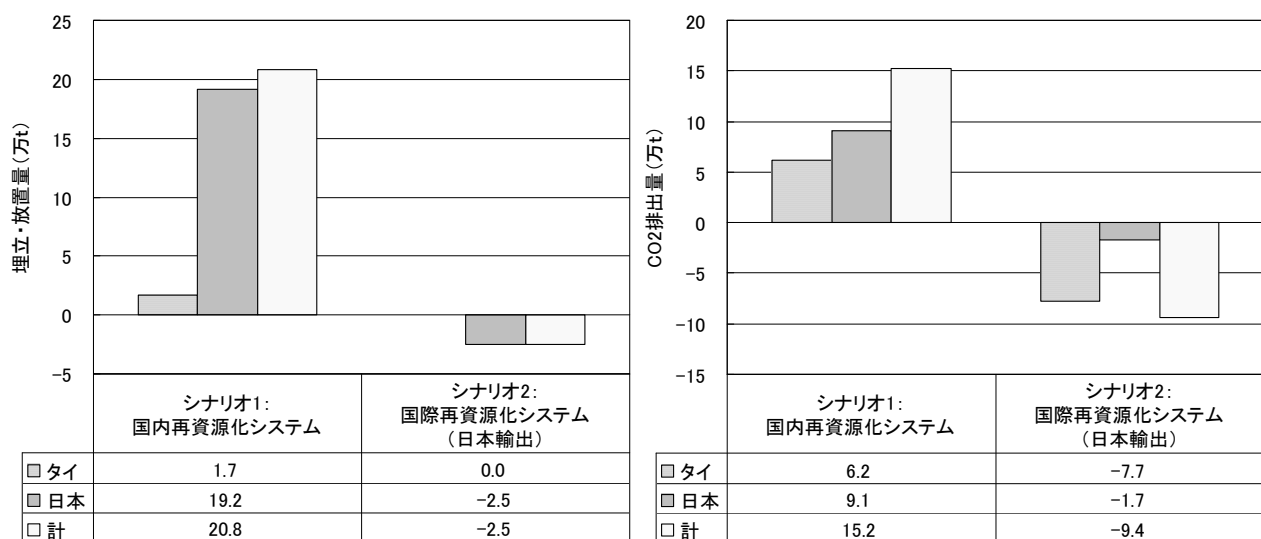


図3 各シナリオにおける埋立量とCO₂排出量の変化量

図3より、埋立量に関しては、シナリオ1の国内再資源化システムでは日本、タイ共に輸出禁止による処理量の増加の影響により埋立・放置量が約20万t（日本で約18万t、タイで約2万t）増加する結果が得られた。またシナリオ2の国際再資源化システムでは、タイからのELVの処理以上にタイでのリサイクル需要が大きく、結果として日本の埋立・放置量は約3万t減少し、またタイではゼロとなる結果になった。CO₂排出量については、シナリオ1の国内再資源化システムでは、日本、タイ共に処理量の増加や輸入禁止による代替財である新車及び部品の追加的な生産による波及の結果としてCO₂排出量は約15万t（日本で約9万t、タイで約6万t）増加する結果が得られた。またシナリオ2の国際再資源化システムでは、反対にタイのリサイクル需要の増加による代替

財である新車及び部品の生産が減少し、その結果として、両国でのCO₂排出量は約10万 t（日本で約2万 t、タイで約8万 t）減少する結果となった。ただし、貿易や自動車使用に伴うCO₂排出量を無視しているため、今回の広域リサイクルで得られたCO₂排出量の削減効果は、減少することが予想される。以上より得られた結果を整理すると、環境側面からは国内再資源化システムより国際再資源化システムの方が有効である結果が得られた。ただしCO₂排出量に関しては、貿易と自動車使用に伴うCO₂排出量を考慮していないため、その結果を踏まえて議論する必要がある。

（3）平成17年度

平成17年度は、平成16年度に精緻化した自動車保有・使用モデルを用いて、車検制度の改善に加え、中古自動車輸入規制の緩和のシミュレーション分析を行った。また、平成16年度に引き続き、自動車再資源化モデルを用いて、国際再資源化システムのシナリオとして、新たに、タイ国内で適正に使用済み自動車を再資源化处理するシナリオを作成して再評価した。自動車保有・使用モデルによる車検制度、輸入規制のシミュレーション分析については①、自動車再資源化モデルによる国際再資源化システムの再評価については②に示す。

①自動車保有・使用モデルによる車検制度、輸入規制のシミュレーション分析

平成 16 年度に精緻化した自動車保有・使用モデルを用いて車検制度、輸入規制のシミュレーション分析を行う。車検制度、輸入規制のとして、以下の 2 つのケースを取り上げ、各ケースの 2020 年における燃料消費量の削減効果を推計した。ただし、外生変数である実質 GDP、世帯所得は NEPO（国家エネルギー政策局）の予測値（年成長率 5%）を用いた。各ケースの燃料消費量の削減量と削減率を表 7 に示す。

