

途上国における都市公共交通への代替燃料導入に関する考察 -デリーを例に-

A Practice of Alternative Fuel Introduction for Motorized Urban Public Transport in Developing Countries.*

中川 義也**、小島 宗隆***、輪湖 信一郎****

By Yoshiya NAKAGAWA**, Munetaka KOJIMA***, Shinichiro WAGO****

1. はじめに

(1) 背景と目的

途上国の多くの大都市では、乗り合いのバス交通やパラトランジット交通が重要な交通機関である。これらは運用面での諸問題（中古エンジン・低劣な燃料の使用、メンテナンス不足、非効率な客待ち、過剰な供給台数など）を抱えており、結果的に大気環境に与える影響は大きい。各国ではバスやパラトランジットなどの都市交通事業車両（以下、事業車両）に対する発生源対策を進めているが、実効が伴わない例が多いのが実情である。そこで、根本的な解決策として、既存燃料より排出ガスの有害性が低い代替燃料（圧縮天然ガス（CNG））導入が検討されており¹、デリーでは1998年から2002年にかけて実施された。

事業車両への代替燃料導入はODA分野においても考慮すべき問題のひとつであると考えられる。そのためには、途上国の技術レベル、導入手法、制度化などの対応についての検討・支援が必要とされる。

本論はその一助として、インド・デリーでの事業車両を対象としたCNG導入過程において発生した諸問題を整理し、途上国で代替燃料を導入する場合の課題・方向性の考案をまとめるものである。

(2) 既往文献と本論の位置づけ

事業車両への代替エネルギー導入に関する議論はM. P. Walshによるサマリー²が充実している。多くの論点は既存燃料（ディーゼル）との比較であり、環境影響の考察として有益であるが、公共交通への導入や導入過程に関する議論は少ない。最近の途上国での公共交通政策については、E. Vasconcellos³やHalcrow Fox社⁴の報告が詳しいが、近年の規制緩和や事業者の競争に焦点があてられており、環境面からのアプローチはとられていない。

わが国の途上国での交通公害の対応施策については表ら⁵が包括的な調査フレームをまとめており、また、国内の団体⁶もこのフレームに沿った調査を実施しており施策体系、実証研究も進んできている。しかし、代替燃料導入は包括的な発生源対策メニューの一つであり、具体的な実施方法の研究調査は少ない。本論は途上国での具体的な実施過程研究を補完するものである。

中川⁷は、途上国に対するバス事業支援を考察する一手法としてバス支援マトリクスによる調査手法を提案しており、本論はこの手法に基づいて調査を進めた。また同論では、インドネシア・スラバヤにおけるパラトランジット交通へのCNG導入事例を報告している。これは、地元タクシー企業とパラトランジット運行組合が参加した、「企業間協調型」の代替燃料導入例として位置づけられるが、本論で紹介するデリーの事例は行政による規制を主としたトップダウン型による事例を取り扱うものである。

(3) 調査・分析

調査は文献調査と関係者へのインタビューにより実施した。文献は現地にて関連する交通計画案、研

*キーワード：公共交通、発展途上国、発生源対策、CNG

**正員、修（工）（株）パデコ・コンサルティング本部

（東京都千代田区神田神保町2-2、03-3238-9421

nakagawa@padeco.co.jp）

***正員、修（工）（社）海外運輸協力協会（JTCA）（東京都港区虎ノ門1-19-10、03-3501-1462、kojima@jtca.or.jp）

****正員、（株）企画開発、（東京都渋谷区恵比寿西2-3-3、03-5458-1811、wago@crp.co.jp）

究報告、政府ペーパー、新聞記事などを収集した。また、2002年1月に現地にて関係者にインタビュー^{viii}した。

分析として、まず、デリーにおける代替燃料導入の背景を時系列に整理した。また、実際の規制内容と達成状況、現状の問題点について整理した(2章)。続いて、途上国のバス事業支援において重要とされる分野(組織、車両技術、インフラ、事業計画、運行管理、事業規制、交通取締り、環境対策)での課題、それ以外の分野での課題と取り組み例を整理した(3章)。最後に、知見の整理とアジア諸都市への展開について言及した(4章)。なお、本調査は(社)海外運輸協力協会事業の一環として実施された。

