

5. 乗車人数を考慮した地域内旅客輸送機関の ライフサイクルCO₂排出量比較

伊藤 圭^{1*}・加藤 博和¹・柴原 尚希¹

¹名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8603名古屋市千種区不老町C1-2(651))

* E-mail: k.ito@urban.env.nagoya-u.ac.jp

旅客輸送機関のCO₂排出量をその輸送量(人km)あたりで評価する場合、その値は乗車人数の多寡に左右される。また、一般には走行起源分のみ算定対象として扱われるが、新規・追加整備を伴う場合には、車両製造や走行路建設に伴う排出量も含めたライフサイクル全体で評価する必要がある。これらを踏まえ、本研究では輸送機関の人kmあたりライフサイクルCO₂排出量を算出する。さらに、乗合輸送機関の人kmあたりCO₂排出量が乗用車のそれに等しくなる乗車人数を求め、乗り合うことによる人kmあたり排出量低下効果や、車両技術向上が与える影響を分析する。その結果、現行のガソリン車を想定すれば乗合輸送機関整備による転換がCO₂削減に寄与するものの、乗用車の利用改善・技術革新により、インフラ量が多く車両定員が小さい乗合輸送機関はCO₂削減効果を失うことが示された。

Key Words : CO₂ emissions, low carbon transport, life cycle assessment, occupancy rate, mass transit

1. はじめに

日本のCO₂排出量のうち運輸部門起源は約2割を占め、そのうち約5割が乗用車からの排出である。乗用車等の旅客交通を起源とするCO₂排出量は1990年代に急激に増加した後、近年は漸減が続いているが、今後、より一層の削減が必要となるものと想定される。

旅客交通起源CO₂排出量の削減方策の1つとして、鉄道・バスといった1人あたりCO₂排出量の小さい乗合輸送機関の利用促進が挙げられる。日本各地で公共交通機関の整備・充実が実施あるいは計画されているが、その多くがCO₂等環境負荷削減を効果に掲げている。また、国土交通省・環境省・警察庁によるEST(Environmentally Sustainable Transport)モデル事業においても、公共交通利用促進が進められてきた。また、環境省¹⁾は、低炭素社会への道筋を示す「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ」を2010年3月に取りまとめたところである。

輸送機関では、1車両(あるいは編成)あたり輸送人数が大きくなるほど輸送量(人kmやトンkm)あたりCO₂排出量が小さくなる。乗用車の平均乗車人数は、平成20年度自動車輸送統計年報²⁾から1.47[人/台](全国平均値)と算出される。それに対して乗合輸送機関では、1車両で数十人から数百人を輸送できるため、車両あたりのCO₂排出量が乗用車より大きくとも、乗客1人に割り当てると十

分に乗用車より小さい値となりうる。

ただし、実際には乗用車よりも人kmあたりCO₂排出量が下回るに十分な乗客数が得られていない路線が存在すると考えられる。そのような路線には、「公共交通機関は環境に優しい」という一般的な評価をそのまま当てはめることはできない。また、今後整備する路線の場合、走行によるCO₂排出量だけでなく、インフラ整備や車両製造に伴うCO₂排出も生じるため、それらも含めて評価する必要がある。これらを考慮せず公共交通機関整備を検討すると、かえってCO₂排出量を増加させる結果をもたらしかねない。また、現状においてCO₂排出量で優位となっていない公共交通路線についても何らかの対策をとる必要がある。このように、乗合輸送機関と乗用車で人kmあたりCO₂排出量を比較する際には、その算出の前提条件によって異なった結果となりうることに注意する必要がある。

そこで本研究では、地域内の乗合輸送機関のCO₂排出量を評価する指標として、「輸送人kmあたりCO₂排出量が乗用車と等しくなるような乗車人数」を提案する。そのうえで、乗車人数の変化や車両技術の向上の影響について分析を行う。

