

# 다중선형회귀분석 기반 건설장비 이산화탄소 배출량 예측모델 개발

## Development of prediction methodology from CO<sub>2</sub> emissions of construction equipment based multiple linear regression

권재민\*                      이재학\*                      조민도\*                      최영준\*                      한승우\*\*  
 Gwon, Jae-Min              Lee, Jae-Hak              Jo, Min-Do              Choi, Young-Jun              Han, Seung-Woo

### Abstract

Environmental problems caused by GHG emitted by various industries are emerging around the world, and accordingly, relevant regulations are being applied by countries around the world. Korea is operating a carbon credit system that trades GHG in industry for money, which is expected to be applied to the construction industry. In addition, construction equipment using fossil fuels accounts for the largest portion of CO<sub>2</sub> emissions in the construction industry, and the importance of CO<sub>2</sub> reduction and prediction is increasing. However, there is a lack of data on the directly measured CO<sub>2</sub> emissions of construction equipment and there is no accurate methodology for measuring methods. Therefore, in this study, independent variables were derived based on the CO<sub>2</sub> emission data. In addition, multiple linear regression is performed for each independent variable to derive a predictive model of carbon dioxide emission by work type of construction equipment. It is expected that the construction process plan based on environmental factors in the construction industry can be established in the future.

키워드 : 이산화탄소 배출량, 건설장비, 다중선형회귀분석  
 Keywords : CO<sub>2</sub> emissions, construction equipment, multiple linear regression

### 1. 서론

전 세계적으로 각종 산업에서 배출되는 온실가스에 의한 환경문제가 부각되고 있으며, 이에 따라 세계 각국에서는 관련 규제를 적용하고 있다. 한국의 경우 산업 내에 배출되는 온실가스를 돈으로 거래하는 탄소배출권제도를 운영하고 있으며 이는 곧 국내 이산화탄소 배출량의 30% 이상을 차지하는 건설산업에서의 적용 또한 불가피할 것으로 예상된다. 또한 건설산업에서 화석연료를 사용하는 건설장비가 이산화탄소 배출량의 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 이에 따른 이산화탄소 감축 및 예측의 중요성이 증대되고 있다. 그러나 건설장비의 직접 측정된 이산화탄소 배출량에 대한 데이터가 부족하고 측정방법에 대한 정확한 방법론이 제시되고 있지 않는 상황이다.(김승현 외, 2017) 따라서 본 연구에서는 상기의 문제점을 보완하고자 직접 측정한 굴착기와 트럭의 이산화탄소 배출량 데이터를 기반으로 상관계수가 높은 독립변수를 도출하였다. 또한 각각의 독립변수에 따른 다중선형회귀분석을 실시하여 건설장비의 작업형태 별 이산화탄소 배출량의 예측 모델을 도출하고자 한다. 이는 향후 건설산업에서의 친환경요인 기반 건설공정계획을 수립할 수 있을 것이라 기대된다.

### 2. 기존연구의 고찰

기존 연구에 따르면 건설장비의 배기가스 배출량 산정식은 연료량 대비 배출계수만을 이용하고 있어, 연료량 이외의 변수를 반영하지 못한다는 문제점이 있다. 또한, 건설장비의 작업형태 별 출력량(RPM)의 차이를 고려하고 있지 않아 실제 현장에서 건설장비의 이산화탄소 배출량을 정확하게 반영하고 있지 못하다. 이에 건설장비의 작업형태 별 이산화탄소 배출량을 직접 수집하고, RPM과 그에 따른 이산화탄소 배출량(g/hr)의 상관성을 확인하였다. 그러나 이는 상관정도만을 나타낼 뿐 통계학적인 분석이 아니고, 건설장비의 연식, 바퀴형태 등의 변수들을 고려하지 않아 보완되어야 함을 시사한다.

### 3. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 기존 연구에서 측정된 굴착기와 덤프트럭의 이산화탄소 배출량과 이에 영향을 미치는 독립변수들에 대해 작업형태 별 회귀모델을 도출하는 것으로 한다. 본 연구는 아래 그림1에서와 같이 크게 3단계로 진행된다.

\* 인하대학교 건축학부(건축공학)  
 \*\* 인하대학교 건축학부 교수, 공학박사, 교신저자(shan@inha.ac.kr)

