

## 研究論文

# 充電時の地域特性を考慮した電気自動車の 環境負荷低減効果の分析

Analysis of the Reduction Effect of Electric Vehicles  
on Environment Loads with Regional Characteristics during Charging Phase

公野元貴\*・南齋規介\*\*・東野達\*\*\*・笠原三紀夫\*\*\*\*  
Motoki Kono Keisuke Nansai Susumu Tohno Mikio Kasahara

(原稿受付日2000年3月31日, 受理日2000年10月6日)

## Abstract

In order to evaluate the reduction effect of electric vehicles (EVs) on various atmospheric environmental loads, we have performed Life Cycle Inventory (LCI) analysis, including the installation of charging stations and regional, seasonal and temporal difference of the energy mix of electricity generation.

For an EV converted from a small gasoline vehicle, regional LCI analysis was carried out as the following steps: ①location of the charging stations, ②modeling of charging characteristics of station users, ③calculation of temporal life cycle emission intensities of CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> by regions, seasons and days. Assuming that total traveling mileage is 100,000km, the electricity consumption rate is 0.119kWh/km and the charging and discharging efficiency is 70%, average life cycle emission of CO<sub>2</sub> for that EV was 3.6t-C throughout Japan. However, if we took regional difference into account, the emission ranged over 70-160% of the average amount. It was revealed that the regional difference of the primary energy mix significantly affected the emissions of EVs during the operation phase.

## 1. はじめに

自動車による大気環境問題は、排気ガスによる沿道周辺住民への健康被害のような局所的な領域にとどまらず、CO<sub>2</sub>排出による温暖化に代表される地球的な規模にも及ぶ。わが国における自動車の趨勢は、その利便性のため、保有台数は増加傾向にあり、バブル経済の崩壊後もガソリン、軽油の燃料消費量は増え続けている。特に、80年代後半からはレクリエーションビークル、いわゆるRV車の台頭、安全対策による車両重量の増加、オートマチック車の普及などを背景とし、輸送効率(燃料消費量/km・人)が悪化に転じている<sup>1)</sup>。京都議定書で2010年頃のCO<sub>2</sub>排出量を1990年値と比べて6%削減を合意したわが国にとって、総排出量の約2割を占める運輸部門、とりわけ乗用車や貨物車等の自動車起源による排出は、そのうち約90%を占める現状であり<sup>2)</sup>、早急な改善が必要である。

現在、燃料消費率の向上、交通渋滞の緩和を初めとする排出抑制策に加え、電気自動車(EV)、燃料電池車などの無排出ガス車(ZEV: Zero tailpipe Emission Vehicle)

の開発が実用化に向けて行われている。従来の内燃機関自動車と比較し、価格の割高感や性能の未成熟さが残ることから、短期間で急速な普及は望み難いが、ZEVの大気環境改善に対する有効性は、将来的には大いに期待できる。

ZEVの環境負荷低減効果を明らかにするためには、ライフサイクルアセスメント(LCA)による評価が必要であり、特にEVについては、これまでに幾つかの研究事例<sup>3,4)</sup>が報告されている。EVに関する大気環境負荷は充電段階における発電所からの間接負荷が大きな原因であり、その量は全負荷量の約5割を占める<sup>5)</sup>。したがって、充電段階における環境負荷量の精度は全体の評価に大きな影響を与えると考えられ、充電段階における負荷を詳細に検討することが非常に重要である。

しかし、従来の研究では充電による負荷量をわが国の代表的な発電構成に基づく平均的な排出係数(環境負荷量/kWh)によって算出していることが多く、本来、地域や時間帯によって異なる排出係数の実態が反映されていない。そこで本研究は充電時の排出係数を地域別に時間帯毎の発電構成に基づき算出し、より実態に近いEVの環境負荷低減効果を定量的に評価した。

\*京都大学大学院エネルギー科学研究科修士課程(現在嵯峨芝所属)

\*\* / / 博士課程

\*\*\* / / 助教授

\*\*\*\* / / 教授

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄

第16回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス  
(2000年1月27日~28日)にて発表

## 2. 分析方法

本研究ではEVに関するライフサイクルインベントリ分析(LCI分析)を車体の生産段階、充電施設の整備段階、充電段階(走行段階)、廃棄段階に大別し、各段階について積み上げ法と産業関連分析法によるインベントリデータとを併用し環境負荷量を推定した。対象とした物質はCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>およびSO<sub>x</sub>である。

特に、走行段階では、EVの利用者層を設定し、各利用者層の一日あたりの充電量と充電時間帯のモデル化を行った。さらに、わが国の各地域の電力需給状況を考慮し、発電システムの製造・運営・維持等に関する負荷量を加えた充電に関する排出強度(環境負荷量/kWh)を算出し、充電時間帯モデルにしたがって走行段階における排出量を計算した。これと車体製造、充電施設および廃棄段階についての結果とを合わせ、EV一台あたりのライフサイクル環境負荷量を求めた。