2. 旅客輸送機関の人kmあたりCO₂推計に関する既往研究

旅客輸送機関のCO₂排出量を算出した既往研究では、走行起源(エネルギー消費に伴う排出)のみに焦点を当てたものが大半である。特に、車両技術の向上を評価することを目的とした、燃費や電力消費効率の向上効果に関する研究が多くなされている。乗用車に関しては、国土交通省³⁾が各車種の燃費(10・15モード燃費、またはJC08モード燃費)を毎年公表している。ハイブリッド車や電気自動車の実用化もあって、乗用車の燃費に大幅な向上がみられる。一方、鉄道についても新技術の開発による電力消費原単位の改善が報告されている。例えば小笠⁴⁾はリチウムイオン電池を搭載した鉄道車両を用いて、再生電力を蓄電し再利用する際の効率を測定している。同様に電気二重層キャパシタの使用や、燃料電池搭載車両などに関しても、そのエネルギー消費量、環境負荷等が算出されている⁵⁾。また、非電化路線で用いられるディーゼル機関を搭載した車両のCO₂排出量を算出した例⁷⁾や、ハイブリッド車両を対象とした事例⁸⁾がみられる。

これらの結果からは走行起源のCO₂排出量について比較が可能となるものの、インフラ建設や車両更新に伴う排出を考慮していないため、今後建設・更新する路線のCO₂排出量の評価には適用できない。また、算出結果は車両(あるいは編成)あたりの値であり、本研究が目的とする乗客あたりの値ではない。

この問題を解決するために、システム全体の環境負荷を算出するLife Cycle Assessment (LCA)の手法を用いた研究が存在する⁹⁾。この分析では、評価期間(ライフタイム)における輸送機関の運行に加えて、建設や維持補修等によるCO₂排出量が算出されている。推計においては、乗車率や輸送密度といった利用状況、および運行情況や走行速度といった運行状況の設定が必要となる。既往研究ではこれらの値について、実績値などを参考に「一定値」としているものが多い。しかし、実際の路線においては、それらの値は異なってくる。高田ら¹⁰⁾は乗客数に影響を受けない指標として、単位重量の単位距離移動における環境負荷量を算出している。この場合、輸送量に応じた分析を直接行うことはできない。

一方、車両あたり乗車人数をパラメータとした既往研究として、大野ら¹¹⁾は鉄道(ディーゼル車)を対象に、自動車の1人あたり燃料消費量と等価となる乗客数を「省エネ係数」と呼び、利用している。しかし、対象としているのは走行時の燃料消費量のみであり、各輸送機関の将来の燃費向上に関する分析も行われていない。

そこで本研究では、鉄道・モノレール・Light Rail Transit (LRT)・バスといった乗合輸送機関のCO₂排出量を

算出し、各輸送機関に何人乗っていれば乗用車の1人あたりCO₂排出量と等しくなるかを計算する。その際、LCAを用いて走行起源分とともに車両・インフラ起源分も含め算出することで、既存路線の評価だけでなく、新規路線建設時や電化等の路線改良時などの場合に適用可能な手法として構築する。

乗用車との比較においては、近年ハイブリッド車や電気自動車の登場など、目覚ましい環境技術導入がみられることに着目し、そのCO₂排出量削減効果についても考慮する。

また、鉄道路線には電化区間と非電化区間があるため、電車とディーゼル車それぞれについてCO₂排出量を算出する。

3. CO₂排出量推計手法

(1) 対象とする輸送機関

乗合輸送機関として、鉄道、Automated Guideway Transit (AGT)、モノレール、High Speed Surface Transport (HSST)、LRT、Guide Way Bus (GWB)、Bus Rapid Transit (BRT)を対象とする。このうち鉄道は電化区間(電車)と非電化区間(ディーゼル車)を分けて算出する。また、乗用車については、車両の技術革新による走行起源CO₂排出量削減を検討するために、現行のガソリン乗用車とともに、2010年現在発売されているハイブリッド車、電気自動車を対象に推計を行う。

