

소형 화물 차량의 적재량이 가속 주행 시의 연비 및 오염물질 배출에 미치는 영향

이 태 우* · 길 지 훈 · 전 상 진 · 박 준 흥 · 이 종 태 · 홍 지 형

국립환경과학원 교통환경연구소

Effect of Payload on Fuel Consumption and Emission of Light Duty Freight Truck during Acceleration Driving

Taewoo Lee* · Jihoon Keel · Sangjin Jeon · Junhong Park · Jongtae Lee · Jihyung Hong

Transportation Pollution Research Center, National Institute of Environmental Research, Seo-gu, Incheon 404-708, Korea
(Received 5 July 2010 / Accepted 3 September 2010)

Abstract : The effect of payload on fuel consumption and emission of light duty freight truck during acceleration driving has been analyzed. Running tests were carried out with various payload conditions on chassis dynamometer. A typical driving pattern for urban cities was used. Real time emission measurement systems for gaseous and soot emission were utilized to investigate the real time dynamic of fuel use and exhaust emissions. It was observed that fuel use and pollutant emissions were increased as payload was increased. Under the same payload condition, the increased amount of acceleration driving is much higher than that of steady state driving. The results demonstrated the advantages of eco-driving, which is an environmentally friendly driving manner, could be emphasized in heavier payload condition. Inertial tractive power was introduced for considering the parameters affecting emission during acceleration driving, which are speed, acceleration and payload. Fuel use and emission in various driving conditions were expressed as functions of inertial tractive power. The estimated result by these functions well predicted measured result within 10 % deviation.

Key words : Payload(적재량), Acceleration(가속도), Total tractive power(총 주행 출력), Inertial tractive power(관성 출력), Fuel consumption(연료 소비량), Pollutant emission(오염물질 배출량)

1. 서 론

차량 운행 중의 에너지 절약과 오염물질 감축을 위한 방안의 하나로서 친환경 운전에 대한 관심이 높아지고 있다. 친환경 운전은 자동차의 하드웨어에 대한 기술 개발에 대응한 활용 측면의 소프트웨어적인 접근이라 할 수 있다. 즉, 운전자의 운전 습관,^{1,2)} 주행 중 급가속 정도,³⁻⁵⁾ 변속기 변속 시점,^{6,7)} 에어컨 등 편의장치 사용,⁸⁾ 공회전 제한장치 도입⁹⁻¹¹⁾과 같은 다양한 조건이 연료 사용량과 오염물질

배출량에 미치는 영향을 분석하고 이를 홍보, 유도함으로써 에너지 절약과 오염물질 감축을 도모하고자 하는 것이다.

화물 차량에 있어 적재량은 친환경 운전을 위한 중요한 운전 조건 중 하나이다. 적재량에 따른 연료 사용량의 변화는 고속도로와 같이 교통 흐름이 원활한 조건에서는 그다지 크게 나타나지 않고, 가속 및 감속 운행이 많은 도심 주행 조건에서는 크게 나타나고 있음이 지적되어 있다.⁷⁾ 이를 통해 적재량 변화의 영향이 가속 조건에서 좀 더 뚜렷하게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 이는 적재량이 수시로 바

*Corresponding author, E-mail: taewoolee@korea.kr

뛰는 동시에 도심 주행이 많은 소형 화물 차량 등에서는 특히 중요한 의미를 갖는 결과라 할 수 있다.

이와 같은 배경 하에, 본 연구는 소형 화물 차량의 적재량 변화가 가속 주행 시의 연료 소비 및 오염물질 배출에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 먼저 도심 주행을 대표할 수 있는 주행패턴을 이용하여 적재량 변경에 따른 배출 총량 변화를 파악하였다. 이후 매 초당 배출가스 측정 결과를 이용하여 가속 주행 중의 특징을 분석하고, 정속 주행 결과와 비교하였다. 마지막 단계에서는 차량의 주행 출력 증가 속 주행을 표현하는 관성력 항을 이용하여 서로 다른 적재량 조건에서의 연료 소비량과 오염물질 배출량을 함수 형태로 표현할 수 있도록 함으로서 다양한 운전 조건에 대해 활용할 수 있도록 하였다.

2. 시험내용 및 방법

2.1 시험 장비

시험 차량은 배기량 2,497 cc의 2005년식 소형 경유 화물 차량(현대자동차 포터 II)이다. 본 차량은 2002년 7월 이후 배출허용기준 대응 차량이며, 4단 자동변속기를 가지고 있다. 누적 주행거리는 38,036 km이다. 흡기계통은 터보-인터쿨러 방식이고, 배기계통에는 배기가스 재순환장치와 산화촉매장치 장착되어 있다. 연료공급계통은 전자제어식 커먼레일 방식이다. 시험 연료는 시판 경유를 사용하였다.