また、深夜電力の利用によるEVのライフサイクル環境負荷量の変化を定量的に明らかにした。以下、それぞれの手法を詳細に述べる。

表1 EV車体製造、充電施設に関する各種環境負荷量

ライフサイクル項目	環境負荷項目		
	CO <sub>2</sub> (t-C/台)	NO <sub>x</sub> (kg/台)	SO <sub>x</sub> (kg/台)
EV車体製造段階	1.09	5.28	4.33
EV廃棄段階 <sup>)</sup>	0.002	0.006	0.005
充電施設整備段階 <sup>**</sup> )	0.45	2.06	1.77
充電施設整備段階 <sup>***</sup> )	0.17	1.00	0.69

<sup>)</sup> 小型乗用車と同一値を仮定

<sup>\*\*</sup>) 蓄電池の整備を行う場合

<sup>\*\*\*</sup>) 蓄電池の整備を行わない場合

### 2.1 車体製造、充電施設整備、廃棄段階

ライフサイクルを考慮したEVの車体製造、廃棄に関するEV一台あたりのCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>排出量は既報の値<sup>7,8)</sup>を引用した。充電施設の設備は蓄電池を利用する場合と、しない場合の2通りを考え、その排出量は既報<sup>6)</sup>と同様に算出した。EV一台あたりの車体製造、充電施設、車体廃棄に関する各種環境負荷量を表1にまとめる<sup>9)</sup>。

### 2.2 利用者層別の充電パターンのモデル化

マイカーとしてEVを利用する場合、基本的には深夜電力を利用した家庭での充電(ホーム充電)が主要となることが予想される。しかし、内燃機関自動車からの代替を可能にするには家庭外の充電施設の活用、すなわち非ホーム充電が不可欠であり、利用者の充電時間帯は多様化することが考えられる。家庭外での充電施設における充電時間帯の設定にはこれまで、小柳ら<sup>9)</sup>の正規分布に従う充電時間帯の発生確率を与えたモデルや、石原ら<sup>10)</sup>の現在設置されている充電施設における実測パターンを応用したモデルなどがある。我々は南カリフォルニアの例を参考にした既報<sup>6)</sup>に従い充電施設の設置場所を想定し、設置場所の利用状況から家庭外での充電時間帯のモデル化を次のように試みた。モデル化の概念を図1に示す。

まず、利用者層を自動車の主な利用目的に従い大別した。充電施設の設置場所が会社、ショッピングセンター、レジャー施設などを中心とした、充電を主たる目的とせず、他の目的で当該施設を利用する場所を想定していることから<sup>6)</sup>、これらの施設の利用頻度が高いと考えられる利用者層を設

注) この場合の電力消費に伴う環境負荷量は、平均電源構成に基づき算出した。

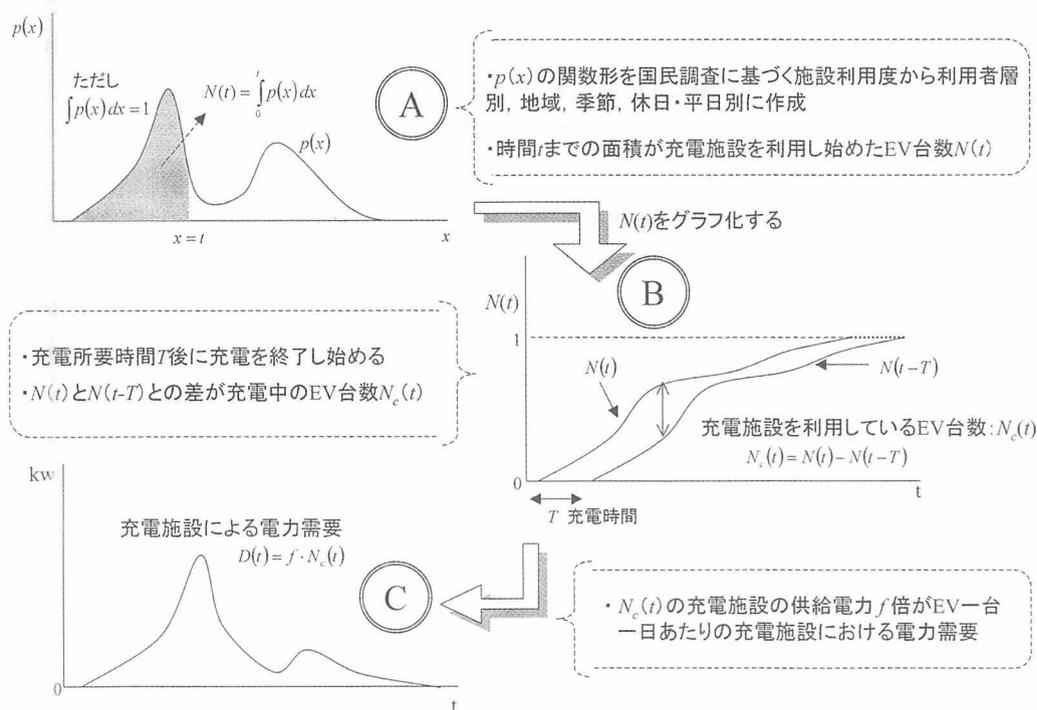


図1 充電施設におけるEV一台あたりの充電による電力需要のモデル化概念

定した。すなわち、①通勤や営業活動等に車を利用することが主たる自動車の利用目的であり、会社の駐車場に設置されている充電施設を利用する会社員層、②ショッピングセンター、役所、病院等へ行く場合の利用を目的とし、それらに設置された充電施設を利用する主婦層、③遊園地、美術館等のレジャー施設やホテル・旅館、図書館などへの移動に主に車を使用するその他の層、に分類した。また、会社員層は通勤利用層と仕事利用層とに区別した。