(2) 輸送機関の評価範囲

輸送機関のCO₂排出量は、走行時のエネルギー消費による排出量に、走行路の建設・維持補修、車両製造に伴う排出量を加えた輸送システムのライフサイクルCO₂排出量(System Life Cycle CO₂: SyLC-CO₂)¹²⁾として算出する。辻村ら¹³⁾は、車両廃棄に関わるCO₂排出量はライフサイクル全体のうちで小さいことを示している。したがって、廃棄段階における排出量は推計対象に含めない。また、乗用車については、走行路(道路)の建設・維持補修に係る排出量を評価範囲に含めていない。これは、実際の政策決定での使用を意識して、既に並行道路が整備されているという前提に立って、新規に乗合輸送機関が整備される(つまり、道路整備量は変化しない)というシナリオに基づく評価を行うことを意味する。したがって、純粋なライフサイクルCO₂の比較にはなっていない。森口ら¹⁴⁾によれば乗用車1台に配分される道路の建設・維持補修に係るCO₂排出量は、乗用車のライフサイクル全体の1割程度であり、4章に示す推計結果にこの値を加味することでライフサイクルでの比較評価となる。

表-1 乗合輸送機関の車両定員・表定速度とCO₂排出量原単位

輸送機関	車両定員 [人/車両]	編成車両数 [車両/編成]	表定速度 [km/h]	CO ₂ 排出量原単位		
				走行 [g-CO ₂ /車両 km]	建設・維持補修 [t-CO ₂ /km/60年]	車両製造 [t-CO ₂ /車両]
BRT	74	1	20	1,120	1,870	15.5
GWB	74	1	30	865	21,600	15.5
AGT	50	4	30	555	21,600	26.2
HSST	80	3	30	2,253	20,500	75.7
モノレール	95	4	30	982	17,800	59.3
LRT	150(連接車)	1	20	833	4,100	76.5
鉄道(電車)	130	4	40	1,390	23,300	70.6
鉄道(ディーゼル車)	130	2	40	1,750	23,300	70.6
ガソリン乗用車	-	-	-	292	-	-
ハイブリッド車	-	-	-	114	-	-
電気自動車	-	-	-	56	-	-

(3) SyLC-CO₂の算出方法

a) 路線建設・維持補修

各段階における資材投入量¹⁵⁾に路線延長あたりCO₂排出量原単位¹⁶⁾と路線延長を乗じて算出する。路線延長は10kmとする。

b) 車両製造

資材投入量および組立時エネルギー消費量にCO₂排出量原単位¹⁶⁾を乗じる。鉄道車両のうち、電車はステンレス車両の材料構成、および車両製造にかかるエネルギー¹⁷⁾を用い、ディーゼル車は電車の値を車両重量比例として補正した値を用いる。バス車両製造による排出量は、乗用車製造時のCO₂排出量推計値を用いて車両重量に比例するとして算出する。車両更新間隔は、鉄道車両20年、バス車両15年とする。車両廃棄に伴う排出量は無視し、製造段階でのCO₂排出量のみ含める。

路線運行に必要な車両数 n は式(1)で算出することができる。

$$n = \frac{N \times l}{V \times T} \times S \quad (1)$$

ここで、 N : 1日の運行本数、 l : 路線延長、 V : 表定速度、 T : 運行時間、 S : 編成あたり車両数

c) 走行起源CO₂排出量

各輸送機関の単位走行距離において消費する電力・燃料に、消費量あたりのCO₂排出量原単位¹⁷⁾を乗じることによって算出する。乗合輸送機関の単位走行距離あたり電力・燃料消費量は、事業者へのヒアリングによって得られた値¹⁹⁾を用いる。