시험 차량의 도로 주행 상태를 모사하기 위해 지름 1.22 m의 롤러를 갖는 흡수용량 150kW급의 차대동력계(AVL)를 사용하였다. 배출가스 분석기(Horiba, OBS-2200)는 매 초당 배출가스 측정이 가능한 모달(Modal) 기능의 분석기를 사용하였다. 이 분석기는 이동식 배출가스 측정용으로 개발된 것으로, 미국 EPA의 이동식 측정장비 성능 기준을 만족함을 확인하였다.¹²⁾ 주행 중 가속 조건, 감속 조건에서의 매 초당 오염물질 배출량을 측정하고 이를 해당 시점의 차속, 가속도 등과 같은 주행 정보와 함께 분석함으로써 특정 운전 조건의 배출 특성을 해석하였다. 이산화탄소 및 일산화탄소는 비분산 적외선 방법, 탄화수소는 화염 이온화 방법, 질소산화물은 화학 발광 방법을 이용하여 분석하였고, 배기관에 피토 튜브 유량계를 설치하여 배출가스 부피 유

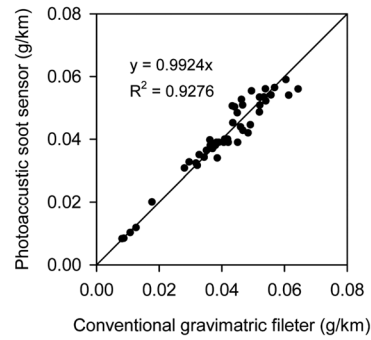


Fig. 1 Correlation of soot emission result from certification test bench (x axis) and photo-acoustic soot sensor with pitot tube type exhaust volume flow meter (y axis)



(a) Test vehicle on chassis dynamometer



(b) Emission analyzer

(c) Micro soot sensor

Fig. 2 Experimental setup of chassis dynamometer test for vehicle emission measurement

량을 측정하고 이 결과를 이용하여 농도 결과를 질량 결과로 환산하였다.

수트 농도 측정기(AVL, Micro Soot Sensor)는 광음향(Photo-acoustic) 측정 원리를 이용하여 입자상 물질 중 수트 농도를 $[mg/m^3]$ 단위로 측정하는 장비

로서,¹³⁾ 미국 EPA의 대형 운행차 결합확인 검사 제도 수립 연구에 활용되고 있는 장비이다.¹⁴⁾ 수트 농도 측정기는 자체의 배출가스 부피 유량계를 가지고 있지 않기 때문에 질량 환산을 위해 배출가스 분석기의 피토 튜브 유량계를 함께 사용하였다. Fig. 1에 측정 장비별 수트 배출량을 서로 비교하였다. Fig. 1의 x축은 인증시험용 표준 장비로 측정한 입자상물질 중 수트만을 분리하여 측정한 결과이고,¹⁵⁾ y축은 수트 농도 측정 결과를 피토 튜브 유량 결과를 이용하여 질량으로 환산한 결과이다. 이해를 돕기 위해 $R^2 = 1$ 직선을 추가하였다. Fig. 1을 통해 수트 농도 측정기의 수트 측정 결과는 인증용 장비 측정 결과와 정성적, 정량적으로 좋은 상관관계를 보이고 있음을 알 수 있다. Fig. 2는 시험 차량과 시험 장비의 모습이다.

2.2 시험 방법

시험용 주행패턴으로는 우리나라의 주요 도로별 주행패턴을 모사하여 차속별로 분류시켜 만든 대표 차속별 주행패턴인 NIER 주행패턴¹⁶⁾을 사용하였으며, 그 중 도심 주행 조건을 대표하기에 적절한 7번 주행패턴을 사용하였다. 7번 주행패턴의 평균 차속은 24.6 km/h로서, 우리나라 7대 특별/광역시외의 도심 평균 차속인 22.4~24.1 km/h와 유사한 수준이다.¹⁷⁾ Fig. 3에 NIER 7 주행패턴의 차속 프로파일을 나타내었다.

시험차량의 적재량 변화는 차대동력계의 도로 부하 모사(Road load simulation) 조건을 변경하여 설정하였다. 도로를 주행 중인 차량의 주행저항은 차량 가속에 의한 관성 저항(Inertial resistance force, F_i), 오르막길 주행을 위한 등판 저항(Climbing resistance force, F_c), 구름 저항(Rolling resistance force, F_r), 공기

