

통합데이터 플랫폼을 활용한 산업단지 미세먼지 저감 방안

정석진* · §정석**

*산업통상자원부 산업환경과, **산업통상자원부 석탄광물산업과

A Novel Approach for the Particulate Matter(PM) Reduction in the Industrial Complex using Integrated Data Platform

Seokjin Chung* and §Seok Jung**

*Ministry of Trade, Industry and Energy, Industrial Environment Division, Korea

**Ministry of Trade, Industry and Energy, Coal and Mineral Resources Division, Korea

요 약

산업단지 내 입주기업들의 제조공정에서는 미세먼지 생성 원인물질인 질산화물(NOx), 황산화물(SOx), 휘발성 유기화합물(VOCs) 등이 다양한 형태로 배출되고 있다. 본 연구에서는 효과적인 산업단지 미세먼지 저감을 위해 산재해 있는 공공데이터를 활용하여 산업단지별 특성을 분석하고 미세먼지 감축 기술과 매칭하여 미세먼지를 감축할 수 있는 최적화 감축 방안을 제시하였다. 데이터를 기반으로 한 산업단지 별 맞춤형 기술 및 설비 적용은 미세먼지 전구물질을 공정에서 사전에 감축함으로써 산업단지 미세먼지 뿐만 아니라 제조업 미세먼지 감축을 위한 효과적인 대안이 될 것이다.

주제어 : 미세먼지, 통합데이터 플랫폼, 산업단지, 친환경 기술, 제조공정

Abstract

Manufacturing processes in industrial complexes produce NOx, SOx, VOCs, which cause particulate matter (PM). Therefore, this study analyzed the characteristics of each industrial complex by using scattered public data, matched the existing particulate matter(PM) reduction technology, and proposed an optimized reduction plan. The application of matching technologies and facilities by industrial complexes based on data is able to mitigate NOx, SOx, and VOCs which cause particulate matter in the process in advance. This way can be an effective alternative in order to reduce PM in the manufacturing processes as well as industrial complexes.

Key words : Particulate Matter (PM), integrated data platform, industrial complex, eco-friendly technology, manufacturing process

· Received : January 17, 2020 · Revised : February 4, 2020 · Accepted : February 10, 2020

§ Corresponding Author : Seok Jung (E-mail : jungseok38@gmail.com)

Department of Industrial Environment, Ministry of Trade Industry and Energy, Government Complex-Sejong, 402 Hannuri-daero, Sejong-si 30118, Korea

©The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. 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.

1. 서 론

미세먼지는 생성기작에 따라, 배출원으로부터 직접 배출되는 1차 생성물과 대기 중에서 반응하여 생성되는 2차 생성물로 구분된다. 미세먼지(PM) 관측 결과, 직접 배출은 25% 미만으로, 가스상태의 대기오염물질에 의해 2차 생성된 미세먼지가 약 75% 차지하고 있다. 환경정책기본법에 의하면, 미세먼지는 입자의 크기가 10 μ m이하인 PM₁₀과 2.5 μ m이하인 PM_{2.5}로 분류된다. 주요 성분은 탄소류와 석탄·석유 등 화석연료를 태우는 과정에서 나오는 검댕, 지표면의 흙먼지 등에서 발생하는 광물과 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx)의 대기 중 화학반응으로 발생하는 것으로 나뉜다. 국내 미세먼지 배출 통계는 제조업, 발전, 수송, 생활, 난방으로 구분하여 관리되어지고 있다. 제조업은 제조업연소, 생산공정, 석유정제시설과 석유제품산업 등으로 구분되고, 발전은 공공·민간발전시설이 해당하며, 수송은 도로·비도로 이동 오염원이, 그리고 생활은 비산먼지, 생물성연소, 농업, 주유소와 상업시설 등이 해당한다. 마지막으로 난방은 지역난방시설을 포함한다. 이중 국내 미세먼지 배출량 증가의 주된 원인은 2015년 기준 약 40%를 차지하는 제조업이 두드러진다. 제조업종별 미세먼지 배출량은 금속, 석유정제, 시멘트 업종에서 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 특히 제철·제강으로 대

표되는 금속업종에 의한 미세먼지 배출이 상당한 증가추세를 보이고 있다.