ガソリン乗用車のCO₂排出量原単位は、松橋ら¹⁸⁾が算

表-2 乗合輸送機関のSyLC-CO₂算出における諸設定

ライフタイム[年]	60
路線延長[km]	10
車両更新期間(バス以外)[年]	20
車両更新期間(バス)[年]	15
運行本数[本/日]	250
1日運行時間[時間/日]	18

出した1999年の国内平均値を用いる。ハイブリッド乗用車については、対象とする車種の10・15モード燃費値³⁾を推計式¹⁹⁾によって実燃費に変換する。電気乗用車に関しては、実燃費が入手できなかったため、対象車種について公表されている充電1回あたりの走行距離をその際の電力消費量で除した値²⁰⁾に電力消費量あたりのCO₂排出量原単位¹⁶⁾を乗じる。

以上の方法にて輸送機関ごとに算出した、走行、路線建設・維持補修、車両製造の各段階のCO₂排出量原単位を、車両定員・編成車両数・表定速度の設定値と併せて表-1に示す。

SyLC-CO₂算出に必要な諸条件は、表-2のとおり設定する。以下の分析においては、表-2に示すように運行本数と運行時間をいずれの輸送機関でも同一として、比較を行う。輸送機関ごとに1編成あたりの乗車定員が異なるため、1日あたり輸送力も異なる。なお、この値に関する感度分析や、実際の路線で想定される値に置き換えた分析も可能である。

4. 旅客輸送機関のCO₂排出量推計結果

(1) 各輸送機関の輸送人kmあたりSyLC-CO₂

図-1に定員乗車(乗車率100%：輸送量=輸送力)を仮定した場合における、各輸送機関の輸送人kmあたりSyLC-CO₂推計結果を輸送量と併せて示す。輸送機関によって車両の乗車定員が異なるため、人kmあたりに割り戻されるSyLC-CO₂が異なる。例えば、GWBとAGTの路線建設・維持補修に係るCO₂排出量原単位は同一としているが、1人kmあたりに配分されるCO₂排出量は約2.7倍の差が生じる。なお、BRTを除けば、走行路建設を起源とする排出量はライフサイクル全体のうちで5割以上と大きい。

次に輸送密度を一定とした場合について、輸送人kmあたりSyLC-CO₂推計結果を図-2に示す。ここでは、名古屋市近隣の鉄道路線を参考に、輸送密度を10,000[人/日]と設定する。どの輸送機関でも輸送容量が輸送密度を上回り、定員乗車時と比較して人kmあたりSyLC-CO₂が増加している。鉄道、モノレール、HSST、AGTは定員乗車を仮定した場合に人kmあたりSyLC-CO₂が比較的小さい値を示したが、今度は相対的に大きくなっている。これは、それらの輸送機関が数両編成単位で運行し、輸送容量がより大きくなるためである。

このように、1編成の乗車人員の設定によって乗合輸送機関の人kmあたりCO₂排出量は大きく異なった結果が得られる。

(2) 乗用車と乗合輸送機関との比較

運輸部門のCO₂排出量削減を目的とした乗合輸送機関の利用促進は、乗用車からある程度の転換が見込めないと、その効果が生じない。また、転換される乗用車のCO₂排出量が乗合輸送機関のそれより小さい場合は、逆に転換が排出量の増加を招くことになる。

そこで、表-1の設定を用いて各輸送機関の車両あたり乗車人数と、その時の人kmあたりSyLC-CO₂の関係を算出する。図-3にその関係を示す。曲線Aはガソリン車を示している。台kmあたりSyLC-CO₂排出量は292[g-CO₂/台km]であり、乗用車の乗車人数を1.4[人/台]としたとき209[g-CO₂/人km]となる。これを、乗用車のCO₂排出量とする。乗用車の人kmあたり排出量は、2人乗車では146[g-CO₂/人km]、4人乗車では73[g-CO₂/人km]と減少していく。なお、本研究では乗用車の走行起源CO₂排出量を国内平均値、すなわち一定値としており、道路交通量に応じた交通状況の変化に伴う乗用車の走行起源CO₂排出量変化は考慮していない。道路混雑等による走行起源CO₂排出量の変化も検討可能であるが、本研究では輸送量を一定値とし

