

中国における自動車製造業サプライチェーンの 直接・間接CO₂排出量の将来推定

中道 久美子¹・花岡 伸也²・谷 蘊³

²正会員 東京工業大学大学院理工学研究科国際開発工学専攻 (〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1)
E-mail: nakamichi@ide.titech.ac.jp

³正会員 東京工業大学大学院理工学研究科国際開発工学専攻 (〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1)
E-mail: hanaoka@ide.titech.ac.jp

¹非会員 東京工業大学大学院理工学研究科国際開発工学専攻 (〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1)

中国のCO₂排出量は世界一であり、その削減が急務である。特に自動車は運輸部門だけでなく産業部門にも関連し、製造からの一連の段階を踏まえた排出量を把握することが重要である。本研究では、中国の自動車製造業を対象に、部品調達、生産、輸送、使用の各段階における乗用車一台当たりの直接・間接CO₂排出量を、サプライチェーン全体を考慮して推計し、その削減策を示すことを目的とする。サプライヤーへの聞き取り調査により輸送機関や調達情報を確認し、現状の排出量を推計した。また、シナリオを設定して分析したところ、使用段階の排出量が最も大きく、クリーンエネルギー自動車の普及や燃費改良が有効なことが明らかになった。生産・輸送段階についても、石炭火力発電への依存の低減や鉄道輸送普及により、排出量が削減できることを示した。

Key Words: *direct and indirect CO₂ emissions, sustainable supply chain, transportation and production process, automobile manufacturers*

1. はじめに

中国のCO₂排出量は2010年に世界第1位となり¹⁾、中国のCO₂排出量削減の緊急性と必要性がますます高まってきた。温室効果ガスの排出源を見ると、エネルギー消費によるCO₂排出量が最も多い。特にエネルギー大国であり、火力発電に依存している中国において、排出量削減を実現するためには、生産・輸送・使用・廃棄段階におけるエネルギー（特に化石燃料）の使用量が多い自動車産業の対策に力を入れる必要がある。

経済成長によって、中国における自動車産業も成長している。しかし、中国は自動車の生産、販売台数が世界第1位になった²⁾にも関わらず、千人当たり保有台数で見ると、まだ71.42台³⁾で、世界平均の140台より遥かに少ない。今後、人口増加と経済成長、そして消費者の購買力の増大によって、自動車産業市場がますます拡大することが予想される。

しかし、中国における自動車産業が成長期を迎えていく中で、輸送や自動車利用によるCO₂排出量がますます大きくなっていくと考える。また、自動車製造・販売・使用の一連の流れを考えると、利用だけでなく、自動車生産におけるエネルギー利用による直接・間接排出量を

はじめ、原料や部品・完成車の輸送においても間接排出量が発生している。特に自動車は部品数が多く、自動車産業サプライチェーン全体におけるCO₂排出量は膨大である。しかし、中国では、自動車産業の規模の拡大を果たした一方で、企業乱立等⁴⁾の課題を抱えており、サプライチェーン全体のCO₂排出量の把握はできていないのが現状である。低炭素社会を実現するためには、工業活動においてもグリーンサプライチェーンを構築することが求められている。

これに対し、世界資源研究所と持続可能な開発のための世界経済人会議を中心に設立された温室効果ガス（以下、GHG）プロトコルイニシアチブ⁵⁾では、GHG排出量の算定と報告の基準を策定している。ここでは、CO₂排出量をScope1（直接排出）、Scope2（間接排出）、Scope3（その他事業活動外での排出量）⁶⁾の3段階に分けて排出量の開示を要求している⁷⁾。特にScope3における排出量は、調達物流や輸送などのサプライチェーンを含んだものであり、その他にも使用段階や廃棄における排出量も含まれている。直接排出量は生産活動に直接関連しており、算定は比較的容易であるため、開示する企業が多数あるが、間接排出量をほぼ考慮していないのが現状である。間接排出量を考慮することによって、環境に優しい自動

車の製造、使用、さらには、サプライチェーン全体のCO₂排出量の削減を目指す、グリーンサプライチェーンの検討が可能となる。

以上を基に、本研究では、中国の自動車製造業を対象に、部品調達、生産、輸送、使用の各段階における乗用車一台当たりの直接・間接CO₂排出量を、サプライチェーン全体を考慮して推計し、その削減策を示すことを目的とする。ここでは、中国国内での工場立地変更によるAVOID戦略とともに、鉄道へのSHIFT戦略、完成車使用時のIMPROVE戦略によるCO₂排出量への影響も考慮する。

本研究では、直接排出量、間接排出量を以下のように定義する。

- i) 直接排出量：完成車組立工場が所有・経営する排出源からのCO₂排出量；
- ii) 間接排出量：完成車組立工場の活動に由来する排出であるが、他の事業者が所有または経営している排出源（サプライヤー、電力会社等）から生じるCO₂排出量⁸⁾。また、自動車使用、廃棄段階における排出量。

つまり、自動車産業における直接排出量は完成車組立工場が排出するCO₂排出量だけであり、それ以外の電力の生産による発電所でのCO₂排出量や、サプライヤーから完成車組立工場まで、完成車組立工場から消費者までといったサプライチェーンの上流・下流における産業活動は間接排出量に含まれる。

2. 使用データ

本研究では、CO₂排出量を推計するために、直接排出量と間接排出量に分けて計算する。まず、直接排出量については、自動車の生産過程に用いるエネルギーデータが必要となる。間接排出量については、完成車組立工場において利用する電気の使用量をはじめ、サプライヤーの部品製造に利用するエネルギー、輸送過程における距離データ、自動車一台当たり年間走行に使用するガソリンの量があげられる。