발전부문은 고체 화석연료가, 그리고 수송부문은 경유 차량이 가장 큰 미세먼지 배출원인으로 파악되었다. 결국 제조업 분야의 미세먼지 대책이 국내 감축의 핵심부분이며 이와 관련한 실질적 정책이 필요한 시점이다. 이러한 배경에서 정부는 미세먼지 감축을 위해 미세먼지 관리대책과 법·제도 마련을 추진하였다. Table 1과 같이 '16.6월 발표한 미세먼지 관리 특별 대책을 시작으로 '17.9월 미세먼지 관리 종합대책, '18.11월 비상·상시 미세먼지 관리 강화대책, '19.3월 고농도 미세먼지 긴급 저감대책 등 미세먼지 관련 대책은 지속적으로 강화되고 있는 추세이며 '19.2월 미세먼지 저감 및 관리를 위한 특별법을 제정하여 다양한 영역에서 미세먼지를 저감하기 위한 활동이 진행 중에 있다.

그러나 '15년 국가 제조업 전체 배출량 중 국가산업단지가 위치한 지역의 배출량 비중이 85%를 차지하는 등 산업단지에 대한 특별 관리가 중요하게 자리잡고 있는 등 다양한 제조업이 집적되어 있는 산업단지에 대한 중요성이 날로 커지고 있으나, 산업단지에 대한 미세먼지 저감 연구는 이루어지지 않고 있다. 이는 산업단지에 대한 데이터가 혼재되어 있고 다양한 기관에서 보관하기 때문에 정확한 데이터를 유추하기가 어렵기 때문이다.

Table 1. Main countermeasures of the year on year particulate matter (PM)

	Title	Goals	Main measure
'16.6	The special measures managing PM	Reducing 14 % of domestic emission by 2021 (Concentration : 23 ('15) → 18 ('26) μ g/m ³)	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentally no more coal power plant • Enlarging renewable energy ratio upto 11 % by 2025 • Reviewing introduction of NOx emission levy • Banning aged diesel vehicles in capital region
'17.9	The comprehensive measures managing PM	Reducing 30 % of domestic emission by 2022 (Concentration : 26 ('16) → 18 ('22) μ g/m ³)	<ul style="list-style-type: none"> • Shut-down in spring or close early of aged power plant • Increasing the ration of renewable energy into 20 % by 2030 • Expansion total air pollution quantity management for facilities and so on
'18.11	The strengthened measures managing PM at emergency and normal time	Reducing 35.8 % of domestic emission by 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Expansion of emergency action to reduce PM (capital region → all region, public → including private) • Environmental power dispatch (reflecting environmental cost) • Raising obliged purchase ratio for public sector of environmentally friendly vehicle to 100 % by 2020 and so on
'19.2	Special act for management and reduction of PM	-	<ul style="list-style-type: none"> • Establishment of the special measure committee of PM • Conducting emergency action to reduce high-concentration PM in all area
'19.3	Urgency measures reducing high concentration PM	-	<ul style="list-style-type: none"> • Expansion of generators operating in 80 % of its power rating • Shut-down of all or parts of 54 power plants in spring season

2. 선행연구 조사

현재까지 미세먼지 관련 연구는 정부용역 중심으로 미세먼지 저감·관리방안 및 측정·분석에 대한 비중이 높았으며²⁻⁴⁾ 통계가 누적된 2017년부터 모델링 및 예측에 대한 연구가 증가하기 시작했다. 미세먼지 연구는 총 8개 유형으로 구분되었는데 저감 및 관리방안, 시스템 구축, 인벤토리 구축, 저감기술 개발, 모델링 및 예측, 측정 및 분석, 법제도 개선, 데이터 구축 및 분석 분야⁵⁻⁹⁾이다. 이중 저감 및 관리방안, 모델링 및 예측, 측정 및 분석 관련 연구 비중이 전체의 73.8%로 높은 비율을 차지하였다. 저감 및 관리방안은 서울시, 경상남도, 부산시 등 지역을 중심으로 한 미세먼지 배출원별 발생원인과 대책에 대한 연구가 주를 이루었으며, 측정 및 분석은 지역별, 분야별 상세 배출원 인벤토리 구축에 대한 연구가 이루어졌다.