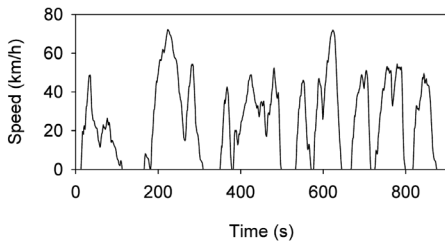


Fig. 3 Vehicle speed profile of NIER 7 driving pattern

Table 1 Input condition for road load simulation of chassis dynamometer test

Pay load (kg)		0	300	600	900
Inertia weight (kg)		1,896	2,196	2,496	2,796
Road load simulation	A (N)	250.47	290.10	329.74	369.37
	B (N/km/h)	3E-14	5E-14	4E-14	3E-14
coefficient	C (N/(km/h) ²)	0.0444	0.0514	0.0584	0.0654

저항(Aerodynamic resistance force, F_a)의 총 합으로 표현된다.¹⁸⁾

차량은 이 주행저항을 극복하여 도로를 주행하게 되므로, 차량의 주행출력은 식 (1)~(5)와 같이 표현될 수 있다. 식에 포함된 계수들은 차량마다 조금씩 다르지만, 본 연구에서는 중소형 차량에 공통적으로 적용 가능한 미국 EPA 계수^{19,20)}를 사용하였다. 적재량을 0 kg, 300 kg, 600 kg, 900 kg으로 변경하여 식 (6) 및 Table 1과 같이 주행출력을 계산고, 이를 이용하여 차대동력계의 도로 부하 모사 조건을 설정하였다.

$$P = v(F_i + F_c + F_r + F_a) \tag{1}$$

$$F_i = (m + m_r) \times a \tag{2}$$

$$F_c = m \times g \times \sin\left(\arctan\left(\frac{r}{100}\right)\right) \tag{3}$$

$$F_r = m \times g \times C_r \tag{4}$$

$$F_a = \frac{1}{2} \rho_{air} \times C_d \times A_f \times v^2 \tag{5}$$

- where, P : total tractive power (W)
- F : resistance force (N)
- v : vehicle speed (m/s)
- m : vehicle weight (kg)
- m_r : equivalent weight of rotation (kg)
- a : vehicle acceleration (m/s²)
- g : gravity acceleration (m/s²)
- ρ_{air} : air density (kg/m³)
- C_d : drag coefficient (unitless)
- C_r : rolling coefficient (unitless)
- A_f : front area of vehicle (m²)
- r : road grade (%)

$$P(kW) = A + BV + CV^2 \quad (6)$$

where, A, B, C : road load simulation coefficient
 V : vehicle speed (km/h)
 P : total tractive power (kW)

3. 시험결과 및 고찰

3.1 도심 주행 시의 연비 및 오염물질 배출량

Fig. 4에 도심 주행을 모사하는 NIER 7 주행패턴에서의 결과를 적재량에 따라 나타내었다. 연비와 오염물질 배출량은 막대로 표시하였고, 적재량이 0 kg인 경우 대비 증감율은 꺾은선으로 표시하였다. 오염물질 중 일산화탄소와 탄화수소는 경유 엔진에

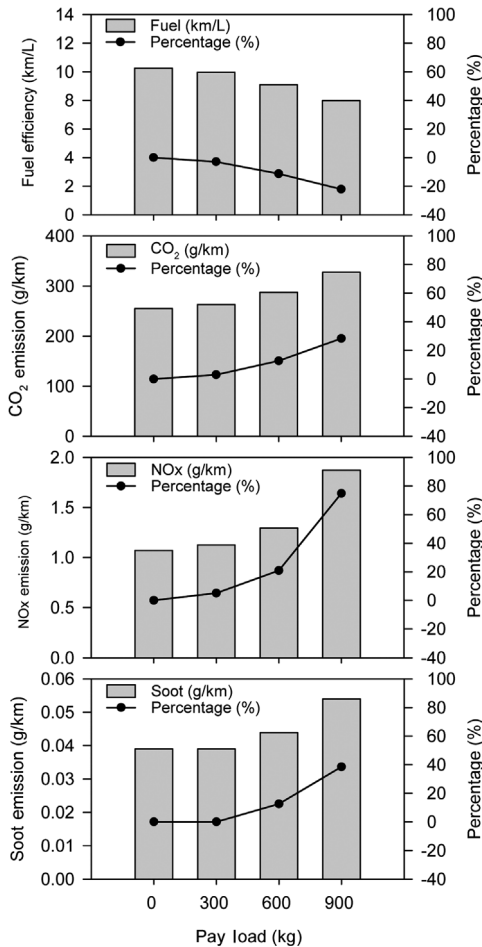


Fig. 4 Effect of pay load on fuel efficiency and pollutant emission in NIER 7 driving pattern

서의 배출량이 적고 산화촉매장치에 의한 추가 저감효과까지 있기 때문에 상대적인 중요성이 낮다고 판단되어 결과 검토에서 제외하였다.

