

엔진 부하율에 따른 트랙터 경운 작업 시 배기가스 분석

Analysis of Emissions of Agricultural Tractor according to Engine Load Factor during Tillage Operation

이준호¹ · 전현호¹ · 백승윤¹ · 백승민¹ · 김완수² · Md. Abu Ayub Siddique³ · 김용주^{1,4*}
 Jun Ho Lee¹, Hyeon Ho Jeon¹, Seung Yun Baek¹, Seung Min Baek¹, Wan Soo Kim²,
 Md. Abu Ayub Siddique³ and Yong Joo Kim^{1,4*}

Received: 11 Oct. 2022, Revised: 28 Oct. 2022, Accepted: 31 Oct. 2022

Key Words : Agricultural tractor(농업용 트랙터), Emissions(배기가스), Engine load factor(엔진 부하율), Tillage operation(경운 작업)

Abstract: This is a basic study analyzing emissions of an agricultural tractor during tillage operations. In this study, CO, THC, NO_x, and PM considered as emission factor were analyzed during plow and rotary tillage operation by the tractor. Engine torque and rotational speed were measured through ECU. Engine power was calculated using engine torque and rotational speed. The emissions was calculated based on the number of units, rated power, load factor, and operating time. Results showed that the load factor was calculated almost twice, which was higher than 0.48. It was also observed that the emission of the tractor was variable for different agricultural operations because tractor loads were different based on operations. There was a difference in emissions due to differences in plow and rotary working hours. To estimate the emission of agricultural tractor based field operations in detail, it is necessary to consider TAF (Transient Adjustment Factor) and DFA (Deterioration factor). In the future, TAF and DFA will be considered to estimate emissions of the agricultural tractor. Finally, results of this study can contribute to the literature to estimate tractor emissions accurately.

기호 설명

E : Emissions, g/s
N : number of unit
RP : Rated power, kW
LF : Load factor

HRs : Operating time per year, h/y
CO : Carbon monoxide, 일산화탄소
NO_x : Nitrogen oxide, 질소산화물
THC : Total hydrocarbon, 총탄화수소
PM : Particulate matter, 미세먼지

* Corresponding author: babina@cnu.ac.kr

1 Department of Smart Agriculture System, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

2 Department of Bio Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

3 Department of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

4 Department of Biosystem Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

Copyright © 2022, KSFC

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

E는 배출량(g)이며, N은 보유대수, RP는 기종 정격출력(kW), LF는 부하율(0.48), HRs는 가동시간(hrs/y), EF는 항목별 배출계수(g/kWh)를 뜻한다.

1. 서론

최근 급변하는 기후 변화로 미국, 유럽 등 선진국의 배기가스 규제는 지속적으로 강화되고 있다. 2020년부터 미국은 Tier-4 Final, 유럽은 Stage V 규제를 시행하고 있으며, 국내의 경우 대기환경보전법에 따라 2015년부터 농업·건설기계에 대해서 미국

배기가스 규제를 시행하고 있다(National Air Emission Inventory and Research Center, 2018). 또한, 최근에는 TIER-5, Stage VI 등의 시행으로 배기가스 규제는 점점 더 심화되고 있다.

이동오염원은 도로이동오염원(승용차, 버스), 비도로이동오염원(농업기계, 건설기계, 선박 등)으로 구분된다. 특히, 미세먼지 (Particulate Matter, PM)는 도로 이동오염원이 전체의 36.9% 수준인 것에 비해 비도로이동오염원이 63.1%로 매우 높은 비율을 차지하고 있어(NAIR, 2018), 비도로이동오염원에 대한 배기가스 측정 및 저감 방안이 필요한 실정이다.