그러나 미세먼지 발생 비중의 가장 많은 부분을 차지하는 제조업 중 산업단지만을 대상으로 구축된 미세먼지 인벤토리 연구나 이에 최적화 된 저감 방안에 대한 연구는 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 산업단지 별 미세먼지 배출 특성을 분석하고자 한다. 특히, 직접 배출보다 NOx, SOx, VOCs 3대 가스상 물질이 대기 중에서 화합물 형태로 만들어지는 2차 생성물에 초점을 맞추어 연구를 진행하였으며, 산업단지라는 매개체를 통해 제조업 미세먼지를 감축할 수 있는 방안을 공공데이터를 활용한 통합 데이터베이스 플랫폼 구축을 통해 제시하고자 한다.

3. 데이터플랫폼 구축을 위한 방법론

3.1. 방법론

본 연구에서는 미세먼지 발생기업 중 배출규모별로 구분되어진 1-3종 사업장의 미세먼지 원인물질인 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 휘발성유기화합물(VOCs) 등 미세먼지 전구물질 배출량을 분석하기 위해 분석 모델을 개발하였다. 분석모델은 산업단지별 미세먼지 배출특성을 분석하고 그 중 미세먼지를 다배출하고 저감 가능성이 높은 기업에 대하여 미세먼지저감 기술과 매칭하는 방법을 적용하였다. 배출량 분석은 기존 통계가 구축되어 있는 1-3종은 환경부의 대기배출원관리시스템(SEMS, Stack Emission Management System) 데이터를 활용하였다. 또한 저감 가능성이 높은 기업 도출에 있어 업종, 원단위, 투

입원료, 에너지사용량 등을 종합적으로 고려하였으며 미세먼지 감축기술은 그간 상용화 된 생산기술연구원 국가 청정생산지원센터의 26개 대표 청정생산기술과 생태산업개발 대표기술 37개, 그리고 국가환경산업정보시스템(KONETIC)상의 미세먼지 전구물질(NOx, SOx, VOCs)을 저감할 수 있는 기술 데이터베이스(DB)를 활용하였다.

3.2. 데이터 수집

데이터 수집은 동 분석모델의 정확성을 판단하는 기초가 되는 자료로 공공데이터를 기반으로 수집하였다. 기업 정보는 산업단지공단에서 운영하는 팩토리온을 활용하였으며 미세먼지 데이터는 환경부의 대기배출원 관리시스템(SEMS)과 사업장 대기오염물질 관리시스템을 활용하였고 에너지의 경우, 국토교통부의 건물에너지 DB, 산업통상자원부의 에너지사용량 신고 DB와 검사대상기기 DB를 활용하였다. 기관별 환경정보 데이터 현황은 Table 2에 나타났다.

각각의 공공 데이터베이스(DB)를 통합하기 위해서는 데이터 수집, 정제, 표준화 및 적재의 4단계를 거치게 된다. 데이터 수집은 기초자료를 수집하여 적재대상 자료 및 항목을 식별하고 추출하는 기능이다. 데이터 정제는 코드성 데이터 식별 및 코드를 분류하고 식별된 코드에 대한 공통 및 개별 코드화 작업을 수행하는 단계이다. 데이터 표준화는 적재 대상 데이터에 대한 모델링을 수행하고 각 항목에 대하여 표준화를 수행한 후 테이블을 생성하고 적재 테스트를 수행하는 단계이다. 마지막으로 생성된 테이블별 데이터를 구축한다. 이 과정에서 동일 기업에 대해 각각 DB의 기업명이 다른 경우가 있어 이를 하나로 통합하고 기업별, 시설별, 투입정보별, 산출정보별 매칭시키는 전처리 작업은 통합 DB 작업의 핵심이라 할 수 있다. 이와 같은 프로세스를 통해 기업기준으로 생산제품정보, 업종, 투입 원료 및 연료 등 각 기업정보 및 대상 물질을 분석하여 이를 미세먼지 저감기술 DB와 연계·매칭을 하게 된다(Fig. 1).

