

バンコクにおける運輸事業からのCO₂排出量の推計に関する研究*

Study on Estimation of CO₂ Emission from Transport Operation in Bangkok *

福田敦**・舩巴亮***・白川泰樹****・小林伸治*****

By Atsushi FUKUDA**・Ryo MASUTOMO ***・Yasuki SHIRAKAWA ****・Shinji KOBAYASHI*****

1. はじめに

京都議定書を承認した開発国は設定された温室効果ガスの排出枠を遵守しなければならないが、遵守できない場合も想定される。このような場合に備えて、追加的排出枠を獲得する方法、京都メカニズムが準備されており、その一つにクリーン開発メカニズム（CDM）がある。この方法は、開発途上国において温室効果ガス排出削減事業を開発国側が実施することで排出権を獲得するものであるが、開発途上国側にも技術移転などのメリットがあるため実施に対する関心は高い。

しかし、CDM事業としてCDM理事会の承認をえるためには、温室効果ガス排出削減量を推計する一般性のある方法論を準備し、技術審査委員会の承認を得る必要があり、各種の統計データが未整備である開発途上国でこのような推計方法を準備するのは大変難しいと考えられている。そこで、国土交通省では、過去3年に渡り、タイの首都バンコクをモデル地域として、運輸分野におけるCDM事業の実施可能性に

関する調査を行い、この中で温室効果ガス排出削減量の推計方法について基本的なデータの作成を含め準備を行ってきた。

本稿では、温室効果ガスの中で最も排出割合の大きいCO₂を対象に、この調査の中で検討した排出量推計方法および幾つかの想定事業における推計結果について報告する。

2. CDM事業における温室効果ガス排出削減量の算出の考え方

（1）運輸分野において想定されるCDM事業

これまで運輸分野におけるCDM事業に関して幾つかの検討がなされ、方法論も4件が技術審査委員会に提出されたが、採択されたものは1件も無い。

そこで、タイあるいはバンコクを想定し、運輸分野において温室効果ガス、特にCO₂の排出量の削減が可能な事業の選定を最初に行なった。その結果、エンジンの改良による燃焼効率の向上やアイドリングストップの導入などによって燃料消費量を削減させる事業、バイオディーゼル混合軽油の供給やCNGエンジンなどへの転換によって代替燃料を利用する事業、化石燃料を使用する乗用車の利用から公共交通などへの利用の変換による自動車の利用を削減させる事業、信号制御の導入などによる渋滞緩和によって無駄に消費される燃料を削減する事業など様々な事業が想定され、これを大きく分けるとバスやタクシーなど特定の車両を対象とする事業と不特定多数の交通を対象とする事業になることが分った。なお、この中でバウンダリーや追加性などが十分に説明可能であるかどうかによってCDM事業として可能性のある事業を選定し、さらに幾つかの事業に関して実際に排出削減量や獲得できるCERを算定し、事業としての成立可能性について検討を行なった。

*キーワード：温室効果ガス、クリーン開発メカニズム

**正員、工博、日本大学理工学部社会交通工学科

（千葉県船橋市習志野台7-24-1、
TEL047-469-5355、FAX047-469-5355）

***非会員、(社)海外運輸協力協会調査部

（東京都港区虎ノ門1-19-10第6セントラルビル、
TEL03-3501-1462、FAX03-3501-1466）

****非会員、理修、(財)日本気象協会首都圏支社調査部

（東京都豊島区東池袋3-1-1サンシャイン60 55F、
TEL03-5958-8153、FAX03-5958-8157）

*****非会員、非会員、工博、(独)国立環境研究所

（茨城県つくば市小野川16-2、
TEL029-850-2973、FAX029-852-5685）

（２）温室効果ガス排出削減量の算出

a) ベースライン排出量

CDM事業によるGHG排出削減量の算出では、最初に、事業が実施されない場合の排出量の算定の基本となる状況をベースラインシナリオとして同定し、このシナリオに基づいてCDM事業が実施されない場合の温室効果ガス排出量を求める。何らかの車両からの温室効果ガス排出量を求める具体的方法としては、燃料消費量に基づいて推定する方法と交通量から推計する方法が考えられており、一般に前者がトップダウン・アプローチ、後者がボトムアップ・アプローチと呼ばれている。前述の通り運輸分野で想定される事業は様々であるが、特定の車両を対象とする事業の場合は消費される燃料の量が特定可能であり燃料消費量によって推計する方が正確なのでトップダウン・アプローチでの推計が望ましいと考えられる。一方、特定の車両ではなく交通全体を対象とする事業の場合は、対象地域以外への車両の出入りなどがあり、燃料消費量では排出量を特定できないので、交通量に基づいて排出量を求めるボトムアップ・アプローチを適用する必要がある。それぞれのアプローチの概要を表－１に示す。