현재 국내의 비도로이동오염원의 배기가스 측정 방법은 환경부 국가미세먼지 정보센터에서 발표한 국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(IV)를 기준으로 배출계수, 부하율, 정격출력, 보유대수, 가동시간을 기준으로 산정하고 있다. 배출계수는 대기오염물질별 출력당 배출량으로 환경부 국가미세먼지 정보센터에서 실내 엔진시험장치를 이용하여 측정된 값을 사용하고 있으며, 이때 부하율은 환경부 국가미세먼지 정보센터에서 고시한 값을 일괄적으로 사용하고 있다(Baek et al., 2022). 특히, 미국 및 유럽 등에서는 정확한 부하율 측정을 위하여 실제 농작업 특성에 따라 과도 운전 보정계수(Transient Adjustment Factor, TAF)를 적용하고 있으며, 엔진의 노후 정도를 반영하는 열화계수(Deterioration Factor, DFA)를 반영하는 경우도 있으나(EPA, 2020; EEA, 2019), 아직까지 국내에서는 실내 실험장치인 다이내모로 측정된 부하율인 0.48을 모든 농업기계의 기종 및 작업을 고려하지 않고 일괄 적용하고 있어 정확한 배출량 산정을 위해서는 농작업에 따른 부하율 측정이 필요한 실정이다(NIER, 1999).

농업기계 중 배기가스 규제 대상은 트랙터와 콤팩트인으로, 본 연구에서는 콤팩트 대비 시장 규모가 크고 사용빈도가 많은 트랙터의 작업에 따른 부하율을 측정하고 이를 이용하여 배기가스 배출량을 분석하였다(KAMICO, 2020; NAAS, 2020).

2. 재료 및 방법

2.1 농업용 트랙터

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 국내 시장규모가 지속적으로 증가하고 있는 67 kW급 중형 트랙터를 선정하였다(MOLIT, 2017). 본 연구에서 사용한 트랙터(LUXEN 800, Kukje Co. Ltd., Korea)는 크기 4,020(L) × 2,270(W) × 2,790(H) mm, 무게 4,000 kg이다. 트랙

터 변속기는 전·후진 파워셔틀(power shuttle), 주변속 4단의 동기물림기어식, 부변속 상시물림식의 4단으로 총 전진 16단, 후진 16단의 변속 단수를 갖는다. 또한, 엔진 정격출력은 67 kW@2,200 rpm으로, Tier-4 final 디젤엔진을 탑재하고 있으며, PM (Particulate Matter)를 저감하는 DOC (Diesel Oxidation Catalyst)와 질소산화물인 NOx를 저감하는 SCR (Selective Catalyst Reduction) 장치가 부착되어 있다.



Fig. 1 A photo of 67 kW class agricultural tractor used in this study

2.2 엔진 부하율 측정 시스템

본 연구에서 사용된 트랙터는 Tier-4 엔진을 탑재하고 있으므로, CAN (Control Network Area) 통신을



Fig. 2 Schematic diagram of engine load measurement system

이용한 엔진 부하 데이터 수집이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 트랙터의 경운 작업 시 부하율을 Fig. 2와 같이 엔진의 ECU와 CAN통신을 통하여 데이터 수집장치(QuantumX MX840, HBM, Germany)를 이용하여 측정하였다(Kim et al., 2020).

2.3 필드 시험

트랙터 필드시험은 Fig. 3과 같이 충청남도 당진시 송산면 금암리에 위치한 가로 50, 세로 100 m 면적의 논 포장에서 수행하였다.



Fig. 3 A site of field experiment for engine load factor measurement

농작업에 따른 배기가스 측정은 트랙터 주요 농작업 중 70% 이상 비중을 차지하는 플라우 및 로타리 경운작업을 대상으로 수행하였다(Kim et al., 2011). 이때, 농작업기는 Fig. 4와 같이 67 kW급에 적합한 6련플라우(WJSP-8, Woongjin machinery, Korea)와 로타리(E260, Celli, Italy)를 사용하였다.



Fig. 4 A photo of plow (left) and rotavator (right) used in this study

트랙터 작업단수는 사용자 설문조사에 따라 Table 1과 같이 가장 빈번하게 사용되는 플라우 M2 (5.95 km/h), M3 (7.60 km/h) 단수, 로타리 A3 (2.67 km/h), A4 (3.66 km/h) 단수를 선정하였으며, 로타리 작업 시 작업기 칼날의 회전을 위한 동력을 전달하기 위

한 PTO (Power Take Off, 동력취출장치)는 1단 (540 rpm)으로 설정하였다. 필드시험은 데이터의 신뢰성을 위해 같은 조건에서 3회 반복 수행하였다 (Algirdas J. et al., 2017; Daniela L. et al., 2018).