4. 분석결과

4.1. 산업단지 현황 및 배출특성

산업단지는 국가산업단지, 일반산업단지, 도시첨단산업단지와 농공단지로 구분되어진다. 2018년 4분기 현

Table 2. Data Status for environmental information by institute

Responsible organization	Name of DB	Information
Korea Industrial Complex Corporation (KICOX)	Factory on	<ul style="list-style-type: none"> Company information : name, sector, IC information, year of factory built, site area, building area, factory scale, products
Ministry of Environment, Korea (ME)	Stack emission management system (SEMS)	<ul style="list-style-type: none"> Company information : name, sector, scale, products, emission facility (process, facility name, amount), pollution prevention facility (operation time, facility name, amount) Input information : kinds and consumption of fuels and resources Output information : product (production), emission and concentration of pollutants
Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT)	Building energy DB	<ul style="list-style-type: none"> Company information : address of the building, approval year of permission to use, total building floor area Input information : monthly consumption of electricity, district heating and city gas
Korea Energy Agency (KEA)	Reported energy consumption DB	<ul style="list-style-type: none"> Company information : name, sector, facility name, installation year, model, use, capacity, efficiency Input information : kinds and consumption of fuels and resources, and electricity consumption
	Equipment to be investigated DB	<ul style="list-style-type: none"> Company information : name, sector, facility name, installation year, model, use, capacity, efficiency Input information : kinds and consumption of fuels

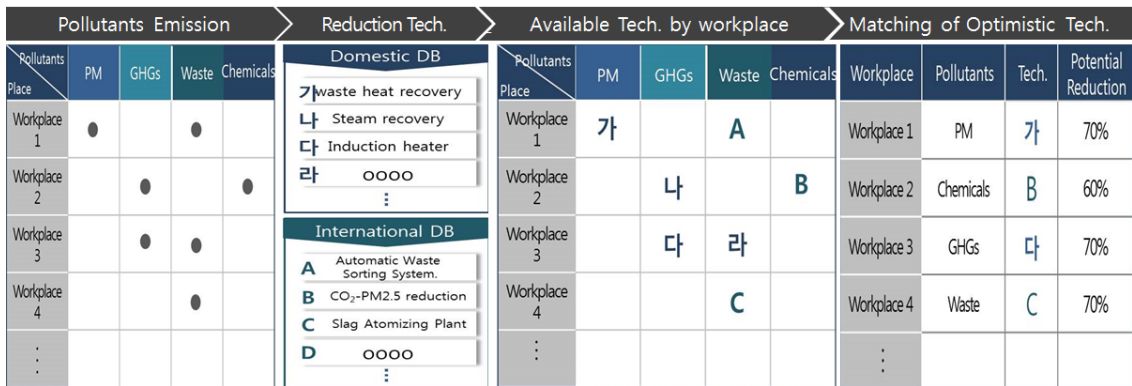


Fig. 1. The matching process between pollutants and reduction technologies using integrated data platform.

재 지정되어 있는 산업단지는 총 1,207개로 지정면적은 1,415km², 입주기업은 100,786개사, 고용 2,157천명, 생산액 1,056조원이고 수출은 4,053억 달러를 차지하고 있다. 본 연구에서 사용한 미세먼지 데이터 표본은 환경부에서 발표한 2014년 대기오염물질 배출량(SEMS)을 사용하였다. 전체 1~3종 사업장 3,841개 중 산업단지 입주기업은 산업단지 공단 통계자료인 팩토리온과의 매칭을 통해 총 1,846개 기업을 추출하였고 동 기업들이 입주해 있는 산업단지 363개를 대상으로 조사하였다. 플랫폼을 통한 산업단지별 미세먼지 분포도를 확인한 결과, 전체 1,207개 산업단지 중 10개 산업단지에서 미세먼지 생성

에 기여하는 전구물질인 NO_x, SO_x, VOCs 발생을 통해 배출되는 미세먼지 PM_{2.5}가 전체 산업단지 미세먼지 발생량의 약 90%를 차지하고 있으며 각각의 산업단지는 다양한 미세먼지 배출 특성을 가지고 있었다. 특히, 철강, 석유화학, 정유, 시멘트 업종이 밀집되어 있는 산업단지의 발생량이 상대적으로 높음을 알 수 있었다. 산업단지에 대한 배출특성은 산업단지 별 대표기업 분류를 통해 맞춤형 전략을 적용 할 수 있다. 각 산업단지 특성을 분석한 결과, 산업단지 별 특수업종이 배출량의 90% 이상을 차지한다는 사실을 확인 할 수 있었다.

