

TECHNICAL NOTE

## 비료제조업의 국내와 EU 최적가용기법 기준서 비교·분석

서경애 · 김가희 · 김은석 · 석희정 · 신수정 · 김영란 · 강필구\*

국립환경과학원 통합환경관리연구팀

### Comparative Analysis of Best Available Techniques Reference Documents on the Fertilizer Manufacture between Korea and European Union

Kyungae Seo, Gahee Kim, Eunseok Kim, Heejeong Seok, Sujeong Shin,  
Younglan Kim, Philgoo Kang\*

*Integrated Pollution Prevention and Control Research Team, National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, Korea*

#### Abstract

The integrated permit system is applied to class 1 and 2 atmospheric and water pollutant discharge facilities in 19 sectors. The fertilizer sector should receive a permit for a period of four years, from 2019 to 2023. The purpose of this study is to investigate the differences between the Korean Best Available Techniques (BAT) reference document (K-BREF) and the European Union BAT reference document (EU-BREF) in terms of the process and emission characteristics of fertilizer manufacture. K-BREF is written by focusing on products, whereas EU-BREF is produced on focusing on manufacture process. There are five types of BATs (best available techniques economically achievable) in Korea. These BATs selected mainly to recover and reuse raw materials and save energy. The number of BATs and BAT-AELs (BAT associated emission level) in K-BREF is smaller than that in EU-BREF. We suggest that BATs and those environmental management parameters in Korea need to further reflect the emission characteristics in the fertilizer sector.

**Key words** : Water quality, Air pollution, BAT, K-BREF, EU-BREF, Fertilizer

#### 1. 서론

대기 환경으로 배출된 오염물질은 침강하여 지표면에 퇴적된 이후, 식물체로 유입되거나 강우 유출 등으로 하천으로 흘러가게 된다. 하천으로의 오염물질 유입은 하천 생물 등 다양한 생태계로의 이동 및 농축을 초래하

게 된다. 이처럼 환경으로 유출된 오염물질의 영향은 단순하지 않기 때문에, 오염물질 관리의 다매체적 접근방법으로 통합환경관리제도와 같은 정책적 수단이 자리 잡아 가고 있다. 또한, 환경과 인체를 동시에 고려하는 매체통합관리의 개념도 확산되고 있다(Shin, 2009).

통합환경관리제도는 ‘환경오염시설의 통합관리에

Received 21 November, 2019; Revised 3 January, 2020;

Accepted 14 January, 2020

\*Corresponding author: Philgoo Kang, Integrated Pollution Prevention and Control Research Team, National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, Korea  
Phone : +82-32-560-7694  
E-mail : philgkang@korea.kr

The Korean Environmental Sciences Society. 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.

관한 법률'에 해당하는 19개 업종의 대기 및 수질 배출시설의 1·2종 사업장을 대상으로 적용된다. 신규 사업장은 17년부터 5년간 단계적으로 적용되고 있으며, 기존 사업장은 업종별 시행일로부터 4년의 유예기간 이내에 통합허가를 받아야 한다(MOE, 2019). 하지만 현재까지 통합허가의 적용 건수는 아직 많이 이루어져 있지 않은 상태이다. 2019년 10월 기준으로 국내 통합허가 대상업체의 수는 약 1,430여개에 달하지만, 현재 본 허가가 이루어진 업체는 단 46개소에 불과하다. 통합허가 적용대상 업종 중 비료제조업은 2019년도부터 4년의 유예기간동안 1·2종 사업장부터 순차적으로 허가신청이 가능하나 아직 본 허가를 받은 사업장은 없다.

EU는 1996년 통합환경관리지침을 제정하여 환경오염의 통합적 관리 제도를 도입하였으며, BREF (best available techniques reference document)로 기술, 배출, 소비수준을 나타낸 참고문헌을 발간하여 기술적 지원을 하고 있다(IPPC, 2012). 그중 비료제조업은 대량생산 무기화학물질 산업분야 내에 포함되어 기준서가 발간되었다. EU에서는 총 33권의 참고문헌이 발간되어 있다(EIPPCB, 2019). 1984년부터 시작된 BAT (Best Available Techniques economically achievable)는 산업배출관리에 중요한 정책수단으로 활용되어 왔으며, 권고가 아닌 의무적으로 도입되는 BATCs (Best Available Techniques Conclusions)로 강화되어 왔다. 2019년 7월 기준으로 32개의 산업부분 BREF와 2개의 REFs가 발간되었으며 BATCs는 총 14개가 마련되었다(NIER, 2019). EU의 특징은 기술적 정보를 담은 수직적 BREF와 포괄적 정보를 담은 수평적 BREF를 산업 전반적으로 공통시설 및 공통내용에 대하여 상호보완 할 수 있게 만들어졌다. EU는 BREF별로 현재 진행단계와 발간일 등을 상세하게 나타내고 있으며, 발간 작업 중의 협의 내용 등을 공유할 수 있는 부분은 국내와 차이가 있다.

비료제조업의 EU-BREF는 법적 구속력이 있는 문서는 아니지만, 회원국들의 통합환경 허가시 최적가용기법에 부합되지 않는 내용이 있는 경우 제한적인 재량권을 가진다. 현재 K-BREF도 직접적인 통합환경 허가기준으로 강제성이 설정된 것은 아니지만 통합환경 허가시 최적가용기법 사용 여부 및 최대배출기준의 적용이 전제된 실질적인 허가기준이 되고 있다(Kim, 2016).

현재 우리나라는 총 19개 업종에 대해 17개의 기준서

가 발간될 예정이며, 2019년 현재 13개 산업분야의 기준서가 발간되었다. 기술현황 조사와 기준서(안)작성, 기준서 심의 발간까지 총 3년이 소요되며 5년마다 개정될 예정이다. 비료제조업의 경우, EU는 2007년 8월에 BREF가 발간되었고, 우리나라는 2018년도 12월에 발간되었다.

