

〔報告〕

電動架装式ごみ収集車両の CO₂ 等削減効果について

小谷野 眞司 山崎 実 宮沢 佳隆 藤田 進

入江 貴弘* 端山 貴英** 井上 宏**

(*東京都環境局廃棄物対策部 **東京二十三区清掃一部事務組合)

1 はじめに

ごみ収集車両(以下、「現行パッカー車」という。)は、走行用エンジンを動力源に用いて、ごみ積み装置を動作させる。今般、この動力を電動化させた電動架装式ごみ収集車両(以下、「電動パッカー車」という。)が開発された。

電動パッカー車は、ごみ積み時にエンジン停止が可能のため、早朝の住宅地等の作業における騒音抑制効果が期待されるため、自治体等では、電動パッカー車の導入についての検討がなされている。ここでは、低炭素化社会の実現に向けた CO₂ 削減対策等の低公害性の面からの検討を行うため、電動パッカー車等の CO₂ 排出量等の調査を行った。この調査結果について報告する。

2 調査方法等

(1) 概要

調査は、当研究所の大型自動車排出ガス計測システムを用い、電動パッカー車及び現行パッカー車の路上走行やごみ収集走行を再現し、その時の排出ガス等の測定結果を比較・考察することで、電動パッカー車の架装部分を電動化したことによるCO₂削減効果等を検証した。

調査計画の策定等にあたっては、現行パッカー車の使用実態や電動パッカー車の特性を踏まえて調査を行うため、東京都環境局廃棄物対策部、東京二十三区清掃協議会、東京都市町村清掃協議会、電動パッカー車のメーカー(極東開発工業株、新明和工業株、富士重工業株)、並びに東京都環境科学研究所で構成する「廃棄物収集運搬車両の低公害化に係る調査検討会」で検討を行った。

(2) 調査車両

調査車両は、前記の3メーカーが開発した3タイプの電動パッカー車(A車、B車、C車)と現行パッカー車1台の合計4台で、いずれも新長期排出ガス規制(平成17年規制)に適合した車両である。調査車両の諸元等を表1に示す。

各電動パッカー車は、蓄電池等の種類が異なるが、その主な特徴は以下のとおりである。

A車：容量、寿命、重量の面で優れる電気自動車用のリチウムイオン電池を採用している。

B車：蓄電方式はキャパシタ(コンデンサ)とし、車両の減速時のエネルギーを回生充電させる。このため、車庫等での充電は不要である。ただし、蓄電状態によっては、エンジン動力で発電し、充電或いは架装を

表1 調査車両の諸元等

車 両		A車	B車	C車	現行パッカー車
架装の作動方法		電動式	電動式	電動またはエンジン(PTO駆動)	エンジン(PTO駆動)
蓄電方式	種 類	リチウムイオン	電気2重層キャパシタ	密閉式鉛電池	
	電圧等	DC330V	DC340V	DC72V	
	充電電源	単相200V(20A)	減速時等の回生エネルギーで充電(残量が減るとエンジンから充電)	3相200V(10A)	
	充電時間	7時間		8時間	
満充電作動回数		フル積載6回分	25サイクル	フル積載4回分	
積込作動速度(1サイクル)		10~11秒	10~11秒	10~11秒	10~11秒
車両諸元	車両重量(kg)	4,480	4,800	4,770	4,300
	最大積載量(kg)	1,850(2,000)*	2,000	2,000	2,000
	乗車人員(人)	3	3	3	3
	全長×全幅×全高(cm)	527×187×226	531×189×232	531×189×231	532×185×231
	原動機排気量(L)	4.009	2.999	2.999	2.999
原動機出力(kW)		100	110	110	110
アイドリングストップ装置の有無		無	有(後付)	有(標準装備)	有(標準装備)