次に、各利用者層が充電設備のある施設へ行く場合は、充電設備を必ず利用すると想定し、「国民生活時間調査」<sup>11)</sup>から各利用者層が最も立ち寄る充電設備設置場所の利用状況を調査した。さらに、設置場所が利用可能な時間帯を考慮し、ある時間  $x$  における当該施設に関する時間別利用割合  $u(x)$  を地域別に作成した。施設の利用割合と充電設備の利用割合は類似すると仮定し、式(1)に従い、 $u(x)$  から各層の時刻別の充電開始確率を決定した。

$$p(x) = \frac{u(x)}{\int_0^{24} u(x) dx} \quad (0 \leq x \leq 24) \quad \dots\dots\dots(1)$$

したがって、時刻までに充電を始める確率（全台数を1としたEV台数） $N(t)$  は、

$$N(t) = \int_0^t p(x) dx \quad \dots\dots\dots(2)$$

と表現することができ（図1-A）、充電の所要時間を  $T$  とすると、時刻で  $t$  充電中であるEV台数  $N_c(t)$  は、

$$N_c(t) = N(t) - N(t - T) \quad \dots\dots\dots(3)$$

と書ける（図1-B）。充電の供給電力を  $f$  (kW) とし、EV一台の充電による電力需要  $D(t)$  を式(4)のようにモデル化した（図1-C）。

$$D(t) = f \cdot N_c(t) \quad \dots\dots\dots(4)$$

なお、ホーム充電については、これとは別に午後11時より行われ、その電力需要を  $H(t)$  とした。 $D(t)$  は4つの利用者層を対象に、10地域別（北海道、東北、東京、中部、北陸、関西、中国、四国、九州、沖縄（九州と同様と仮定）に休日と平日の相違を反映させ、合計80パターンを作成した。

**充電条件の設定**

充電条件として、充電所要時間、充電頻度（1週間における充電施設の利用回数）、充電施設の供給電力を設定する必要がある。本研究では各利用者層の充電所要時間を次のように求めた。

従来の内燃機関自動車からEVへと移動媒体が変更されても、走行距離に大きな変化はないと考え、現在の1日あたりの平均燃料消費量 ( $kl$ ) と燃料消費率 ( $km/kl$ ) から走行距離を推定した。会社員層（通勤利用）、主婦層、その他については自家用自動車（ガソリン車）を基に、1日あたりの平均走行距離を36.75km<sup>12)</sup> とした。また、会社員層（仕事利用）に関する走行距離は、統計表等から代表的な数値が得られなかったことから、都市部で活動する営業車の実測値<sup>13)</sup> を基準走行距離とし、全国市区可住面積の平均値および基準活動都市の可住面積から式(5)に従い、平均走行距離=53.45kmと設定した。

$$L = L_0 \sqrt{\frac{S}{S_0}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

次に、EVの燃料消費率を0.119kWh/km、充放電効率を70%とし<sup>14)</sup>、利用者層ごとに定めた走行距離から充電電力量をそれぞれ求めた。充電施設の供給電力  $f$  を南カリフォルニア州の例<sup>15)</sup> を参考にわが国の規格を考慮し、12kW（200V、60A）と設定して充電所要時間を定めた。

充電頻度については、各利用者層が平日および休日（土曜日を含む）にそれぞれ、何度充電施設を利用するかを統計調査結果<sup>11)</sup> から当てはめ、月ごとにその回数を決定した。

EVの大規模な普及を目的とする、南カリフォルニア州の例では、設置費用等を行政側が支援することにより充電施設の積極的な設置を行っている。さらに、設置後3年間は充電費用を充電施設の所有者側に負担させている。これは、EV利用者に充電施設の利用を推奨することにより、1充電あたりの走行距離が短いという、現在のEVの欠点を補い、EVの購入を後押しすることを狙っている。また、充電施設の所有者は、充電費用を自己負担し、EV利用者に対し無料化することが集客要因として機能することを期待している<sup>6)</sup>。