2. デリーのCNG導入と達成状況^{ix}

(1) 都市概要

デリーは都市圏に約1,300万人の人口を抱える大都市である。都市人口の1/3程度はスラム居住者であるが、人口密度は最大2万人/km²、平均7千人/km²と東京都と大差ない。都市圏は砂漠に囲まれた盆地であり、換気能力に乏しい。デリーは都市鉄道を運行しておらず、市民は自家用車かバスに依存しており、バス交通の機関分担率は54%と高い^x。Delhi Transport Corporation (DTC) は約6,000台(自社2,500台、民間事業者への運営委託3,500台; 2001年末)のバス車両でデリー市内のバス運行を担っている。デリーでの大気汚染は下記のように説明できる。

- 1995~1999年、SPMとCO濃度はWHO基準値より85%継続して超過した。
- デリー在住の小児70~80%が呼吸器系疾患を持つ。

- 市内の排出ガスの70%は自動車に起因する。

(2) 代替燃料(CNG)導入の背景

1996年以降の大気汚染改善策の策定において、バスとオートリキョ-の排出ガスの有害性が問題視された。前者は不正混合軽油の価格優位性^{xi}に起因する問題、後者は2ストロークエンジンの問題が背景にある。^{xii}

CNGは政府(石油省)で混合軽油の価格よりも安く供給されるよう協力を取り付け、また、容器に密閉されるため異物混入が難しい。CNGは煤煙の排出が全くなく、SO_x、NO_xともに現状の軽油と比較し少ない。民間事業者の車両管理体制、車検実務レベルでの実効性なども背景として考えられる。

(3) 施策の実施過程

1998年1月に公害対策委員会が設置され、同年7月に規制案が策定され、インド最高裁から実施命令が下された。約3年の猶予期間が設けられたが、達成状況から同年9月30日、2002年3月31日と2度にわたって延期された。表1^{xiii}に規制内容、2時点(第一回目の締切直前、調査時点)での達成状況を示す。

(4) 改善状況、問題点のまとめ

現時点での沿道大気環境データを入手することができなかったため1999年時点での大気環境改善状況を示す(表2)。オートリキョ-の代替燃料導入は1999年に達成されていた状況であるため、その効果と読み取れる。

現時点では、2002年4月の第1週以降大規模な取締りが実施されデリー市内で営業するディーゼルバス約6,000台が全面的に排除された。この結果、車

表1 代替燃料導入に関する命令内容、達成状況(良い- --- ---x-悪い)

命令内容(1998年7月)	達成状況(2001年2月現在)	2002年1月現在
2001年4月までに、デリー市内のバス運行台数を6,000台から10,000台に増車し、全てをCNGで運行。	デリー市内で約5,000台が運行され、うち95%が未だディーゼル車両---x	約7,000台が運行され、約2,300台がCNG車両---x
1990年以前に製造されたタクシー、オートリキョ-は2000年3月31日までに廃棄の上、低公害仕様車に更新。	該当するリキョ-はすべて廃棄された。---	左と同様---
デリー市政府は1990年以降に製造されたタクシー、オートリキョ-に対して低公害車導入のための補助施策を2001年3月31日までに施行。	低公害型車両導入へのインセンティブ施策が実施されている。---	左と同様---
製造から8年以上経過した公営企業に属するバス車両は2001年3月31日までにCNGに転換するか廃棄。全てのバス車両は、公営、民営を問わずCNGのみに転換。	DTCが137台のCNGバスを新規購入。1,200台を追加注文。13台のディーゼルバスがCNG仕様で改造される。一部のスクールバスでCNG導入。---x	2001年10月にDTCにCNGバス2210台が納入され、運行開始。---
インドガス公社は2000年3月31日までに80箇所のCNG供給所をデリー市内に整備すること。	35のCNG供給所を整備---	約94(2002年4月)に増加。慢性的に不足---

両不足となり、公共交通供給の慢性的な不足が続いている。現在はスクールバスなどの CNG 車両を臨時に路線営業させ対応している状況である^{xv}。また、CNG 供給体制が十分でなく、オートリキョーは給ガス待ちに半日以上を要するため十分な営業ができていない。