연비는 적재량 증가에 따라 악화된다. 공차 상태를 기준으로 할 때, 300 kg 적재시의 연비 악화 정도는 2.9%로서 비교적 적은 반면, 900 kg 적재시에는 22.1%까지 악화되었다. 연비와 강한 상관관계를 나타내는 이산화탄소 배출량 역시 적재량 증가에 따라 증가하는 경향을 보였고, 적재량이 900 kg인 경우는 공차 상태에 비해 최대 28.4% 많은 이산화탄소 배출량을 나타내었다. 경유 차량의 중요한 오염물질인 질소산화물과 수트 역시 마찬가지로 경향을 보였다. 특히 질소산화물은 적재량 증가에 따라 74.8%까지 증가하는 등, 적재량의 영향을 크게 받고 있음을 확인하였다. 수트는 38.5% 증가하였다.

3.2 정속 주행과 가속 주행 결과 비교

Fig. 5는 40 km/h 차속 범위에서 정속 주행과 가속 주行的 출력, 연료 소비량 및 오염물질 배출량을 각각 비교한 것이다. “Accel”은 가속 주행, “Steady-State”는 정속 주行的 결과이다. 출력에서의 “Accel”은 관성력을 말하며, “Steady-State”는 가속도를 포함하지 않는 출력 항들의 합을 의미한다. 그래프 내에 표시한 비율은 “Accel”의 비율이다.

가속 주行的 출력은 정속 주행 대비 높으며, 총 주행출력의 75.3~78.5%를 차지하고 있다. 연료 소비량의 66.3~71.1%, 이산화탄소 배출량의 66.6~71.3%, 질소산화물 배출량의 85.7~93.2%, 수트 배출량의 86.2~88.6%를 가속 주행 결과가 차지하고 있다. 적재량 증가에 따른 변화량을 살펴보면, 정속 주행 결과는 적재량 증가에 따라 큰 변화를 보이지 않고 있는 반면, 가속 주行的 결과는 비교적 큰 폭으로 변하고 있음을 알 수 있다. 질소산화물의 경우, 정속 주행 결과는 적재량 증가에 따라 2% 증가하는데 그쳤으나, 가속 주행 결과는 2.3 배까지 증가하고 있다.

3.3 가속 주행 시의 적재량 변화의 영향

Fig. 6에 20 ± 5 km/h, 40 ± 5 km/h, 60 ± 5 km/h 차속 범위에서 가속 주행 시의 연료 소비량과 오염물질 배출량을 적재량별로 구분하여 나타내었다. 동일한

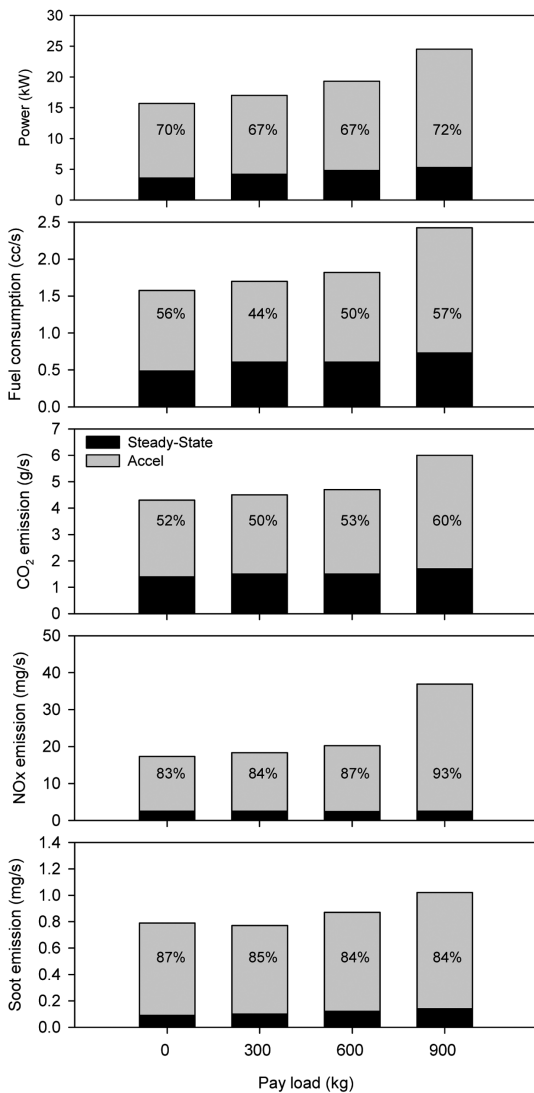


Fig. 5 Comparison of the power, fuel consumption and pollutant emission from steady-state driving and acceleration driving