발전증기 및 폐기물소각 분야에 대한 국내 기준서의 구성과 이해에 대한 전반적인 내용을 중심으로 검토한 연구가 있었지만(Shin et al, 2017, 2018a, 2018b), 비료제조업의 국내·외 업종 세부 비교를 통한 환경관리기법과 배출특성에 대한 연구는 보고된 바 없었다. 통합관리사업장과 기술작업반(TWG, Technical Working Group), 협의체 위원, 유관기관 관계자를 대상으로 한 설문조사에 따르면, 통합환경관리 대상 업종의 확대가 필요하다는 의견이 61%였다. 이는 통합환경관리제도에 대한 필요성의 인식이 고취되어있는 상태임을 시사한다(MOE, 2017). 따라서 선진 환경관리제도인 통합환경관리제도의 지속적인 의식 고취와 통합허가에 적용되는 최적가용기법 등의 이해를 높이기 위한 연구가 필요하다. 본 연구는 비료제조업에 대한 국내 최적가용기법 기준서와 EU에서 발간된 기준서의 상호비교를 통해 기준서에 적용되는 공정의 차이 및 배출특성을 파악하여 이해도를 높이고 향후 기준서 개정 시 반영될 수 있는 개선사항을 도출하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 비교분석 및 방법

본 연구에서는 2019년 허가 대상 업종인 비료제조업의 최적가용기법 기준서와 EU에서 발간된 동종업의 기준서를 중심으로 비교 분석을 실시하였다. 비료제조업의 공정별 배출 특성과 환경관리기법 차이 등을 통하여 통합환경관리 적용을 이해하고, 향후 기준서 개정 시 반영 가능한 사항들을 도출하고자 하였다. 첫 번째로 기준서의 구성의 차이를 통한 기준서 적용의 이해를 도모하고자 하였다. 두 번째로 일반 환경관리기법과 공정별 환경관리기법 등 공정 특성의 차이를 검토하고, 최적가용기법의 선정기법을 조사하였다. 세 번째로 공정별 배출되는 물질의 차이와 최적가용기법 연계배출수준의 선정에 대해 조사하였다.

Table 1. Comparison of K-BREF and EU-BREF's chapter

	Chapter	K-BREF	EU-BREF
	1	General information	General information
	2	Mayor process by product	General techniques
	3	Emission and consumption	Emission and consumption
Fertilizers and Nitrogen compound	4	General techniques	Techniques to consider in the determination of BAT
	5	Process techniques	BAT, BAT-AEL
	6	BAT	-
	7	BAT-AEL	-
	8	Emerging techniques	-

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 산업분류와 구성

비료 및 질소화합물 제조업의 사업체 현황은 2014년을 기준으로 국내 148개의 사업체가 있으며, 이 중 79.7%가 기타 비료 및 질소화합물 제조업, 14.9%가 복합비료 제조업, 5.4%가 질소·인산·칼리질 비료제조업이다(KOSIS, 2017). EU는 2006년 2월 기준 연간 생산 용량 150,000 ton 이상인 업체의 시설 개요를 나타내고 있으며 오스트리아와 벨기에 등 총 17개 국가 35개 업체 현황을 나타냈다(IPPC, 2007).

비료제조업의 산업범위는 한국표준산업분류(KOSIS, 2017)에 의해 분류되며 국내 비료제조업의 통합환경관리법 적용 대상은 4가지 비료생산 제품으로 나뉜다. 그 중 복합비료는 종류가 아주 다양하며 시장의 요구에 따라 비료의 규격 및 종류가 변경될 수 있다. 기준서에는 1·2종 복합비료와 기타비료에서는 규산질비료, 유기질비료, 석회질비료 및 질소·인산·칼리질 비료를 포함한다. 질소·인산·칼리질 비료는 다시 질소질비료와 인산질비료, 칼리질비료로 구분되는데 질소질비료인 황산암모늄만을 기준서에서 다루었다.

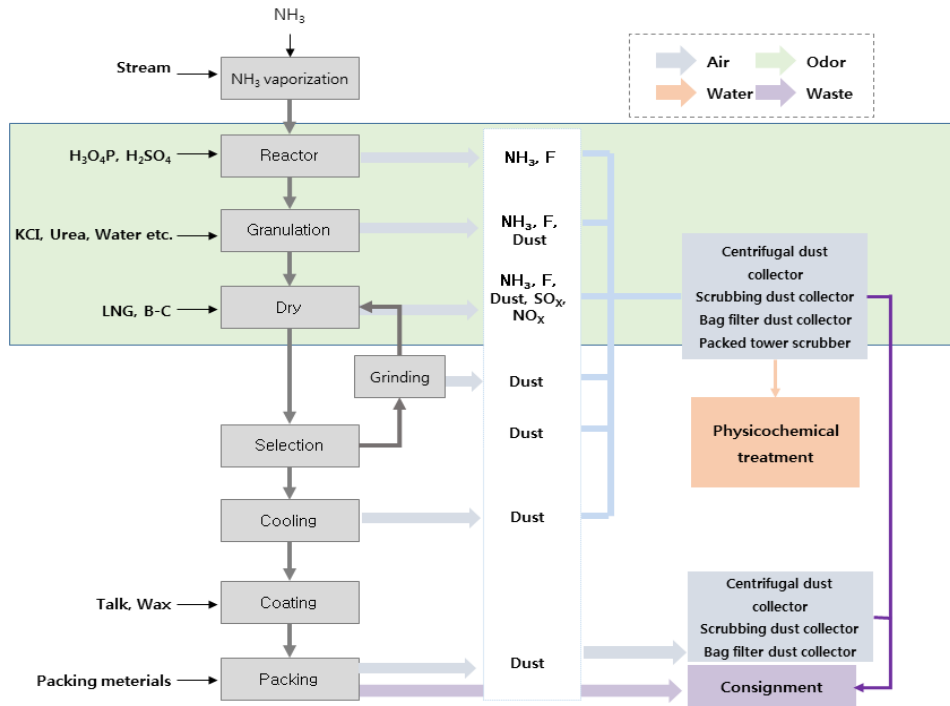
EU-BREF는 인, 질소, 칼륨 기반비료(단순 또는 복합비료)에 대해서 다루었으며, 우리나라와 같이 비료의 기본 원료가 되는 질소화합물 등 제품별로 구성된 장(chapter)안에 기술되어있다. K-BREF는 각 장마다 제품을 3가지로 나누어 비료와 질소화합물, 무기화합물로 소분류하여 구분하였고, 공정 및 배출현황 환경관리 기법 등을 나열하는 구성이다. EU는 최종생산물, 즉 비료 제품 자체를 하나의 장으로 구성하여 기술하고 있다