Table 1 Gear stage at Field test

Field operations	Depth	Gear stage	PTO stages
Plow tillage	17 cm	M2 (5.95 km/h)	-
		M3 (7.60 km/h)	
Rotary tillage	-	A3 (2.67 km/h)	PTO 1 (540 rpm)
		A4 (3.66 km/h)	

2.4 국내 농업기계 배기가스 배출량 산정식

트랙터 농작업 시 배출량을 산출하기 위해 2020년 환경부 국가미세먼지 정보센터에서 발표한 국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(IV)을 참고하였다(National Air Emission Inventory and Research Center, 2020). 현재 농업기계 배출량은 식 (1)을 이용하여 산출하고 있으며, 보유대수, 엔진 출력, 평균 사용 출력비율(0.48), 가동시간, 배출계수를 이용하여 계산한다. 본 연구에서는 필드에서 1작업(직진 100m 기준)당 발생하는 농작업 구간에 대한 배출량을 산출하였으며, 이때, 보유대수는 트랙터 1대, 가동시간은 직진 작업 100m 시 소요된 시간을 이용하여 배출량을 산출하였다. 배기가스는 미국 EPA, 유럽 EEA, 한국 환경부에서 규제하고 있는 CO, THC, NOx, PM을 대상으로 선정하였다(Winter M., 2012; Winther et al., 2019). 각각의 배기가스에 대한 배출계수는 Table 2와 같이 국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(IV)을 이용하였다. 배출계수는 출력당 배출되는 미세먼지의 양을 의미하며, 총탄화수소(THC)가 단위 출력당 가장 많은 미세먼지가 배출되는 것을 알 수 있다(Transportation Pollution Research Center, 2018).

Table 2 Emissions factor used in this study

Agricultural Implement	Engine	Engine Factor (g/kWh)			
		CO	THC	NOx	PM
Tractor	Tier-4	0.071	0.188	0.016	0.017

$$E = N \times RP \times LF \times HRs \times EF \quad (1)$$

3. 결과 및 고찰

3.1 트랙터 작업구간에서의 엔진 출력 결과

트랙터 플라우 작업 단수에 따라 측정된 엔진 토크 데이터는 Fig. 5, 6과 같이 나타났다. 이때, 엔진 토크 데이터는 파란색 실선으로 표시된 엔진 회전 속도에 따른 엔진 성능 곡선을 기준으로 엔진의 정격 회전속도인 2,200 rpm을 기준으로 엔진 최대 출력점을 지나 최대 토크점까지 변화하였음을 알 수 있다.

트랙터 로타리 작업 단수에 따라 측정된 엔진 토크 데이터는 Fig. 7, 8과 같이 나타났으며, 엔진 회전 속도 및 토크 데이터를 이용하여 파란색 실선으로 표시된 엔진 회전 속도에 따른 엔진 토크 성능 곡선으로 나타내었다. 로타리 작업 데이터도 플라우 작업과 마찬가지로 엔진맵을 기준으로 엔진의 정격

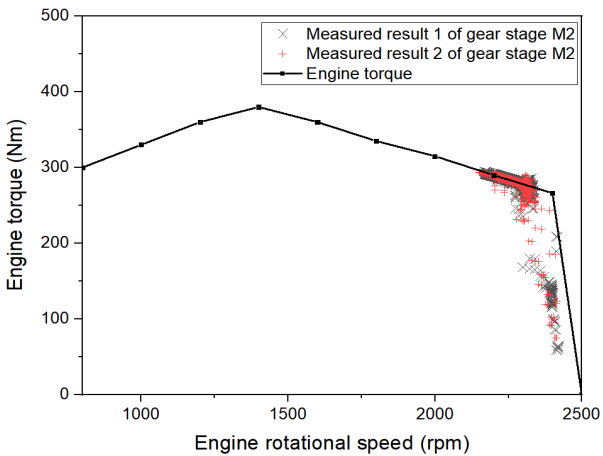


Fig. 5 Result of M2 gear stage with engine map of 67 kW class agricultural tractor