ここで、車種の一般性及び今後のマーケット拡大方針⁹⁾、データ入手可能性から、上海自動車集団（SAIC）の子会社上海フォルクスワーゲン（SVW）が製造しているモデルラビダ（Lavida）を研究対象とする。

直接排出量に関する完成車組立工場で利用するエネルギーはゼロと判断し、間接排出量に関しては、生産・輸送・使用過程に分けて推計する。生産過程のデータと部品の重量が入手できないため、車型の近いLCA日本フォーラムが公開しているJLCAデータベース（日本の車両データ）¹⁰⁾を使用した（表-1）。また、完成車において、JLCA

表-1 Lavida車両¹¹⁾とJLCAデータベース車両の比較

車種	4ドアセダン (中国市場向けの小型セダン)	4ドアセダン
重量[kg]	1,285	1037.41
車両寸法 [mm]	4,608 x 1,743 x 1,465	—
排気量[cc]	1,598	1,500
エンジン 重量[kg]	113	—

表-2 本研究に用いる燃料の排出係数

名称	GHG排出量	中国資源の 発熱量	排出係数
ガソリン	0.0693kg-CO ₂ /MJ	43.1MJ/kg	2.99 kg-CO ₂ /kg
天然ガス	0.0562kg-CO ₂ /MJ	38.9MJ/m ³	2.19 kg-CO ₂ /m ³

データベースによって、組み立てに使用するエネルギーは主に電力、石炭とLPGであるため、推計に用いた。

輸送過程における算定に当たって必要となるデータは、1) 1次サプライヤーと完成車組立工場の距離、1次サプライヤーと2次、3次サプライヤーとの距離、完成車組立工場とディーラーの距離、2) 輸送機関によって排出量が異なるため1)の各距離の輸送機関データ、3) 各輸送機関における排出量原単位データである。

距離データに関しては、直接サプライヤー情報が入手できないため、SVWのホームページにて情報、公開資料や年鑑等^{12) 13) 14) 15)}の情報を収集した上で、ヒアリング調査を実施し、取引情報と輸送機関情報を把握した。また、サプライヤーや完成車組立工場所在地情報を地図上に独自にプロットし、取引情報と道路ネットワークを考慮して算出した。輸送における港間の輸送距離や排出量原単位は、算定ツール等の情報を基に計算した。

使用における排出量算定は、Lavida車の燃費、生涯走行距離および燃料の排出量原単位のデータが必要となる。燃費や燃料の情報は、公開情報¹²⁾と消費者の自発投票を考慮し、中国の現状にもっとも近いデータを用いた（表-2）。生涯走行距離は年間平均2.5万キロであるといわれている¹⁶⁾。

3. CO₂排出量の推計方法

CO₂排出量の算定をするために、本研究では、生産・輸送・使用におけるCO₂排出量に分けて、それぞれで排出量を算定し、一台当たりのCO₂排出量を算出した。自動車製造業の情報収集に基づき、以下の仮定のもとで計算を行なった。

- 1) サプライヤーによる自動車部品の輸送車は10tトラックとし、積載率80%とした。
- 2) それぞれのサプライヤーからの輸送は、1台のトラックによって輸送されるとする。
- 3) CO₂排出量は、自動車部品の重量を基準に按分される。
- 4) 陸上輸送機関はすべてトレーラーで、8台積みとした。
- 5) 駅・港の決定は、ヒアリングの情報と省（市・自治区）庁所在地からもっとも近い駅・港から選定した。
- 6) ディーラーの数は、SVWのホームページを参考に収集した。また、すべてのディーラーは省庁の中心に位置すると設定した。

(1) 生産段階におけるCO₂排出量の推計方法

生産における排出量は JLCA データベースにある部品データを参考し、Lavida 車の生産に適用できるようにした。

生産における CO₂ 排出量は以下の計算式で算出した。

$$E_p = \sum_n g_n \times f \quad (1)$$

$$E_a = g \times f \quad (2)$$

E_p : 自動車一台当たりの部品生産における排出量 (t-CO₂) ;

E_a : 自動車一台当たりの組み立てにおける排出量 (t-CO₂) ;

g_n : 使用電力量 (kWh) ;

g : 使用電力量 (kWh)

f : 排出係数 (g-CO₂/kWh) ;

n : 部品番号 $n=1\sim 31$;

また、同様に、完成車組立工場での排出量算定方法は以下の通りである。

$$E_a = g \times f \quad (3)$$

以上から、生産における CO₂ 排出量は、以下の様に求められる。

$$E_p = E_p + E_a \quad (4)$$

(2) 輸送段階におけるCO₂排出量の推計方法

輸送における CO₂ 排出量の算定方法は、経済産業省、国土交通省が発表したロジスティクス分野における CO₂ 排出量算定方法共同ガイドラインを参考にした。

燃料法では燃料使用量を、燃費法では輸送車両の燃費をデータとして使用するため、本研究では扱わず、改良トンキロ法を採用した。しかし、この改良トンキロ法はトラックにのみ適用できるものであるため、完成車輸送における鉄道輸送・水運は、従来トンキロ法を採用した。従来トンキロ法を採用した理由としては、燃料法、燃費法に関しては上述の通りで、輸送区間別重量法は現在作成中の手法であり、料金法は従来トンキロ法よりも精度が落ちるため採用しなかった¹⁷⁾。本研究で使用した改良

