

전기 및 증기 생산시설 최적가용기법(BAT) 기준서의 이해와 개선방향

Understanding and Improvement of Best Available Techniques for Electricity and Steam Production Facility

신수정 · 박재홍* · 이대균 · 김대곤¹⁾

국립환경과학원 통합환경관리체계 추진 TF, ¹⁾국립환경과학원 대기공학연구과
(2018년 1월 4일 접수, 2018년 1월 24일 수정, 2018년 4월 3일 채택)

Sujeong Shin, Jae-Hong Park*, DaeGyun Lee and Dai-Gon Kim¹⁾

*Integrated Pollution Prevention and Control Task Force,
National Institute of Environmental Research*

¹⁾*Air Pollution Engineering Division, National Institute of Environmental Research*

(Received 4 January 2018, revised 24 January 2018, accepted 3 April 2018)

Abstract

As the public interest in environmental issues increased, the “Act On The Integrated Control Of Pollutant-Discharging Facility” was enacted. Through the integrated environmental pollution prevention act in which 19 industries with large environmental impacts are sequentially applied, pollutants can be managed in a medium-integrated manner and integrated permission of the business unit is possible and BAT can be applied to enable a scientific and proactive environmental management system. This study analyzed the overview of BAT reference documents (BREF), BAT setting procedure and method, and then suggested the development direction BAT and BAT-AEL monitoring method of a Electricity and Steam production facility.

Key words : BAT, BAT-AEL, BREF, Monitoring

1. 서 론

과거 매체법에 의해 관리되어 오던 환경관리 정책은 오염물질의 저감을 위한 예방 측면보다 사후관리(end of pipe) 측면이 강하고, 주변 지역의 환경용량에 대한 고려 및 업종별 오염물질의 배출특성에 따른 관리가

어렵다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 2017년 1월 「환경오염시설의 통합관리에 관한 법률(이하 통합법)」이 시행되었다(Kim *et al.*, 2017).

통합법은 사업장에서 발생하는 오염물질 등을 효과적으로 줄이기 위하여 배출시설 등을 통합하여 관리하고, 최적의 환경관리 기법을 각 사업장의 여건에 맞게 적용할 수 있는 체계를 구축함으로써 환경기술의 발전을 촉진하고 국민의 건강과 환경을 보호하는 것을 목적으로 한다(NLIC, 2017a).

*Corresponding author.
Tel : +82-(0)32-560-7692, E-mail : jhong02@korea.kr

통합법의 시행으로 6개 법령의 10개 인허가가 사업장 전체를 대상으로 한 하나의 인허가 체계로 통합되고, 최적가용기법(Best Available Techniques Economically Achievable, BAT)에 근거하여 시설별 배출영향분석을 통한 맞춤형 허가배출기준이 설정됨에 따라 선진화된 환경관리를 위한 기술정보 인프라를 구축할 수 있다(Shin *et al.*, 2017).

통합법에 따른 19개의 통합관리 대상 업종은 업종별 적용 시기에 맞추어 최적가용기법 기준서가 발간되며, 과학기술의 발전 수준을 고려하여 5년마다 수정 및 보완된다.

본 연구는 국내와 EU의 최적가용기법 기준서의 발간과정 및 구성을 비교분석 후 전기 및 증기 생산시설의 환경관리기법과 최적가용기법의 유형을 검토하고, 이러한 내용을 바탕으로 향후 최적가용기법 기준서 개정 시 개선사항 및 발전 방향을 제시하고자 한다.

2. 전기 및 증기 생산시설 최적가용기법 기준서

2.1 최적가용기법 기준서의 목적

국내 전기 및 증기 생산시설 최적가용기법 기준서는 연료의 종류에 따라 연소과정에서 배출되는 오염물질의 모니터링 정보를 제공하고, 이를 통해 연소공정이나 오염물질 저감설비 제어, 시설 및 공정이 환경에 미

치는 영향을 예측할 수 있도록 도와주며, 최적가용기법과 관련된 정보교환을 통해 허가기관 및 사업장에서 효과적으로 허가신청 및 검토를 할 수 있도록 도움을 주는 것을 목적으로 한다.

EU는 최적가용기법 기준서 마련을 위해 Article 16 (2)에 의거하여 정보교환포럼(Information Exchange forum, IEF)을 구성하고 기술작업반(Technical Working Group, TWG)을 조직하여 최적가용기법과 관련된 모니터링 사항과 발전 사항 등에 관해 정보를 교환한다(IPPC, 2006a). 이로 인해 산업 활동으로부터 발생하는 오염물질을 통합적으로 예방 및 관리할 수 있으며, 사업장은 최적가용기법 기준서에 근거하여 통합허가를 득할 수 있다(Kim *et al.*, 2017).

2.2 전기 및 증기 생산시설 최적가용기법 기준서 마련 절차

EU는 Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants 발간을 위해 세비아 프로세스(Sevilla process)를 따르며, 신규 시설의 경우 2차례에 걸쳐 공식 초안(formal draft)을 검토한다. BREF(BAT reference documents) 발간 절차는 그림 1과 같으며, 전반적인 검토 절차는 31~39개월 정도 소요된다(MOE and NIER, 2016a).