※開発車両のため車両検査証上は1,850kgであったが、販売車両については同一構造で2,000kgである。

駆動させる。

C車：価格面で優れる密閉式鉛蓄電池を使用している。

エンジン動力で架装部を稼働させることも可能。

(3) 調査方法

ごみ収集車両の経時的に見た場合の一般的な使われ方として、i.積載なしでの一般道路走行（車庫（事業所）からごみ集積所までと清掃工場からごみ集積所または車庫（事業所）まで）、ii.ごみ集積所等でのごみの収集作業、iii.満積載での一般道路走行（集積所から清掃工場まで）の3つの走行状態が想定される。このため、ごみ収集作業と一般道路走行2種を分けて、次による調査を実施した。なお、調査車両は全車、調査の最初に法定(JE05)モードによる排出ガス測定を行い、測定結果から排出ガス低減装置に異常がないことを確認した。

ア. ごみ収集作業時の調査

① 電動パッカー車の効果算出に係る調査

ごみ収集走行パターン¹⁾による調査を行った。この走行パターンは、発進、停止を繰り返しながらごみの積み込み作業を行うもので、走行距離0.94kmを平均車速3.1km/hで走行し、停止時にごみ積み込み装置を合計48回作動させるものである(図1)。

ここで、ごみ積み込み装置に実際の使用実態に近い負荷を与えるため、調査時は、疑似ごみ(皮屑を詰めた麻袋で1個当たり5kg、見かけ比重0.36kg/L)を、積み込み装置1回の作動で6個、合計288個(1.44t)の積み込みを行った。ごみの積み込み重量は、ごみ収集車両の最大積載量は2tであるものの、都内の区市町村の標準的な積載量である約1.4tに合わせている。また、ごみの積み込み手法についても、使用実態に合わせ、ごみ搬出板は積み込み開始時から終了時まで車両前方に配置した(図2)。なお、ごみ積み込み装置は、ごみ搬出板を車両後方から荷室容積を拡大させるように移動させながら積み込みこむことで、ごみは圧縮されて最大

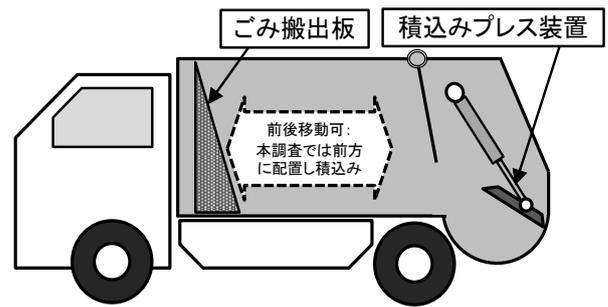


図2 調査対象ごみ収集車両のごみ積み込み機構

積載量まで積み込む機能を有している。

ごみ収集走行パターンにおける試験自動車重量の設定は、半積載(0.7t)とした。

② 付随調査

上記①のほか、基礎的な排出特性の違いを把握するため、ごみ収集走行パターンによる測定は、i.アイドリングストップの実施の有無（電動パッカー車のみ）、ii.ごみ収集装置の作動（疑似ごみの積み込み）の有無での測定を実施した。なお、A車は開発車両のため、アイドリングストップ装置が装着されていなかったため、ここではエンジンキーの手动操作によりアイドリングストップを行った。

イ. 一般道路走行時の調査

都内における出現頻度の高い平均車速区分に該当する東京都実走行パターンNo.5(平均車速18.0km/h)を用い、積載なしと満積載(1.4t)の2条件で測定を実施した。

(4) 調査項目

ア. 排出ガス等

CO₂のほか、自動車排出ガス規制項目(CO、HC、NO_x、PM)について測定を行った。また、燃費については、CO₂等の排出量をもとにカーボンバランス法により求めた。