b) 事業排出量の算出

CDM事業を実施した場合の排出量はベースライン排出量の算出と同様の方法で算出される。なお、燃費改善および交通流対策事業の場合は、車両の走行状態がどの程度改善するか推計しなければならず、特にトップダウン・アプローチでの推計ではリンク区間毎に交通量と平均走行速度などを含める必要があるため、これを推計する方法自体も明確にしなければならない。一般的な交通需要推計方法の利用が考えられるが精度に関する検証などが必要となる。

c) 排出削減量の算出

ベースライン排出量から事業排出量を差し引くことで、事業実施による排出量が算出される。

d) モニタリング

CDM事業の場合、実際に推計した通り温室効果ガスが削減されたかどうかをモニタリングしなければならない。この場合、ベースライン排出量および事業排出量の算定に使われる諸データを測定・収集することになる。トップダウン・アプローチの場合は、主に燃料消費量や発熱量、排出係数などを、ボトムアップ・アプローチの場合は、車種別交通量や平均区間速度などを観測する必要がある。このことから、ベースライン排出量および事業排出量の算定方法は十分検証可能な方法でなければならないことが明らかである。

３．バンコクにおける温室効果ガス排出削減量の算出のためのデータの準備

（１）車種別速度別CO₂排出係数の推計

前述のとおり温室効果ガスの推計にボトムアップ・アプローチを適用する場合、車種別速度別CO₂排出係数が必要となるが、バンコクではこれまで計測されたことがなかったため、現地にて走行実態調査を実施し、車種別速度別実走行モードを作成し、このモードに従ってシャングダイナモによるCO₂排出量の計測を行い、車種別速度別CO₂排出係数を作成した。

a) 走行モードの作成

実態調査では、乗用車の代替としてのタクシー3台、小型トラック1台、バス3台（3路線；路線番号82、145、512）に、GPSアンテナと記録装置などからなる測定器を搭載し、走行位置や車速等の詳細な走行データを取得した。この結果、乗用車、小型トラック、バスについてそれぞれ約11,000km、約4,300km、約1,100kmの走行データを取得することができた。

走行実態調査の結果を詳細に解析し、バンコク市

表－１ 温室効果ガス推計における２つのアプローチの概要

	トップダウン・アプローチ	ボトムアップ・アプローチ
概要	燃料消費量と燃料種別排出係数(g/litre)等を用いて計算	車種別速度別排出係数(g/km 等)と車種別交通量、道路延長等を用いて計算
適用可能プロジェクトの例	主に、燃料転換等の自動車単体対策のプロジェクト等	主に、交通流の改善等の交通対策のプロジェクト等
計算式の例	$E_{fuel} = FC_{fuel} \times NCV_{fuel} \times EF_{fuel}$ E_{fuel} : 燃料種別排出量 (tC) FC_{fuel} : 燃料種別燃料消費量 (litre) NCV_{fuel} : 燃料種別発熱量 (MJ/litre) EF_{fuel} : 燃料種別排出係数 (tC/TJ)	$E = \sum_k \sum_i (D_k \times T_{ki} \times Ef_{ki} \times 365)$ k : 道路区間番号 D_k : 道路区間別距離 (km) T_{ki} : 区間別車種別交通量 (台/日) Ef_{ki} : 車種別車速別排出係数 (g/km)

における実走行モードを乗用車、バス、小型トラックの3車種について作成した。なお、CDM事業では、車速が変化した場合の排出量の増減等を見積もる必要性が想定されるため、平均車速別の排出係数を算出できるように平均車速別に作成した。結果の一例として、タクシーの走行軌跡の取得状況を図-1に、速度別走行モードを図-2に示す。

b) 自動車排気ガスの測定

バンコクを実際に走行している車両について、バンコク市実走行モードを用いてシャシダイナモ試験を実施し、自動車排気ガスの測定を行った。測定には、タイ政府天然資源・環境省の公害管理局（PCD; Pollution Control Department）のシャシダイナモ試験施設（ガソリン車用、大型ディーゼル車用、小型ディーゼル用）を用いた。試験車種は、乗用車、小型トラック、バス及び大型トラックとし、試験車両は、バンコク市の車種別の自動車保有台数等を勘案して、乗用車50台、小型トラック30台、大型トラック4台、及びバス44台（ミニバス、エアコン無しのバス、エアコンバス、CNGバスを含む）を選定した。