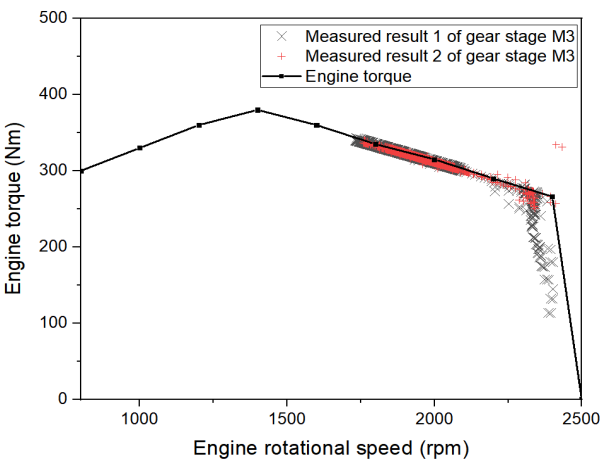


Fig. 6 Result of M3 gear stage with engine map of 67 kW class agricultural tractor

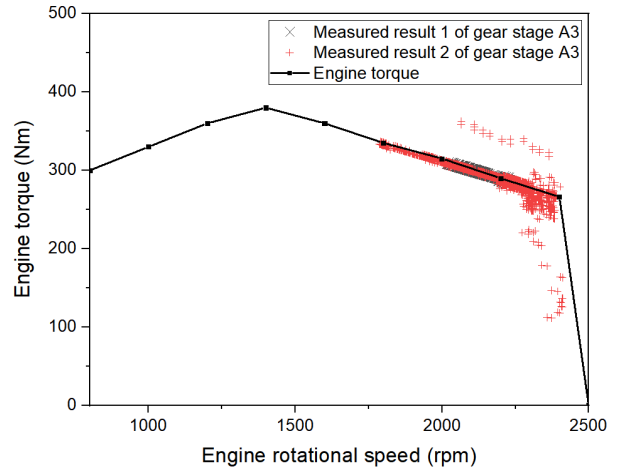


Fig. 7 Result of A3 gear stage with engine map of 67 kW class agricultural tractor

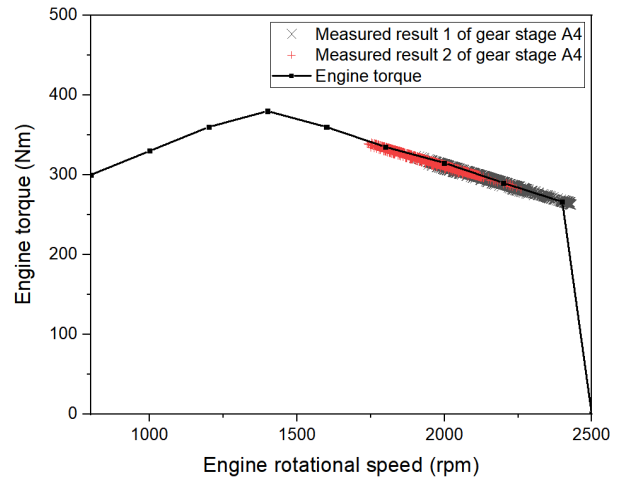


Fig. 8 Result of A4 gear stage with engine map of 67 kW class agricultural tractor

회전속도인 2,500 rpm을 기준으로 엔진 최대 출력점을 지나 최대 토크점까지 변화하였음을 알 수 있다.