(Table 1). K-BREF는 6가지 제품인 1·2종 복합비료, 기타비료인 규산질, 유기질, 석회질비료와 질산, 인산, 칼리질(황산암모늄) 비료 완제품을 기준으로 생산공정을 나타내고 공정별로 나타나는 배출물질 특성을 서술하였다. EU-BREF는 4가지의 생산방식에 따라 나타내었으며 각 방식은 인광석 분해과정의 유무에 따른 혼합 방식에 의한 생산과 니트로인산염 경로에 의한 생산, 중화방식의 차이에 따른 생산방식이다(Fig. 1a,b).

K-BREF는 비료 및 질소화합물 제조업 최적가용기법 기준서로 발간되었고, 9개의 장안에 비료제조업에 대한 내용이 소주제로 포함되어 기술되었다. 1장은 비료 산업 범위와 개요 그리고 국내 제품생산의 종류와 생산량, 비료제조업에서 일반적으로 나타나는 환경문제에 대한 간략한 내용을 담고 있다. 2장은 비료 제품별로 제조공정을 도식화시켜 나타내고 공정특성에 대한 기술적 내용을 기술하였다. 3장은 오염물질 배출현황에 대한 정보가 기술되어 있으며 공정별로 발생가능한 오염물질과 공개된 배출량에 대한 수질, 대기, 폐기물, 악취, 비산먼지, 토양오염 분야로 나누어 기술된다. 4장은 오염물질 발생 매체별로 적용할 수 있는 일반적인 수처리 기법과 대기방지시설 폐기물 배출 저감기법 등을 구성하여 기술하였다. 5장은 비료제조업 특성을 반영한 공정별로 적용가능한 환경관리기법에 대해서 기술하고 있다. 6장은 최적가용기법 적용시 고려사항에 대한 일반 최적가용기법과 공정 최적가용기법이 제시되었다. 7장은 최적가용기법 연계배출수준 산정방법론과 비료제조업의 배출오염물질 항목별 연계배출수준을 제시하였다. 8장은 향후 유망기법에 대한 정보가 수록되었다.

EU-BREF는 전체 대분류 중 한 장에 비료의 원료 및

(a)



(b)

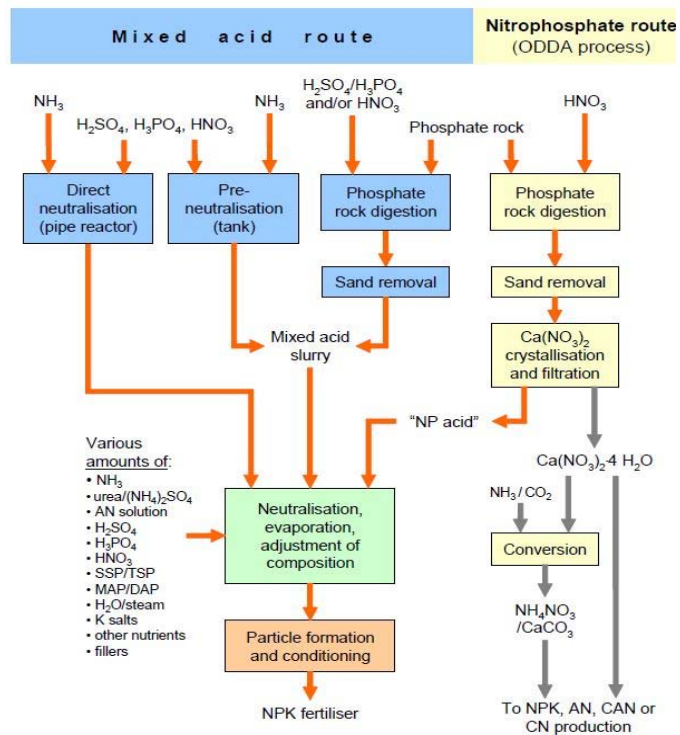


Fig. 1. Integrated process of the fertilizer manufacture in (a)Korea and (b)EU.

비료산업에 대한 일반사항을 기술한다. 산업개요와 발생할 수 있는 환경문제, 에너지 사용량 등에 관한 내용을 담고 있다. 일반적으로 나타낼 수 있는 통합공정도를 중심으로 공통적으로 적용가능한 환경관리 기법을 기술하였다. 공통적용 환경관리기법은 여러 기계 가동을 위해 사용되는 다양한 압력의 증기처리법, 동력생산을 위한 설비의 압력감소와 과열방지 시스템의 밸브 교체 등이 이에 포함된다. 7장에 NPK AND CN (N,P,K/CNTH ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ),  $\text{NH}_3$ )이라는 주제로 비료제조업에 대한 내용을 담고 있으며, 소주제로 5개의 장으로 구성된다. 1장에는 비료의 정의와 통합환경관리 대상이 되는 비료물질에 대한 구분을 제시하고 있다. EU 25개국의 주요 비료제조업 현황을 국가별 생산량으로 나타내었다. 2장은 비료제조업의 적용 공정과 기법에 대한 내용, 3장은 비료 생산에 에너지 및 배출되는 오염물질에 대한 내용으로 구성되는데 보고된 자료를 활용하여 에너지 사용량이나 배출되는 물질의 농도를 구체적으로 기술한 것이 특징이다. 4장은 비료 제조 공정별로 적용 가능한 최적가용기법 후보기법을 국내 구성과는 다르게 수질이나 대기 등 매체별로 구분하지 않고 기술하였다. 5장은 NPK비료의 최적가용기법과 그에따른 최적가용기법 연계배출수준이 수록되었다.

