

# 사업장내 휘발성유기화합물의 배출량산정과 관리를 위한 소프트웨어 개발

이선우, 김현식\*, 박현수\*, 차순우\*\*, 홍승철\*\*\*, 김화용, 이종협<sup>†</sup>  
서울대학교 응용화학부, (주)티오이십일<sup>\*</sup>, Stanford Univ.<sup>\*\*</sup>, 한국환경기술진흥원<sup>\*\*\*</sup>,  
Corresponding author<sup>†</sup>

## Software Development for the Estimation and Management of VOCs Fugitive Emission in Industries

S. Lee, H. Kim\*, H. Park\*, S. Chah\*\*, S. Hong\*\*\*, H. Kim, J. Yi<sup>†</sup>  
School of Chemical Engineering SNU, To21 Co. Ltd.<sup>\*</sup>, Stanford Univ.<sup>\*\*</sup>, KIRST<sup>\*\*\*</sup>,  
Corresponding author<sup>†</sup>

### 1. 서론

휘발성유기화합물질(volatile organic compounds; VOCs)은 상온, 상압에서 기체상태로 존재할 수 있는 모든 유기물질을 통칭하는 의미로 사용되고 있고, 최근 여러 가지 용도로 사용이 확대되어 배출량이 증가하고 있다. 특히, 우리나라 산업의 근간이 되는 석유정제 및 석유화학업종에서는 휘발성유기화합물질이 포함된 원료와 제품을 대규모로 취급하고 있어 배출원 관리가 시급한 실정이다. 이러한 휘발성 유기화합물질은 건강에 직접적으로 유해한 영향을 미치거나 대기 중에 배출된 후 여러 가지 화학반응을 통해 유해한 물질을 생성시키고 있기 때문에 그 배출량을 저감시키려는 연구가 활발하게 진행되고 있다.

외국의 경우 VOCs의 배출량을 산정하여 보고하는 제도를 의무화하고 있다. 특히, 미국은 TRI(Toxics Release Inventory), 호주는 NPI(National Pollutant Inventory) 그리고 OECD는 PRTR(Pollutant Release and Transfer Registers)이라는 이름으로 산업현장에서 발생하는 VOCs를 포함한 유해화학물질에 대한 보고제도를 실시하고 있다. 우리나라에서도 OECD의 요구로 1999년부터 “유해화학물질 환경배출량 조사”제도가 시행되어 사업장내의 화학물질에 대해 환경배출량 및 이동량을 산정, 보고하도록 법률화되었다. [1]

이러한 휘발성유기화합물질의 배출원 관리를 위해서는, 배출시설내에 존재하는 배출원을 조사하고, 각 배출원에서 배출되는 화학물질의 종류와 양을 정확히 파악하여야 하나, 휘발성유기화합물질의 배출원의 종류가 다양하고, 쉽게 증발하여 배출되기 때문에 배출량 측정이 어려워 신뢰도 있는 배출량을 산정해 내지 못하고 있는 실정이다.

이러한 어려움을 해결하기 위해 환경부의 환경기술개발사업 중 공공기반기술 개발사업으로 진행된 “휘발성유기화합물질 누출제어방안” 연구를 통해 배출 모델을 기초로, 배출원 데이터베이스, 화학물질물성치 데이터베이스, 기상정보 데이터베이스, 배출계수 데이터베이스 등의 정보를 지원받는 휘발성유기화합물질 배출량 산정 및 관리 소프트웨어 VEER(VOCs Emission Estimation and Reduction)을 개발하였다.

## 2. 본론

정부에서는 표준화된 방법을 통해 VOCs의 배출량을 산정하고 관리할 수 있는 소프트웨어가 필요하다. 기업 차원에서는 시간과 비용의 측면에서뿐만 아니라, 체계적이며 효율적인 관리를 위해서 표준화된 산정기법이 더욱 필요하다. 표준화된 VOCs 관리를 위해서는 배출경로의 체계적 확인이 가능하고, 신뢰성 높은 배출량 정보를 확보할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 현장측정 대상을 선정하고 현장조사를 통해 실제 현장의 자료를 수집하고 분석하였으며, 실험실 규모의 비산배출원에 대한 실험과 전산모사를 통해 그 결과를 검증하였다. 이러한 현장조사와 실험은 석유정제 및 석유화학공정에서 발생하는 휘발성유기화합물질 배출량 중 약 50%를 차지하는 비산배출원에 대한 배출계수를 측정하여 검증 가능케 하였다. 그 결과로 배출장치와 취급화학물질의 종류, 운전압력, 배출농도에 관한 상관관계식을 개발하였고, 새롭게 개발된 배출계수가 기존의 EPA(United State Environmental Protection Agency)에서 개발된 배출계수에 비해 정확도면에서 향상된 것을 확인하였다. [2, 3]

또한, 저장시설, 대기오염방지시설, 폐수처리시설, 출하시설 등 다양한 배출원에서 발생하는 휘발성유기화합물질 배출 메카니즘을 파악하고, 이를 토대로 신뢰도 있는 배출량산정모델을 개발하였으며, 이를 국내의 배출시설들에 적용하여 그 정확성을 검증하였다.