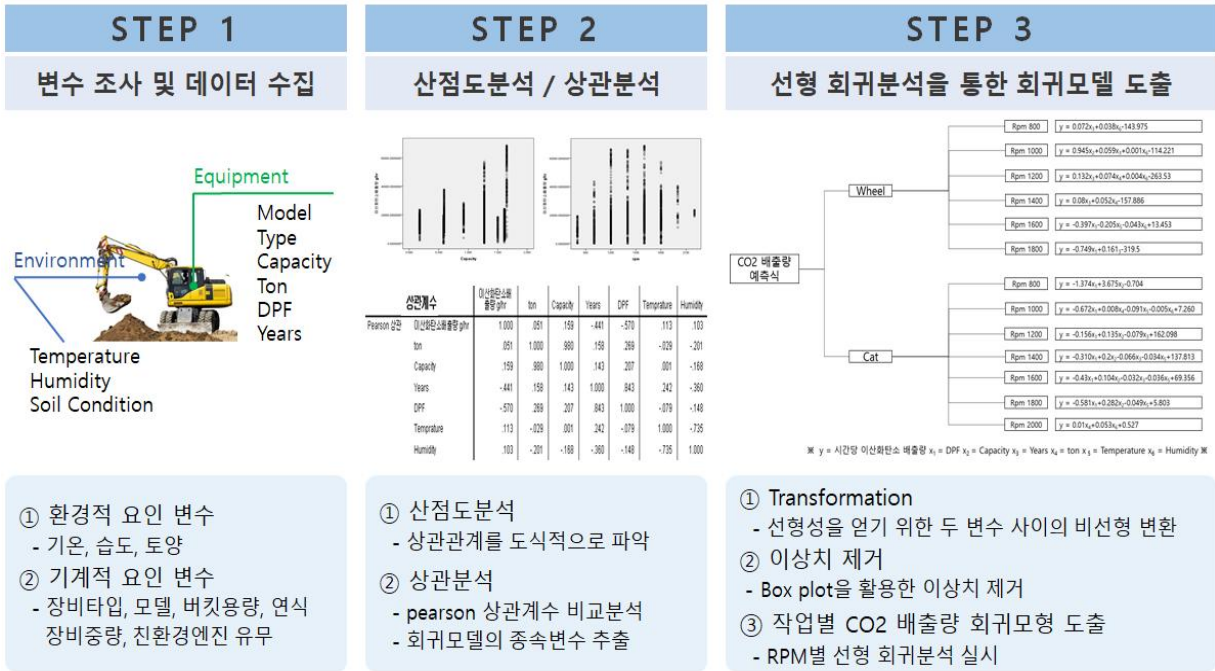


그림 1. 연구 진행 다이어그램

첫 번째 단계로 굴착기와 덤프트럭의 이산화탄소 배출량에 영향을 미치는 변수에 대한 조사를 마친 후 데이터를 수집한다. 두 번째로 수집한 데이터를 통해 산점도분석과 상관분석을 실시하여 이산화탄소 배출량과 변수들과의 Pearson 상관계수를 분석하여 상관성이 높은 독립변수를 추출한다. 세 번째 단계로, 이산화탄소 배출량과 추출된 독립변수에 대해 다중선형회귀분석을 실시한다. 이 과정 중에서 회귀모델의 설명력을 높이기 위해 이산화탄소 배출량의 비선형 분포로부터 선형성을 얻기 위한 Transformation을 병행하고, Box plot을 통해 이산화탄소 배출량 데이터의 이상치를 제거한다. 위와 같은 방법으로 RPM 별 다중선형회귀분석을 반복 실시하여 작업형태 별 이산화탄소 배출량 예측모델을 도출한다.

#### 4. 결 론

본 연구는 건설현장에서 직접 측정된 이산화탄소 배출량 데이터들과 영향을 줄 수 있다고 판단되는 여러 요인을 종합하여 상관계수가 높은 변수를 추출하였다. 이후 다중선형회귀분석을 통해 건설장비의 RPM 별 이산화탄소 배출량 예측모델을 도출하였고, 이는 건설현장 및 관련 산업계의 공정계획 따른 수식과 데이터를 제공함으로써 추후 발생할 친환경 비용을 쉽게 산정하는 데에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 본 예측모델의 방법론을 제시함으로써 향후 관련 연구에 활용될 수 있을 것으로 예상되며, 본 예측모델의 설명력을 높이기 위해 더 다양한 변수를 통한 회귀분석과 인공지능망 등과 같은 방법을 이용하여 결정계수를 높일 필요가 있다.

#### Acknowledgement

본 논문은 한국연구재단의 지원(과제번호: 2018R1A2B6004801)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 김병수와 장원석, 건설장비 CO<sub>2</sub> 배출량산출결과 비교연구, 대한토목학회논문집 제33권 제4호, 2013.7
2. 김승현과 이동욱, 작업 특성을 반영한 중규모 굴착기의 CO<sub>2</sub> 배출량산정을 위한 실험적 연구, 대한토목학회논문집 제37권 제4호, 2017.8
3. 진형아, 이태우, 박하나, 손지환, 김상균, 홍지형, 전상진, 김정수, 최광호, 배출계수 개발 및 배출량 산정 체계 고도화를 통한 건설기계의 연식, 출력 및 기종별 대기오염물질 배출량 산정, 한국대기환경학회지 제30권 제6호, 2014.12
4. 임재현, 정성운, 이태우, 김중준, 서충열, 류정호, 황진우, 김선문, 엄동섭, 건설기계의 대기오염물질 배출계수 산정을 위한 연구, 한국대기환경학회지 제25권 제3호, 2009.5
5. 김승현, 이동욱, 작업 특성을 반영한 중규모 굴착기의 CO<sub>2</sub> 배출량산정을 위한 실험적 연구, 대한토목학회 논문집 제37권 제4호, 2017.8
6. 고지은, 이진우, 채윤병, 한승우, 친환경 공정계획 수립을 위한 굴착기의 배기가스 계측 데이터 분석, 추계학술발표대회 논문집 제18권 2호, 2018.11