구성에는 대부분 유사함을 나타내지만 일반 환경관리 기법의 정의가 국내기준서는 전 업종 공통 환경관리기법이라면, EU-BREF는 전 업종에 적용되는 환경관리기법을 따로 구성 후 비료제조업의 일반 환경관리기법에 한하여 구성하였다. EU와는 달리 우리나라는 최적가용기법 연계배출수준을 별개의 장으로 구성하여 나타내었다는 점, 그리고 EU-BREF에서는 유망기법에 대한 언급이 나타나있지 않다는 점에서 차이를 보이고 있다(IPPC, 2007; MOE·NIER, 2018).

### 3.2. BAT (best available techniques reference document)

환경관리기법에 대한 구성은 EU의 구성과 유사하다. 기법명과 기법에 대한 설명, 달성되는 환경편익과 매체통합적 환경영향, 운용데이터, 적용가능성과 경제성, 참고문헌이나 사례시설에 대한 서술이 이루어진다.

K-BREF에서 비료 제조공정의 환경관리기법은 총 7가지가 제시되었으며, 비료제조업의 최적가용기법은 총

5가지가 선정되었다. 5가지 기법으로는 폐수배출 저감을 위한 공정 폐수 재이용 기법, 원료 저감을 위한 먼지 회수 및 재이용과 스크러버 세정수로 공업용수 대신 인산수용액을 사용하여 원료로 재사용하는 기법, 전단공정으로 반송되는 반제품을 최소화 하여 에너지 절감이 가능하게 하는 기법, 배기가스 처리 시 습식 방지시설 대신 직물필터나 고효율 사이클론에 통과시켜 먼지를 회수한 후 건조시설에 재이용 할 수 있는 기법, PCR (Pipe Cross Reactor)을 사용하여 산-염기 반응장치로 중화열을 재이용 할 수 있도록 하는 기법, 악취저감을 위한 바이오필터 사용 기법을 제시하였다.

EU-BREF의 비료 제조공정의 환경관리 기법은 총 12가지가 제시되었다. 그중 폐수의 재이용과 배기가스 처리 후 재이용, 과립화 재순환율을 최적화하는 기법은 공통적으로 적용되는 환경관리 후보기법임을 확인할 수 있었다. 그 외 차이점은  $\text{NO}_x$  형성을 최소화하기 위한 적절한 운영조건 선택기법과  $\text{NO}_x$ 를 포함한 배기가스의 다단계 세정법, 생산공정 중 입자형성 장치에 대한 3가지 기법, 건조 및 검사 과정 후 제품 저장 시 발생할 수 있는 케이크 현상 방지를 위해 추가 냉각을 위한 플레이트뱅크 냉각기 사용, 니트로인산 장치에 적용되는 CNTH ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )를 CN으로 전환하여 재이용하는 기법, 폐수처리에 대한 기법을 담았다. 이중 최적가용기법은 총 8가지로 선정되었으며 후보기법 중 우리나라에서는 최적가용기법으로 선정되지 못한 배기가스 처리의 재이용에 대한 기법이 EU에서는 최적가용기법으로 제시되고 있었다(Table 2).

통합환경관리제도에 적용되는 최적가용기법은 최고의 기법을 나타내는 것이 아니며 상단에 나열된 기법들이 기법의 개수로 차별화가 되는 것은 아니다. 하지만 다양한 기법들이 공정별 후보기법으로 적용되고 있어, 사업장에서 적용할 수 있는 범위가 좀 더 넓게 설정되고 있음을 알 수 있다.

국내 비료제조업의 최적가용기법은 5가지이며 원료의 회수 및 폐수재이용과 에너지 절감이 가능한 기법 등이 선정되었다. EU는 공통적으로 원료의 회수 및 재이용, 에너지 절감 기법 외에  $\text{NO}_x$ 저감과 같이 대기오염물질처리의 운영관리기법과 제품의 저장, 폐수처리 등 다양한 기법이 고려되고 있음을 알 수 있다. 통합환경관리제도가 원료의 투입부터 마지막 생산원료단계까지 전