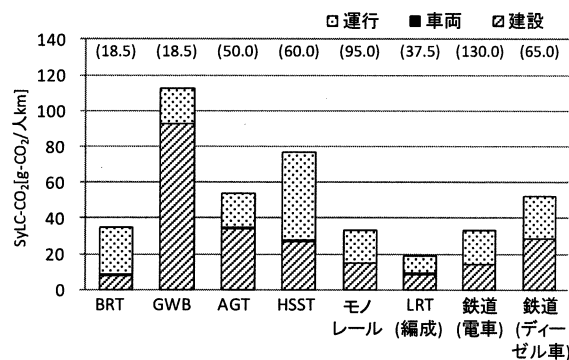


図-1 各輸送機関の輸送人kmあたりSyLC-CO₂
(定員乗車時、括弧内は輸送量[万人km/日])

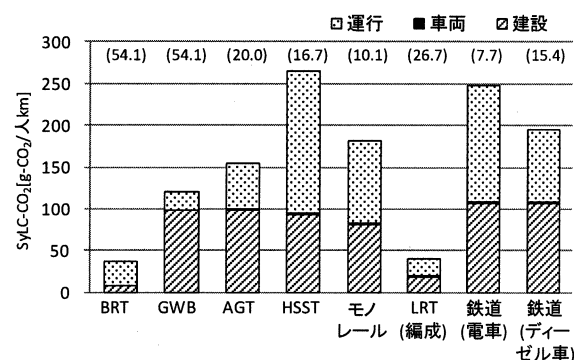


図-2 各輸送機関の輸送人kmあたりSyLC-CO₂
(輸送密度10,000[人/日]、括弧内は乗車率[%])

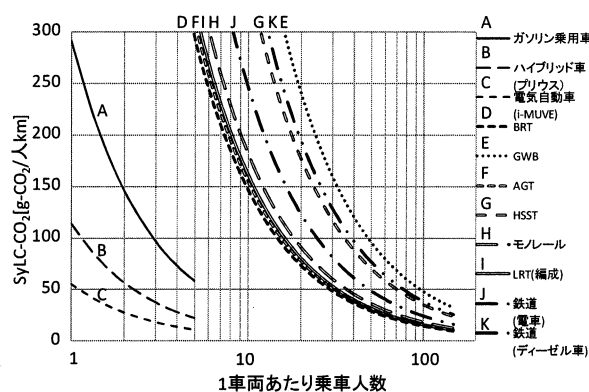


図-3 各輸送機関の車両あたり乗車人数とSyLC-CO₂との関係

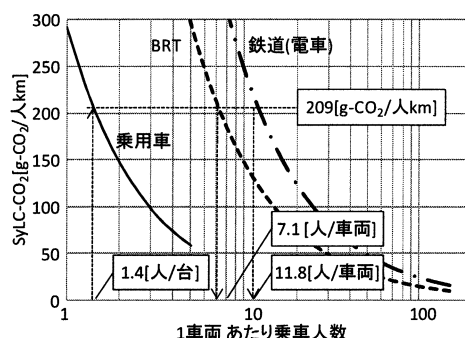


図-4 乗用車・BRT・鉄道(電車)の車両あたり乗車人数とSyLC-CO₂との関係

表-3 乗用車と輸送人kmあたりCO₂排出量が等しい各輸送機関の乗車人数・乗車率

評価範囲	走行のみCO ₂	SyLC-CO ₂	輸送力[人km/日]
輸送機関	乗車人数[人/車両](乗車率[%])		
BRT	5.4 (7.3)	7.1 (9.5)	185,000
GWB	4.1 (5.6)	23.1 (31.2)	185,000
AGT	2.7 (5.3)	7.4 (14.9)	500,000
HSST	10.8 (13.5)	16.9 (21.2)	600,000
モノレール	4.7 (5.0)	8.7 (9.2)	950,000
LRT	4.0 (2.7)	7.8 (5.2)	375,000
鉄道(電車)	6.7 (5.1)	11.8 (9.1)	1,300,000
鉄道(ディーゼル車)	8.4 (6.4)	18.7 (14.4)	650,000