가속 운전 상황에서, 연료 소비량과 이산화탄소 증가량은 적재량 증가에 따라 43.1~46.8% 증가하였다. 질소산화물과 수트 배출량은 각각 99.7~119.0%, 29.7~51.9% 증가하였다. 동일한 주행패턴으로 주행하는 경우, 적재량 증가에 따라 주행 저항이 증가하게 된다. 주행 저항을 극복하기 위해 엔진의 부하가 증가되며, 이는 연료 사용량의 증가에 따른 오염물질 배출량 증가를 초래하게 된다. 해당 변속비에서의 여유 구동력이 충분치 않은 경우는 저단 변속되

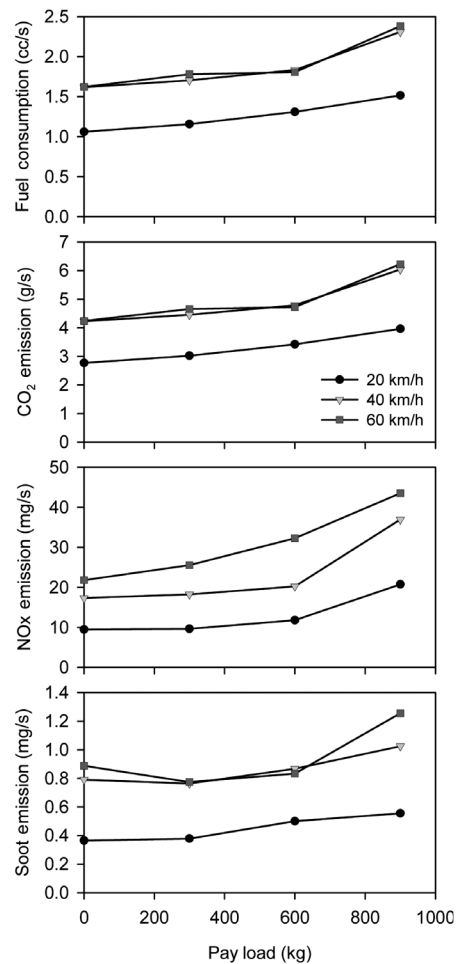


Fig. 6 Fuel consumption and emission rate of each speed range and pay load during acceleration driving

어 동일 차속에서 더 높은 엔진 회전수를 사용하여 주행하게 되지만, Fig. 6의 동일 차속 범위에서의 결과는 모두 같은 변속비로 운전하며 측정된 결과이므로 엔진 회전수 측면의 큰 차이는 없다.

3.4 가속 시의 차속-가속도 변화

앞의 3.1장의 Fig. 4는 특정 주행패턴(NIER 7) 전체의 결과이기 때문에, 가속 시의 결과 분석을 위해서는 가속 주행 중의 거동만을 자세히 살펴볼 필요가 있다. Fig. 7에 정차 상태에서 출발하여 70 km/h 까지 가속한 후 감속하는 1개의 소구간 주행(Short trip)에서의 차속과 가속도 변화에 따른 연료 소비량과 오염물질 배출량을 정성적으로 표현하였다.

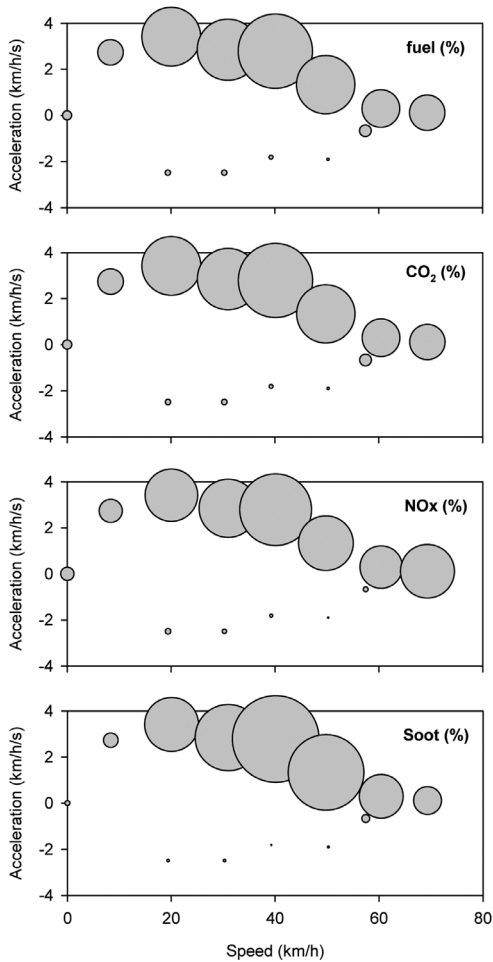


Fig. 7 Example of fuel consumption and pollutant emission behavior during typical acceleration in urban driving pattern

Fig. 7의 원의 면적은 소구간 주행 중 배출된 총량에 대한 각 구간의 비율을 의미한다. 가속 과정 중의 차속과 가속도의 거동은 차속이 낮은 영역에서는 가속도가 크고, 차속이 증가함에 따라 가속도가 점차 감소하는 경향을 보이고 있다. 0~40 km/h 차속 구간에서의 오염물질 배출량이 전체 배출량의 56.2~58.8%를 차지하고 있는 등, 오염물질 배출량의 많은 부분이 초기 가속 시에 배출되고 있다. 감속시의 배출량은 전체의 4.3~7.6% 수준을 보였다.