플라우 작업과 로타리 작업 시 측정된 엔진 출력 데이터는 Table. 3과 같이 나타났다. 플라우 M2 단수에서 엔진 출력의 최대, 평균, 최소는 각각 66.32, 62.79, 61.25 kW로 나타났으며, 플라우 M3 단수에서는 각각 66.65, 64.85, 63.45 kW로 나타났다. M3 단수는 M2 단수에 비해 높은 동력이 소요되는 것으로 나타났다. 로타리 A3 단수에서의 엔진 출력의 최대, 평균, 표준편차는 각각 66.23, 63.28, 62.36 kW로 나타났다. 로타리 A4 단수에서는 각각 66.95, 63.38, 60.94 kW로 나타났다. 로타리 작업도 작업속도가 빠른 A4가 A3 단수 보다 소요 동력이 크게 나타났으며, 플라우 작업과 로타리 작업의 소요 동력은 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 3 Results of engine power analysis during tillage operation

Operation		Engine power (kW)		
		Max.	Avg.	Min.
Plow tillage	M2	66.32	62.79	61.25
	M3	66.65	64.85	63.45
Rotary tillage	A3	66.23	63.28	62.36
	A4	66.95	63.38	60.94

트랙터 플라우 및 로타리 작업 단수에 따라 측정된 엔진 토크 및 회전속도를 기반으로 부하율을 산출하였으며, Table 4와 같이 나타났다. 플라우 및 로타리 최대 부하율은 0.99로 나타났다. 플라우 M2 단수에서의 평균 부하율은 0.94, M3 단수는 0.97로 나타났으며, 로타리 A3 단수는 0.94, A4 단수는 0.95로 나타났다.

Table 4 Results of load factor during tillage operation

Operation		Load factor		
		Max.	Avg.	Min.
Plow tillage	M2	0.99	0.94	0.91
	M3	0.99	0.97	0.95
Rotary tillage	A3	0.99	0.94	0.93
	A4	0.99	0.95	0.91

3.2 환경부 부하율을 이용한 배출량 산출

환경부 국가미세먼지정보센터에서 발표한 국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(IV)에서는 부하율에 대해 기종 및 연식과 관계없이 0.48을 적용하고 있다. 이를 고려하여 환경부에서 제시한 배기가스 배출량 산정식에 입력하여 플라우와 로타리 작업 시 배출량을 산출한 결과는 Table 5와 같다.

플라우 M2 단수에서 CO의 배출량은 0.038 g으로 나타났으며, THC는 0.101 g, NOx는 0.009 g, PM은 0.009 g으로 나타났다. 플라우 M3 단수에서 CO의 배출량은 0.038 g으로 나타났으며, THC는 0.101 g, NOx는 0.009 g, PM은 0.009 g으로 나타났다.

로타리 A3 단수에서 CO의 배출량은 0.076 g으로 나타났으며, THC는 0.202 g, NOx는 0.017 g, PM은 0.018 g으로 나타났다. 로타리 A4에서 CO의 배출량은 0.076 g으로 나타났으며, THC는 0.202 g, NOx는 0.017 g, PM은 0.018 g으로 나타났다.

Table 5 Results of exhaust gas emissions calculation using load factor during tillage operation

Operation		Emissions (g)			
		CO	THC	NOx	PM
Plow tillage	M2	0.038	0.101	0.009	0.009
	M3	0.038	0.101	0.009	0.009
	Avg.	0.038	0.101	0.009	0.009
Rotary tillage	A3	0.076	0.202	0.017	0.018
	A4	0.076	0.202	0.017	0.018
	Avg.	0.076	0.202	0.017	0.018

환경부 부하율을 이용한 배기가스 배출량 산출 결과, 로타리 작업의 평균 배출량이 플라우 작업 보다 약 2배 정도 높게 계산되었다. 이는 플라우와 로타리 작업의 적용 부하율이 0.48로 동일하고 엔진 소요 동력도 Table 3과 같이 유사하게 측정되었으나, 로타리 작업 시간이 플라우 작업 시간 보다 약 2배 정도 느리기 때문으로 판단된다.

3.3 실시간 측정 부하율을 이용한 배출량 산출

엔진 ECU로부터 수집한 엔진 토크 및 회전속도를 이용하여 엔진 출력을 산출하였으며, 트랙터 엔진 제원인 67 kW를 고려하여 부하율을 산출하였다. 산출된 부하율을 국내 배기가스 배출량 산출식에 입력하여 항목별 배기가스 배출량을 Table 6과 같이 산출하였다.