デリーでの CNG 導入事例は、代替燃料導入時の公共交通の供給持続性の課題を示したといえる。

表 2 排出トン大気汚染改善状況^{xv}

汚染物質	1995-96	1998-99	改善率(%)
SO ₂	15	11	27
NO ₂	207	182	12
SPM	28	21	25
鉛	0.362	0.007	97
CO	351	337	4
HC	113	115	+2
総量	714	666	--

3. 分野別の課題考察^{xvi}

公共交通の供給「持続性の課題」の背景には途上国特有の組織制度や実施能力に関する問題が考えられる。本章では事業支援調査項目のうち 5 分野・その他について導入過程とその課題を整理する。

(1) 公共交通の事業規制及び事業実施組織

持続性の課題の要因のひとつとして、事業組織の問題が挙げられる。DTC は近年の経営状況の悪化から、バスを所有する民間事業者に対して運行距離ベースの事業委託を拡大していた。CNG 導入命令が提出された時、DTC は車両転換に対応する財源、組織があったものの、デリーの民間事業者はみな小規模であり対応できなかった。最終的に民間事業者の殆どはディーゼルバスによる営業を停止されて、供給不足に陥ったものと考えられる。

また、車両運行事業法^{xvii}において、オートリキョーは個人経営が認められているが、バスは公営事業のみと規定されている。これは、バスに対しての導入補助制度が提案されなかった背景と考えられる。現状、DTC は一層の経営改善^{xviii}の必要があり、事業者に対する補助、委託単価の改善なども期待できない。

(2) 車両導入・車両技術

持続性の課題の一因として、国内メーカーの生産可能性に関する調整が挙げられる。バス約 1 万台の

CNG 車両を生産する必要があった。

国内には生産技術がないため、輸入・自国生産に関する調整に時間がかかった。背景として自国生産に固執する大国主義が見受けられる。結局は、伊系・米系のメーカーと技術提携の上、2001 年 6 月から自国生産を開始した。結果的には価格面で国産^{xix}は輸入^{xx}よりメリットを出したことになった。

(3) 運行管理

DTC は CNG 導入に際し、運行管理部門の強化策を実施した。このため、持続性の課題に運行管理面からの影響は少なかった。強化策事例を以下に示す。

- 整備マニュアル、整備教育プログラムの新規作成
- 専門の教育センターをメーカーと共同で設立
- 整備士、ドライバーへの講習（日常点検、整備、火災事故への対処）の実施^{xxi}

また、CNG 導入後の運行上の問題として、

- 給油の時間の長さ（7~8 分/台かかる）
- 供給施設の少なさ（2000 台あたり 9 箇所）
- 供給コンプレッサーの故障
- 火災の影響（近所で火災が発生した際にガス供給がストップしたこと、など）
- 一部車両でのガス漏れセンサーの未整備
- 点検時間の長さ（燃料供給パイプの接合部の多さ）などが挙げられる。CNG バスの故障は 2001 年 6 月から 8 ヶ月間で 90 件報告され、そのうち 7 件は火災となった。

(4) インフラ整備

CNG の給油スタンドの少なさが、バス導入・運行時のボトルネックになっている。給油スタンドを整備する石油省は、公害対策委員会において CNG 供給体制を政府として保障したが、実行不十分である。エネルギー施策の範囲であるが、代替燃料導入時の課題として考慮すべき点である。

(5) 事業計画及び計画の実施組織

持続性の課題の一因として導入事業計画を策定した組織の問題が指摘できる。

インドでは、住民の生活環境に関する基準設定は、行政や立法ではなく司法が担当することがインド憲

法に示されている。近年の大気環境改善策、つまり、事業車両の改善策策定は最高裁判所がイニシアティブを持ち、公害対策委員会も最高裁の指導のもと設置された。交通部門の政府機関も委員として参加したが、必然的に公共交通の安定供給策の位置づけは低くなるものと考えられる。

(6) その他の課題

その他の分野として以下の2分野の課題を示す。

(a) エネルギー供給の不安定

実施に当たって政府はパイプラインによるCNG供給を計画したが、近年の周辺国の紛争、敷設会社の破綻により供給体制が崩壊した。代替燃料を1種類に限定した場合の燃料供給担保の重要性が示された。エネルギー施策の範囲であるが、代替燃料導入時の課題として考慮すべき点である。