3.5 관성력을 이용한 배출량 함수 도출

Fig. 5~7의 결과를 함께 고찰해 보면, 가속 운전

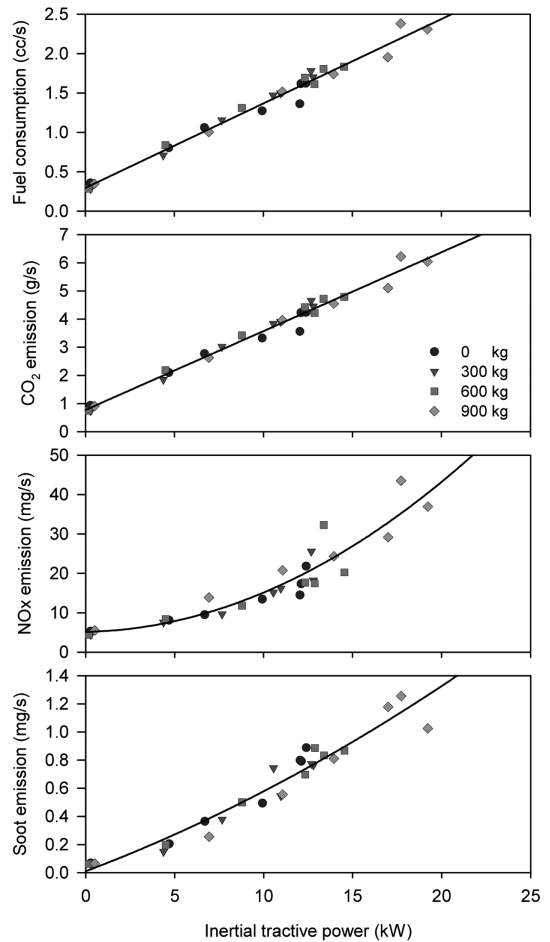


Fig. 8 Fuel consumption and emission rate expressed as function of inertial tractive power

영역의 연료 소비량과 오염물질 배출량은 전체 결과의 많은 부분을 차지하고 있으며, 차속, 가속도, 적재량의 영향을 동시에 받고 있음을 알 수 있다. 차량 주행 출력(식 (1))의 첫 번째 항인 관성력은 이 세 가지 영향을 함께 반영할 수 있는 항이기 때문에, 관성력을 이용하여 여러 적재량 조건 하에서 가속 운전 영역의 연료 소비량과 오염물질 배출량을 표현할 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 8은 NIER 7 주행패턴의 가속 영역의 차속 구간별 연료 소비량과 오염물질 배출량을 해당 구간의 관성력에 대해 도시한 그림이다. 적재량이 적은 결과는 좁은 관성력 범위에 분포하는 한편, 적재량이 큰 결과는 상대적으로 넓은 관성력 범위에 분포

Table 2 Coefficients of equation (7)

ER	a ₂	a ₁	a ₀	R ₂
Fuel (cc/s)	0	0.107	0.295	0.980
CO ₂ (g/s)	0	0.280	0.771	0.980
NO _x (mg/s)	0.091	0.093	5.122	0.876
Soot (mg/s)	0.001	0.048	0.010	0.939

하고 있음을 알 수 있다. Fig. 8에 표시된 회귀식은 식 (7)과 Table 2에 나타내었다.

Fig. 8을 통해 관성력을 독립변수로 하는 다항식 함수를 이용하여 여러 적재량 조건에서의 가속 운전시의 연료 소비량과 배출량을 표현할 수 있음을 알 수 있다. Fig. 8의 측정값은 매 초당 결과를 조건 별로 분류하고 재조합한 결과로서, 주행 중인 차량의 적재량, 차속, 가속도 조건에서의 배출율이다. 있다. 따라서 이 결과를 주행 중인 차량의 특정 가속 시점에서의 차속, 가속도, 적재량 정보와 함께 조합하여 해당 순간의 배출량을 구할 수 있게 된다.

$$ER = a_2x^2 + a_1x + a_0 \quad (7)$$

where, ER : Fuel consumption rate (cc/s) or emission rate (g/s, mg/s)

x : Inertial tractive power (kW)

Table 3에 식 (7)을 이용한 배출량 산정 결과를 예시하였다. 대상이 되는 가속 주행은 Fig. 7의 주행을 사용하였고, 이 주행시의 총량 측정 결과와 예측 결과를 비교하였다. 연료 소비량, 이산화탄소 배출량 및 질소산화물 배출량 예측 결과는 측정 결과를 편차 10% 이내로 잘 예측하고 있다. 수트의 예측 결과는 11.4%의 편차를 보인다. Table 3의 결과를 통해 식 (7)을 활용한 가속 주행 결과의 예측이 10% 편차 수준 이내로 가능함을 확인할 수 있다.