EU는 BREF 발간을 위해 EIPPCB(European IPPC Bureau)에서 BASTIS 포럼을 지속적으로 유지하면서 기술작업반(TWG)을 소집하여 위시리스트를 구성 및

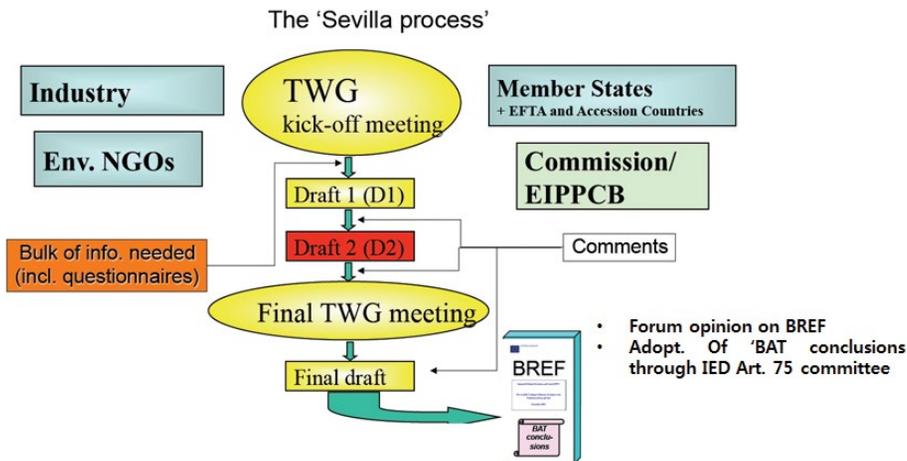


Fig. 1. Sevilla process for BREF.

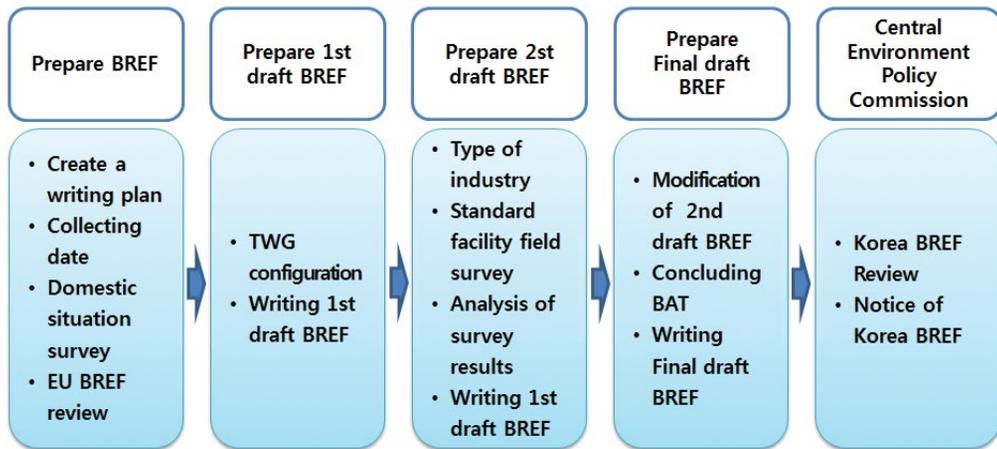


Fig. 2. Process for Korea BREF preparation.

수립한다. 위시리스트는 BREF 검토과정에서 고려하여야 할 정보, 변경 및 정정이 필요한 사항 등을 포함한다. 이후 Kick-off 회의를 통해 정보교환 절차를 명확히 규정하고, 회의의 결과에서 약속된 정보는 기한 내에 제출하여 빠른 시일 내에 공식 초안(formal draft) 작업에 착수할 수 있도록 한다.

1차 공식 초안의 상세화 작업을 통해 물질 사용량 및 오염물질 배출량 수준, BAT 후보기법, BAT 결정문(BAT Conclusions)의 내용을 포함 후 2개월의 시간에 걸쳐 기술작업반의 의견을 수립한다. 이후 2차 공식 초안 역시 1차 공식 초안과 동일한 과정을 거쳐 기술작업반(TWG) 최종 회의를 거친 후 BREF로 발간된다(IPPC, 2012).

국내는 2013년 9월부터 5회의 기술작업반 회의를 거쳐 최적가용기법 기준서(초안)을 완성하였고, 2014년 7월부터 4회의 기술작업반 회의를 거쳐 최적가용기법 기준서 심의(안)을 마련하였다.

최적가용기법 기준서(초안)은 EU BREF 체계를 준용하고 있기 때문에 일부 국내 실정과 차이를 보이는 공정 및 최적가용기법, 새로운 환경관리기법의 포함 여부 확인이 미흡하였다. 이후 기준서(초안)을 보완하기 위해 2014년 4월부터 정밀(현장)조사를 시행하면서 기술작업반(TWG)을 3개의 소그룹으로 재구성하여 최적가용기법 기준서 심의(안)을 마련하였다. 소그룹 1은 발전 시설에 대한 일반정보, 에너지 생산공정, 오

염물질 배출 현황, 오염물질 저감을 위해 사용된 일반 공정 및 기법을 검토 및 보완하였고, 소그룹 2는 가스화, 고체연료의 연소, 액체연료의 연소 사항에 대하여 검토 및 보완하였으며, 소그룹 3은 가스연료의 연소, 다연료 연소, 유망기법 등을 검토하였다.

이와 같은 절차로 만들어진 최적가용기법 기준서(안)은 최적가용기법 기준서 검토를 위한 기술작업반(TWG) 회의를 통해 결정된 사항이 반영되었으며, 중앙환경정책위원회의 사전설명회와 본심의를 거쳐 최종의결 후 발간 및 배포된다(MOE and NIER, 2016b). 그림 2는 국내 최적가용기법 기준서 마련절차이다(Shin *et al.*, 2017).

2.3 최적가용기법 기준서 구성

전기 및 증기 생산시설 최적가용기법 기준서는 허가권자와 허가신청자를 위해 해당 산업에 적용할 수 있는 최적가용기법의 종류와 최적가용기법을 적용하였을 경우의 연계배출수준 범위를 상한값과 하한값의 범위로 제시한다.