4.2. 산업단지별 미세먼지 저감 방안 제안

Table 3과 같이 산업단지별 특성을 확인 한 후, 산업단지별 미세먼지 배출 90% 이상 기업들을 분류하고, 데이터베이스에 보유하고 있는 기술DB와 매칭을 통해 최적화 저감 방안을 찾을 수 있으며 각 산업단지 별 미세먼지 다배출 업종과 기업을 특정하여 미세먼지 저감 방안을 제시할 수 있다. 본 연구에서는 주요 6개 산업단지를 대상으로 매칭화 작업을 추진하여 제시하였다.

미포국가산업단지(Table 4)의 경우, 5개사가 전체 산업단지 배출량의 약 90%를 차지하는 2,148t/y를 배출하고 있다. 업종별로는 원유정제업 1개사와 비료제조, 선박 건조업과 함께 화학물질 제조사 4개로 구성되어 있다. 미

포산업단지의 경우, 타 산업단지와 유사한 기술을 적용할 수 있으나 추가로 VOCs에 대한 저감기술이 적용되어야 한다. 선박 건조업의 경우, 선체 도장 과정에서 발생하는 VOCs를 최대한 포집하고, 포집된 VOCs에 대해, 흡착제거, 고열 분해제거(RTO), 촉매를 이용한 저열 분해제거(RCO) 기술을 단독 또는 연계하여 적용할 수 있다.

포항4 일반산업단지(Table 5)는 제철업과 관련된 다수의 협력사들로 구성되어 있으며 8개사가 전체 산업단지의 90%를 배출하는 것으로 나타났다. 업종은 제철과 관련된 화학물질, 석회, 도장, 착색 등 다양한 업종으로 구성되어 있다. 배출 비중도 NOx와 SOx가 비슷한 배출 분포를 보이고 있다. 표면처리업종의 경우에는 대표 청정기술인

Table 3. A characteristics of the main industrial complexes

Province	Industrial complex (IC)	Characteristics
Chungnam	Steel and Iron no 1. IC in Dangjin	• IC of steel and iron was developed nearby the steel mill in Dangjin
Ulsan	National IC in Onsan	• 35 % of petrochemical companies • 76 % of companies employing under 50 people
Gyeongbuk	National IC in Pohang	• The largest self-dumping chemicals (58%), the largest treating chemicals by outsourcing (21%), the largest sludge production from wastewater (38%), 41 % of steel and iron companies
Ulsan	National IC in Mipo, Ulsan	• The largest yearly production and export (117 and 48 trillion KRW respectively), the largest chemical emission (11%), 235 ton/day of organic material emission, 31% of machinery and 24 % of petrochemical companies
Gyeongbuk	IC no 4. in Pohang	• Steel and iron companies affiliate of POSCO are settle in
Kangwon	National IC in Songjeong	• Ssangyong Cement is the only 1 company settled in
Chungnam	IC in Daesan	• Only crude oil refineries are allowed to settled in
Jeonnam	National IC in Yeosu	• The largest energy consumption (22 %), the most number of petrochemical chemistry (45%)
Jeonnam	National IC in Gwangyang	• The largest area of IC management (95.951 km ²), the 2 nd largest amount of waste generation (20 %), the largest amount of metal wastes generation (55 %), 45 % of steel, iron and machinery companies
Jeonbuk	IC in Gunsan	• Companies are settled manufacturing non-metal, petro-chemical, food and beverage, machinery and etc

Table 4. Particulate Matter (PM) emissions of the Mipo National industrial complex

Company	Sector	Emissions of PM (PM _{2.5} equivalent)	NOx (ton/yr)	SOx (ton/yr)	VOCs (ton/yr)
A	Crude oil refinery	1,715	6,887	3,391	-
B	Manufacturing basic chemicals in petro-chemistry	130	343	299	-
C	Manufacturing composit fertilizer	96	55	266	-
D	Other ship building	82	-	-	341
E	Manufacturing basic organic chemicals	63	791	-	-

Table 5. Particulate Matter (PM) emissions of the Pohang 4 industrial complex

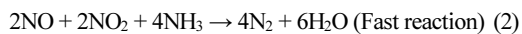
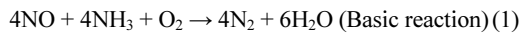
Company	Sector	Emissions of PM (PM _{2.5} equivalent)	NOx (ton/yr)	SOx (ton/yr)	VOCs (ton/yr)
A	Manufacturing organic compound	166	621	338	-
B	Manufacturing lime	98	850	87	3
C	Manufacturing ferroalloy	23	-	67	-
D	Treatment of painting and coating	14	19	17	28
E	Plating, coloring and surface-treating iron	13	-	32	11
F	Manufacturing cement	10	44	20	-
G	Manufacturing non-metal mining product	8	60	9	-
H	Plating, coloring and surface-treating iron	7	6	17	-