トンキロ法と従来トンキロ法の式に、部品種毎または車両両数毎に按分する式を作成し、これによって CO₂ 排出量を算出した。

$$E_i = \frac{W_i \times d_{ij} \times C \times H \times F \times 44 / 12}{u} \quad (5)$$

完成車組立工場からディーラーまで完成車輸送による CO₂ 排出量のうち、トラック輸送に関しては、上流輸送と同様の改良トンキロ法を使用した以下の式で算定した。

$$E_c = \frac{W_c \times d_{kl} \times C \times H \times F \times 44 / 12}{q} \quad (6)$$

また、完成車組立工場所在自動車駅からディーラー所在自動車駅まで完成車輸送による CO₂ 排出量のうち、鉄道輸送による排出量の算定は、従来トンキロ法で算定した。式は以下の通りである。

$$E_R = \frac{W \times d_{rn} \times F_R}{q} \quad (7)$$

完成車組立工場の最寄港からディーラーの最寄港まで完成車輸送による CO₂ 排出量のうち、水運による排出量の算定式は

$$E_M = \frac{W \times d_{lm} \times F_M}{q} \quad (8)$$

完成車組立工場からディーラーまでの完成車輸送による CO₂ 排出量は、各省へ輸送される台数の代替指標としてディーラー数が把握できているため、各省のディーラー数の重みづけ平均によって算出する。

$$E_D = \sum_s \frac{n_s}{876} \{E_M \delta_{sM} + E_R \delta_{sR} + E_c\} \quad (9)$$

$$\sum_s n_s = 876 \quad (10)$$

以上の式から導き出された各モードによる排出量は以下の式で合計される。

$$E_T = \sum_i E_i + \sum_c E_c + E_D \quad (11)$$

E_T : 自動車一台当たりの輸送における排出量 (t-CO₂) ;

E_i : 自動車一台当たりの部品輸送における排出量 (t-CO₂) ;

E_c : 自動車一台当たりの完成車陸上輸送における排出量 (t-CO₂) ;

E_R : 自動車一台当たりの完成車鉄道輸送における排出量 (t-CO₂) ;

E_M : 自動車一台当たりの水運による自動車輸送における排出量 (t-CO₂) ;

E_D : 自動車一台当たり完成車輸送における排出量 (t-CO₂) ;

n_s : s 省にあるディーラーの数 ;

δ_{sM} : 完成車組立工場から s 省への輸送に水運を使用している場合は 1, それ以外は 0 ;

δ_{sR} : 組立工場から s 省への輸送に鉄道輸送を使用している場合は 1, それ以外は 0 ;

W_i : 部品ユニットの総重量 (t) ;

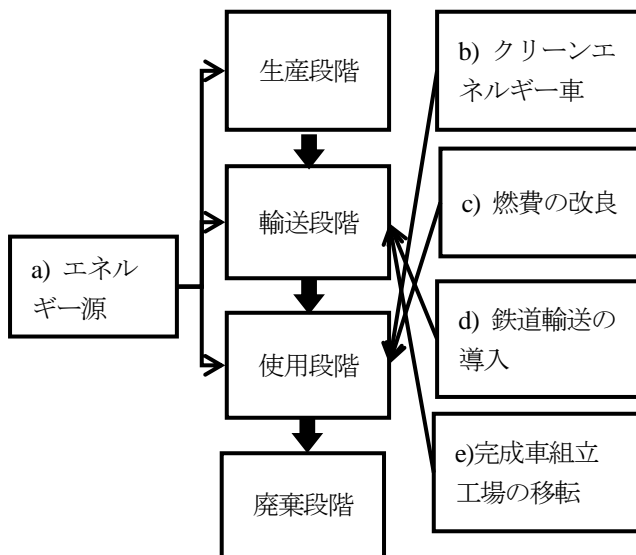


図-1 「AVOID戦略」「SHIFT戦略」「IMPROVE戦略」の考え方で設定した自動車サプライチェーンにおけるCO₂排出量削減シナリオ

- d_{ij} : 輸送距離 (km) ;
- c : 改良トンキロ法燃料使用原単位 (ℓ/tkm) ;
- H : 単位発熱量 (GJ/kℓ) ;
- F : 排出係数 (t-C/GJ) ;
- i, j : サプライヤー番号 $i=1\sim 97$;
- u : ユニット数 ;
- q : 完成車数
- W : 全車両重量 (t) ;
- d_{ki} : 完成車組立工場とディーラーの所在地の間距離 (km) ;
- d_m : 完成車組立工場とディーラーの所在地の鉄道駅間距離(km) ;
- d_{lm} : 完成車組立工場とディーラーの所在地の港間距離 (km) ;

(3) 使用段階におけるCO₂排出量の推計方法

$$E_u = \frac{d}{e} \times f' \quad (12)$$

- E_u : 使用段階における CO₂ 排出量(t-CO₂) ;
- d : 自動車一台当たり生涯走行距離(km) ;
- e : 自動車の燃費(km/L) ;
- f' : ガソリンの排出係数 (g-CO₂/kWh).