전기 및 증기 생산시설의 최적가용기법 기준서는 2013년부터 3년의 논의를 거쳐 7개의 장과 부록으로 완성되었다.

1장은 전기 및 증기 생산시설의 국내 · 외 현황에 관하여 간략히 설명하고, 각 연료별(석탄, 고형연료제품, 바이오매스 연료, 액체연료, 천연가스, 철강공정가스

Table 1. Contents of EU BREF implementation decision.

Classification	Contents
BAT-associated consumption levels	Usage per product mass (ex: kg/t, MJ/t)
BAT-associated performance levels	In the case of energy and water usage, it is expressed as the usage per raw material mass (ex: MJ/t, m ³ /t)
BAT-associated environmental performance levels	In the case of waste generation amount, it is expressed as the product mass per waste mass (ex: kg/t)

등) 특성과 주요 환경문제에 관하여 설명한다.

2장은 연료의 하역·보관·취급, 연료의 전처리 및 준비, 연소시설 등 주요 공정과 관련된 정보를 제공함으로써 4~6장에서 각 시설별 특성에 따른 오염물질의 배출특성과 설치가 필요한 방지시설을 연계적으로 검토할 수 있다.

3장은 시설 및 연소 특성에 대한 이해를 바탕으로 에너지 생산공정 시스템과 효율에 관한 사항을 설명한다.

4장은 앞서 언급한 1장과 2장의 환경경영, 모니터링 방안, 연료 및 공정 선정과 변경, 오염물질 저감 기법 등 적용 가능한 환경관리 기법에 관하여 설명하고 있으며, 다양한 기법이 도입 및 적용될 수 있는 여건을 마련하기 위해 선진국의 사례를 포함한다. 또한 국내 전기 및 증기 생산시설은 다양한 배출시설에서 발생하는 폐수를 모두 한곳으로 차집하여 처리하는 시스템을 사용하고 있기 때문에 이와 관련된 폐수의 발생현황 및 처리기법을 함께 설명한다.

5장은 각 연소시설의 특성과 오염물질의 배출특성을 연계하고 이와 관련된 환경관리기법을 설명하고 있으며, 6장은 사업장의 여건을 고려하여 공통사항 최적가용기법(BAT)과 연료별 특성을 고려한 시설별 최적가용기법(BAT)을 제시한다.

7장은 최적가용기법(BAT)을 적용하였을 때 배출되는 오염물질의 배출량 범위를 설정하는 방법론과 이에 따른 최적가용기법 연계배출수준(Best Available Techniques-Associated Emission Level, BAT-AEL)을 보여준다(MOE and NIER, 2016b).

국내와 EU 최적가용기법 기준서는 연료의 특성에 따른 시설의 특징, 효율, 오염물질의 배출특성, 환경관리기법, 최적가용기법 후보기법 등의 내용에서는 동일한 구성을 보인다. 하지만 최적가용기법과 최적가용기법 연계배출수준이 포함된 장은 국내 최적가용기법 기준서의 경우 EU 최적가용기법 기준서와 다르게 별개

의 장으로 분리하여 구성한다. 또한 국내 전기 및 증기 생산시설의 최적가용기법 연계배출수준은 상한값과 하한값의 범위로만 산정되는 반면 EU 최적가용기법 기준서는 신규설비와 기존설비의 오염물질 배출 농도 범위를 구분하여 제시하고, 모니터링 주기와 적용범위, 그리고 적용 가능한 최적가용기법 등의 내용을 함께 제공한다.

EU의 경우 최적가용기법 연계배출수준 외에 환경성능수준을 표 1과 같이 BAT-연계 사용량 수준, BAT-연계 성능 수준, BAT-연계 환경성능 수준으로 나타낸다. 환경성능수준은 특정 최적가용기법(BAT)과 연관성을 가지며, 자체, 용수 또는 에너지 사용량, 폐기물의 생성, 오염물질의 저감효율, 가시적인 배출 기간 내용이 포함된다(IPPC, 2012).

2.4 전기 및 증기 생산시설의 분류체계

열병합 발전, 석탄화력발전소 등 국내 108개의 전기 및 증기 생산 사업장은 고체연료 연소시설(21개소), 천연가스 연소시설(47개소), SRF 및 BiO-SRF(11개소), 액체연료 연소시설(13개소), 기체연료 연소시설(6개소), 기타 및 혼소시설(10개소)로 분류된다.

국내 전기 및 증기 생산시설 최적가용기법 기준서는 연료의 종류에 따라 시설의 특성별로 석탄 연소시설, 고형연료제품 연소시설, 액체연료 연소시설, 가스화 연소시설, 천연가스 연소시설, 철강 공정가시 연소시설, 연료 혼합 연소시설로 분류한다.

최적가용기법 연계배출수준 범위는 기준서의 분류체계를 바탕으로 대기환경보전법에 따라 시설의 종류(연료별 보일러, 중질유), 설치시기(1996년 이전, 1996년 7월~2001년 6월, 2001년 7월~2014년 12월, 2015년 이후), 규모(설비용량 100 MW 이상과 미만)로 분류한다(MOE and NIER, 2016b; NLIC, 2016).

3. 전기 및 증기 생산시설의 특징 및 최적가용기법 적용 시 고려사항

3.1 전기 및 증기 생산시설의 특징

전기 및 증기 생산시설은 연료의 특성에 따라 석탄 연소시설, 고형연료제품 연소시설, 액체연료 연소시설, 가스화 연소시설, 천연가스 연소시설, 철강 공정가스 연소시설, 연료 혼합 연소시설로 구분된다.