イ. 消費電力

電動パッカー車(A車およびC車)については、外部充

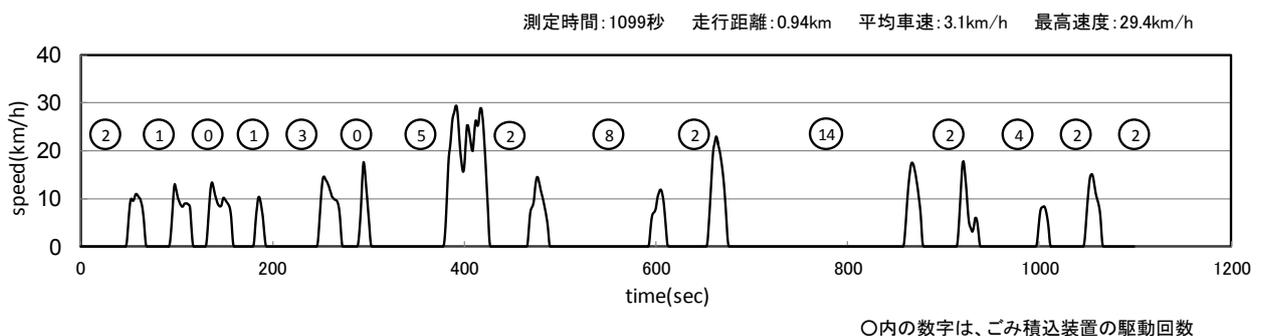


図1 ごみ収集走行パターンの特徴

電による充電電力の発電時のCO₂等の排出量を考慮するため、満充電まで(電動パッカー車の機能により充電が自動停止するまで)充電した後にごみ収集走行パターンによる測定を3回実施し、再び満充電までを充電を行い、その際の電力を交流電力モニタ(富士電機㈱製、形式:PPMCFBR3-S)により計測した。また、参考として、ごみ収集走行パターン測定時の電動パッカー車の蓄電池とインバータ間等の電流、電圧を計測し、消費電力(kWh)あるいは電気量(Ah)を算出した。

3 調査結果

(1) ごみ収集作業時

ごみ収集走行パターンの測定結果を表2に示す。ここで、CO、HC、PMについては調査車両が採用している排出ガス低減装置のDPF(ディーゼル・パティキュレート・フィルタ)の効果により値が小さく、架装の電動化による排出量への影響が見られないため、評価の対象から除外した。次に、電動パッカー車の充電電力と消費電力を表3

表2 ごみ収集走行パターンの測定結果

車両	測定条件 (*は、7トンのストップを実施)	測定回	CO ₂ g/回	NOx g/回	燃費 km/L
A車	疑似ごみ積込み有(*)	1回目	521.5	3.54	4.73
		2回目	508.9	3.46	4.86
		3回目	504.0	3.32	4.92
		平均	511.5	3.44	4.84
	疑似ごみ積込みなし	1回目	761.8	3.12	3.25
	同上(*)	1回目	512.8	3.07	4.81
B車	疑似ごみ積込み有(*)	3回目	1010.4	5.46	2.45
	疑似ごみ積込みなし	1回目	740.0	3.26	3.34
	同上(*)	1回目	542.5	2.94	4.49
C車	疑似ごみ積込み有(*)	2回目	516.4	2.79	4.82
		3回目	513.9	2.73	4.89
		平均	515.2	2.76	4.86
	疑似ごみ積込みなし	1回目	701.9	3.12	3.54
	同上(*)	1回目	503.6	2.46	4.91
現行パッカー車	疑似ごみ積込み有	1回目	1480.3	10.46	1.69
		2回目	1477.4	10.26	1.68
		3回目	1454.0	10.31	1.72
		平均	1470.6	10.34	1.70
	疑似ごみ積込みなし	1回目	675.2	2.83	3.67
	同上(*)	1回目	482.2	2.43	5.11

※ 疑似ごみ積込み有の測定は3回実施し、ごみ積込み操作に遅れ等が発生した場合などで測定結果に影響を与えたと判断されるものは、評価から外した。

表3 充電電力と消費電力

		単位:kWh(Ah)		
		A車	B車	C車
充電電力	3回測定後の充電電力	3.06	—	4.63
	1回当たり	1.02	—	1.54
消費電力 (1回当たり)	積込み	0.719	0.709	0.739(10.27)
	排出	0.080	0.087	0.089(1.24)
	合計	0.799	0.796	0.828(8.17)