表2 設定した各利用者層の充電条件

充電条件項目	会社員層 (通勤)	会社員層 (仕事)	主婦層 (買い物等)	その他 (レジャー等)	
走行距離(km/日)	36.75	53.45	36.75	36.75	
充電電力量(kWh/日)	6.25	9.09 <sup>*)</sup>	6.25	6.25	
充電所要時間(時間/日)	0.52	0.38	0.52	0.52	
充電施設利用頻度(回/週間)	5	5	3.37	2.58	
ホーム充電頻度(回/週間)	2	5 <sup>**)</sup>	3.63	4.42	
ホーム充電所要時間(時間/日)	4.17	3.03 <sup>***)</sup>	4.17	4.17	

\*) 昼間と深夜時間帯に分けて充電を行う  
 \*\*) 充電施設での深夜時間帯における充電頻度  
 \*\*\*) 会社員層（仕事）は深夜時間帯における所要時間

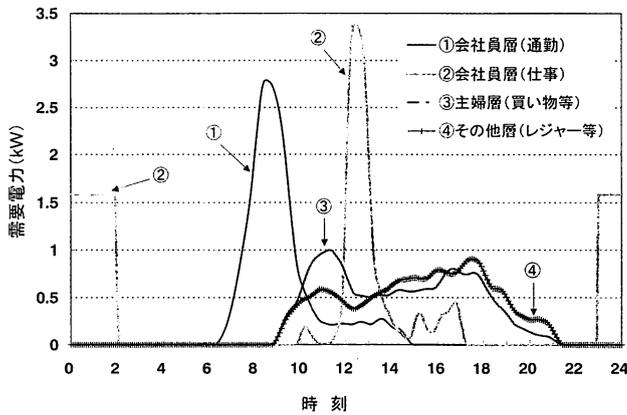


図2 関西地区(平日)における利用者層別の非ホーム充電による電力需要

こうした先行事例から、本研究ではEVの利用者にとって充電施設での充電が無料または、ホーム充電の充電費用より割安であると仮定し、充電施設利用日にはホーム充電はされず、ホーム充電は深夜時間帯にのみ、午後11時より1.5kW (100V, 15A)<sup>15)</sup>の電力で行うとした。また充電時の電力を送電端の電力に換算するために地域別の送配電損失率<sup>16)</sup>を考慮した。

利用者層別に充電頻度と非ホーム充電及びホーム充電との関係をまとめる。

- ・会社員(通勤) …平日は通勤後、会社等の駐車場にある充電施設で充電し、休日は、ホーム充電を行う。
- ・会社員(仕事) …仕事に利用するEVは充電施設のみで行われるが、会社駐車場などに設置されている充電施設における充電は他と異なり、充電費用の負担が設置者、すなわち会社側へ掛かることから、電力料金の比較的安価な深夜時間帯へ傾斜すると想定した。すなわち、平日の1日あたりの必要充電量を2回に分け、昼夜でそれぞれ充電する。休日は充電を行わない。
- ・主婦(買物)、その他(レジャー等) …それぞれの施設利用率から1週間の平日、休日別の利用日数を決め、利用した日は、当該施設にて充電を行う。それ以外の日はホーム充電を行う。

表2に充電条件をまとめ、図2に関西地域の平日における利用者層別の非ホーム充電による電力需要を示す。

表3 設定した地域名と対応する都道府県

地域名	該当する都道府県
①北海道地域	北海道
②東北地域	青森, 岩手, 宮城, 秋田, 山形, 福島, 新潟
③東京地域	茨城, 栃木, 群馬, 埼玉, 千葉, 東京, 神奈川, 山梨
④中部地域	長野, 岐阜, 静岡, 愛知, 三重
⑤北陸地域	富山, 石川, 福井
⑥関西地域	滋賀, 京都, 大阪, 奈良, 兵庫, 和歌山
⑦中国地域	鳥取, 島根, 岡山, 広島, 山口
⑧四国地域	徳島, 香川, 愛媛, 高知
⑨九州地域	福岡, 佐賀, 長崎, 熊本, 大分, 宮城, 鹿児島
⑩沖縄地域	沖縄

### 2.3 充電時の排出強度の算出

充電時の排出強度は、充電を行う地域、季節、曜日、時間帯に応じて異なるため、次のように充電時の排出強度  $e(t)$  を求めた。地域は電力会社の供給域ごとに考慮し、充電施設利用者層の地域区分と同一とするため、本研究の地域名は表3のような都道府県に該当するものとした。また季節は春夏秋冬をそれぞれ反映させた。

まず、地域ごとに季節別、休日・平日別、時間別の電源構成別負荷曲線(送電端)をヒアリング及び統計表<sup>16)</sup>に基づき詳細に調査した。これに基づき各発電プラント(石炭火力、石油火力、LNG火力、水力、原子力等)に応じた燃料消費に伴う排出量に加え、発電設備の建設、維持等による排出量を含む各種排出係数を負荷曲線にそれぞれ乗算した。設備建設、運用等に関する排出量は、内山ら<sup>17-18)</sup>の方法に基づき、文献値<sup>19)</sup>や既報<sup>8)</sup>の係数を用いて算出した。さらに、それらを時間ごとの総電力需要と単位時間で割り戻し、充電時の排出強度(環境負荷量/kWh)  $e(t)$  を決定した。