석탄 연소시설은 석탄의 연소열을 이용하여 증기를 생산하는 시설로 석탄의 품질에 의해 연소설비의 성능이 좌우되므로 석탄의 발열량과 공업분석(수분량, 휘발분, 회분, 고정탄소), 원소분석(C, H, O, N, S, Cl, F: 월 1회, Br, K, Na: 연 6회), 중금속에 대한 주기적인 모니터링이 필요하다.

석탄 연소시설의 주요 환경문제는 수은과 황산화물 배출이다. 수은은 화학종의 형태에 따라 다양한 제거 방법을 가지며, 연소시설의 배출온도, 미연탄소의 농도, 할로겐 농도 등이 제거효율에 영향을 미친다.

수은을 제어하는 방법은 크게 3가지로 구분된다. 첫 번째는 전기집진기와 같이 집진시설을 이용하여 먼지를 제거하면서 부수적으로 수은을 포집하는 방법으로 30~40% 정도의 수은이 제거된다. 두 번째는 집진시설에서 수은을 포집하기 위해 활성탄을 주입하여 원수은(Hg^0)과 수은이온(Hg^{2+})을 흡착하여 탄소층전층(Packed Carbon Bed)에서 포집하는 방법이다. 그리고 세 번째는 세정집진 시설에서 수은이온(Hg^{2+})을 용해하는 방법이다(MOE and NIER, 2016b).

황산화물은 배연탈황기술(Flue Gas Desulfurization, FGD)을 통해 90% 이상 제거되며, 국내 석탄 연소시설은 대부분 습식배연탈황설비(특히 습식석회석-석고법)가 이용된다. 이 외에도 질소산화물, 먼지, 일산화탄소, 불소화합물, 염화수소, 암모니아, 중금속, 할로겐, 다이옥신, 다환방향족 탄화수소(PAHs), 연소 잔류물 및 부산물(석고, 비산재, 바닥재), 폐수 등이 배출된다(MOE and NIER, 2016b; Seok, 2012).

고형연료제품 연소시설은 대부분 소형시설로 구성되어 있으며, 기후변화 대응을 위한 자원의 재이용을 목적으로 하며, 일부 대형시설은 혼소방식을 적용한다.

고형연료제품(Solid Refuse Fuel, SRF)은 폐기물관리법 제2조 제4호의 지정폐기물이 아닌 생활폐기물(음식물류폐기물 제외), 폐합성수지류(자동차 파쇄 잔

재물 제외), 폐합성섬유류, 폐고무류(합성고무류 포함), 페타이어를 이용하여 제조한 SRF와 폐지류, 농업폐기물, 폐목재류, 식물성 잔재물 등 바이오매스 폐기물을 사용하여 제조한 BiO-SRF로 구분되며, 『자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률』에 따른 품질기준(모양 및 크기, 수분, 저위발열량, 회분, 염소, 염분, 황분, 금속성분)을 따른다(NLIC, 2017b, c).

소형시설은 고형원료제품을 원료로 사용할 경우 배출되는 대기오염물질은 증가하지만 1차 화석연료의 사용량 저감으로 인해 황산화물 배출량을 저감할 수 있고, 동시에 경제성을 확보할 수 있다. 하지만 대형시설은 고형연료제품만으로 가동하기에는 경제성이 부족하므로 상용연료와 혼합하여 사용한다. 배출되는 오염물질은 황산화물, 질소산화물, 암모니아, 일산화탄소, 불화수소, 염화수소, 분진, 중금속, 다이옥신, 연소 잔류물 및 부산물(석고, 비산재, 바닥재), 폐수 등이다(MOE and NIER, 2016b).

액체연료 연소시설은 중질유와 경질유가 주로 사용되며, 경질유에 비해 중질유의 황과 재함량이 더 높다. 액체연료 연소시설은 연료의 성상에 따라 사용되는 설비가 다르다. 그 예로 중질유는 높은 재 함량으로 인해 가스터빈을 활용하여 전기를 생산하기 위해 내연기관이 필요하다. 액체연료 연소시설의 주요 환경문제는 먼지, 질소산화물, 황산화물 등의 배출과 불완전 연소로 인한 그을음, 탄화수소의 배출 및 미량금속 성분에 의한 부식이다(MOE and NIER, 2016b).

가스화 연소시설은 탄화수소로 구성되어 있는 고체연료(석유, 코크스, 고형연료제품 등)를 일정량의 공기 또는 산소 등의 가스화제로 부분 산화시켜 열을 발생시키고, 발생한 열로 인해 남아있는 탄소성분이 수소, 메탄 등의 성분을 가지는 기체와 합성가스($H_2 + CO$)를 생산하여 연소가 가능한 가스연료로 전환하는 기술을 의미한다. 하지만 합성가스는 환원성 분위기로 인해 원료에 포함되어 있는 질소, 황 등이 암모니아, 황화수소 등으로 변환될 수 있으므로 습식 수세공정을 거쳐 제거하여야 한다(MOE and NIER, 2016b; Hyun, 2014).

천연가스 연소시설은 액체 연료 및 다른 연료들에 비해 이산화황 및 이산화탄소, 가타 특정 오염물질의 배출량이 적으며 질소산화물 외에 별도의 대기오염물질이 발생하지 않는 장점이 있다. 천연가스 연소시설은 질소산화물 저감을 위해 연료 다단화, 공기주입 다단화, 저

NO_x 버너를 주로 사용한다(MOE and NIER, 2016b).