Table 2. Comparison of K-BREF and EU-BREF's BAT

	K-BREF	EU-BREF
Waste water	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waste water reuse</li> <li>reuse as granulation water</li> <li>reuse as scrubber waste cleaning solution</li> <li>reuse as binder manufacturing</li> <li>reuse waste water sludge as raw material</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waste water treatment</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recovering scrubber cleaning water to ammonium phosphate using phosphoric acid solution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recycling of scrubbing and washing liquors</li> </ul>
Energy saving	<ul style="list-style-type: none"> <li>Applying PCR(Pipe cross reactor) in a reactor and granulation</li> </ul>	-
Fertilizers of BAT	<ul style="list-style-type: none"> <li>Use filter dust collector to reduce dust</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce emission levels to air from neutralisation, granulation, drying, coating and cooling by applying the following techniques and to achieve the emission levels or removal efficiencies               <ul style="list-style-type: none"> <li>wet scrubbing, e.g. combined scrubbing</li> <li>dust removal, such as cyclones and/or fabric filters</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Air pollution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Multistage scrubbing of exhaust gas containing NO<sub>x</sub> <ul style="list-style-type: none"> <li>accurate temperature control</li> <li>proper rock/acid ratio</li> <li>phosphate rock selection</li> <li>by controlling other relevant process parameters</li> </ul> </li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce dust emissions from rock grinding, e.g. by application of fabric filters or ceramic filters and to achieve dust emission levels of 2.5 ~ 10 mg/Nm<sup>3</sup></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimized semi finished product use a suitable combination of selection and grinding process</li> <li>use of high efficiency grinding facility</li> <li>surge hopper used to insert raw material</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prevent dispersion of phosphate rock dust by using covered convey or belts, indoor storage, and frequently cleaning/sweeping the plant grounds and the quay</li> </ul>
Improvement of environmental performance	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>The finishing section by one or a combination of the following techniques               <ul style="list-style-type: none"> <li>apply plate bank product cooling</li> <li>recycling of warm air</li> <li>select proper size of screens and mills, e.g. roller or chain mills</li> <li>apply surge hoppers for granulation recycle control</li> <li>apply online product size distribution measurements for granulation recycle control</li> </ul> </li> </ul>

공정관리로의 안정적인 정착을 위해서는 공정 후단의 배출물질관리(EOP, end of pipe)에만 초점이 맞추어진 기법보다 유틸리티 운영 및 관리에 대한 기법의 다양화가 필요하다. 제품생산에 도움이 되고 환경매체별로의 배출

은 저감할 수 있는 사업장 현황을 고려한 최적가용기법이 선정되어야 할 것이다. 또 다른 차이점은 K-BREF는 최적가용기법 선정에 있어 아직 환경매체별 평가 및 경제성 부분에 대한 평가법(IPPC, 2006)에 의한 선정보다

**Table 3.** Example of the investigation of atmosphere pollutant emission in K-BREF

Object of investigation	Process	Pollutants	Output (kg/year)
I Facility	Source	Dust	49.741
	Reactor, Granulation, Dry, Selection and Grinding	Dust	1963.341
		NH <sub>3</sub>	94.503
		HF	66.454
		NO <sub>x</sub>	-
		SO <sub>x</sub>	-
	Cooling	Dust	984.45
	Product recovery1	Dust	10.603
	Product recovery2	Dust	13.542
	Product storage	Dust	20.981
J Facility	Reactor, Granulation, Dry, Selection and Grinding	Dust	9018.353
		NH <sub>3</sub>	16.743
		HF	5.335
		NO <sub>x</sub>	2733.26
		SO <sub>x</sub>	13194.1

현재 업종에 적용되고 있는 기술 현황이 수록되어 환경 편익이나 경제성에 대한 구체적인 기술이 제한적이다. EU의 최적가용기법에 대한 설명은 현재 적용하고 있는 사업장에서 나타난 환경편익에 대한 내용 또는 운영 데이터와 적용가능성 등이 구체적인 수치로 제시되어있어 사업장의 운영이나 기법 적용에 있어 체감하는 부분이 좀 더 높을 것으로 판단된다.

**3.3. 오염물질 배출특성**

각 기준서에서 발생하는 오염물질의 배출현황에 대한 기술은 K-BREF에서는 각 제품별 공정도에 따라 개별공정에서 발생하는 물질들을 제시하고 이어서 일반 환경관리기법에 대해 나타낸다(MOE·NIER, 2018). 제품별로 공정도와 각 공정상에서 발생가능한 오염물질들을 나열하고 그에 따른 처리기법을 표현하였기 때문에 세부적인 공정 이해도를 높일 수 있다. 따라서 허가권자나 해당 사업장에서의 참고문서로서 관리가 용이할 것으로 판단된다. EU-BREF는 제품 공정도에 따른 배출현황 도표화가 없다. 반면 기법별로 발생하는 오염물질에 대한 부분을 EU에 속한 각 나라별 참고문헌에 따라 발생물질과 발생량을 나타냈다. 국내 비료제조 공정별 대기배출오염물질 발생 특징은 반응, 조립, 건조 공정에서 대부분 발생하며

황산화물, 질소산화물, 암모니아, 불소화합물이 발생한다. 나머지 공정에서는 대부분 먼지가 발생한다. 특히 유기질비료는 모든 공정에서 먼지만 발생한다.

K-BREF의 사업장의 배출원과 오염물질별 배출량은 국가공인된 자료인 SEMS (Stack Emission Management System)를 이용하여 나타내었으며, kg/년의 양으로 나타내고 있다(Table 3). 반면 EU-BREF는 물질별로 배출 수준을 mg/Nm<sup>3</sup>, ppm, kg/시간으로 다양한 단위로 나타내고 있으며(Table 4), 각국의 다양한 참고문헌 및 설문을 바탕으로 작성되었다. 공정별 용량에 따른 구체적인 서술이 이루어지고 있어 국내와는 차이점을 보인다. 대기배출오염물질은 5가지로 국내와 개수는 같으나, 국내에서는 황산화물이 발생하는 반면 EU는 염화수소가 발생한다. 각 기준서의 배출항목에서 차이점이 나타나는 이유는 유기질비료를 제외한 나머지 제품생산 공정에서 원료 혼합공정에서 혼합으로 발생하는 황산화물과 건조 과정에서 건조를 위해 사용되는 로터리킬른의 연료로 B-C유, LNG를 사용하여 배출원인으로 나타났다. EU는 국가별로 차이는 있지만 건조드럼에서 배출되는 배기가스와 사이클론 및 세정기에서 주로 염화수소가 발생하는 것으로 나타났다. 비료제조를 위해 사용하는 원료가

Table 4. Example of the investigation of atmosphere pollutant emission in EU-BREF