なお、本研究の充電時の排出強度  $e(t)$  は共同火力等からの融通電力に関する排出量を含んでいるため、発電に関する本来の排出係数とは若干異なる。

電力需要は、同じ季節でも気温に左右され、また発電施設の定期検査等により、需給状況は変動する。本来ならこのような要因も考慮することが望ましいが、データ収集の制約などから、その作業は非常に困難である。したがって、本研究では各地域について、季節、平日・休日を代表する特定日の8種の電力需要を基に排出強度を算出した。

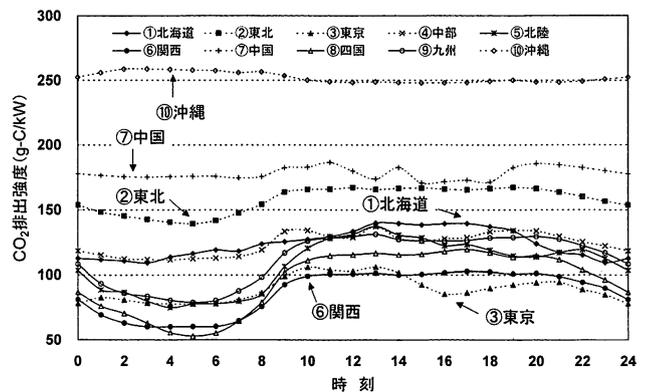


図3 夏季(平日)における充電時のCO2排出強度の地域間比較

表4 各発電プラントの設備建設・運用等に関する環境負荷量

環境負荷物質	石炭火力	石油火力	LNG火力	原子力	水力
CO <sub>2</sub> (g-C/kWh)	25.9	12.1	41.1	5.6	4.7
NO <sub>x</sub> (g/kWh)	0.47	0.20	0.07	0.002	0.03
SO <sub>x</sub> (g/kWh)	0.21	0.08	0.02	0.001	0.01

### 3. 結果と考察

#### 3.1 排出強度の地域・時間的変動要因

今回得られた排出強度  $e(t)$  のうち、夏季平日におけるCO<sub>2</sub>排出強度を図3に示す(地域番号は表3と同じ)。また、表4に各発電プラントの設備建設、運用等に関する負荷量を、表5に表4の負荷量を含む地域別季節別にみた充電時の排出強度の平均値(平日の排出強度を5、休日の排出強度を2とした加重平均)を記す。各地域の電源構成の違いや使用する燃料種、さらに発電設備の運用状況の違いにより環境負荷物質の排出強度の地域差が大きいことがわかった。

CO<sub>2</sub>について本研究で得られた排出強度を年間平均値と比較すると、文献値<sup>19)</sup>とほぼ同程度であることが確認できた。地域別に見ると、火力発電のみの運用である沖縄地域や発電構成の中で火力発電の割合が大きい中国地域については排出強度が他より大きくなっている。また、東北地域では他社融通分の割合が高く、それらが主として火力発電による供給であることから排出強度を押し上げた結果となった。排出強度の地域格差は最大で約3.6倍にも及び、沖縄地域を除いても約2.4倍もの開きがある。

時間的な変化を見ると、関西地域や東京地域のように原子力発電の割合が年間の発電量のうち、それぞれ52%、46%(1998年値)を占めるところでは深夜帯に排出強度が小さくなる。関西地域では時刻によって最大1.7倍の格差が生じ、深夜の充電がCO<sub>2</sub>の排出抑制に貢献する可能性を確認できた。また、四国地域では原子力発電の割合が45%と高い上に、夜間における電力需要が少ないため、その時間帯の火力発電の割合が非常に小さくなり、排出強度の最大値と最小値に約2.3倍の違いがみられる。また、水力発電の割合が28%と高い北陸地域についても同様に時刻による差が現れている。しかし、中国、東北、中部、北海道地域等では、時間的変動は小さく、特に沖縄地域のように、夜間に石炭火力の割合が高くなるところでは、深夜の充電が排出抑制に必ずしも結びつくものではないことが示唆される。

NO<sub>x</sub>やSO<sub>x</sub>の排出強度もCO<sub>2</sub>と同様、地域ごとの火力、原子力等の発電構成比の相違はもちろん、加えて燃料種の相違(LNGなどの使用状況)や脱硫、脱硝装置の設置状況の違いから、地域、時間ごとに異なる結果を得た。NO<sub>x</sub>排出強度の地域差は沖縄地域を含めれば最大5.8倍、除いても4.6倍あり、SO<sub>x</sub>についてはそれぞれ20.3倍、7.3倍もの違いがある。沖縄地域が大きいのは火力発電のみで運用されていることが原因である。北海道および四国地域ではLNG火力がないこと、北海道地域では硫黄分の多い国内炭の消費割合が高いために、SO<sub>x</sub>排出強度が他と比較し大

きくなっている。時刻による変動は四国地域が最も大きくNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>ともに2.4倍となった。