철강 공정가스 연소시설은 연료로 코크스 오븐 가스(Coke Oven Gas, COG), 전로가스(Linz-Donawitz Gas), 고로가스(Blast Furnace Gas, BFG) 등의 부생가스가 주로 사용된다. 코크스 오븐 가스는 석탄을 건류시켜 코크스를 생산하는 과정에서 생성되며, 주요성분은 수소, 메탄, 일산화탄소 및 탄화수소로 높은 열량을 낼 수 있기 때문에 보충연료로 사용된다. 단, 코크스 오븐 가스는 불활성 가스(질소, 이산화탄소 등)가 약 9% 포함되어 있고, 황 함량(H₂S)이 350~780 mg/Nm³ 수준을 나타내므로 흡착 또는 습식탈황방법을 사용하여 황 성분을 제거하여야 한다. 전로가스는 10 mg/Nm³ 이하의 먼지함량을 보이며, 불활성 가스가 약 29~47% 포함되어 있다. 고로가스는 2.7~4.0 MJ/Nm³의 열량을 가지고 있으며, 이는 천연가스의 약 10%에 해당하는 열량으로 제철소 전체의 부생가스들 중 가장 많은 부분을 차지한다. 하지만 질소 50~55%, 이산화탄소 17~25%, 기타먼지, 황, 암모니아 및 탄화수소가 포함되어 있기 때문에 연료로 사용하기 위한 사전 정제가 필요하다. 고로가스를 정제하기 위해 전처리를 통해 입자상 물질을 제거하고, 습식처리를 통해 미세입자와 황 성분을 제거한다(MOE and NIER, 2016b).

3.2 정밀조사를 통한 주요환경 문제 및 환경관리기법 도출

전기 및 증기 생산시설은 폐기물 소각시설과 다르게 연료의 종류에 따라 시설이 구분되며, 이에 따른 시설별 특성이 다르게 나타나므로 사업장 정밀조사를 통해 주요환경문제를 파악하고 연료의 특성별로 제시된 환경관리기법을 바탕으로 최적가용기법을 선정한다. 정밀조사를 통한 기초자료 및 현황자료 확보를 위해 시설별·사용 연료별로 사업장을 그룹화하고, 각 시설의 발전규모 및 시설수를 구분하여 충분한 운영관리 자료를 수집 후 다년간의 운영 실적이 있는 노후화된 사업장과 신설사업장을 구분한다(KECO and NIER, 2016).

정밀조사를 위한 설문조사 항목은 매체법에 따른 9개 환경인허가(대기, 폐수, 휘발성유기화합물, 악취, 특정 토양오염관리대상시설, 비점오염원, 비산먼지, 폐기물, 소음, 진동) 현황 및 운영현황으로 총 20개 항목이다.

일반현황(2개 항목) 조사를 통해 발전시설의 형식, 용량 및 수량과 가동시간/가동일수, 배출시설별 중을

구분할 수 있고, 방지시설 운영현황(4개 항목) 조사를 통해 방지시설의 종류 및 용량, 운전을 위해 사용되는 약품의 종류 및 양, 건설비 및 운영비, 오염물질 처리효율을 확인할 수 있으며, 배출시설 운영현황(7개 항목) 조사를 통해 전기·증기·열 생산량, 연료의 종류 및 사용량, 대기오염물질 발생량 및 배출량, 대기오염물질 배출항목 및 농도, 폐수배출시설의 종류 및 발생량, 수질오염물질의 종류 및 농도, 온실가스 배출량을 확인할 수 있다. 그리고 기타 매체별 인허가 현황(7개 항목) 조사를 통해 악취 배출시설, 비산먼지 배출시설, 비점오염원 배출시설, 특정 토양오염원 관리대상시설, 휘발성유기화합물 배출시설, 소음진동 배출시설, 기타 폐기물 발생 및 처리현황을 파악할 수 있다.

설문조사 결과를 통해 표 2와 같이 연료의 종류에 따른 특정수질오염물질 및 특정대기오염물질 배출현황을 파악할 수 있고, 배출되는 오염물질 저감을 위한 환경관리 기법을 도출할 수 있다.

국내 고체연료 연소시설은 대부분 유연탄을 사용하고 있으며, 연소방식에 의한 1차 저감 기법으로 혼소, 열병합발전 또는 복합발전을 통해 에너지 회수율을 향상시키고, 질소산화물 저감을 위해 저 NO_x 버너 사용을 병행한다. 입자상 오염물질 저감을 위한 집진설비로는 전기집진기가 주로 사용되고, 탈질설비는 선택적 촉매 환원(SCR)과 선택적 비촉매 환원(SNCR)이 적용되며, 탈황설비는 배연탈황(FGD)시스템이 적용된다. 단, 일부 시설의 경우 로내 탈황기술이 적용된다.

천연가스 연소시설은 1차 저감기법으로 저 NO_x 버너를 주로 사용하며, 연소상태를 조절하기 위해 일부 린번연소 한다. 연료의 특성상 천연가스는 원료 내 황산화물이 포함되어 있지 않기 때문에 별도의 탈황설비가 설치되어 있지 않으며, 탈질설비로 선택적 촉매 환원(SCR)을 사용한다. 하지만 선택적 촉매 환원(SCR)은 촉매의 수명이 끝나면 폐촉매로 인해 폐기물이 발생하므로 이에 대한 처리가 필요하다.

매립가스(Landfill Gas, LFG)를 연료로 사용하는 시설은 연료의 특성상 습식 배연탈황시스템(WFGD)을 설치하여 운영하고, 질소산화물 저감을 위한 1차 설비로 저 NO_x 버너와 연소가스재순환(Exhaust Gas Recirculation, EGR) 설비를 사용한다.

철강 공정 가스 연소시설은 탈질설비로 주로 선택적 촉매 환원(SCR)을 사용하며, 고행바이오매스 연소시

Table 2. Pollutants according to fuel type.