(b) 軽油ロビーの存在

軽油ロビーらは、将来の軽油の品質向上を理由に最高裁命令に反対^{xvii}し、実施体制に混乱をもたらした。

4. 終わりに

デリーでの事業車両へのCNG導入は世界的にも最大規模の取り組みといえる。局地的な健康被害の改善に取り組んだ真摯な努力をまず評価したい。

(1) 知見の整理

デリーの事例から得られた、事業車両への代替燃料の導入において公共交通計画の部門で克服すべき課題は以下の3点である。

公共交通の供給持続性の課題

大気環境改善の目標と併せて、交通供給レベルの維持を両立して達成できるような代替燃料の選定、実施のための財源確保について検討すべきである。

途上国での事業実施体制の課題

不十分な実施体制（デリーでは事業規制、車両導入の実施体制、事業計画など）が代替燃料導入の遅れの原因となった。体制の構築に配慮が必要である。

エネルギーの安定供給に関する課題

代替燃料の供給安定性の担保が必要である。担保

されない場合、単一燃料に依存することの危険性がある。

(2) アジア諸都市への展開可能性

公のエネルギー政策の一環として、公共交通への代替燃料導入が構想されている。（例；ラオス：国内電力を活用するトロリーバス、バングラデシュ：国産天然ガスの利用など）。デリーの知見はこのようなトップダウン型の事例に応用可能である。代替燃料をCNGとした場合には、技術提携、運行面（事故対応・整備技術・職員教育）において蓄積された経験が応用可能であると考えられる。

ⁱ CNG車両はイリア（32万台）、アヒンチ（62万台）に多い。インドに国情が類似する中国は6千台である。（2001年末）

ⁱⁱ <http://www.walshcarlines.com/>など

ⁱⁱⁱ E. A. Vasconcellos (2000), Urban Transportation and Traffic Policies: the Challenge of Coexistence in Developing Countries

^{iv} Halcrow Fox (2000), Review of Urban Public Transport Competition, Urban Transport Strategy Review, World Bank

^v 表、加藤、林、中村（1999）、途上国代都市の交通公害の診断と対策のための支援システム、運輸政策研究、Vol. 1. No. 1

^{vi} (社)海外運輸協力協会。実施例はカハ、ダッカ、大連、ウチ。

^{vii} 中川（2001）、東南アジアの都市内バス輸送事業動向に関する報告、土木学会土木計画学研究・講演集、No. 24 (2), pp. 269-272

^{viii} 主にDTC、デリー州交通局(STA)、最高裁関係者、大学関係者

^{ix} 主に、PEW Center on Global Climate Change (2001), Transportation in Developing countries を参照

^x 自家用車 23%、徒歩・自転車 23%。1998年。出所；R. Bose (2000), Urban Transport, Energy and Environment: A case of Delhi, TERI

^{xi} 灯油(ケロシン)は、貧困緩和目的の価格政策で灯油価格の2/3程度に政府補助がついており、安い(約5ルピー/L)。これを混合した軽油が市販価格の半額程度で取引されている。問題の構造は日本国内のA重油混合軽油問題と類似。

^{xii} 最高裁検事官とのインタビューに基づく。

^{xiii} PEW Center on Global Climate Change (2001), Transportation in Developing countries、及び、本調査

^{xiv} The Times of India, Delhi, 2002/04/07 など

^{xv} デリー政府統計情報局

^{xvi} 主にDTC運行管理部のR. Mehta氏との議論

^{xvii} Road Transport Corporate Act (1950, 1983)

^{xviii} バス営業1台あたりの職員数を11人(1995年)を5.18人(2001年10月)まで整理したが、現状、分割案を検討中。

^{xix} 117万ルピー：約300万円、但しエンジン・シャシーのみ。車体はDTC工場で架装する。

^{xx} 約1,500万円以上

^{xxi} 2001年内に800人強の運転手(総数は6,900人)、2,000人強の整備士(同12,000人)が講習に参加した。

^{xxii} 軽油ロビーの主張は、「ユーロ4軽油の排出ガスの汚染程度はCNGと同等もしくは低い。」「先進国はユーロ3、4レベルの軽油導入により大気汚染を解決している。」「需要の高いバスにCNG運行はふさわしくない。」など。