4. シナリオ作成

生産・輸送・使用段階の計算により、CO₂ 排出量の割合を把握できる。計算式から、「AVOID 戦略」「SHIFT 戦略」「IMPROVE 戦略」の考え方を基に、変更可能な

係数をピックアップした。例えば、排出原単位、排出係数、燃費等を変えることによって、排出量が変わると考えられる。また、中国や自動車産業の現状に基づいて、CO₂排出量削減を目標に、シナリオを考えた。図-1 で示したように、排出量を影響する項目を a-e に分けて、それぞれ影響するサプライチェーンの段階を矢印で示した。

(1) 技術改良シナリオ

c 燃費の改良

Lavida1.6T に関するヒアリングによる燃費は 0.09L/km であり、公表燃費 0.055L /km¹¹⁾より遥かに悪いことが判明した。道路状況や走行距離(市区・郊外)によって、実際の燃費が変わることが考えられる。さらに、VW 中国グループは 2015 年まで燃費を 11%削減する目標を示している¹⁸⁾。技術改良により燃費が良くなる (IMPROVE 戦略) と予測して、道路状況や走行距離の変化はないと仮定し、将来の CO₂ 排出量を推計する。

(2) 環境保護シナリオ

a エネルギー源の改良

中国の発電の現状としては、80%以上を火力発電に依存している。そのうち 70%は産業部門に使用している¹⁹⁾。中国の石炭資源が豊かである上に、経済成長による産業発展が見込まれるため、これからも火力発電に依存すると予想されている。火力発電の 78%は石炭燃焼による発電が現状であるが、2020 年から天然ガスの成長期になるにつれ、一次エネルギー消費量の中天然ガスのシェアが 4.6%から 12%になると国家能源局が発表している²⁰⁾。

「IMPROVE 戦略」の考え方から、発電燃料における天然ガスの投入量を生産段階だけではなく、輸送段階に鉄道電化 60%の目標¹⁸⁾に適用することによって、電気動力輸送による CO₂排出量削減につながる。使用段階では、自動車の燃料をガソリンから天然ガスに「IMPROVE」することによって、排出係数が変わるため、CO₂排出量が変わると考えられる。

b クリーンエネルギー車

自動車市場の拡大により、石油の依存が高まってきている現状の中で、エネルギー不足を認識し、温室効果ガスの排出を削減するため、中国政府はクリーンエネルギー車の開発と普及を図っている。2020年の中・重度混合动力車 (Mild Hybrid & Full Hybrid) は年間乗用車生産販売量の50%以上とし、燃費を0.045L/km以下にする計画を示している²¹⁾。VW社も電気自動車モデルを多数導入することを表明しており、これらを考慮することとした。

d 鉄道輸送の導入

インタビュー調査の結果によると、現時点の部品及び完成車輸送はほとんどがトレーラーによる輸送であることが分かった。コストが高く、ドアツードアサービスが

可能であるため、長距離輸送においても鉄道を使わないサプライヤーや完成車組立工場が多いのが現状である。アメリカ、ヨーロッパの完成車輸送の鉄道シェアはそれぞれ50%と35%もあるのに対して、中国では7%しか鉄道輸送が利用されていない²²⁾。しかし、鉄道輸送容量の拡大と整備促進によって、「SHIFT戦略」として、将来的に中国の完成車物流は鉄道、道路、水運の三つの勢力が並ぶと予測されている²³⁾。実際に、鉄道会社はシェアを稼ぐために改良対策を行っている。例えば、鉄道会社中鉄特貨が支社をディーラーの近くに設立し、貨物ハブに自動車倉庫基地を設立するなどの改善を行っている。従って、コスト削減と利便性が実現できる。しかし、中国の鉄道に関しては、旅客輸送が主流で、貨物輸送の容量が足りないのと、長距離(700km以上)輸送でしか利用しない現状で、長期的な見通しが必要である。

dxa 鉄道輸送の導入とエネルギー源改良のシナリオ

鉄道輸送を利用することをベースに、鉄道電氣化するという組み合わせのdxaシナリオを考慮する。つまり、300km以上の距離においては鉄道輸送を利用すると仮定する。さらに、鉄道で輸送する分は電氣動力によるものと仮定して、鉄道原単位を8.02g-CO₂/tkmとして、部品輸送と完成車輸送におけるCO₂排出量を計算する。

(3) 西部開発シナリオ

exd 完成車組立工場の移転と鉄道輸送

中国の人口・GDPの増加につれ、乗用車に対する需要も増えてきている。現在は部品工場や完成車組立工場は東部沿海部に集中しているが、内陸部の需要拡大につれ、新たな工場を建設する際に、市場需要率が高くて人件費の安い内陸部に移す傾向があることが見込まれている。また、中国政府の「西部大開発」政策によって、中・西部での産業開発に対する低税率等優遇政策が多数ある。実際に、上海VW社が2014年に生産投入し始めた7つ目の完成車組立工場を新疆にて建設した。

ここでは、「AVOID戦略」として、中・西部工場を建設することによるCO₂排出量の変化に着目する。完成車組立工場の場所選定にあたって、資源(土地、労働力)、交通利便性、当地の経済、マーケット等の要素が考えられる²⁴⁾。情報収集によると、四川省、陝西省、雲南省には上海VWのディーラー数が多く、マーケットが大きいと予測できる。また、雲南省が経済発展していて、マーケット拡大の見通しがある²⁵⁾。人件費が安い⁶⁾ため、完成車組立工場の場所選定基準に当てはまると考えられる。

(4) アジア低炭素社会研究プロジェクトシナリオ

2050年までに世界における温室効果ガス排出量の半減という目標を実現するためには、アジア地域において低炭素社会(low carbon society : LCS)を実現するために、