Fuel type	Water pollutants	Air pollutants
RPF	Copper (Cu), Lead (Pb), Arsenic (As), Mercury (Hg), Cyanide compound (CN), Organic phosphorous compound, Hexachrome (Cr ⁶⁺), Cadmium (Cd), Tetrachloroethylene, Trichloroethylene, Phenols, PCB, Selenium, Benzene, Carbon tetrachloride (CCl ₄), Dichloromethane, 1,1-dichloroethylene, Chloroform, 1,4-dioxine, DEPH, Vinyl chloride, Acrylonitrile, Bromophorome, Acrylamide	Fluoride compound, Formaldehyde, Hydrogen chloride (HCl), Benzene, Phenols, Lead (Pb), Chromium (Cr), Nickel (Ni), Cadmium (Cd)
Solid Flaming coal	Copper (Cu), Lead (Pb), Arsenic (As), Mercury (Hg), Cyanide compound (CN), Organic phosphorous compound, Hexachrome (Cr ⁶⁺), Cadmium (Cd), Tetrachloroethylene, Phenols, PCB, Selenium, Benzene, Carbon tetrachloride (CCl ₄), Dichloromethane, 1,1-dichloroethylene, 1,2-dichloroethane, Chloroform, 1,4-dioxine, DEPH, Vinyl chloride, Acrylonitrile, Bromophorome, Acrylamide	Fluoride compound, Formaldehyde, Hydrogen chloride (HCl), Mercury (Hg), Arsenic (As), Lead (Pb), Chromium (Cr), Nickel (Ni), Cadmium (Cd), Acetaldehyde, Ethylbenzene
Petroleum coke	Copper (Cu), Lead (Pb), Arsenic (As), Mercury (Hg), Hexachrome (Cr ⁶⁺), Cadmium (Cd), Selenium, Benzene, Chloroform	Fluoride compound, Formaldehyde, Hydrogen chloride (HCl), Lead (Pb), Chromium (Cr), Nickel (Ni), Cadmium (Cd), Mercury (Hg), Hydrogen cyanide (CN)
(Waste)Wood	Copper (Cu), Lead (Pb), Arsenic (As), Cyanide compound (CN), Organic phosphorous compound, Hexachrome (Cr ⁶⁺), Cadmium (Cd), Tetrachloroethylene, Phenols, Selenium	Chloride (HCl), Lead (Pb), Chromium (Cr), Nickel (Ni), Cadmium (Cd), Arsenic (As)
Liquide Heavy fuel oil	Copper (Cu), Lead (Pb), Arsenic (As), Mercury (Hg), Cadmium (Cd), Benzene, Chloroform, DEPH	None
LSWR	Copper (Cu), Phenols, Dichloromethane	None
Gaseous LNG	Copper (Cu), Lead (Pb), Arsenic (As), Hexachrome (Cr ⁶⁺), Cadmium (Cd), Phenols, Selenium, Dichloromethane, Chloroform	Chloride (HCl), Chromium (Cr), Nickel (Ni)

설은 연료로 SRF와 Bio-SRF가 사용되고, 연소시설은 고체연료 연소시설과 비슷한 특성을 가진다.

액체연료 연소시설은 경질유 및 중질유(벵커C 유)가 주로 사용되기 때문에 1차 설비로 저 NO_x 버너가 적용되며, 전기집진기와 선택적 촉매 환원(SCR)이 적용되며, 벵커 C유 내 황성분이 포함되어 있기 때문에 습식 배연탈황 시스템이 함께 적용된다.

3.3 최적가용기법 적용 시 고려사항

전기 및 증기 생산시설의 최적가용기법 선택 및 적

용 시 고려할 사항은 다음과 같다.

첫째, 전기 및 증기 생산시설은 대부분 대형 연소공정 이므로 다양한 오염물질 저감 기법들이 사용된다. 하지만 오염물질 저감 기법들이 상호 영향을 미치기 때문에 통합적인 관점으로 최적가용기법을 적용하여야 한다.

대표적인 예로 저 NO_x 버너는 고온연소 영역에서 공기비를 저감하여 질소산화물을 환원시켜 저감 후 저온 연소 영역에서 적정 공기비를 유지하여 완전연소를 이루도록 연료 및 공기를 조절하기 때문에 질소산화물의 형성은 최소가 되지만 불완전 연소로 인한 미연탄

소와 일산화탄소 및 탄화수소가 생성된다. 비산재의 미연탄소는 시멘트나 건설 산업에 재활용 될 수 있지만, 이 비율이 5%를 초과하면 재활용이 불가능하므로 질소산화물 저감과 동시에 비산재 내의 미연탄소의 비율이 5%를 초과하지 않도록 하는 방지시설 운전조건을 최적가용기법에서 제시할 필요가 있다(MOE and NIER, 2016b; Kim, 2012).

또 다른 예는 질소산화물 저감을 위해 유동층 과립화 공정(Fluidized Bed Granulator, FBG) 사용 시 유동층의 온도 저감에 따른 아산화질소(N_2O) 생성이다. 일반적으로 질소산화물은 발생방법에 따라 Prompt NO_x , Thermal NO_x , Fuel NO_x 로 구분되는데 Thermal NO_x 는 산소 농도가 높고, 고온영역에서 체류시간이 길수록 많이 생성되므로 이를 방지하기 위하여 저온의 유동층에서 연소를 시킴으로써 Thermal NO_x 의 생성을 방지할 수 있지만 아산화질소(N_2O)가 생성되므로 최적가용기법을 적용할 경우 연소온도 구간을 잘 조절하여 최적의 오염물질 저감 구간을 제시할 필요가 있다(MOE and NIER, 2016b; Shin *et al.*, 2016).