Table 6. Particulate Matter (PM) emissions of the Dangjin and Pohang industrial complex

Industrial complex	Company	Sector	Emissions of PM (PM _{2.5} equivalent)	NOx (ton/yr)	SOx (ton/yr)	VOCs (ton/yr)
Dangjin	A	Manufacturing of steel and iron	3,162	7,670	7,401	-
Pohang	A	Manufacturing of steel and iron	2,854	11,435	5,642	8

원심력에 의해 생산품에 묻어 있는 고체 및 액체 등을 침강과 여과를 통해 분리하는 원심분리 기술이 효과적으로 보이며, 금속가공 제조업의 경우, 무염연소버너(Flameless combustion)를 활용하는 것이 대안일 수 있다. 무염연소버너는 다수의 미세한 구멍을 통해 연소가 이루어지므로 화염은 짧고 균일한 온도분포를 가지게 되어 균일가열을 통한 열효율개선에 뛰어나다.

Table 6과 같이 당진 일반산업단지의 경우 A사의 제철소가 산업단지 미세먼지 발생량의 100%를 차지하고 있다. 포항 국가산업단지의 경우도 A사 제철소가 99%를 차지하고 있어 당진과 포항 산업단지의 접근방식은 동일하게 적용해야 할 것이다. 제철소의 미세먼지는 철광석의 불순물을 제거 및 크기를 맞추는 소결공정에서 가장 많은 미세먼지 전구물질이 발생한다. 현재 제철업의 NOx를 제거하기 위해 가장 많이 활용하는 기술은 선택적촉매환원법(SCR, Selective Catalytic Reduction) 방식이다. SCR은 첨가제인 암모니아, 촉매를 통해 배가스에 포함된 NOx를 무해한 질소와 물로 전환하는 기술을 말하며 다음 반응에 의해 이루어진다.



그러나 동 기술은 350~380°C의 한정된 영역에서 효율이 높아 최적 제거효율을 얻기 위해 배가스 재가열을 진행하고 있어 이에 따른 보조 연료비용이 추가 지출된다. 따라서 SCR의 효과를 높이기 위해서는 촉매의 성능 향상 기술 개발이 필요하며 저온 및 고온 동시적용이 가능한 WTW (Wide Temperature Window) NOx 촉매 개발 및 상용화가 요구된다. 또한 SOx, 먼지 등 다양한 오염물질이 포함된 제철 배가스의 특징을 고려하여, 피독 현상에 의한 NOx 촉매 성능 저하를 막는 촉매구조체 형성, 성분 배합 최적화 기술 등도 함께 뒷받침 되어야 할 것이다.

Table 7과 같이 온산국가산업단지는 상위 5개 기업이 2,821t/y를 배출하여 약 97%를 차지하고 있다. 5개 업종의 분포는 원유정제업 2개사와 비철금속 제련업 2개사, 제지 1개사로 구성되어 있다. 원유정제의 경우 SOx의 비중이 높음을 알 수 있다. 그러나 동종 업종인 미포산단의 원유정제 처리업 기업은 NOx의 비중이 높다. 이는 탈황 설비 방식이 습식과 건식에 따라 발생하는 가스상 물질의 비중이 차이가 발생하는 것으로 보인다. 여수산단 A기업의 경우, 건식방식을 사용하고 있어 SOx 비중이 높은 것으로 보이며 습식탈황기술을 적용하면 효과적 감축이 가능할 것이다. 다만 건식방식보다 2~3배 수준의 설치공간이 더 필요한 만큼 부지 확보 또는 효율을 극대화 할 수 있는 구조설계 및 멤브레인을 이용한 설비의 컴팩트화를 함께

Table 7. Particulate Matter (PM) emissions of the Onsan National industrial complex