ケース 1：車検制度の改善

- 車検費用の増加に伴う保有費用の増加（2 倍）
- 検査による不適合車の増加に伴う廃車率の増加（1.1 倍）
- 検査による部品交換・修理より走行燃費の向上（燃費の経年劣化がなくなると設定）

ケース 2：中古車輸入規制の緩和（タイの中古車輸入禁止を撤廃）

- 中古車輸入禁止を撤廃による自動車需要の増加に伴う自動車価格の減少（10%、新車の半額である輸入中古車が全体の 20%と設定）
- 輸入中古車の保有の増加による高車令車の廃棄の増加（1.1 倍）
- 輸入中古車の保有の増加による走行燃費の悪化（1%）

表 7 各ケースの燃料消費削減率

		BAU (2020) (億 l)	ケース 1： 車検制度の改善	ケース 2： 輸入規制の緩和
燃料 消費量	ガソリン	18.1	-4.3	+9.9
	経由	51.8	-0.1	+0.2

表 7 より、車検制度の改善により燃料消費量の削減効果が期待できる結果が得られた。しかし、

中古車輸入規制の緩和は、反対に燃料消費量を増加させることを確認した。車検制度の改善の効果として、2020 年において、燃料消費削減率はガソリン 4.3%、軽油 0.1%という結果となった。これは、車検制度の改善により、保有費用の高騰により自動車保有が減少し、また走行性能の向上により走行距離の増加と走行燃費の改善が進んだ結果と考えられる。一方、中古車輸入規制の緩和では、同年において、燃料消費増加率でガソリン 9.9%、軽油 0.2%という結果が得られた。これは、中古車輸入規制の緩和により、輸入中古車の増加により自動車保有が増加し、また走行性能の悪化により走行燃費の悪化が進んだ結果と考えられる。以上より、現在のタイの中古車輸入禁止であるが中古車輸入されている輸入規制が機能していない実態、また今後のアセアン自由貿易圏（ASEAN Free Trade Area=AFTA）の進展より、上記の輸入規制の緩和のケースは避けられず、それに伴い燃料消費量がさらに増加することが考えられる。このとき、個別対策の一つとして車検制度が有効であることが確認できた。

②自動車再資源化モデルによる国際再資源化システムの再評価

平成 16 年度に開発した自動車再資源化モデルを用いて、平成 16 年度の国際再資源化システム（日本輸出）のシナリオに、さらに、タイ国内で発生した使用済み自動車を、タイ国内で適正に再資源化处理する国際再資源化システム（タイ処理）のシナリオを加え、再評価した。このとき、タイでの適切な再資源化处理として、解体中心のシュレッダーレス方式に加えタイヤ、バッテリー、液類、フロン、ガラス等の事前選別を適正に処理するように設定した。図 4 に、新たなシナリオを加えた、国内再資源化システム、国際再資源化システム（タイ処理）、国際再資源化システム（日本輸出）の埋立・放置量と CO₂ 排出量の変化量を示す。CO₂ 排出量は、今回、貿易由来分についても、産業技術総合研究所が開発した LCA ソフト（AIST-Ver. 4）を用いて推計した。

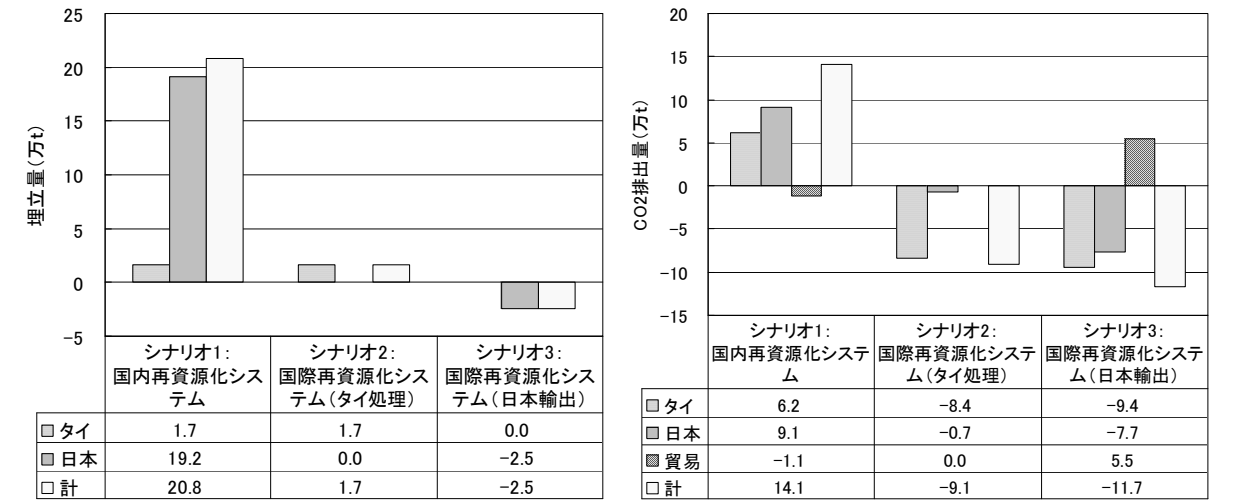


図 4 各シナリオにおける埋立量と CO₂ 排出量の変化量（千 t）

図4より、国内再資源化システムより国際再資源化システムの方が埋立・放置量、CO₂排出量に関しては効果的であることを再確認するとともに、国際再資源化システムでも、タイ国内で適切に再資源化处理を行うより、日本に再資源化处理を委託するケースの方がより効果的であることを明らかにした。以上のことは、特にタイのように既存の再資源化处理体性を有していないような