表-4 乗用車と輸送人kmあたりSyLC-CO₂排出量が等しい各輸送機の乗車人数・乗車率

比較乗用車	ガソリン車	ガソリン車	ハイブリッド車	電気自動車
乗用車乗車人数	2人	4人	1.4人	1.4人
輸送機関	乗車人数[人/車両](乗車率[%])			
BRT	10.1 (13.6)	20.2 (27.3)	18.1 (24.4)	37.2 (50.2)
GWB	33.0 (44.5)	65.9 (89.1)	59.1 (79.9)	121.4 (164.0)
AGT	10.6 (21.2)	21.2 (42.4)	19.0 (38.1)	39.1 (78.2)
HSST	24.2 (30.2)	48.4 (60.5)	43.4 (54.2)	89.1 (111.3)
モノレール	12.5 (13.1)	24.9 (26.2)	22.3 (23.5)	45.9 (48.3)
LRT	11.1 (7.4)	22.2 (14.8)	19.9 (13.3)	40.9 (27.2)
鉄道(電車)	16.9 (13.0)	33.8 (26.0)	30.3 (23.3)	62.3 (47.9)
鉄道(ディーゼル車)	26.7 (20.5)	53.3 (41.0)	47.8 (36.8)	98.2 (75.5)

ていることから、その検討は行っていない。

図-4には図-3の結果から乗用車・BRT・鉄道(電車)のみ抽出して示す。BRT・鉄道(電車)の人kmあたりSyLC-CO₂が乗用車と等しくなる時の乗車人数は、BRTで7.1[人/車両]、鉄道(電車)で11.8[人/車両]となる。この値を下回る利用状況では、乗用車に対して優位とならない。このように、車両あたり乗車人数を指標にとることで、乗合輸送機関と乗用車のCO₂排出量を簡便に比較できる。また、乗合輸送機関どうしを比較したとき、鉄道(電車)よりBRTの方が、より少ない乗客数で乗用車より輸送人kmあたりCO₂排出を小さくできることがわかる。ただし、輸送機関ごとに車両あたりの定員が異なる。そこで、この結果を乗車率(乗車人数を乗車定員で除した値)で比較する。表-2の設定を用いて算出される乗車率は、鉄道(電車)は9.1%、BRTは9.5%となり、どちらも十分達成可能な値であることがわかる。ただし、鉄道車両における乗車率はバス車両と異なり、100%を超えても乗車が可能であることから、同程度の乗車率であっても鉄道車両の方がより大きな輸送余力を有していると考えられる。さらに、鉄道(電車)はより大きな輸送力を有しているた

め大量輸送によってCO₂排出量の削減が可能となる。

表-3に乗用車(乗車人数1.4[人/台])と輸送人kmあたりCO₂排出量が等しくなる、乗合輸送機関の乗車人数・乗車率を示す。乗合輸送機関CO₂排出量として、走行起源排出のみを対象とした場合と、SyLC-CO₂を対象とした場合それぞれについて示している。また、表-1、表-2の設定に基づく各輸送機関の輸送力(単位:[人km/日])も併せて示している。走行起源CO₂のみに着目すればAGT、LRT、GWBが優位である。しかし、SyLC-CO₂で比較すると、重厚なインフラを用い、路線建設に資材を多量に必要とするGWBは優位性が大きく低下する。走行起源排出のみの場合にHSSTの値が大きいのは、車両を浮上させるために大きなエネルギーを必要とするためであると考えられる。電車とディーゼル車では、電車の方がCO₂排出量が小さい。しかし、BRTやLRTは電車より人kmあたりCO₂がさらに小さい。ディーゼル車が用いられる非電化区間は一般に利用者数が少なく、新たに多くのインフラを必要としないBRTへの置き換えが有効となる場合も考えられる。