#### 3.2 利用者層別の充電段階排出量

利用者層別に決定した非ホーム充電、ホーム充電に関する電力需要  $D(t)$ 、 $H(t)$ と排出強度  $e(t)$ から、1日あたりの充電施設での充電による環境負荷量  $E_s$  およびホーム充電による負荷量  $E_h$ をそれぞれ次のように算出した。

$$E_s = \int_0^{24} D(t)e(t)dt \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$E_h = \int_0^{24} H(t)e(t)dt \quad \dots\dots\dots(7)$$

関西地域を例に表2に示した充電頻度等の条件に従い、

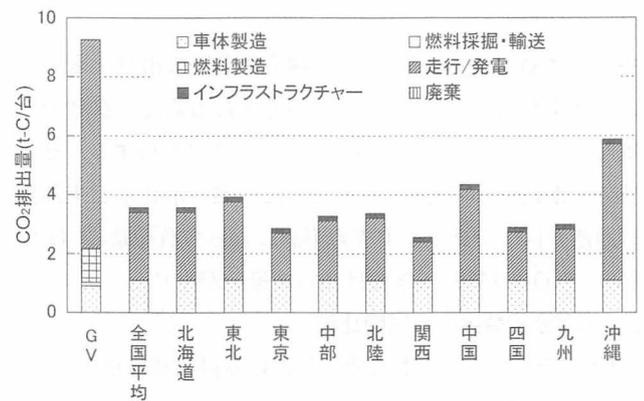


図4 EVのライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量の地域間比較

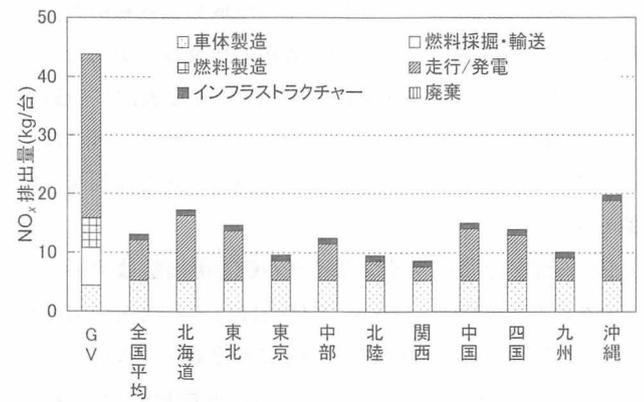


図5 EVのライフサイクルNO<sub>x</sub>排出量の地域間比較

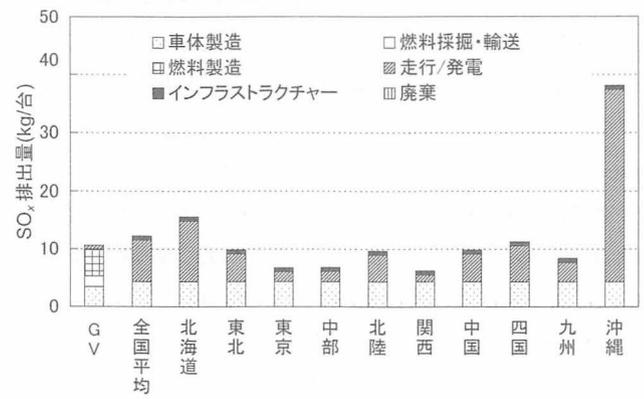


図6 EVのライフサイクルSO<sub>x</sub>排出量の地域間比較

表5 地域・季節別の充電に関する排出強度

季節	排出強度 (g-C, g/kWh) <sup>*</sup>	地域名									
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
春季	CO <sub>2</sub>	109.6	136.9	82.8	101.5	105.7	66.7	159.1	64.5	80.2	265.5
	NO <sub>x</sub>	0.52	0.42	0.17	0.16	0.31	0.12	0.44	0.30	0.18	0.77
	SO <sub>x</sub>	0.59	0.32	0.12	0.14	0.32	0.08	0.33	0.29	0.18	1.86
夏季	CO <sub>2</sub>	121.4	155.3	87.1	120.0	100.4	81.1	176.7	88.0	109.6	253.0
	NO <sub>x</sub>	0.57	0.49	0.18	0.19	0.29	0.15	0.50	0.41	0.24	0.74
	SO <sub>x</sub>	0.65	0.38	0.13	0.17	0.30	0.10	0.38	0.41	0.26	1.84
秋季	CO <sub>2</sub>	136.3	147.5	91.9	99.4	116.8	65.9	167.2	76.7	86.2	254.8
	NO <sub>x</sub>	0.64	0.47	0.19	0.16	0.34	0.13	0.47	0.36	0.19	0.74
	SO <sub>x</sub>	0.71	0.36	0.14	0.14	0.36	0.09	0.36	0.35	0.20	1.84
冬季	CO <sub>2</sub>	134.2	148.6	95.0	130.9	148.0	76.0	179.1	126.3	118.5	257.8
	NO <sub>x</sub>	0.63	0.46	0.20	0.21	0.43	0.13	0.51	0.59	0.26	0.75
	SO <sub>x</sub>	0.71	0.35	0.14	0.18	0.46	0.09	0.40	0.59	0.28	1.85
年平均	CO <sub>2</sub>	125.4	147.1	89.2	113.0	117.7	72.4	170.5	88.9	98.6	257.8
	NO <sub>x</sub>	0.59	0.46	0.18	0.18	0.34	0.13	0.48	0.41	0.22	0.75
	SO <sub>x</sub>	0.66	0.35	0.13	0.16	0.36	0.09	0.37	0.41	0.23	1.85