国では、日本のように、十分な体制を有している国で再資源化处理を行う国際リサイクルの可能性を示している。ただし、今回貿易に伴うCO₂排出量は考慮されているが、自動車使用に伴うCO₂排出量については考慮されていない。その結果を踏まえて慎重に議論する必要がある。

4. 本研究により得られた成果

平成15年度の成果を以下に整理する。

- (1) タイの中古車及び部品の保有・使用に関連する統計についてその整備状況とその性質を整理したところ中古車は、車種、地域等についてそれなりの種類と時系列分析に必要な最低レベルの時系列データを有しているのに対し、中古部品はディーゼルエンジン以外ほとんど統計が整備されていない状況であることを把握した。
- (2) 日本発の使用済み自動車を中古車及び部品として使用する際に発生する環境負荷量を定量的に評価する手法の開発の第一歩として、タイの自動車の保有と使用のモデル化を行った。

平成16年度の成果を以下に整理する。

- (1) 平成16年度に開発したタイでの自動車保有・使用モデルを精緻化した。そのモデルを用いて自動車運輸政策について各種シミュレーション分析を行い、鉄道整備投資の増額や歳出比率の変更は、他のバス整備歳出比率の変更やガソリン税の増額より燃料削減効果が高いことを明らかにした。
- (2) サブテーマ(2)で作成した日本とタイを対象にしたアジア国際自動車リサイクル産業連関表から得られる各種係数から導出される産業連関モデルをベースとした自動車再資源化モデルを開発した。
- (3) 自動車再資源化モデルを用いて生産や再資源化に活動に絞った場合に、一国で閉じた再資源化システムより国際的な再資源化システムの方が、埋立・放置量やCO₂排出量といった環境側面において有効であることを明らかにした。

平成17年度の成果を以下に整理する。

- (1) 平成16年度に精緻化した自動車保有・使用モデルを用いて、タイでの車検制度の改善、輸入規制の緩和についてのシミュレーション分析を行った。結果より、車検制度の改善は燃料削減効果が高いこと、輸入規制の緩和は燃料消費量を増加させることを明らかにした。
- (2) サブテーマ(2)で作成した自動車再資源化モデルを用いて、国際的な再資源化システムに、新たにタイ国内で使用済み自動車を適正に再資源化处理するシナリオを加えて再評価した。結果として、国際的な再資源化システムでも、日本で再資源化处理するより、タイ国内で適正に再資源化处理する方が埋立量やCO₂排出量の削減効果が高いという結果が得られた。

5. 引用文献

- (1) 谷下雅義、遠藤謙一郎ら：土木計画学研究・論文集、Vol. 16、pp505-512頁（1999年）「自動車関連税制の変更による燃料消費量削減効果推計手法の開発」
- (2) 谷下雅義、入谷光浩ら：土木計画学研究・論文、Vol. 19、455-463頁（2002年）「自動車関連税制の変更による燃料消費量削減効果の分析」

- (3) Parks, R. W., ; Econometrica 45, pp.99-116 (1977) “Determinants of Scrappage Rates for Postwar Vintage Automobiles”

6. 国際共同研究等の状況

なし

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表（学術誌・書籍）

〈論文（査読あり）〉

なし

〈査読付論文に準じる成果発表〉

なし

〈その他誌上発表（査読なし）〉

なし

(2) 口頭発表

- ① 布施正暁・谷下雅義・鹿島茂：「タイにおける自動車の燃料消費量推計モデルの開発」、土木学会年次学術講演会講演概要集、第4部58巻、563-564頁、2003年
- ② 布施正暁・谷下雅義・鹿島茂：「タイにおける自動車の燃料消費量推計手法の開発」、第28回土木計画学研究発表会・講演集、26巻、CDR、2003年
- ③ Fuse, Masaaki and Shigeru Kashima: 2004 World Conference of Transportation Researches, 8 page in CDR (2004)“Automobile Fuel Consumption Model in Thailand”

(3) 出願特許

なし

(4) マスコミ等への公表・報道等

なし

8. 成果の政策的な寄与・貢献について

今回タイを対象に開発した自動車保有・使用モデルや再資源化モデルは、運輸政策やリサイクルシステム等の使用・再資源化に関する幅広い対策や技術の環境影響の評価を可能した。よって開発したモデルはタイでの自動車の使用や再資源化に関する政策の地球環境負荷量削減効果を総合的に評価する際の分析ツールとして貢献するだけでなく、その分析結果はタイの温暖化対策を立案する際に有益な知見となることが期待できる。また他の東アジア諸国で同様の政策評価をする際のプロトタイプのモデルとしても貢献することが期待できる。