플라우 M2 단수에서 CO의 배출량은 0.078g 으로 나타났으며, THC는 0.206 g, NOx는 0.018 g, PM은 0.019 g으로 나타났다. 플라우 M3 단수에서 CO의 배출량은 0.076 g으로 나타났으며, THC는 0.200 g, NOx는 0.017 g, PM은 0.018 g으로 나타났다. 플라우 작업 전체 단수의 평균 배출량은 CO, THC, NOx, PM에서 각각 0.077, 0.203, 0.017, 0.018 g으로 나타났다.

로타리 A3 단수에서 CO의 배출량은 0.156 g으로 나타났으며, THC는 0.413 g, NOx는 0.035 g, PM은 0.019 g으로 나타났다. 로타리 A4에서 CO의 배출량은 0.155 g으로 나타났으며, THC는 0.411 g, NOx는 0.035 g, PM은 0.037 g으로 나타났다. 로타리 작업 전체 단수의 평균 배출량은 CO, THC, NOx, PM에서 각각 0.155, 0.412, 0.035, 0.037 g으로 나타났다.

Table 6 Results of exhaust gas emissions calculation using measured load factor during tillage operation

Operation		Emissions (g)			
		CO	THC	NOx	PM
Plow tillage	M2	0.078	0.206	0.018	0.019
	M3	0.076	0.200	0.017	0.018
	Avg.	0.077	0.203	0.017	0.018
Rotary tillage	A3	0.156	0.413	0.035	0.037
	A4	0.155	0.411	0.035	0.037
	Avg.	0.155	0.412	0.035	0.037

플라우 작업 대비 로타리 작업의 배출량은 실 작업 시 측정된 부하율이 모두 0.48보다 높게 나타나 약 2배 높게 계산되었으나, 이를 통하여 배출량은 실제 농작업 시가 실내 시험 장치인 다이내모로 측정한 결과보다 더 높음을 알 수 있다.

3.4 환경부 및 실시간 측정 부하율을 이용한 배출량 산출 분석 결과

환경부에서 고시된 부하율 0.48과 실제 플라워 및 로타리 작업 시 부하율을 반영하여 배기가스를 측정한 결과는 Fig. 9, 10, 11, 12와 같이 나타났다. CO, THC, NOx, PM은 모두 실제 플라워와 로타리 작업 시의 배출량이 환경부에서 고시된 부하율 대비 약 2배 높게 나타났다. 이는 실제 농작업 시 배기가스 배출량과 환경부에서 산정하는 배출량 간의 차이가 있음을 보여주고 있어 정확한 배출량 산출을 위해서는 실작업 조건의 반영이 필요함을 알 수 있다.

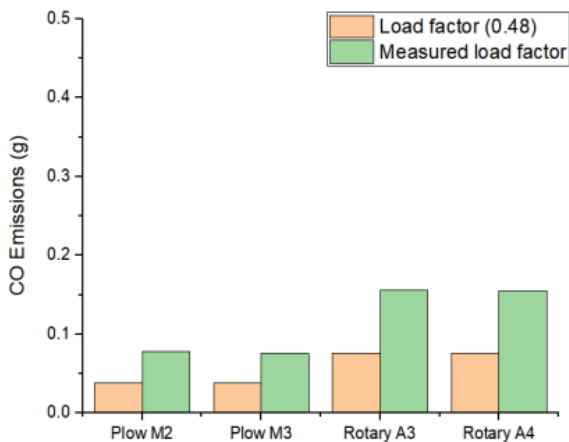


Fig. 9 Result of CO emissions calculated using load factor (0.48) and measured load factor

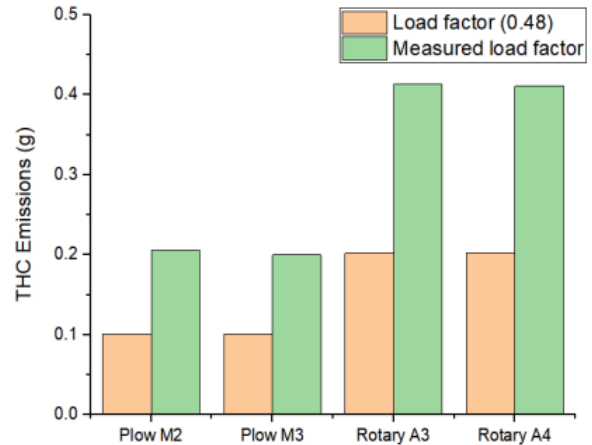


Fig. 10 Result of THC emissions calculated using load factor (0.48) and measured load factor