注1) 3回測定後の充電電力は、ごみ収集走行パターンを3回測定した後の充電電力の実測値で、積込みに係る電力以外に、測定後のごみ排出に係る電力も含まれている。
注2) 消費電力は電流、電圧の測定値を基に算出した。ただし、C車は、電圧を測定していないため、電流の測定から電気量(Ah)を算出するとともに、電池定格電圧(一定値)を用いた消費電力の推計値を記載した。また、全車3回の平均値を記載している。

に示す。

(2) 一般道路走行時

東京都実走行パターンNo.5の測定結果を表4に示す。

表4 東京都実走行パターンNo.5の測定結果

車両	測定条件	試験自動車重量	CO ₂ g/km	NOx g/km	燃費 km/L
A車	積載なし	4,590kg	357.8	1.40	7.36
	満積載	5,990kg	416.0	1.57	6.33
B車	積載なし	4,910kg	355.5	1.88	7.40
	満積載	6,310kg	403.5	2.62	6.52
C車	積載なし	4,880kg	342.4	1.73	7.69
	満積載	6,280kg	387.1	2.32	6.80
現行パッカー車	積載なし	4,410kg	320.6	1.54	8.21
	満積載	5,810kg	369.9	2.12	7.12

4 電動パッカー車の低公害性の評価

(1) ごみ収集作業時の評価

ア. 現行パッカー車との比較

ごみ収集走行パターンにおけるCO₂、NOxについて、電動パッカー車と現行パッカー車を比較した結果を図3、4に示す。直接排出量を比較すると、電動パッカー車は、現行パッカー車と比べCO₂排出量が31~65%削減、NOx排出量が47~73%削減している。次に、発電における排出係数(382g-CO₂/kWh²)、0.3g-NOx/kWh³)を用い充電電力を排出量に換算し、直接排出量と合わせた比較を行うと、CO₂排出量は25~39%の削減、NOx排出量は47~69%の削減である。

なお、B車については、ごみ収集走行パターンの測定の概ね中間に当たる積込み作業を終えたところでキャパシタ内に蓄電された電力がなくなり、その後の積込み作業はエンジンからの発電による電力で積込み作業が行われている。このため、B車では、移動の間の連続積込み回数が少なく、回生電力が十分に得られるごみ収集作業を行う場合では、本調査結果以上にCO₂等の削減効果が現れるものと考えられる。

イ. アイドリングストップによる効果

i. 疑似ごみ積込み有の走行(電動パッカー車はアイドリングストップを実施した走行)、ii. 疑似ごみ積込みなしでアイドリングストップを実施しない走行、iii. 疑似ごみの積込みなしでアイドリングストップを実施した走行のCO₂排出量を比較した結果を図5に示す。