본 연구 결과는 도로 상을 주행하는 차량의 연료 소비량 및 오염물질 배출량을 예측하는 배출계수

Table 3 Comparison of measured and predicted result in acceleration driving in Fig. 5

Item	Measured	Predicted	deviation
Fuel (cc)	75.3	72.2	- 4.2%
CO ₂ (g)	196.8	188.7	- 4.1%
NO _x (mg)	1073.6	1153.9	7.5%
Soot (mg)	32.1	35.8	11.4%

또는 보정계수로 사용될 수 있을 것으로 판단되며, 특히 기존의 거시적인 배출계수를 보완하는 미시적인 배출계수로서의 활용이 기대된다. 배출량 산정을 위한 활동도 정보로서 도로를 주행하는 차량의 순간 차속과 순간 가속도 정보가 필요한데, 이 정보들은 프로브 차량을 이용한 실제 도로상에서의 측정,²¹⁾ 고정식 카메라를 이용한 측정,^{22,23)} 교통 흐름 시뮬레이션^{24,25)} 등 여러 가지 방법으로 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론

본 연구는 소형 화물 차량의 적재량 변화가 가속 주행 시의 연료 소비 및 오염물질 배출에 미치는 영향을 파악하기 위한 것으로서, 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 적재량 증가에 따라 소형 화물 차량의 도심 주행 시의 연료 소비량과 오염물질 배출량은 증가한다. 적재량 증가 정도가 같은 경우에는 정속 주행 시보다 가속 주행 시에 더 큰 폭으로 증가한다.
- 2) 40 km/h 부근의 차속 구간을 기준으로 할 때, 가속 시의 연료 소비량과 오염물질 배출량은 전체 주행의 약 60~90%를 차지하고 있다. 또한 정차 상태에서 출발하여 70 km/h 까지 가속하는 경우, 출발 초기 구간인 0~40 km/h 구간의 배출량이 전체의 56.2~58.8%를 차지하고 있다. 이와 같은 가속 주행 시의 특징을 감안할 때, 가속 운전의 비율을 줄이고 급출발을 자제하는 친환경 운전은 적재량이 많을 때일수록 더욱 효과적인 것으로 판단된다.
- 3) 차량 주행 출력의 관성력 항을 독립변수로 이용하여 서로 다른 적재량 조건에서의 가속 운전시의 연료 소비량과 배출량을 함수 형태로 표현하였다. 이 함수를 이용하여 실제 가속 주행 시의 연료 소비량과 오염물질 배출량을 편차 10% 수준 이내로 예측할 수 있었다.
- 4) 본 연구 결과는 향후 배출량 산정을 위한 배출계수의 형태로 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 이를 위해 필요한 활동도 정보인 차량의 순간 차속과 순간 가속도는 교통 환경 관측 및 모사를 통해 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 향후 계획

본 연구 결과는 도심 주행을 모사하는 NIER 7번 주행패턴에 국한된 결과인 바, 일반적인 주행 조건에 대해 적용하기 위해서는 추가적인 연구가 요구된다고 할 수 있다. 향후 기타 주행패턴을 이용한 시험과 실제 도로상에서의 시험을 통해 좀 더 다양한 주행 조건에서의 적재량 변화에 따른 가속도의 영향력 분석을 실시할 계획이다.