이러한 과정을 통해 개발된 프로그램의 전체적인 구성은 각 공정의 시설정보와, 각 공정의 배출량 산정모델, 배출량 산정에 필요한 자료를 제공하는 각종 데이터베이스, 각 배출원 관리 시스템으로 구분할 수 있다. VEER에 포함되어 있는 배출원은 크게 저장탱크, 비산배출원, 대기오염방지시설, 폐수처리시설, 출하시설, 그리고 기타공정으로 구성되어 있다. 이들 배출원에서의 배출량을 산정할 수 있는 배출량 산정엔진은 “휘발성 유기화합물질 누출제어방안 연구”의 성과물로 개발된 공정별 배출량 산정모델을 적용하였다. 또한, VEER에는 휘발성유기화합물질 배출원에 대한 정보를 입출력할 수 있는 배출원 데이터베이스, 전국주요지역의 온도, 기압, 일조량, 풍속 등의 정보를 제공하는 기상정보 데이터베이스, 휘발성유기화합물질을 포함한 약 2,100가지의 물질에 대한 분자량, 용해도, 증기압상수, 미생물반응속도상수 등 약 30여 가지의 물질특성정보를 제공하는 화학물질물성치 데이터베이스, 비산배출원의 각 장치 등 주요장치별 배출계수 정보를 제공하는 배출계수 데이터베이스 등이 포함되어 있다.

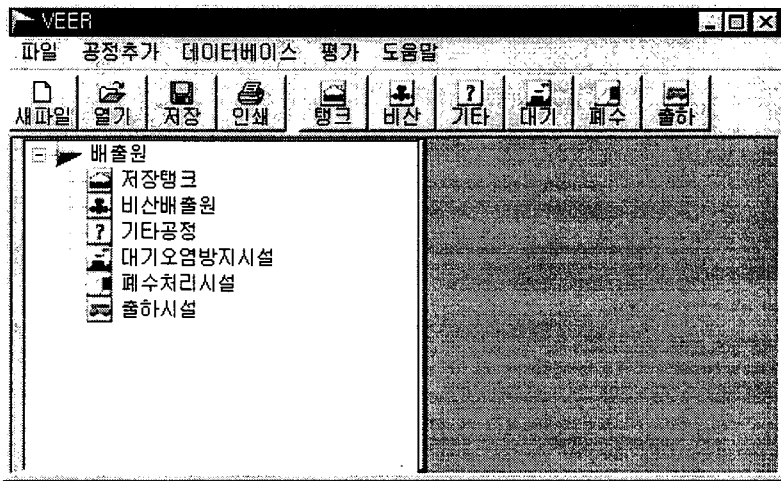


그림 1. VEER의 초기화면

그림 1은 VEER의 초기화면이다. 화면 상부에는 메뉴항목이 있으며, 하부의 창은 두 부분으로 나뉘어, 화면 좌측에는 공정으로부터 오염물질이 배출되는 각 배출원을 나열되어 있고, 화면 우측에는 각 배출원별 데이터를 입력받기 위한 곳으로 나뉘어져 있다. 공정추가 메뉴는 사업장의 배출량을 산정하기 위한 공정추가 메뉴로 저장탱크, 비산배출원, 기타공정, 출하시설로 구성되어 있다. 데이터베이스 메뉴는 각 공정으로부터의 배출량 산정에 필요한 여러 가지 데이터베이스를 추가, 편집하기 위한 메뉴로 혼합물 DB, 환경오염방지시설 DB, 사업장의 처리업체 DB로 구성되어 있다. 사용자가 '공정추가' 및 '데이터베이스' 메뉴를 통해 저장탱크, 비산배출원, 기타공정, 대기오염방지시설, 폐수처리시설, 출하시설 등의 배출원을 추가하면, 각 공정으로부터의 배출량 및 이동량을 산정하는데 필요한 입력데이터 테이블이 나타난다. 프로그램이 요구하는 입력값들을 모두 입력하면 각 공정으로부터의 배출량이 자동으로 산정된다. 보기 메뉴는 산정된 결과를 정리하는 항목으로 화학물질별, 매체별, 단위공정별 화학물질의 배출량 분포를 알 수 있다. 이 데이터는 추후 사업장의 배출원 관리방안을 마련하는데 중요한 자료가 된다. 평가 메뉴는 계산된 배출량 정보를 이용하여, 적절한 배출저감기술을 선택하고, 선택된 배출저감기술의 경제성을 평가할 수 있는 기능으로 구성되어 있다. 보고서 메뉴는 계산된 데이터를 정리하는 항목으로 업체정보, 배출량정보, 이동량정보로 구성되어 있으며, 도움말 메뉴는 도움말 및 소프트웨어 기본 정보로 구성되어 있다.