また、ディーゼルエンジンを搭載する小型トラック2台及びバス2台にバイオディーゼル混合軽油（パームメチルエステル20%混合及びココナッツメチルエステル20%混合）を使用した場合に関しても、別途シャシダイナモ試験を実施し、バイオディーゼル混合軽油を代替燃料と使用した場合の自動車排気ガスの測定を行った。

c) CO₂排出係数等の算出

シャシダイナモ試験の結果より、各車両についてCO₂（二酸化炭素）の排出係数および燃料消費率を算出した（なお、沿道大気への影響も評価できるよう、CO（一酸化炭素）、HC（炭化水素）、NO_x（窒素酸化物）の排出係数も算出した。また、ディーゼル車についてはPM（粒子状物質）の排出係数を算出した）。結果の一例として、バスのタイプ別のCO₂の排出係数を図-3に示す。この結果から、CO₂の排出係数は、いずれも0 km/h付近で最も大きく、車速が大きくなるに従って小さくなり、60 km/h付近で最小となっている。また、エアコンバスが最も小さく、次いで、エアコン無しのバス、ミニバスの順となっている。

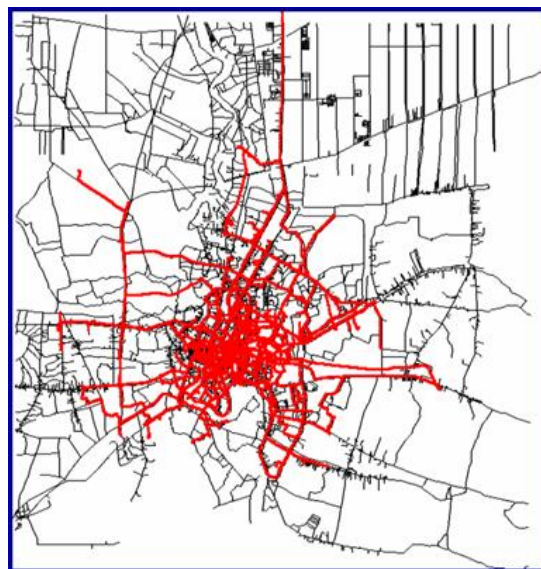


図-1 タクシーの走行軌跡の取得状況の例

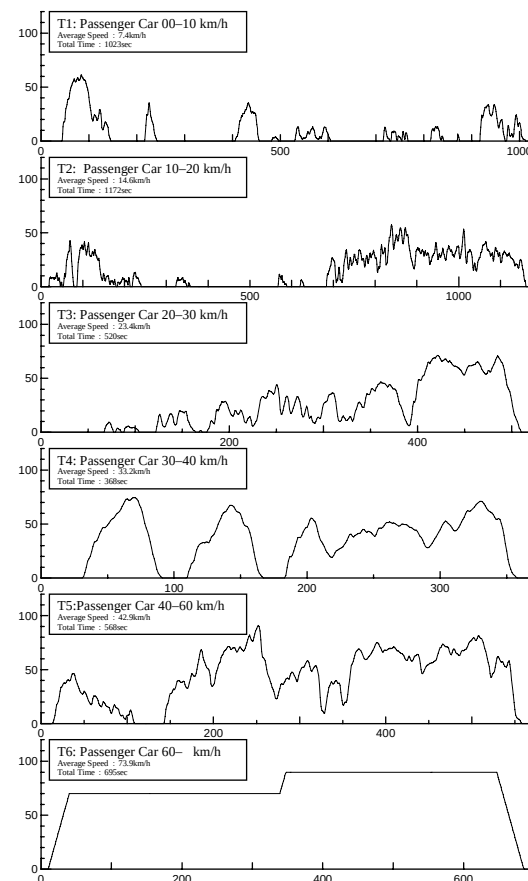


図-2 速度別走行モード（タクシーの場合）

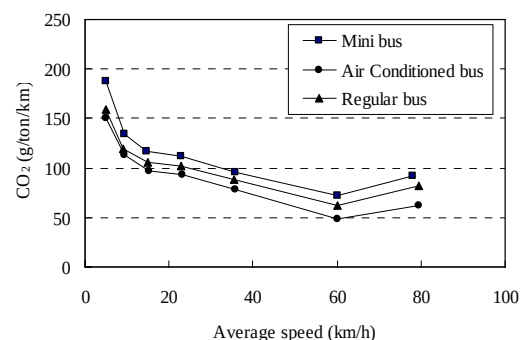


図-3 バスのタイプ別のCO₂の排出係数

4. バンコク市における公共バス交通からのCO₂排出量の算出結果

(1) 公営バスからのCO₂排出量

バンコク市内でバンコク大量輸送機関公社（以下、BMTA）によって運営されているバスの内、3,670両を対象にCO₂排出量を推計した。これは、CDM事業ではベースライン排出量に相当する。具体的推計方法としては、図-4 に示すボトムアップ・アプローチの手順にしたがってBMTAのバスだけについて推計する方法と、表-1 に示す式に、BMTA全体での年間の燃料消費量、タイエネルギー省による燃料別発熱量及びIPCCによる燃料別排出係数を入力して推計するトップダウン・アプローチの2つのアプローチにしたがって推計した。また、走行状態の計測対象であった82番、145番、512番の3つのバス路線についても調査結果に基づいて、平均走行速度を、それぞれ10、15、15Km/hと仮定して、推計を行なった。