電動パッカー車(A車、C車)は、疑似ごみ積込みの有無に関わらず、CO₂排出量は同等である。アイドリング

ストップの有無の比較(ii.とiii.)では、アイドリングストップを実施することで、CO₂排出量が27~33%低減する。

収集作業中は頻繁に車両が停止し、その合計時間が長いから、アイドリングストップが可能な電動パッカー車は、アイドリングストップを確実に実施することでCO₂

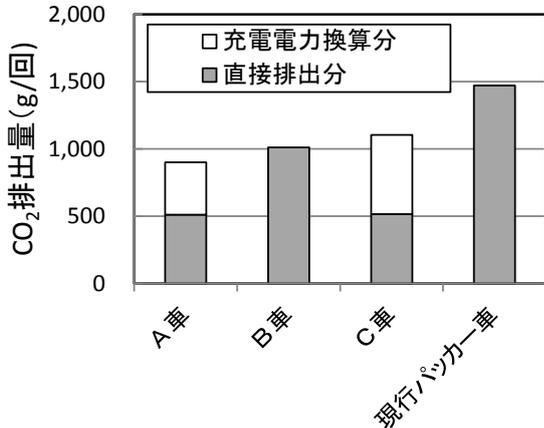


図3 ごみ収集走行パターンにおけるCO₂排出量

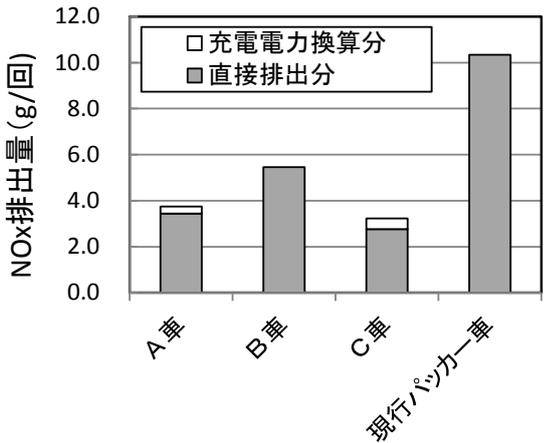


図4 ごみ収集走行パターンにおけるNO_x排出量

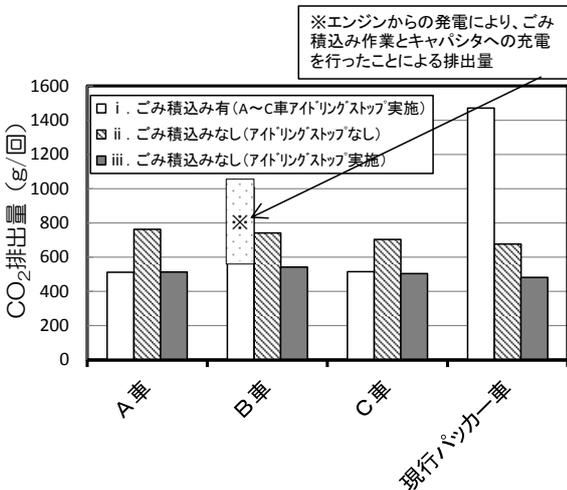


図5 アイドリングストップによる効果比較

削減効果を高めることができる。

(2) 一般道路走行時の評価

電動パッカー車は、蓄電装置等の搭載により、現行パッカー車と比較して車両重量が増大する。一般道路走行時の車両重量の増加によるCO₂排出量とNO_x排出量の影響を確認した結果を図6、7に示す。

車両重量とこれらの排出量は線形の関係がある。現行パッカー車において、積載なしと満積載(1.4t)の試験自動車重量32%の増加に対し、CO₂排出量は15%増加している。電動パッカー車のCO₂排出量を現行パッカー車と比較すると、積載なしでは7~12%、満積載では5~12%増加している。なお、A車のみベース車両のメーカーが他の調査車両と異なっているが、A車の電動化による車両重量増加量は、設計上で400kgとしている。

NO_xについては、A車の車両重量増加による排出量増加の傾向は他の車両に比較して小さい。NO_x排出量につ

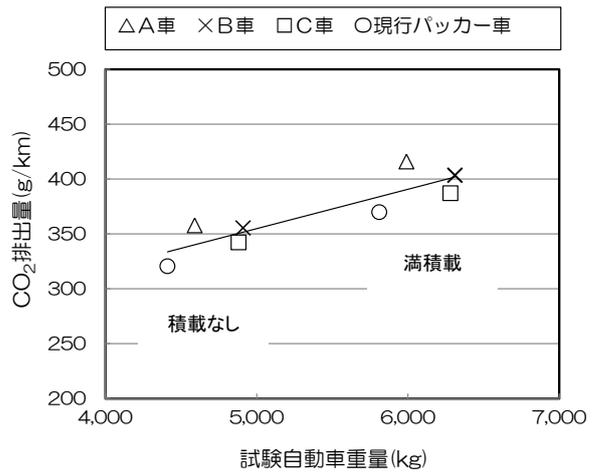


図6 一般道路走行時の車両重量増加の影響(CO₂)