Company	Sector	Emissions of PM (PM _{2.5} equivalent)	NOx (ton/yr)	SOx (ton/yr)	VOCs (ton/yr)
A	Crude oil refinery	1,059	1,985	2,613	-
B	Refining, smelting and alloying of lead and zinc	776	1,313	1,947	-
C	Crude oil refinery	670	1,533	1,588	-
D	Refining, smelting and alloying of copper	199	63	561	-
E	Manufacturing pulp	117	687	182	-

Table 8. Particulate Matter (PM) emissions of the Gunsan industrial complex

Company	Sector	Emissions of PM (PM _{2.5} equivalent)	NOx (ton/yr)	SOx (ton/yr)	VOCs (ton/yr)
A	Manufacturing flat glass	260	776	574	-
B	Manufacturing glass container for packaging	17	128	20	-

고려해야 할 수 있다. 제련업의 경우도 NOx보다 SOx의 비중이 높으므로 탈황기술을 우선 적용하는 것이 효과적일 것이며 제지업의 경우 NOx의 비중이 높아 초저녹스 버너, 배가스 재순환, 선택적무촉매환원법(SNCR, Selective Non-Catalytic Reduction), SCR과 같은 기술을 필요에 따라 단일, 또는 연계해서 적용해야 할 것이다.

군산 일반산업단지(Table 8)는 유리제조업 2개사가 전체 산업단지 배출량의 95%를 차지하고 있다. 유리제조업의 경우, 용해공정에서 저품질의 B-C유와 같은 화석연료의 사용으로 인한 SOx 발생, 1,500°C 이상의 초고온 공정으로 인하여 Thermal NOx 발생이 많다. 따라서 황 함유량이 적은 연료 사용, 순산소 연소를 통한 질소 유입 극소화, 필요시 SNCR, SCR 기술을 도입할 수 있다.

5. 결 론

동 연구에서는 산재해 있는 제조업의 환경관련 데이터를 통합하여 미세먼지 전구물질 다배출 산업단지와 사업장을 특정하고 맞춤형 기술을 제안하였다. 최근 미세먼지 이슈가 사회적문제로 제기되는 상황에서 효율적인 산업계 미세먼지 감축을 위해서는 데이터 활용을 통한 맞춤형 감축을 추진해야 정책 효과를 배가시킬 수 있을 것이다. 산업단지 뿐만 아니라 동 데이터 플랫폼을 활용하여 제조업 전체에 대해 다양하고 새로운 기업과 기술의 매칭이 가능할 것으로 생각된다. 또한 철강, 원유정제, 석유화학, 시멘트, 유리 등 업종별 도달 가능한 수준에서 감축기술 성

능을 제고하는 것도 중요하지만, 제거기술들 간의 조합과 배치 또한 특히 중요하다. 예를 들어 SCR, 집진설비, 탈황설비의 배치순서에 따라 제거성능이나 수명은 현격하게 변할 수 있으며, 운영비용 또한 차이가 날 수 있기 때문에 업종별·공장별 맞춤형 적용이 필수적이라 할 것이다.

References

1. Ministry Concerned, 2017 : Comprehensive Countermeasure For Particulate Matter(PM) Management.
2. Kyunggi Province, 2018 : A Study for particulate matter Inventory and Management System.
3. Busan City, 2018 : A Study for Particulate Matter(PM) Emissions by Emission Source.
4. Kyunggi Province, 2016 : A Study for Particulate Matter (PM) Reduction Plan Using the Optimistic Technologies.
5. Kim, H. C., Kim E. H., Bae C. H., et al., 2017 : Regional contributions to particulate matter concentration in the Seoul metropolitan area, South Korea: seasonal variation and sensitivity to meteorology and emissions inventory. Atmos.Chem. Phys., 17, pp.10315-10332.
6. Zhang, H., Li, J., Ying, Q., et al., 2012 : Source apportionment of PM_{2.5} nitrate and sulfate in China using a source-oriented chemical transport model. Atmospheric Environment, 62, pp.228-242.
7. Ying, Q., Wu, L., Zhang, H., 2014 : Local and inter-regional contributions to PM_{2.5} nitrate and sulfate in China. Atmospheric Environment, 94, pp.582-592.
8. Holt, J., Selin, N. E., and Solomon, S., 2015 : Changes in inorganic Fine Particulate Matter Sensitivities to Precursors Due to Large-Scale US Emissions Reductions. Environmental