사용자가 배출원에 대한 정보, 취급하는 화학물질에 대한 정보, 위치에 대한 정보, 운전조건에 대한 정보를 인터페이스를 통하여 입력하면, 메인프로그램은 정보를 배출원 DB, 화학물질 DB, 배출계수 DB, 기상자료 DB에 저장하고, 필요한 정보를 호출한다. 여기에 측정장치로부터 제공되는 측정값들이 주기적으로 메인프로그램에 입력되면, 메인프로그램은 이상의 정보들을 종합하여 각 배출원별 화학물질배출량을 산출한다. 또한 메인프로그램은 각 배출원의 배출량 특성을 분

석하여, 장치수리, 운전조건변경 등의 배출원 관리명령을 제공하게 된다

VEER 소프트웨어에는 배출량 산정모듈을 통해 발생하는 휘발성유기화합물질의 종류, 조성, 농도, 유량 등이 파악되면, 적절한 배출량저감기술을 선택하고 각 기술들의 경제성을 평가할 수 있는 기능이 포함되어 있다. 비산배출원 관리시스템으로 제안되는 LDAR(leak detection and repair) 시스템과, 대기오염방지시설에 적용될 수 있는 Carbon adsorber, Condenser, Flare, Incinerator등에 대한 경제성평가를 진행하여, 그 결과값을 활용함으로써 적절한 휘발성유기화합물질 저감기술들을 선택하고 설계할 수 있다.

### 3. 결론

현재까지 국내 휘발성유기화합물질 취급업체의 배출원 관리 및 배출량 저감 활동은 점오염원을 중심으로 이루어지고 있다. 그러나, 2000년 석유정제업과 화학업종을 대상으로 실시한 화학물질 배출량 조사결과에 의하면 비산배출원에서 발생한 오염물질의 배출량은 점오염원으로부터 발생하는 양과 비슷한 수준에 이르고 있으며, 이에 따라 새로운 관점에서의 관리대책이 필요하다는 것을 알 수 있다. VEER에는 이러한 비산배출원에 대한 국내외 배출계수, 배출모델, LDAR 등 배출원 관리기술에 대한 정보를 제공하여, 비산배출원 관리에 대한 기술적 지원과 정보를 제공한다.

본 연구를 통해 개발된 VEER 소프트웨어를 이용하면, 기업은 신뢰도 있는 배출량 정보를 확보하여, 원료 및 제품의 손실원을 파악할 수 있다. 이를 토대로 중점관리 배출원을 선정하여 관리함으로써, 작업장 안전을 증진시킬 수 있으며, 특히, 관리가 어려운 비산배출원 관리를 용이하게 수행할 수 있으리라고 판단된다. 또한, 정부 및 지자체에서는 신뢰도 있는 배출량 자료를 확보하고 이를 분석함으로써, 위험관리지역을 확인하고, 휘발성유기화합물질의 배출경로를 확인, 포괄적인 관리를 수행할 수 있으며, 나아가 국민의 알권리를 충족시키고, 기업의 자발적인 배출량 저감을 유도할 수 있으리라고 판단된다.

### 4. 참고문헌

- [1] 차순우, 박현수, 김화용, 이종협, “화학물질 배출량 산정 프로그램(TRIWIN) 개발”, 춘계대한환경공학회, (2001)
- [2] 박영근, 고민수, 차순우, 문정우, 박현수, 이종협, “CFD를 이용한 공정 VOC 배출원의 배출량 추정 연구”, 춘계대한환경공학회, (2001)
- [3] H. Park, S. Chah, E. Choi, H. Kim and J. Yi, “Releases and Transfers from Petroleum and Chemical Manufacturing Industries in Korea”, Atmospheric Environment, **36**(31), 4851~4861, (2002)