	Emission level			Remark	Reference
	mg/Nm <sup>3</sup>	ppm	kg/hour		
NOx as NO <sub>2</sub>	100		0.8-1.2	8,000-12,000 m <sup>3</sup> /hour, exhaust gases from wet process part(phosphate rock digestion), wet scrubbers	Compo, Krefeld
	<100		1.9	19,000 m <sup>3</sup> /hour, exhaust gases from digestion of Kola phosphate rock, wet scrubbers	BASF, Ludwigshafen
	425		8.1	19,000 m <sup>3</sup> /hour, exhaust gases from digestion of Florida phosphate rock, wet scrubbers	BASF, Ludwigshafen
	50		4.5	90,000 m <sup>3</sup> /hour, exhaust gases from dry process part, cyclones only	Compo, Krefeld
	206		5.15	25,000 m <sup>3</sup> /hour, levels from 2001, digestion of phosphate rock, multistage scrubbing (see Section 7.4.9)	AMI, Linz
	245		6.12	25,000 m <sup>3</sup> /hour, levels from 2000, digestion of phosphate rock, multistage scrubbing (see Section 7.4.9)	AMI, Linz
	22		5.6	250,000 m <sup>3</sup> /hour, combined scrubbing of exhaust gas from neutralisation/evaporation and granulation (see Section 7.4.10)	AMI, Linz
	500	250		Mixed acid route, indicative levels	[77, efma, 2000]
	500			Nitrophosphate route	[77, efma, 2000]
	NH <sub>3</sub>	16		1.4	90,000 m <sup>3</sup> /hour, exhaust gases from dry process part, cyclones only
6			0.05	8,000-12,000 m <sup>3</sup> /hour, exhaust gases from wet process part(phosphate rock digestion), wet scrubbers	Compo, Krefeld
			21-34	Mixed acid route, pipe reactor, 3-stage scrubbing	CFL, India [79, Carillo, 2002]
0-10			0-3.4	340,000 m <sup>3</sup> /hour, exhaust gases from neutralisation, granulation, drying, cyclones and scrubber	BASF, Ludwigshafen
4.6			0.74	160,000 m <sup>3</sup> /hour, exhaust gases from granulation/pipe reactor drying, cooling and screening, cyclones and 3-stage scrubbing	Donauchemie
7.4			1.9	250,000 m <sup>3</sup> /hour, combined scrubbing of exhaust gas from neutralisation/evaporation and granulation (see Section 7.4.10)	AMI, Linz
60		100		Mixed acid route, indicative levels	[77, efma, 2000]

암모니아, 질산, 황산, 인산, 등 비슷한 점을 감안할 때 현재 대기배출허가기준이 설정된 물질 위주의 배출현황을 수록하였다. 따라서 업체의 현장실사 및 인허가 자료를 통한 발생물질의 자료화 및 그 외 PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) 등의 배출 및 이동량 자료 등 추가적으로 발생할 수 있는 항목을 검토하여 배출

물질에 대한 항목 보완을 수행하는 것이 필요하다고 판단된다.

수질배출오염물질의 관리항목은 설정되어있지만 전량 물리·화학적 처리 후 공정 내에서 재이용되거나 폐수 종말처리장으로 이동·유입되어 처리된다. 유기질비료만 폐수배출이 없다. 따라서 폐수의 성상이나 배출량, 오염



Table 5. BAT-AEL of Fertiliser and Nitrogen compound in K-BREF

Classification	Pollutant	Unit	BAT-AEL
Fertilizer Manufacture Facility	Dust	mg/Sm <sup>3</sup>	3~40
	SO <sub>x</sub>	ppm	10~120
	NO <sub>x</sub>	ppm	10~168
	NH <sub>3</sub>	ppm	1~20
	F	ppm	0.1~3.0

물질에 대한 자료 확보에 어려움이 있었다. 2018년 1월부터 도입된 특정수질유해물질 배출량 조사제도가 시행되었다. 산업폐수 배출시설에서의 특정물질의 취급과 이동, 배출 등에 대한 제한적인 정보에 대한 파악을 위해 도입된 제도이다(Han, 2018). 이 제도를 활용하여 자료를 보완한다면 추후 폐수의 배출특성과 항목에 대한 검토가 가능할 것으로 판단된다. EU도 폐수는 처리 후 전량 재이용되거나 적절한 처리 후 배출한다. 따라서 처리량에 대한 언급은 존재하나 배출수의 성상, 배출량에 대한 내용이 수록되지 않은 것은 국내와 동일했다. 폐기물은 비료 포장재 등 사업장에서 발생하는 생활쓰레기나 분진 등을 전량 위탁처리 하고 있다.

우리나라 환경관리는 매체별로 후단에 집중되는 관리로 인해 인허가서의 배출현황 이외의 내용은 알기 어렵다. 배출물질과 배출농도와 같은 데이터는 TMS (Tele Monitoring System)와 SEMS 등 과학적이고 신뢰성 있는 자료를 활용한다는 강점을 가지고 있으나, 배출기준 관리오염물질의 항목들만 파악된다는 한계점이 존재한다. 따라서 활용할 수 있는 자료의 적정성 및 신뢰도 확보를 통해 업체별 자가측정 자료의 활용 및 추가자료 검토 여부를 고려해야 할 것이다.

### 3.4. 최적가용기법 연계배출수준

비료제조업의 최적가용기법 연계배출수준은 두 나라 모두 대기배출오염물질에 대해서만 물질이 선정되었다. 우리나라는 총 5가지 항목이 제시되었으며, 그 항목은 먼지, 황산화물, 질소산화물, 암모니아, 불소화합물이다. 배출수준은 먼지 3~40 mg/Sm<sup>3</sup>, 황산화물 10~120 ppm, NO<sub>x</sub> 1~168 ppm, NH<sub>3</sub> 1~20 ppm, F 0.1~3.0 ppm으로 제시되었다(Table 5).