\*) CO<sub>2</sub>はg-C/kWh, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>はg/kWh

各利用者層が10万km走行した場合のCO<sub>2</sub>排出量を求めると、仕事利用の会社員層が約1.4t-Cと最も高く、夕刻の充電時間帯の利用が比較的多いレジャー等に利用する、その他の層が最も小さく1.2t-Cとなった。燃料消費率と生涯走行距離が同一であっても充電形態によって負荷量にCO<sub>2</sub>で15%、NO<sub>x</sub>で15%、SO<sub>x</sub>では13%の違いが生じた。

### 3.3 LCI分析結果の地域間比較

EVの充電段階（走行段階）における排出量に車体製造、充電施設（蓄電池なし）の整備および廃棄による排出量を付加させたLCI分析の結果を地域別に図4～6に示す。ここで、走行段階における排出量は、地域毎に各利用者層の排出量を算術平均した値（利用者層の普及割合が同じ）である。また、ガソリン自動車（図中、GVと表記）の負荷量は既報値<sup>6)</sup>に、EVとのライフサイクル範囲を同一にするため、燃料の採掘、運搬に関する負荷を新たに加味した値である。

EV一台あたりのライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量は全国平均で3.6t-Cであった。しかし、地域別に見ると全国平均を基準としてCO<sub>2</sub>排出量は約72%～165%とばらついている。このうち、排出量が最も少ない地域は関西地域で、2.6t-Cとなった。一方、火力発電のみの沖縄地域は最も排出量が大きく、5.9t-Cであるが、火力発電以外を持つ地域の中でも、単位発電あたりの火力発電（融通電力の火力を含む）の割合が高い、中国、東北地域では比較的高い排出量がある。また、ガソリン自動車の排出量9.3t-Cに対し、EVの排出量は28%～64%程度に収まっていることが確認できた。

次に、NO<sub>x</sub>の排出量であるが、全国平均で13.1kgとなり既報<sup>9)</sup>と大きな違いは認められなかった。地域的な差はCO<sub>2</sub>よりも大きく、排出量の少ない関西地域から最も大きい沖縄地域までで、全国平均に対し66%～151%の違いが確認できた。CO<sub>2</sub>では中国、東北地域において高負荷であったが、NO<sub>x</sub>では沖縄地域に続き、北海道地域の排出量が

高くなった。北海道地域は中国、東北地域と比較し、年間ベースでの火力発電による供給割合は低いが、表5からわかるように単位電力あたりの排出量が多い。このことは、充電時間帯モデルに大きな違いがないことを考慮すると、LNG火力がなく、石炭系燃料の使用割合が高いことや、脱硝装置などの設置状況の相違が、排出量に影響を与えていると推測できる。ガソリン自動車のライフサイクル排出量43.9kgと比較すると、EVは8.6kg～19.8kgと約20%～45%の排出量にとどまる。

SO<sub>x</sub>排出量が多い地域は沖縄に続き、北海道、四国地域となった。四国地域も硫黄分を含まないLNG火力がなく、単位発電量あたりの排出量が高い原因の1つとなっている。全国平均でEVからの排出量は12.2kgで、地域別では51%～312%の違いを生じた。その傾向はNO<sub>x</sub>の場合と類似しているが、沖縄地域での相対的な増加が著しい。元より、ガソリン自動車はSO<sub>x</sub>の排出量は10.6kgと極めて小さく、地域によってはEVへの代替がSO<sub>x</sub>排出量の増加につながる可能性があることが示唆される。SO<sub>x</sub>についてはガソリン自動車よりもディーゼル自動車の方が極めて排出量が高く、約5.6倍にも上る。したがって、ディーゼル車からEVへの代替を考えた場合、11%～64%の排出量に収

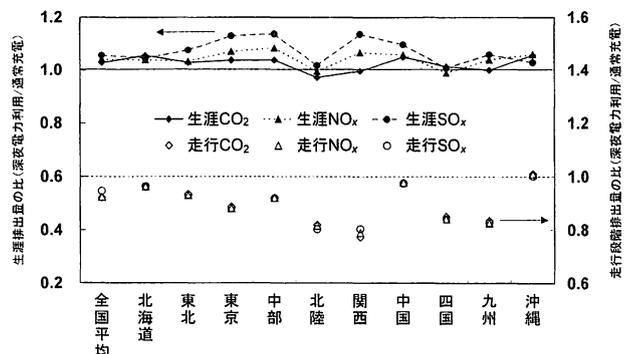


図7 深夜電力の利用による蓄電池充電と環境負荷量の関係

まる。

### 3.4 蓄電池を用いた深夜電力の利用による負荷低減

EVの充電に関して、深夜電力の利用は電力負荷の平準化へ有効に機能することが報告されているが<sup>10)</sup>、ここでは深夜電力の利用による大気環境負荷の低減効果の観点から検討した。充電形態はこれまでの仮定と同様とし、非ホーム充電における供給電力に深夜電力を用いるとする。すなわち、現在、わが国の充電施設で行われているように充電施設に蓄電池を設置し、深夜に蓄電された電力を日中に供給する方法である。こうした場合、表1に示したように蓄電池の設置によりインフラ整備に伴う誘発環境負荷が大きくなる。