「アジア低炭素社会に向けた中長期的政策オプションの立案・予測・評価手法の開発とその普及に関する総合的研究(アジアLCS研究プロジェクト)」が実施されている²⁶⁾。Advanced Society Scenario (ADV)とConventional Society Scenario(CNV)が開発されており、前者は次世代の社会システム、制度、技術等に向けて変革に意欲的・積極的に取り組む社会のことで、後者は社会システム、制度、技術等の変化に慎重で、社会変革にかかるトランジションコストを気にかける社会のことである。また、それぞれのシナリオで、先進的社会像(baseline : BAU)と保守的社会像(mitigation : MIT)の2つの社会像の下で低炭素社会を検討した。これらのシナリオを利用し、2020年、2035年、2050年中国における発電量構造シナリオを構築した。(表-3)

5. 結果と考察

(1) 現状の結果

現状での排出量算定結果を表-4に示す。算定結果から見ると、使用段階が最もCO₂排出量が多く、全体の96%を占めている。生産・輸送における排出量はほぼ同じであることも分かる。生産段階においては、完成車組立工場における排出量が最も多かった。輸送段階では、完成車輸送が99%の排出量を占めており、ディーラーまでの輸送距離が長いことに関係していると考えられる。

サプライヤーが生産する部品は、一社が一部品を生産しているわけではなく、複数のサプライヤーが同じ自動車部品を生産していることも多い。本研究では、供給部品が同じ場合、その輸送における排出量を平均した値を結果の値として採用した。

現状のCO₂排出量割合と日本で製造された自動車のライフサイクルにおけるCO₂排出量²⁷⁾の割合(図-2)を比較したところ、日本においては製造段階の排出量の割合が約10%を占めていることが分かった。これは、部品製造や組み立てだけでなく、素材製造も含まれていることと、本研究で把握できたサプライヤーの数はすべてを網羅しているわけではないことが理由として考えられる。輸送段階に関しては、日本と中国の割合がほぼ同じであることが分かった。また、どの自動車においても、使用段階(走行)の排出量割合が最も多いことが示された。

(2) シナリオ分析と現状の比較

各シナリオにおけるCO₂排出量を比較した結果を図-3に示す。これを見ると、生産段階においては、もともと排出量が小さいため、シナリオによる大きな変化はないことが分かった。輸送段階に関しては、排出量は輸送手段に依存していることが明らかである。輸送機関によ

表-3 2020年, 2035年, 2050年シナリオによる中国の発電量構造割合

	2020年			2035年			2050年		
	石炭	石油	天然ガス	石炭	石油	天然ガス	石炭	石油	天然ガス
ADV_BAU	76.7%	3.8%	1.8%	76.7%	5.0%	2.4%	74.7%	6.8%	3.3%
ADV_MIT	73.9%	4.3%	2.0%	28.4%	10.3%	6.8%	41.6%	3.8%	3.4%
CNV_BAU	77.4%	3.7%	1.7%	76.8%	4.2%	2.3%	72.9%	5.0%	3.4%
CNV_MIT	73.6%	4.4%	2.1%	33.4%	9.2%	6.4%	1.1%	1.3%	1.2%

表-4 現状の完成車1台当たりCO₂排出量(t-CO₂/台)

	生産		輸送		使用	合計
	部品生産	完成車生産	部品輸送	完成車輸送		
CO ₂ 排出量	0.279	0.636	0.008	0.881		
合計		0.915		0.888	49.918	51.721