EU는 항목은 5가지로 같지만, 배출물질에 대한 앞장의 설명에서와 같이 염화수소가 배출수준 제시 물질로

선정되었다(Table 6). 인광석분해, 모래세척, CNTH 여과공정에서 NO<sub>2</sub> 형태의 NO<sub>x</sub>와 HF형태의 불화물에 대한 각각의 배출수준을 100~425 mg/Nm<sup>3</sup>와 0.5~5 mg/Nm<sup>3</sup>로 제시하였다. 중화, 과립화, 건조, 코팅, 냉각 공정에서 NH<sub>3</sub> 5~30 mg/Nm<sup>3</sup>와 HF형태의 불화물 1~5 mg/Nm<sup>3</sup>, 먼지 10~25 mg/Nm<sup>3</sup>, HCl 4~23 mg/Nm<sup>3</sup>의 배출수준으로 각각 제시하였다. 먼지 항목은 제거효율성도 함께 기재하였다. 또한 중화, 과립화, 건조, 코팅, 냉각의 공정에서 배출되는 물질들을 처리 시 세정매체가 질산일 경우 배출수준의 범위의 하한값을 달성할 수 있으며 세정매체가 달라질 경우 배출수준이 달라질 수 있고 생산되는 실제 비료의 등급에 따라 다단계 세정을 적용한 경우라도 NH<sub>3</sub>의 배출수준이 높아질 수 있음을 나타내었다. HF형태의 불화물도 인산으로 세정 시 다단계세정법을 쓰더라도 최대 10 mg/Nm<sup>3</sup>의 농도를 나타낼 수 있음을 추가적으로 기재하였다.

K-BREF와 EU-BREF의 연계배출수준을 비교해보면, K-BREF는 비료산업 1개의 단위로 구성한데 반해, EU-BREF는 제조 공정별로 배출수준을 도출하였다. EU-BREF는 최적가용기법 적용 시 배출수준의 농도가 기법마다 달라질 수 있는 유연한 배출수준을 제시하였다. 우리나라의 경우, 기법 적용의 차이로 인한 배출수준의 예외적 적용이나 추가적인 예외사항에 대한 기술은 없다. 원료 입고부터 최종생산 공정까지의 전 과정 관리를 지향하는 만큼 국내 연계배출수준도 공정별로 오염물질과 배출수준을 검토해야 할 것으로 판단된다. 또한 국내의 BAT-AEL은 최적가용기법을 적용하였을 시 오염물질 배출시설의 정상운영 상태를 가정하여 오염물질 배출 수준을 정의한다. 배출허용기준과 같은 법적인 규제와는 다르나, 최대배출기준은 BAT-AEL의 상한값으로 결정되기 때문에 합리적 도출이 필요하다(Seo et al., 2019). 따라서 앞서 오염물질 배출현황에서 언급한 것처럼

Table 6. BAT-AEL of NPK and CN in EU-BREF

	Parameter	Level	Removal efficiency in %
		mg/Nm <sup>3</sup>	
Phosphate rock digestion, sand washing, CNTH filtration	NO <sub>x</sub> as NO <sub>2</sub>	100~425	
	Fluoride as HF	0.5~5	
Neutralisation, granulation, drying, coating, cooling	NH <sub>3</sub>	5~30 <sup>x</sup>	
	Fluoride as HF	1~5 <sup>xx</sup>	
	Dust	10~25	>80
	HCl	4~23	

x the lower part of the range is achieved with nitric acid as the scrubbing medium, the upper part of the range is achieved with other acids as the scrubbing medium. Depending on the actual NPK grade produced (e.g. DAP), even by applying multistage scrubbing, higher emission levels might be expected

xx in the case of DAP production with multistage scrubbing with H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, levels of up to 10 mg/Nm<sup>3</sup> might be expected

국가공인자료를 사용한다는 강점은 있지만, 충분한 자료 확보를 위한 측면에는 한계가 있다. 기존 제도와 연계성을 통해 배출수준 제시의 제도의 대상 사업장과 허가권자가 함께 합리적으로 수용할 수 있는 배출수준 제시를 해야 할 것으로 판단되었다. 제안되는 개선사항은 다음과 같다.

첫 번째, K-BREF와 EU-BREF는 먼저, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, HF 형태의 불화물 4가지 항목을 공통적으로 제시하고 있지만, 마지막 항목인 SO<sub>x</sub>와 HCl은 K-BREF와 EU-BREF가 별도로 채택하여 배출수준으로 제시하고 있다. 또한, 운영여건과 사용기법에 따라 선정된 최적가용기법 연계 배출수준 항목은 K-BREF와 EU-BREF에서 차이를 보였으며, 특히 실제 비료생산 등급과 기법마다 배출수준에 대한 유연한 수준을 제시하여 상대적으로 맞춤형 배출수준을 고려하고 있었다. 국내 기준서에서도 획일적인 배출수준 보다는 환경관리기법 및 다양한 데이터 확보로 사업자 주체적으로 관리가능한 배출수준 설정이 필요할 것으로 판단되었다. 두 번째, 국내에서는 국가공인자료 사용으로 신뢰도 높은 데이터 확보가 가능하지만, 공정별로 배출되는 특성 파악을 위한 추가적인 현장실사와 다수의 자료 확보를 위한 체계가 필요하다. 이를 위해서는 사업장에서 관리되고 있는 자기측정 데이터의 신뢰도를 높여 활용하는 방안이 합리적일 것으로 판단되었다.