(3) 乗用車乗車人数の増加による変化

乗用車の人kmあたりCO₂排出量の削減方策の1つとして、相乗り(カープーリング)が考えられる。乗用車の1台あたり乗車人数が2人、4人となる場合について、SyLC-CO₂が等しくなる乗合輸送機関の乗車人数と乗車率を表-4に示す。14人乗車の場合と比べて、人kmあたりに割り戻される乗用車のSyLC-CO₂がそれぞれ、0.7倍、0.35倍になる。そのため、人kmあたりSyLC-CO₂が同一の値となる乗合輸送機関の乗車人数はそれぞれの場合で1.4倍、2.8倍となる。GWBについては、乗用車4人乗車のSyLC-CO₂と等しくなる時の乗車率が89.1%と高くなり、その実現は困難である。逆に、乗用車の相乗りが公共交通機関への利用転換に匹敵するCO₂削減効果を持つといえる。

(4) 低CO₂乗用車の燃費改善効果

現在販売されているハイブリッド車と電気自動車について、その諸元をもとに人kmあたりSyLC-CO₂を算出する。

1台あたり乗車人数が14人の場合について、同等の人kmあたりCO₂排出量となる乗合輸送機関の乗車人数を表-4に示す。各車両とも、現行のガソリン乗用車に比べ、走行起源CO₂排出量原単位がかなり向上しているため、乗合輸送機関に必要となる乗車人数がハイブリッド車では2.6倍、電気自動車では5.3倍と、大幅に増加する。これは、今後、乗合輸送機関において技術進歩などのCO₂排出量削減策が実施されなければ、その優位性が相対的に低下していくことを示唆している。電気自動車並みの人kmあたりCO₂排出量を得ようとすると、GWB・HSSTでは乗車率が100%を超過し、乗用車よりもCO₂排出量を下回る運行は非常に困難である。

5. 結論

本研究では、LCAの手法を用いて乗用車と乗合輸送機関の輸送人kmあたりCO₂排出量を算出した。さらに、乗用車の輸送人kmあたりCO₂排出量と同等となるために必要な乗合輸送機関の乗車人数を算出し、それを指標として輸送機関の比較を行った。その結果、乗合輸送機関の整備を検討する際、どれだけ乗用車から転換すればCO₂削減効果を発揮するかが明らかとなった。また、乗用車の乗車人数や技術革新を考慮したうえで、乗合輸送機関の整備がCO₂削減を実現するのに必要となる転換量の条件を示した。

また、1) 現在の乗用車の利用状況であれば、新規に乗合輸送機関を整備しても、CO₂排出量を削減できる。2)

自動車の相乗り利用や技術革新が進むと、重厚なインフラを必要としながら乗車定員が小さい輸送機関はCO₂削減効果を持たなくなる、ことが示された。

本研究では、運行本数もしくは輸送量をそれぞれ固定して分析を行った。今後の課題として、運行本数と輸送量との連動を内生化することや、乗用車について道路混雑による影響を組み込むことが必要である。