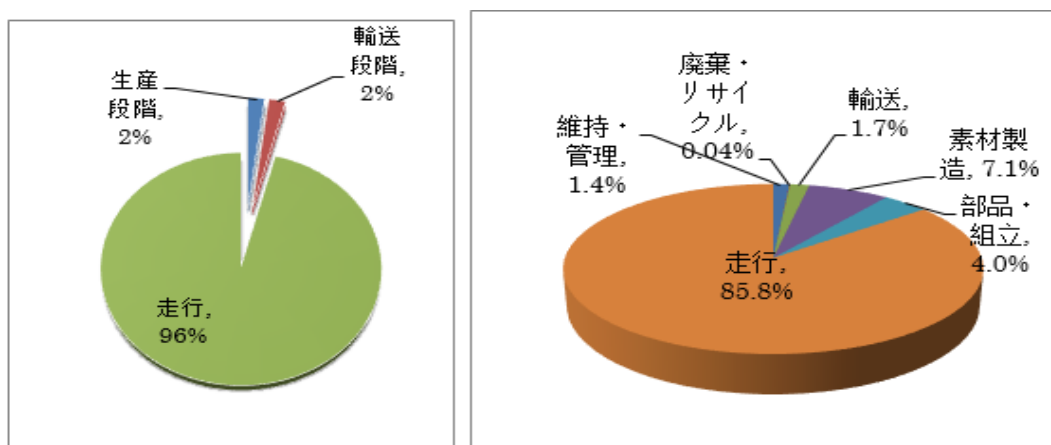


図-2 現状と日本乗用車²⁷⁾ CO₂排出量の割合の比較

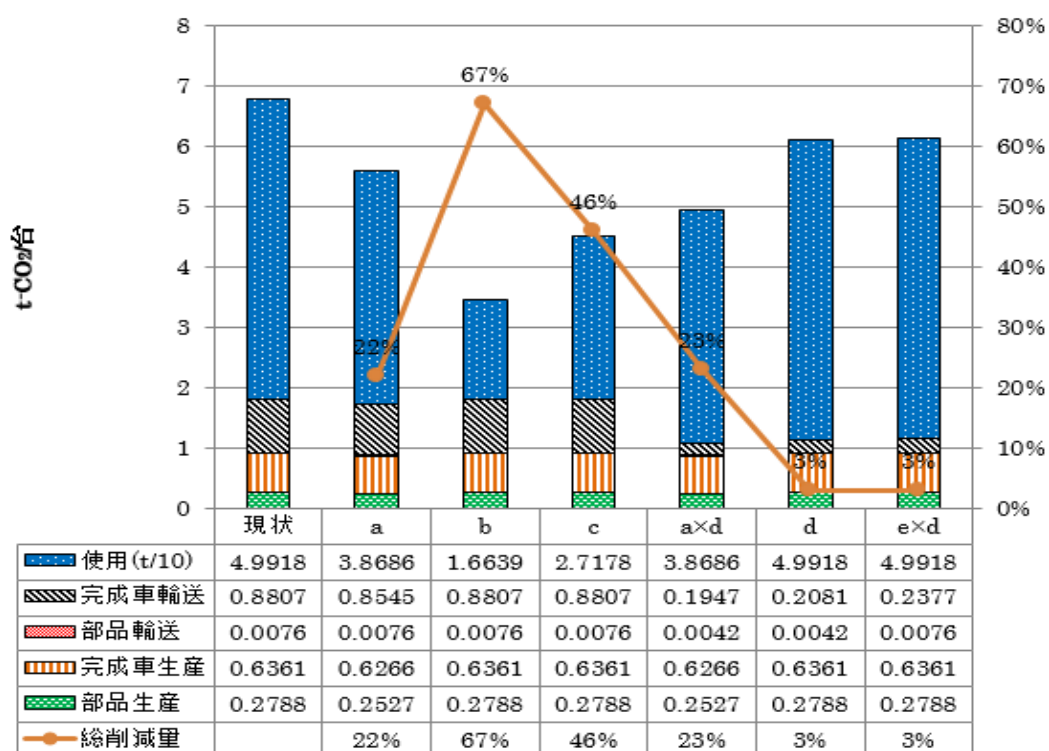


図-3 各シナリオにおけるCO₂排出量の比較

て、排出量が半分以上減ることが分かった。エネルギー源の改良によるシナリオも効果的であるが、鉄道輸送を導入することの効果が大いといえる。

また、使用段階における排出量の削減はサプライチェーン全体において非常に大きいことが分かった。中国では、自動車保有台数が増加し続けることによって、CO₂

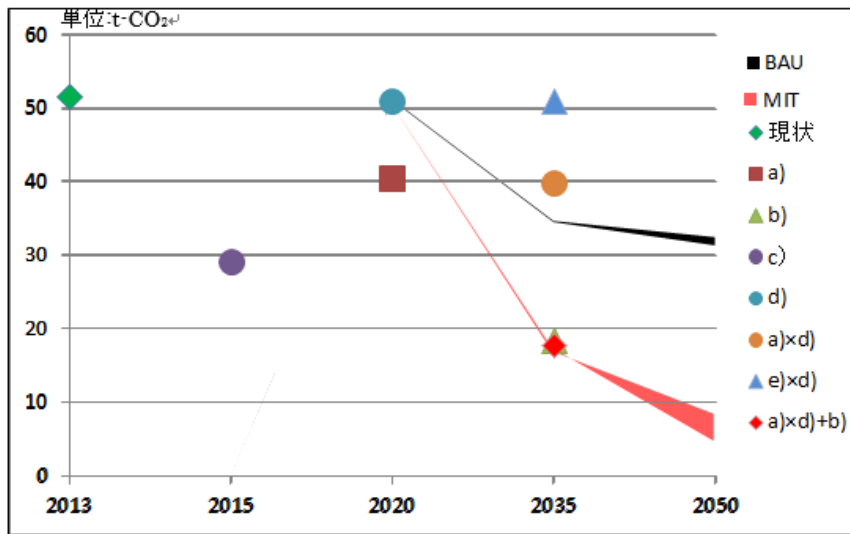


図-4 アジア低炭素社会研究プロジェクトシナリオと現状の結果の時系列比較

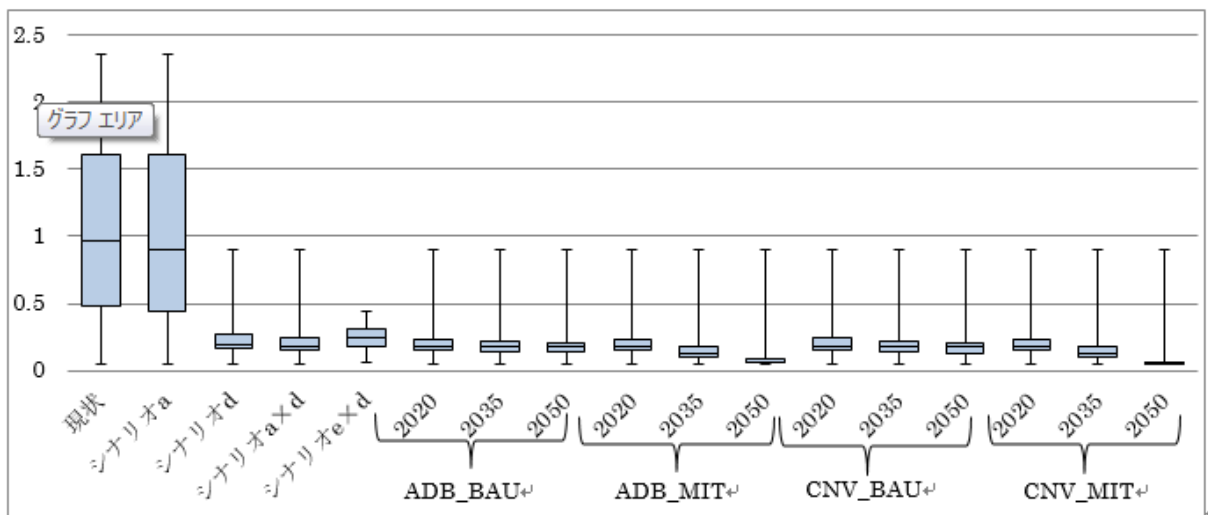


図-5 現状及び各シナリオにおける完成車輸送CO₂排出量の輸送先による違い（箱ひげ図）

表-5 箱ひげ図に対応する最大値と最小値の地区

			2020	2035	2050	2050
	現状 シナリオa	シナリオd シナリオa×d シナリオe×d	ADV_BAU ADV_MIT CNV_BAU CNV_MIT	ADV_BAU ADV_MIT CNV_BAU CNV_MIT	ADV_BAU ADV_MIT CNV_BAU	CNV_MIT
最大値	青海省 青海省	黒竜江省 黒竜江省 黒竜江省	黒竜江省	黒竜江省	黒竜江省	黒竜江省
最小値	上海市 上海市	上海市 上海市 貴州省	上海市	上海市	上海市	江西省

排出量が膨大な数値になる前に、燃費改良やクリーンエネルギー車の普及による改善策を積極的に取り入れるべきであろう。

(3) アジア低炭素社会研究プロジェクトシナリオの結果と本研究シナリオ結果の比較

アジア低炭素社会研究プロジェクトシナリオと現状を時系列グラフで示した図4を見ると、本研究における現状とシナリオの推計はアジア低炭素社会研究プロジェクトシナリオとほぼ一致していることが分かった。自動車産業における生産、輸送、使用段階のCO₂削減に関する、最も有効な手段は使用段階の排出量を削減することである。また、輸送段階の削減は生産段階より、排出量の削減効果が大きいことが明らかである。生産拡大につれ、輸送手段を変えることによって、排出量を大きく削減できることが期待できる。

(4) 完成車輸送によるCO₂排出量の輸送先による違い

現状及び各シナリオにおける完成車輸送CO₂排出量の輸送先による違いを示した図5と表5から、現状とシナリオaに関しては、青海省が最も排出量が多いことが分かった。これは、鉄道を利用しない場合、距離が遠いほどトレーラーによるCO₂排出量が多いからである。鉄道を導入した場合である、現状とシナリオa以外のシナリオについて、コンテナ船を輸送に利用する黒竜江省のCO₂排出量が多いのは、鉄道シナリオに影響を受けないからである。最小値のある上海に関しては、市内輸送であるため、最も小さな排出量を得られた。また、西部開発シナリオexdについては、雲南省に近い貴州省のCO₂排出量が最小値となった。