その結果を表-2 に示す。対象が特定できるバス車両を対象とし推計したが、両者の推計結果には10～30%程度の開きが生じてしまった。これが妥当であるかは判断の分かれるところであるが、推計をより精緻化するためには、今回仮に代入した変数などを、調査などを行なって妥当なものに置き換える必要があると考えられる。

(2) 公営バスへのバイオディーゼル混合軽油供給事業

先のBMTAが運行する3,670両のバスにパームメチルエステルを20%混合したバイオディーゼル混合軽油を供給する事業を想定し、その場合のCO₂排出量を推計した。推計の基本的な考え方は、混合したパームメチルエステル20%に相当する年間36,520KLの軽油から排出される年間約8万トンのCO₂が自然起源によるものとして削減されるものとする。なお、シャシダイナモ試験によって、バイオディーゼル混合軽油からのCO₂の排出原単位は、軽油100%とほぼ同じであることを確認しているので、パームメチルエステルと軽油を等しいと考えて推計を行なっている。CDM事業として実施する場合は、この削減量からさらに、輸送のために排出されるCO₂量を減じる必要がある。

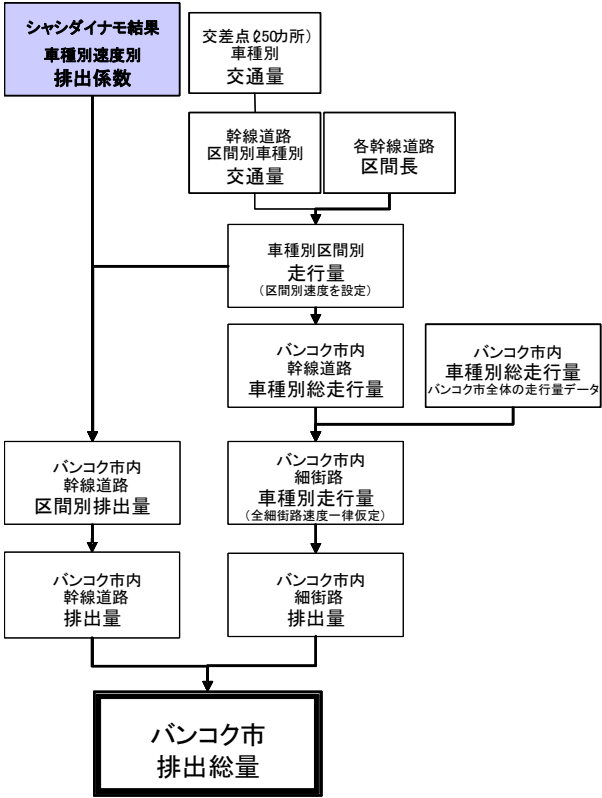


図-4 ボトムアップ・アプローチの手順

表-2 BMTAバスからCO₂排出量の推計結果

		トップダウン ①	ボトムアップ ②	誤差 (①-② /②)
全体		10,508,161	11,387,384	8%
BMTA バス	全体	412,922	484,186	15%
	No.82	1,627	1,354	20%
	No.145	2,954	3,445	14%
	No.512	6,046	4,578	32%

5. おわりに

本稿では、運輸分野におけるCDM事業の実施を念頭に、その中で核となる温室効果ガス、特にCO₂の推計方法を検討し、タイの首都バンコクでのバス事業を対象に推計した結果について検討した結果について報告した。

CO₂の推計については、幾つかの方法が考えられ、より精緻な推計を行なうためには、方法論と合わせて、交通量などを推計する方法や各種の原単位を整備する必要があることが分った。

なお、本稿における内容は平成15年度、平成16年度に実施された「地球環境問題解決のためのクリーン開発メカニズム（CDM）推進事業」における分析結果に拠っている。ここに、関係各位に謝意を表すものである。