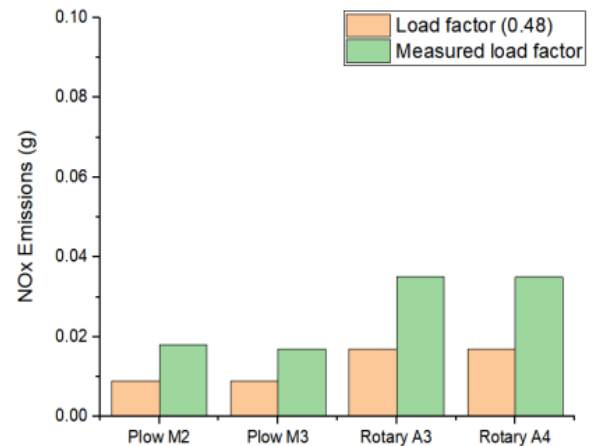


Fig. 11 Result of NOx emissions calculated using load factor (0.48) and measured load factor

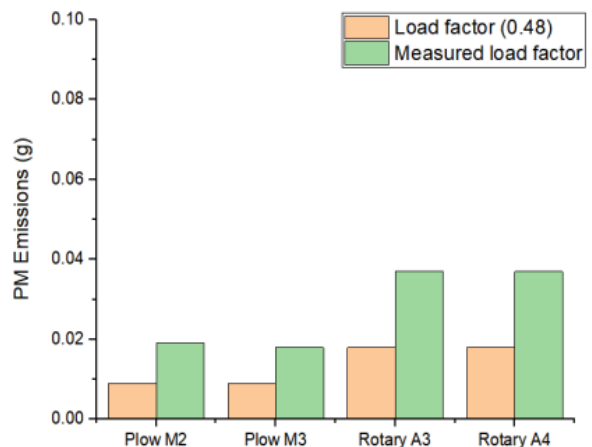


Fig. 12 Result of PM emissions calculated using load factor (0.48) and measured load factor

4. 결론

본 연구는 농업용 트랙터 배출량 산출에 관한 연구로써, ECU 측정센서를 이용하여 엔진 토크 및 회전속도를 측정하였다. 시험기종은 농업기계 중 보유 대수의 비율이 크고 사용 빈도가 높은 67 kW급 트랙터를 선정하였다. 배기가스 배출량은 이동식 배기가스 측정 장비인 PEMS를 이용하여 측정하였으며, 배기가스 규제 대상인 CO, NO_x, THC, PM를 대상으로 측정하였다. 필드 시험은 주요 경운 작업인 플라우 및 로타리 작업을 수행하였으며, 각각 2단수 조건에서 3회 반복시험을 수행하였다. 환경부 고시 부하율인 0.48를 이용하여 산출한 결과, 플라우 작업에서의 CO, THC, NO_x, PM의 평균 배출량은 각각 0.038, 0.101, 0.009, 0.009 g로 나타났으며, 로타리 작업에서는 0.076, 0.202, 0.017, 0.018로 나타났다. 필드시험에서 측정된 엔진 토크 및 회전속도를 이용하여 산출된 부하율을 입력하여 산출한 결과, 플라우 작업에서의 평균 배출량은 각각 0.077, 0.203, 0.017, 0.018 g로 나타났으며, 로타리 작업에서는 0.155, 0.412, 0.035, 0.037로 나타났다. 분석 결과, 로타리 작업은 플라우 작업에 비해 약 2배 정도 작업 시간이 더 소요되기 때문에 더 높은 배출량을 나타내는 것으로 판단되며, 실시간 부하율은 환경부에서 고시한 부하율 0.48보다 약 2배 더 크므로 실시간 부하율을 이용하여 산출된 배출량이 더 높은 경향을 나타내는 것으로 판단된다.