References

- 1) H. Wang, L. Fu, Y. Zhou and H. Li, "Modelling of the Fuel Consumption for Passenger Cars Regarding Driving Characteristics," *Transportation Research Part D*, Vol.13, pp.479-482, 2008.
- 2) I. D. Vlieger, D. D. Keukeleere and J. G. Kretschmar, "Environmental Effects of Driving Behaviour and Congestion Related to Passenger Cars," *Atmospheric Environment*, Vol.34, pp.4649-4655, 2000.
- 3) E. Ericsson, "Independent Driving Pattern Factors and Their Influence on Fuel Use and Exhaust Emission Factors," *Transportation Research Part D*, Vol.6, pp.325-345, 2001.
- 4) H. Larsson and E. Ericsson, "The Effects of an Acceleration Advisory Tool in Vehicles for Reduced Fuel Consumption and Emissions," *Transportation Research Part D*, Vol.14, pp.141-146, 2009.
- 5) T. Lee, J. Keel, K. Park, J. Park, Y. Park, J. Hong and D. Lee, "Greenhouse Gas and Pollutant Emission from Light-duty Vehicles Regarding the Relative Positive Acceleration," *Transactions of KSAE*, Vol.18, No.4, pp.31-39, 2010.
- 6) Y. Takada, S. Ueki, A. Saito, N. Sawazu and Nagatomi, "Improvement of Fuel Economy by Eco-driving with Devices for Freight Vehicles in Real Traffic Conditions," *SAE 2007-01-1323*, 2007.
- 7) Y. Takada, S. Ueki and A. Saito, "Investigation into Fuel Economy and NOx Emissions of Light Duty Hybrid Truck in Real Traffic Conditions," *SAE 2005-01-0265*, 2005.
- 8) D. Kim, G. Cho, J. Park and J. Lee, "Effect of Air Conditioning System on Vehicle Fuel Economy in a Passenger Car," *Transactions of KSAE*, Vol.15, No.1, pp.16-22, 2007.
- 9) M. Shim, J. Rim, B. Lee, S. Hong and D. Lee, "A Methodology on Analyzing Fuel Saving with Idling Stop," *Transactions of KSAE*, Vol.17, No.6, pp.120-126, 2009.
- 10) J. Bishop, A. Nedungadi, G. Ostrowski, B. Surampudi, P. Armiroli and E. Taspinar, "An Engine Start/Stop System for Improved Fuel Economy," *SAE 2007-01-1777*, 2007.
- 11) M. Matsuura, K. Korematsu and J. Tanaka, "Fuel Consumption Improvement of Vehicles by Idling Stop," *SAE 2004-01-1896*, 2004.
- 12) T. Lee, J. Keel, J. Park, Y. Park, J. Hong and D. Lee, "Speed-based Emission Factor Regarding Vehicle Specific Power and Acceleration during On-road Driving," *Transactions of KSAE*, Vol.19, No.1, pp.73-81, 2011.
- 13) W. Schindler, C. Haisch, H. Beck, R. Niessner, E. Jacob and D. Rothe, "A Photoacoustic Sensor System for Time Resolved Quantification of Diesel Soot Emissions," *SAE 2004-01-0968*, 2004.
- 14) T. Durbin, K. Johnson, J. W. Miller and D. Cocker III, "Evaluation of Portable Emissions Measurement Systems that Can Be Used for Emissions Inventory Development and Implementation of the Heavy-duty Diesel Engine Not-to-exceed Regulation," *Presentation Material for California Air Resources Board*, October 2, pp.23-28, 2008.
- 15) C. Kolodziej, E. Wirojsakunchai, D. E. Foster, N. Schmidt, T. Kamimoto, T. Kawai, M. Akard and T. Yoshimura, "Comprehensive Characterization of Particulate Emissions from Advanced Diesel Combustion," *SAE 2007-01-1945*, 2007.
- 16) Y. Lee, G. Kim, Y. Pyo, M. Sunwoo and M. Eom, "Development of Chassis Dynamometer Test Modes to Derive the Emission Factors for Light Duty Vehicles," *Transactions of KSAE*, Vol.10, No.6, pp.117-124, 2002.
- 17) e-National Indicators, "Traffic Status in 7 Major

- Cities in Korea,” <http://www.index.go.kr>.
- 18) Y. Gao and D. Checkel, “Experimental Measurement of On-road CO₂ Emission and Fuel Consumption Functions,” SAE 2007-01-1610, 2007.
 - 19) C. Frey, A. Unal, J. Chen, S. Li and C. Xuan, “Methodology for Developing Modal Emission Rates for EPA’s Multi-scale Motor Vehicle & Equipment Emission System,” EPA420-R-02-02, US-EPA, 2002.
 - 20) J. Koupal, L. Landman, E. Nam, J. Warila, C. Scarbro, E. Glover and R. Giannelli, “MOVES 2004 Energy and Emissions Inputs,” EPA 420-P-05-003, US-EPA, 2005.
 - 21) M. Andre, R. Joumard, R. Vidon, P. Tassel and P. Perret, “Real World European Driving Cycles, for Measuring Pollutant Emissions from High- and Low-powered Cars,” Atmospheric Environment, Vol.40, pp.5944-5953, 2006.
 - 22) C. Thiemann, M. Treiber and A. Kesting, “Estimating Acceleration and Lane-Changing Dynamics from Next Generation Simulation Trajectory Data,” Transportation Research Record, No.2088, pp.90-101, 2008.
 - 23) V. Kovvali, V. Alexiadis and L. Zhang, “Video-based Vehicle Trajectory Data Collection,” 2007 Annual Meeting of the TRB, 2007.
 - 24) PTV Planung Transport Verkehr AG., VISSIM Version Manual, Innovative Transportation Concepts, Inc., 2004.
 - 25) Quadstone Limited, PARAMICS Modeler Version 3.0 User Guide and Reference Manual, Edinburgh, U.K., 2002.