#### 4. 결론

K-BREF와 EU-BREF를 비교한 결과, 각 기준서의

구성에 대한 유사함이 있었으나, 기법 및 연계배출수준 등의 구체적인 내용면에서는 차이점이 나타났다. K-BREF는 최종제품단위로 공정도와 배출물질, 환경관리기법 등을 서술하였으나, EU-BREF는 비료 제조공정별로 구분하고 있었다. 결과적으로 국내 기준서가 사용자 입장에서 기준서 적용에 대한 이해도를 높이는데 상대적으로 용이할 것으로 판단되었다. 또한 국내에서는 배출현황과 농도 등 검증을 거친 국가공인자료를 바탕으로 작성된다는 강점이 있었다. 자기측정 데이터의 신뢰성 확보 등의 방법을 통해 데이터 확보의 한계점만 보완한다면, 장기적인 관리 측면에서도 용이할 것으로 판단되었다.

비료제조업의 통합환경관리를 위한 환경관리기법의 다양화를 위해 시설의 후단에 집중된 관리기법 외에 공정상에서 생산성을 고려한 오염물질 배출저감 기법들을 도출하여야 한다. 원료의 보관 및 유틸리티 운영 등의 전 공정관리를 고려한 기법의 다양화가 필요하다. 따라서 신기술, 유망기술 등 비료제조 공정상에서 고려가능한 추가적인 최적가용기법 후보기법의 도출에 검토와 연구 활동이 수반되어야 할 것이다.

기존에 존재하는 배출허용기준이 대기, 수질 등 매체법별로 강화되는 추세이다. 현재 설정되는 연계배출수준의 상한값이 최대배출기준의 근거가 되며, 그에 따른 매체법과의 충돌이 예상되므로 기존법과의 연계성을 충분히 고려하여야 한다. 또한 비료제조업 특성을 반영한 추가 항목 도출을 위한 연구도 필요하다. 통합환경관리제도 발전과 함께 기준서에 대한 인식 고취, 그에 따른 최적

가용기법에 대한 충분한 홍보와 적용을 위해서 실질적인 기업적용에 대한 정보를 수록하여 활용성을 높이는 것도 중요하다.

### 감사의 글

이 논문은 비료 및 질소화합물 제조업의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서 2018 (11-1480523-003538-01)의 내용을 포함하고 있습니다.

### REFERENCES

- European IPPC Bureau, 2019, <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>.
- Han, D. H., 2018, Effectiveness analysis and suggested improvements for investigation the system for the discharge of specific substance that are harmful to water quality, *J. Kor. Envir. Pol. Admin. Soc.*, 26(3), 267-286.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2006, Reference document on economics and cross-media effects. Integrated Pollution Prevention and Control, EU.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2007, Reference document on best available techniques for the manufacture of large volume inorganic chemicals -ammonia, acids and fertilisers, EU.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2012, Laying down rules concerning guidance on the collection of data and on the drawing up of BAT reference documents and on their quality assurance referred to in Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions, EU.
- Kim, H. K., 2016, The appraisal and the tasks of the act on integrated pollution prevention and control, *J. Kor. Soc. Envir. Law.*, 38(2), 327-361.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service), 2017, <http://kostat.go.kr/wsearch/search.jsp>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service), 2017, [http://kssc.kostat.go.kr:8443/ksscNew\\_web/index.jsp](http://kssc.kostat.go.kr:8443/ksscNew_web/index.jsp).
- MOE (Ministry of Environment), 2017, A Study on the policy measures for the establishment and development of the integrated environmental management system, Korea Environment Institute·Korea Legislation Research Institute.
- MOE (Ministry of Environment), 2019, Enforcement rule of the act on integrated management of environmental pollution facilities.
- MOE·NIER (Ministry of Environment·National Institute of Environmental Research), 2018, Best available techniques reference on fertilizers and nitrogen compound, 11-1480523-003538-01.
- NIER(National Institute of Environmental Research), 2019, A Study of Long-Term Research Strategies for Integrated Environmental Permit, 11-1480523-003788-01.
- Seo, K. A., Bae, Y. J., Park, J. H., Shin, D. S., Rhew, D. H., 2019, Determination of best available techniques associated emission level, *J. Envir. Sic.*, 23(3), 291-301.
- Shin, Y. S., 2009, Review on the current status of integrated multimedia risk assesment for implementing integrated environmental management in Korea, *J. Kor. Soc. Envir. Law*, 2, 145-166.
- Shin, S. J., Park, J. H., Park, S. A., Lee, D. G., Kim, D. G., 2017, Understanding and improvement of best available techniques for waste incineration facility, *J. Kor. Soc. Atmos. Envir.*, 33(6), 533-543.
- Shin, S. J., Park, J. H., Lee, D. G., Kim, D. G., 2018a, BAT-AEL calculation in waste incineration facility, *J. Kor. Soc. Atmos. Envir.*, 34(1), 144-155.
- Shin, S. J., Park, J. H., Lee, D. G., Kim, D. G., 2018b, Understanding and improvement of best available techniques for electricity and steam production facility, *J. Kor. Soc. Atmos. Envir.*, 34(2), 281-293.

- 
- Researcher. Kyung-Ae Seo  
National Institute of Environmental Research, Integrated Pollution Prevention and Control Research Team  
nnke02@korea.kr
  - Researcher. Ga-Hee Kim  
National Institute of Environmental Research, Integrated Pollution Prevention and Control Research Team  
gahkim@korea.kr
  - Researcher. Eun-Seok Kim  
National Institute of Environmental Research, Integrated Pollution Prevention and Control Research Team  
jagaru@korea.kr

- 
- Researcher. Hee-Jeong Seok  
National Institute of Environmental Research, Integrated  
Pollution Prevention and Control Research Team  
bc823@korea.kr
  - Researcher. Su-Jeong Shin  
National Institute of Environmental Research, Integrated  
Pollution Prevention and Control Research Team  
cc3823@korea.kr

- 
- Researcher. Young-Lan Kim  
National Institute of Environmental Research, Integrated  
Pollution Prevention and Control Research Team  
ylkim0@korea.kr
  - Researcher. Phil-Goo Kang  
National Institute of Environmental Research, Integrated  
Pollution Prevention and Control Research Team  
philgkang@korea.kr