또한, 배기가스 배출량은 엔진 외에 외부 조건, 작업 환경 및 작업 종류 등 여러 인자들의 영향을 받으므로 향후에는 미국, 유럽 등과 같이 배출량 산정 시 사용되는 과도운전 보정계수(Transient Adjustment Factor, TAF), 열화계수(Deterioration Factor, DFA) 등 다른 계수에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

후 기

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 기술사업화지원사업의 지원을 받아 연구되었음(817040-3)

이해관계(CONFLICT OF INTEREST)

저자는 이 논문과 관련하여 이해관계 충돌의 여지가 없음을 명시합니다.

References

- 1) A. Janulevičius, A. Juostas and G. Pupinis, "Tractor's engine performance and emission characteristics in the process of ploughing", *Energy Conversion and Management*, Vol.75, pp.498-508, 2013.
- 2) D. Lovarelli, M. Fiala, G. Larsson, "Fuel consumption and exhaust emissions during on-field tractor activity: A possible improving strategy for the environmental load of agricultural mechanisation", *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol.151, pp.238-248, 2018.
- 3) EEA, "EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook", 2006.
- 4) EPA, "Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compression-Ignition (NR-009d)", 2010.
- 5) Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative, "Agricultural machinery yearbook Republic of Korea", 2020.
- 6) Y. J. Kim, S. O. Chung, S. J. Park, C. H. Choi, "Analysis of Power Requirement of Agricultural Tractor by Major Field Operation", *Journal of Biosystems Engineering*, Vol.26, No.2, pp.79-88, 2011.
- 7) Minister of Land, Infrastructure and Transport, "17 Number of registered agricultural machinery", 2017.
- 8) N. G. Lee, Y. J. Kim, W. S. Kim, Y. S. Kim, T. J. Kim, S. M. Baek, Y. Choi, Y. G. Kim, I. S. Choi, "A Study on the Improvement of Transmission Error and Tooth Load Distribution using Micro-geometry of Compound Planetary Gear Reducer for Tractor Final Driving Shaft", *Journal of Drive and Control*, Vol.17 No.1, pp.1-12, 2020
- 9) National Institute of Environmental Research, "A study on the Reduction of the Air Pollutant Emission by Diesel Engine(III)", 1999.
- 10) National Air Emission Inventory and Research Center, "National Air Pollutant Emission Inventory", 2017.

- 11) National Air Emission Inventory and Research Center, "National air pollutant emission calculation method manual(IV)", 2020.
- 12) Rural Development Administration National Institute of Agricultural Sciences, "2019 Utilization status of agricultural machinery", 2020.
- 13) S. M. Baek, W. S. Kim, S. Y. Baek, H. H. Jeon, D. H. Lee, H. K. Kim, Y. J. Kim, "Analysis of Engine Load Factor for a 78 kW Class Agricultural Tractor According to Agricultural Operation", *Journal of Drive and Control*, Vol.19, No.1, pp.16-25, 2022.
- 14) Transportaion Pollution Research Center, "National Institute of Environmental Research", 2018.
- 15) W. S. Kim, Y. J. Kim, S. M. Baek, S. Y. Baek, S. P. Moon, N. G. Lee, T. J. Kim, M. A. A. Siddique, H. H. Jeon, Y. S. Kim, "Effect of the Cone Index on the Work Load of the Agricultural Tractor", *Journal of Drive Control*, Vol.17, No.2, pp-9-18, 2020.
- 16) W. Morten, "Danish emission inventories for road transport and other mobile sources. Inventories until the year 2010", Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Vol.277, pp.5-125, 2012.
- 17) Winther and Dore, "EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019: Combustion – Non Road Mobile Machinery", 2019.
- 18) W. S. Kim, W. S. Lee, Y. J. Kim, "A Review of the Applications of the Internet of Things (IoT) for Agricultural Automation", *Journal of Biosystems Engineering*, Vol.45, pp.385-400, 2020.