6. おわりに

本研究では、中国の自動車製造業を対象に製造・輸送から使用までの直接・間接CO₂排出量を明らかにするとともに、シナリオ分析を行い、低炭素化を実現するグリーンサプライチェーンのための方策を検討した。

本研究の結果から、特に、完成車輸送に鉄道輸送を活用することで、排出量が4分の1になることが示された。このことから、必ずしも都市部の近くに完成車組立工場を立地させなくても、貨物鉄道の路線沿いに立地させることで、CO₂排出量の削減効果が期待できる。近年、中国では都市部の近くでの産業集積や、トラックでの都市への輸送による大気汚染の問題が深刻化しているが、その解決にもつながると考えられる。また、部品輸送によるCO₂排出量は、1台の自動車に使われる部品のみで考えれば値は小さいが、その値は鉄道貨物への転換（SHIFT

戦略）により半分近くになることが示され、今後の自動車保有台数の増加を考慮して掛け合わせれば、その削減効果は大きい。以上より、貨物鉄道の路線沿いに工場の集積を促し、産業コリドーを形成することによってサプライチェーンの低炭素化が可能であることが示唆された。

また、使用段階が自動車ライフサイクル全体96%以上のCO₂を排出することが明らかになった。自動車走行時に燃料による排出量が一番大きな影響があると考えられる。燃費の向上とクリーンエネルギー車の普及（IMPROVE戦略）によって、排出量を大幅に削減できることが分かった。そして、クリーンエネルギー車の普及に応じて、インフラ整備を整えることと、優待政策を作ることで、環境保護意識が高まっている消費者にも、選択肢が増えると考えられる。しかし、本研究での調査でも、公表されている燃費と実際に走行した場合の燃費との差がかなり大きいことが分かった。技術改良により燃費向上が実現したとしても、自動車保有量が増えていく中国においては、渋滞の多発が原因で実際の燃費が悪いままになる可能性が大きいと考える。自動車産業の排出量削減は、自動車購入制限や都市交通計画などの政策と共に実行することによって、CO₂排出量を大幅に削減できるであろう。

以上より、使用段階の排出量が最も大きく、クリーンエネルギー自動車の普及や燃費改良（IMPROVE戦略）が有効なことが明らかになった。生産・輸送段階についても、石炭火力発電への依存の低減や鉄道輸送普及（SHIFT戦略）により、排出量が削減できることを示した。特に、貨物鉄道の路線沿いにサプライヤーや完成車組立工場の立地を促し、産業コリドーの形成（AVOID戦略）を促すことで、大きなCO₂排出量削減効果が期待できる。