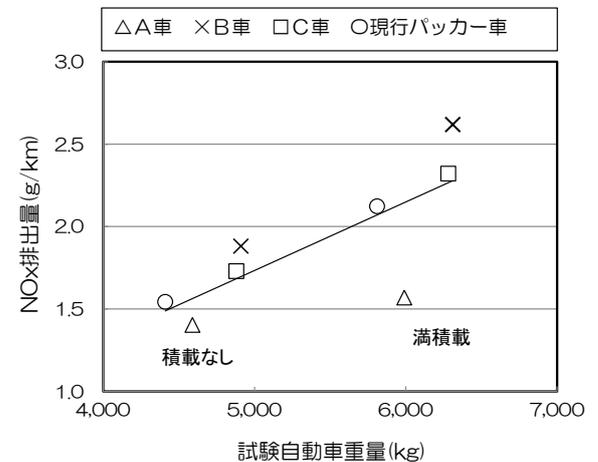


図7 一般道路走行時の車両重量増加の影響(NO_x)

いては、ベース車両(メーカーやエンジン)の違いにより差が生じている可能性もある。

CO₂等の排出量の削減に向けて、電動化による重量増加を抑えることは、重要な要素の一つである。

(3) 総合評価

ごみ収集作業時と一般道路走行時の調査結果を踏まえ、ごみ収集車両の標準的な1日の使用を想定したCO₂の総排出量を試算し、比較を行った。試算条件は、東京二十三区内の一般的な使用実態に近い条件として、1日当たりのごみ収集作業回数を6回、一般道路走行の走行距離を50km(積載なしと満積載をそれぞれ25km)とした。なお、C車については、表1に示すように、諸元上のフル積載回数は4回としているが、本調査のごみ収集作業条件では6回の積込みが可能と判断した。試算結果を表5に示す。

電動パッカー車は、現行パッカー車と比較して4~5%程度のCO₂削減が図れる。

表には示していないが、同様に試算した場合のNO_xについての総合評価は、ベース車両の違いによる排出特性等の影響を受けている可能性があり、単純に比較すべきではないが、電動パッカー車のごみ収集作業時の削減効果が大きいことから、電動パッカー車の排出削減効果は6~37%認められた。なお、NO_xについては、ごみ収集作業が行われる住宅地等での排出量が削減できることや、今般販売されているNO_x規制値が強化されたポスト新長期排出ガス規制(平成22年規制)適合車の中には、車両重量の増加に対してNO_x排出量が減少する車両が存在していることなどの新たな情報⁴⁾も考慮する必要がある。

次に、1日当たりのごみ収集作業回数が3回、6回の場合について、一般道路の走行距離に対する電動パッカー車の現行パッカー車と比較したCO₂削減効果を図8により表した。なお、本図は、A~C車の3台の平均値で、一般道

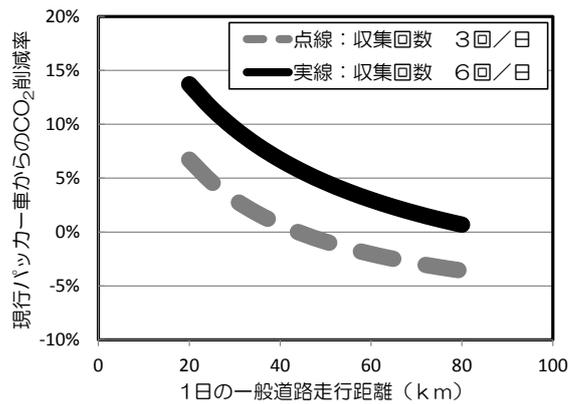


図8 一般道路走行距離と電動パッカー車のCO₂削減効果

路走行距離は積載なしと満積載を半分ずつとした合計距離である。車庫や清掃工場等の搬入施設と収集エリアとの距離がより近いほど、1日の収集作業回数が多いほど、電動パッカー車の導入による効果が期待できる。この結果は、ごみ収集車両に様々な使われ方がある中で、電動パッカー車導入によるCO₂削減効果の参考とすることができる。