EU BAT 참고문헌(BREF)은 이러한 경우 유동층의 온도를 900°C 미만으로 유지하고 균등한 온도 분포를 유지하여 Thermal NO_x 의 생성을 방지하는 동시에 아산화질소(N_2O)의 형성을 상당부분 방지하도록 제시하고 있으며, 연료의 종류에 따른 아산화질소(N_2O)의 배출농도 범위(30~150 mg/Nm³)를 함께 제시한다(IPPC, 2006b).

둘째, 오염물질의 배출 저감을 위해 사용되는 방지시설에서 배출되는 2차 오염물질에 대한 고려가 필요하다. 대표적인 예로는 전기 및 증기 생산시설에서 주로 사용하는 촉매인 V_2O_5/TiO_2 촉매에 환원제로 암모니아 또는 요소(Urea)를 사용하여 질소산화물을 질소와 수증기로 환원시키는 장치인 선택적 촉매 환원법(Selective Catalytic Reduction, SCR)이 될 수 있다. 하지만 선택적 촉매 환원(SCR)은 질소산화물은 저감시키지만, 동시에 NH_3 slip이 생성되기 때문에 별도의 처리가 필요하며, NH_3 slip은 SO_3 와 반응하여 NH_4HSO_4 (Ammonium bisulfate, ABS) 및 $(NH_4)_2SO_4$ (Ammonium sulfate, AS)를 형성하여 설비의 부식을 유발시킬 수 있기 때문에 최적가용기법에서는 SCR 장치를 사용할 경우 적절한 암모니아 환원제의 양을 제시하여야 한다(Chon, 2016; MOE and NIER, 2016b).

셋째, 오염물질 저감을 위해 최적가용기법을 적용할 경우 경제성 및 에너지 소비량과 생성되는 폐기물(Ash 등) 처리방안 등을 고려하여야 한다. 그 예로 유동층 보일러에서 황을 저감하기 위해 석회석을 사용하는데, 이 과정에서 많은 양의 Ash가 생성됨에 따라 황의 제거율을 다시 감소시킬 수 있으므로 최적가용기법으로 이 방법을 제시할 경우 이에 대한 사항도 함께 고려하여야 한다. 또 다른 예로는 전기집진기 및 여과집진기의 용량을 크게 할수록 입자상 오염물질의 저감 효율은 증가하지만 유지비 및 건설비가 증가하므로 환경편익을 고려할 필요가 있다.

3.4 최적가용기법의 유형

전기 및 증기생산시설 최적가용기법은 주요 환경문제를 해결하기 위한 기법으로 연료의 종류에 상관없이 모든 시설에서 적용되는 공통사항 최적가용기법과 연료의 특성에 따른 최적가용기법으로 구성되며, 각각의 최적가용기법은 단독 또는 혼합하여 사용할 수 있다.

공통사항 최적가용기법은 모든 공정에서 적용 가능한 일반기법으로 환경경영(EMS)(2건), 모니터링(1건), 환경 및 연소 성능(2건), 에너지 효율성(1건), 연료 및 첨가제의 하역·보관·취급 시 확산배출(2건), 수계배출 및 물 소비(2건), 폐기물·부산물 및 잔류물 관리(1건), 소음배출(1건), 토양 및 지하수 오염 방지(1건), 설계 및 해체(1건) 등에 관한 최적가용기법을 제시하고 있으며 총 14개이다.

연료의 특성에 따른 최적가용기법은 석탄연소시설(5건), 고형 바이오매스 연소시설(5건), 액체연료 연소시설(4건), 중질유 엔진(5건), 경질유 가스터빈(3건), 가스화 시설(4건), 천연가스 연소시설(5건), 철강 공정 가스(8건) 연소시설로 구분되어 제시되고 있으며 일반적인 환경성능, 대기오염물질의 배출, 에너지 효율성 등이 있다.

표 3은 공통사항 최적가용기법과 연료의 특성에 따른 최적가용기법을 간략하게 보여준다.

4. 최적가용기법 기준서 마련 시 개선사항 및 발전 방향

4.1 상호 영향을 고려한 최적가용기법 선정

과거에는 매체별 오염물질 저감 기법만을 고려하였

Table 3. BAT of electricity and steam production facility.

	Classify	BAT
General BAT	EMS (2)	BAT 1~BAT 2: Environmental performance improvement and index setting of electricity and steam production facility
	Monitoring (1)	BAT 3: Monitoring techniques
	Combustion performance (2)	BAT 4~BAT 5: Improving the environmental performance of combustion facilities, minimize pollutant emissions
	Energy efficiency (1)	BAT 6: Energy efficiency improvement technique
	Diffusion in loading, storage and handling of fuel and additives (2)	BAT 7~BAT 8: VOCs emission reduction technique, emission reduction technique of gas containing odorous substance
	Water emissions and water consumption (2)	BAT 9~BAT 10: Techniques to minimize water consumption and water pollutant emissions
	Waste, by-product and residue management (1)	BAT 11: Minimize waste generation techniques
	Noise (1)	BAT 12: Minimize noise generation techniques
	Prevent soil and groundwater pollution (1)	BAT 13: Soil and groundwater pollution prevention techniques
	Design and disassembly (1)	BAT 14: Pollutant reduction technique in accordance with dissolution upon introduction of new facilities
BAT according to fuel characteristics	Coal combustion facility (5)	BAT 15~BAT 19: Improving the environmental performance of combustion facilities, reduced air emissions of NO _x , NH ₃ , CO, SO _x , HCl, HF, dust, heavy metals and mercury
	Solid biomass burning facility (5)	BAT 20~BAT 24: Improving the environmental performance of combustion facilities, reduced air emissions of NO _x , NH ₃ , CO, SO _x , HCl, HF, dust, heavy metals and mercury
	Liquid fuel combustion facility (4)	BAT 25~BAT 28: Energy efficiency, reduced air emissions of NO _x , NH ₃ , CO, SO _x , HCl, HF, dust, heavy metals and mercury
	Heavy oil engine (5)	BAT 29~BAT 33: Energy efficiency, reduced air emissions of NO _x , NH ₃ , CO, SO _x , HCl, HF, dust, heavy metals and mercury
	Light oil gas turbine (3)	BAT 34~BAT 36: Energy efficiency, reduced air emissions of NO _x , NH ₃ and CO
	Gasification facility (4)	BAT 37~BAT 40: Energy efficiency, reduced air emissions of NO _x , CO, SO _x , dust, heavy metals, NH ₃ , halogens
	Natural gas combustion facility (5)	BAT 41~BAT 45: Energy efficiency, reduced air emissions of NO _x and CO
	Steel process gas combustion facility (8)	BAT 46~BAT 53: Energy efficiency, reduced air emissions of NO _x , CO, SO _x and dust