本研究では、上海VW社への直接的に情報収集やインタビューを行うことができず、公表資料、ホームページの情報をもとに研究を進めた。従って、細部にわたる情報がなく、様々な仮説を立てて研究する他なかった。例えば、部品輸送におけるルートを考慮するとき、全てのサプライヤーから輸送経路と輸送手段が明確になっていないので、それぞれの立地と提供する部品を考慮しながら、最短距離で輸送することを前提に研究を進めた。また、自動車一台当たりのCO₂排出量を算出する上で、鉄やアルミなどの材料調達から廃棄までを考慮するためには、企業からの直接の情報提供を元に進めない限り、算出結果の精度に限界がある。これらは今後の課題としたい。

謝辞：本稿は、環境省・環境研究総合推進費戦略的研究開発領域（S-6）の支援により実施され、有益なご助言をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 白全国地球温暖化防止活動推進センター：環境省，世界の二酸化炭素排出量，2010，
http://www.jccca.org/chart/chart03_01.html，2014.01.28 入手
- 2) グローバルノート：自動車生産台数国別ランキング・推移，<http://www.globalnote.jp/post-3184.html>，2014.01.28 入手
- 3) 王俊秀：中国汽车社会发展报告 2012-2013，社会科学文献出版社，2013。（中国語）
- 4) 株式会社現代文化研究所：中国自動車産業の競争力に関する調査研究報告書，国際経済交流財団，2009。
- 5) 環境省：温室効果ガス（GHG）プロトコル事業者の排出量算定及び報告に関する標準，
<http://www.env.go.jp/council/06earth/y061-11/ref04.pdf>，2014.01.28 入手
- 6) グローバル対応分科会事務局：みずほ情報総研株式会社，GHG プロトコル Scope3 基準について，資料 5-①-S，
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/supplychain_gas_global/001_05_01s.pdf，2014.01.28 入手
- 7) 末広茂等：自動車部門における CO₂ 排出削減効果，日本エネルギー経済研究所，2009 年 10 月，
<http://eneken.ieej.or.jp/data/2845.pdf>，2014.01.28 入手
- 8) 環境省地球環境局地球温暖化対策課：環境省，事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン（試案 ver1.6）参考資料，参-5.，2003。
- 9) 中国汽车工业协会统计信息网：2012 年前十位轿车品牌销量排名，中国汽车工业协会，2013，
<http://www.auto-stats.org.cn/ReadArticle.asp?NewsID=7823>，2014.01.28 入手
- 10) LCA 日本フォーラム：JLCA データベース，インベントリ分析用データ，日本自動車工業会，日本自動車部品工業会，2013。
- 11) 上海大众汽车：新朗逸，车型配置，
<http://www.svw-volkswagen.com/zh/models/NewLavida/configurator.html>，2014.01.28 入手
- 12) 上海大众汽车：公司介绍，
<http://www.csvw.com/csvw2011/qyjk/qyjj/gsjj/index.shtml>，2014.01.28 入手
- 13) FOURIN：中国自動車部品産業 2012，FOURIN,2012。
- 14) 中国汽车工业协会，中汽华轮公司：中国汽车工业企业单位信息大全 2012 版，人民交通出版社，2012。
- 15) 中国汽车技术研究中心，中国汽车工业协会：中国汽车工业年鉴，2012 年版，年鉴编辑部出版，2012。
- 16) Lin X, Tang D, Ding Y, Yin H, Ji, Z: Study on the distribution of vehicle mileage traveled in China, Research of Environmental Sciences, Vol.22, No.3, 2009. (in Chinese)
- 17) 国土交通政策研究所：物流から生じる CO₂ 排出量のディスクロージャーの今後のあり方に関する調査研究，国土交通政策研究第 105 号，2012。
- 18) 大众汽车集团宣布在华环保举措，Volkswagen Group China ホームページ，<http://www.vw.com.cn/zh.html>，2014.01.28 入手
- 19) 徐博：2020 年前中国多气源供应格局展望，天然气工业,32 (8)，pp.1-5, 2012。
- 20) 中华人民共和国国务院新闻办公室：中国的能源政策，中华人民共和国中央人民政府ホームページ，2012，
http://www.gov.cn/jrzq/2012-10/24/content_2250377.htm，2014.01.28 入手
- 21) 丹治和男：中国におけるアフターマーケットの動向，Roland Berger Strategy Consultants, Navigator the automotive newsletter, Vol.10, 2003。
- 22) 陈蔚：铁路运输在商品车整车物流中的发展分析，铁道运输与经济，第 7 期，第 33 卷，pp.49-52, 2012。（中国語）
- 23) 中研普华：中国整车物流特点及发展趋势探讨，中国行业研究网，2013，
<http://www.chinairm.com/news/20130428/170912835.html>，2014.01.28 入手
- 24) 田旭，刘立坤：我国汽车企业工厂选址主要因素分析，合作经济与科技，2013 年第 21 期，pp.213-217, 2013。
- 25) 地球産業文化研究所：温室効果ガス（GHG）プロトコル事業者排出量算出報告基準改定版，2005，
<http://www.gispri.or.jp/Templates/pdf/ghgpt-cp050524.pdf>，2014.01.28 入手
- 26) 環境研究総合推進費 S-6 アジア低炭素社会研究プロジェクト，環境省。
- 27) 日本における自動車 LCA の例，一般社団法人日本自動車工業会，JAMAGAZINE, 1998，
<http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/199806/02.html>，2014.01.28 入手

(2014. 4. 25 受付)

ESTIMATION OF DIRECT AND INDIRECT CO₂ EMISSIONS RELATED ON AUTOMOTIVE MANUFACTURING SUPPLY CHAIN IN CHINA

Kumiko NAKAMICHI, Shinya HANAOKA and GU Yun