5 まとめ

本調査結果をまとめると以下のとおりである。

(1) 収集作業時の評価

電動パッカー車は、現行パッカー車と比較して、CO₂排出量は31~65%削減、NO_x排出量は47~73%削減した。また、電動パッカー車では、充電電力の発電時における排出量を加味して、直接排出分と合わせた比較を行うと、CO₂排出量は25~39%の削減、NO_x排出量は47~69%の削減となった。

また、電動パッカー車では、収集作業時にアイドリングストップを実施すると、実施しない場合に比べてCO₂排出量が27~33%低減する。収集作業中の車両停止時間は長いため、電動パッカー車では、アイドリングストップの実施により、CO₂削減効果を高めることができる。

(2) 一般道路走行時の評価

電動パッカー車のCO₂排出量を現行パッカー車と比較すると、積載なしの走行で7~12%、満積載の走行では5~12%の増加であった。

架装の電動化による車両重量の増加が、CO₂排出量を高める要因として大きいため、電動パッカー車の一層の軽量化が求められる。

表5 電動パッカー車と現行パッカー車の1日当たりのCO₂排出量

		電動パッカー車			現行パッカー車
		A車	B車	C車	
ごみ収集作業時		3.07	6.06	3.09	8.82
一般道路走行時	積載なし	8.95	8.89	8.56	8.02
	満積載	10.40	10.09	9.68	9.25
	計	19.35	18.98	18.24	17.26
充電時		2.34	0.00	3.53	0.00
1日の排出量の合計		24.75	25.04	24.86	26.09
現行パッカー車からの削減率		5.1%	4.0%	4.7%	-

(3) 総合評価

1日の使用(収集作業6回、一般道路走行50km)を想定して、CO₂排出量を試算すると、電動パッカー車は、現行パッカー車と比較して、4~5%程度のCO₂削減が図れる。

6 おわりに

本報告は、東京都環境局廃棄物対策部の事業として行われた「平成23年度 廃棄物収集運搬車両の低公害化に係る調査」の結果について記載したものである。

本報告における電動パッカー車のCO₂等の削減効果は、原子力発電の稼働停止の影響を受けて、今後更新される電力のCO₂排出係数が増加することにより、少なくなることが考えられる。

一方、エンジンを停止してごみ積み込み作業が可能な電動パッカー車は、早朝の住宅地等での静かな環境作りや収集作業員の労働環境の改善に貢献できると考えられている。そして、これらの騒音面での改善に加えて、本調査では、大気汚染物質であるNO_xについての削減効果が確認され、地域の大気環境改善も期待できることが分かった。

現在、電動パッカー車は現行パッカー車と比較して概ね倍程度の価格差があるとされている。今後は、軽量化等の車両改善とともに車両価格の低減が進み、電動パッカー車が普及拡大することによりCO₂削減のほか、地域の環境改善に寄与していくことを期待したい。

参考文献

- 1) 谷川昇ら、低公害ごみ収集車からの大気汚染物質の排出量の評価 廃棄物学会論文誌 Vol. 11, No.4, pp. 171-176, 2000
- 2) 東京都環境局 「地球温暖化防止対策報告書制度」 エネルギー使用量及び二酸化炭素排出量の計算シート、2011
- 3) 電気事業連合会 「環境とエネルギー 世界における日本の電事業 2004-2005」、2005
- 4) 小谷野眞司ら、ポスト新長期規制適合重量車の排出ガス状況について 第53回大気環境学会年会講演要旨集、pp.144-145