謝辞：本稿は、環境省・環境研究総合推進費(S-6-5)「アジアにおける低炭素交通システム実現方策に関する研究」の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 環境省：地球温暖化国内対策、<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/domestic.html#a02>(2010/06/17参照)
- 2) 国土交通省：自動車輸送統計年報 第46巻 第13号 平成20年度分、2009。
- 3) 国土交通省：自動車燃費一覧(平成21年3月)、2009。
- 4) 小笠正道：フリー技術による軽やかな鉄道の実現 河川フリー技術(ハイ！トラム)、第16回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集、pp.15-18、2009。
- 5) 関島康直、乾正幸、青山育也、門田行生：電気二重層キャパシタを用いた車両搭載型電力貯蔵システムの開発、JREA、Vol.48、No.8、pp.29-31、2005。
- 6) 山本貴光、長谷川均、古谷勇真、小川賢一：燃料電池・バッテリーハイブリッド車両のエネルギー効率評価、鉄道総研報告、Vol.23、No.11、pp.17-22、2009。
- 7) 芳賀一郎、村上浩一、中村英雄、前橋心一：ディーゼル車両の排出ガス測定・評価手法の開発、鉄道総研報告、Vol.23、No.4、pp.35-40、2009。
- 8) 竹田進治、川崎淳司：世界初の燃料電池ハイブリッド鉄道車両の開発、日本機械学会関東支部ブロック合同講演会講演論文集、pp.43-44、2007。
- 9) 例えば金子翔一：ライフサイクルを考慮したBRT導入におけるCO₂排出削減量の推計に関する研究、土木計画学研究・講演集、Vol.39、CD-ROM、2009。
- 10) 高田潤、相原直樹、辻村太郎：鉄道と他交通機関の環境負荷分析、鉄道総研報告、Vol.16、No.10、pp.27-32、2002。
- 11) 大野寛之、水間毅、林田守正、日岐喜治、千島美智男：鉄道における環境負荷定量化の試み、第16回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集、pp.381-384、2009。
- 12) 稲葉敦 監修：LCAの実務、産業環境管理協会、2005。
- 13) 辻村太郎、相原直樹：LCAの鉄道分野への適用、JREA、Vol.51、No.9、pp.13-15、2008。

- 14) 森口祐一, 近藤美則, 清水浩: 自動車による温室効果ガス排出のライフサイクル分析, 環境衛生工学研究, 9(3), pp.11-16, 1995.
- 15) 長田基広, 渡辺由紀子, 柴原尚希, 加藤博和: LCA を適用した中量旅客輸送機関の環境負荷評価, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, no.2, pp.355-363, 2006.
- 16) 日本建築学会: LCAデータベース 1995年産業連関分析データ版, Ver.2.2, 1995.
- 17) 環境省: 地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第三条(平成 18年 3月 24日 一部改正)排出係数一覧表, 2007.
- 18) 松橋啓介, 工藤祐揮, 上岡直見, 森口祐一: 市区町村の運輸部門 CO₂ 排出量の推計手法に関する比較研究, 環境システム研究論文集, Vol.32, pp.235-242, 2004.
- 19) Kudoh, Y., Yagita, H. and Inaba, A.: Analysis of Existing Variation in Fuel Consumption of Hybrid Electric Vehicles, Electric proceedings of International Conference on Ecologic Vehicles & Renewable Energies, Monaco, 2007.
- 20) 三菱自動車: i-MiEV スペック, EV ポータル -EV (電気自動車)に関連する総合情報ポータルサイト-, 2009. (2010. 3. 26 受付)

(2010. 7. 6 受理)

Comparative Analysis of Life Cycle CO₂ Emissions in Passenger Local Transport Modes Considering the Number of Passengers

Kei ITO¹, Hirokazu KATO¹ and Naoki SHIBAHARA¹

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

CO₂ emissions per passenger-kilometer from passenger transport depend on the number of passengers. While most existing studies estimate CO₂ emissions generated during operation only, this study considers the infrastructure and production of vehicles from the viewpoint of life cycle assessment (LCA) for the estimation of CO₂ emissions. The study reveals the effect of increase in passengers and technological developments on CO₂ reduction. It is found that improvement in public transports contributes to reduction in CO₂ emission in the case of the present level of passenger car emissions. However, a small-capacity transit vehicle with large infrastructure loses its superiority in CO₂ emissions by innovation in the field of automobiles and improvements in their use.