蓄電池を利用した深夜電力利用の充電と通常の充電による排出量の比を、走行段階（充電）およびライフサイクルで比較した結果を、それぞれ図7に示す。走行段階における排出量は夜間に石炭火力による発電割合が高くなる沖縄地域以外では減少し、北陸、関西地域においては約80%に低下する。また、他の環境負荷物質についても同程度の減少が期待できる。

一方、ライフサイクルでの評価はインフラ整備、特に蓄電池に関わる排出量が増加するため、走行段階における排出量の低下を相殺する地域もある。しかし、この結果はインフラの形態やインフラに関する負荷量をEV一台あたりへ割り当てる方法に依存するため、結果の解釈には慎重を要する。割り当て方法は既報<sup>9)</sup>に従ったが、この手法は十分に検討する余地があると考えられる。

## 4. おわりに

本研究の結果、EVのライフサイクル環境負荷量は、充電を行う地域の電源構成の差異によって有意な差が生ずることがわかった。EVに限らず、ライフサイクルにおいて電力消費による負荷量が多い財は少なくない。こうした財についてLCI分析を行い、その結果を利用して、何らかの環境負荷低減策を講じる場合、LCI分析の結果が財の利用地域によって変動することを考慮し、適切な対応を考える必要がある。

## 謝辞

本研究は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「環境負荷低減を目的とした自律分散型都市エネルギーシ

ステム」プロジェクト（JSPS-RFTF97P01002）の研究費によって実施された。

## 参考文献

- 1) 森口祐一・近藤美則・南齋規介・東野 達、平成7年産業連関表等を用いたわが国のCO<sub>2</sub>排出構造分析、第16回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、pp.73-78 (2000)
- 2) 環境庁編、環境白書（総説）平成9年度版、大蔵省印刷局（1997）
- 3) 近藤美則・森口祐一・清水浩、電気自動車IZAとガソリン車のライフサイクルCO<sub>2</sub>量の分析、第12回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集、(1996)、pp.529-534.
- 4) 西村一彦・内山洋司、リチウム電池搭載EV製造時の環境負荷の評価と比較、第3回エコバランス国際会議講演集、(1998)、pp.295-298.
- 5) 松橋隆治・石谷久・菅幹雄・吉岡完治、ガソリン自動車と電気自動車のライフサイクルアセスメント、日本エネルギー学会誌、77 (1998)、1184-1192.
- 6) 南齋規介・公野元貴・東野 達・笠原三紀夫・森口祐一、電気自動車のインフラストラクチャーに関するライフサイクル分析、エネルギー・資源、21 (2000)、75-82.
- 7) 南齋規介・東野達・笠原三紀夫・森口祐一、日本における自動車のライフサイクル大気環境分析、第3回エコバランス国際会議、(1998)、pp.299-302.
- 8) 南齋規介・東野達・笠原三紀夫・森口祐一、産業連関表によるエネルギー消費と大気環境負荷から見たインベントリー分析、第14回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、(1998)、pp.203-208.
- 9) 小柳文子・瓜生芳久、電気自動車による消費電力のモデル化と電力需要に与える影響、電気学会論文集B、117巻1号、(1997)、41-46.
- 10) 石原 薫・七原俊也・栗原都夫・西山和夫・浦田裕行・西野慎一、高性能電池を搭載した電気自動車の普及影響評価、電力中央研究所報告T97514 (1998).
- 11) NHK放送文化研究所、1995年国民生活時間調査報告書及びデータブック (1996)
- 12) 運輸省運輸制作局情報管理部統計課、自動車輸送統計年報第33巻 第13号 平成7年度分 (1996)
- 13) 電力会社提供資料
- 14) 清水浩、電気自動車のすべて第2版、日刊工業新聞社 (1997)
- 15) <http://www.epri-icon.com/>
- 16) 通商産業省資源エネルギー庁公益事業部編、平成10年度 電力需給の概要48、中和印刷株式会社出版部 (1998)
- 17) 内山洋司、発電システムのライフサイクル分析、電力中央研究所報告、Y94009 (1995)
- 18) 内山洋司・山本博巳、発電プラントのエネルギー収支分析、電力中央研究所報告、Y90015 (1991)
- 19) 環境庁企画調整局地球環境部編、地球温暖化防止対策ハンドブック4交通編、中央法規 (1992)