지만 통합법이 시행됨에 따라 사업장의 고유한 특성에 따른 오염물질 배출경로를 유기적으로 고려할 수 있게 되었고, 최적가용기법 기준서 역시 이러한 사항을 고려한 최적가용기법을 제시할 필요가 있다.

전기 및 증기 생산시설은 화석연료 사용으로 인해 이산화탄소가 배출되므로 이를 저감할 수 있는 에너지 효율 향상을 위한 다양한 기법이 적용된다. 하지만 이

과정에서 오염물질이 생성되거나 배출될 수 있으므로 이러한 사항을 고려한 최적가용기법 제시가 필요하다.

예를 들어 에너지 효율을 향상하기 위하여 공정이나 배출가스에서 회수한 열을 이용하여 연소공기를 예열할 경우 열에너지가 연소실로 이동하면서 연료 소비량이 감소하고 에너지 효율이 증가하면서 대기오염물질 배출량은 감소할 수 있지만 공기에열로 인한 온도 증

가로 인해 Thermal NO_x가 생성될 수 있으므로 SNCR 또는 SCR 장치를 이용하여 NO_x를 저감할 필요가 있다. 현재 국내의 최적가용기법 기준서는 에너지 효율성 향상을 위한 열회수 기법을 최적가용기법으로 제시하고 있지만 이 기법을 사용할 경우 질소산화물이 증가할 수 있다는 내용은 생략되어 있다.

하지만 EU 기준서의 경우 특정 최적가용기법을 적용할 경우 파생되는 문제점과 해결책을 함께 제시한다. 예를들어 NO_x 저감을 위해 SCR 또는 SNCR를 사용할 경우 NH₃ slip이 생성되므로 환원제 사용량을 최소화 하면서 NO_x 저감 효율을 향상시키기 위해 SNCR 보다 SCR을 사용할 것을 권장한다.

최적가용기법 기준서는 사전협의 및 통합허가를 위한 가이드라인으로 사용되므로 향후 기준서 개정 시 사용자들의 가독성 및 활용성 향상을 위해 최적가용기법 적용에 의해 생성되는 오염물질 배출 저감을 위한 오염물질 저감 기법을 비교로 함께 작성할 필요가 있다.

또한 적용된 최적가용기법이 2차적인 환경오염을 예기하는지 여부를 고려하여 최적가용기법으로 선정하여야 한다. 만약 최적가용기법 적용 시 처리대상 오염물질이 효과적으로 제어되더라도 대기오염물질 및 폐수, 폐기물 등의 발생을 초래하여 2차적인 환경오염을 유발한다면 최적가용기법으로 선정하기 앞서 발생하는 오염물질을 처리하기 위한 에너지,약품 소모량 등 전체적인 소요비용과 오염물질 배출 수준을 고려하여 최적가용기법으로의 판단 여부를 결정하여야 한다 (Park, 2017).

4.2 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)

산정을 위한 모니터링 기법 개선

전기 및 증기 생산시설의 최적가용기법 연계배출수준 산정을 위한 기초자료로 굴뚝배출원관리시스템(Stack Emission Management System, SEMS), 전국수질오염원조사시스템(Water Emission Management System, WEMS), 원격배출모니터링시스템(Tele-Monitoring System, TMS), 수질원격감시체계(SOOSIRO) 자료가 사용되며, 굴뚝배출원관리시스템과 대기환경보전법의 분류체계를 바탕으로 전기 및 증기 생산시설의 최적가용기법 연계배출수준 산정을 위한 분류체계를 설정한다.

국내 전기 및 증기 생산시설의 대기오염물질에 대한

최적가용기법 연계배출수준은 연속측정 자료로서 30분 간격의 평균 오염물질 농도가 CleanSYS에 자동 입력되는 원격배출모니터링시스템 대상 오염물질만이 산정되고, 수질오염물질 최적가용기법 연계배출수준은 연속측정 자료로서 3시간 간격의 평균 오염물질 농도가 CleanSYS에 자동 입력되는 수질원격감시체계 대상 오염물질만이 한정적으로 산정되므로 원격배출모니터링물질을 제외한 오염물질 배출에 대한 지속적인 관리 및 최적가용기법 연계배출수준 산정에 어려움을 겪고 있다.

EU의 Large Combustion Plants BREF는 석탄과 갈탄 연소시설, 바이오매스와 이탄 연소시설, 액체연료 연소시설, 기체연료 연소시설, 폐기물과 회수연료 연소시설에서 발생하는 오염물질뿐만 아니라 열효율에 대한 허가배출기준을 신규설비와 기존설비로 구분하여 제시한다. 대상 오염물질의 종류 중 대기오염물질은 먼지, SO₂, 질소산화물, 일산화탄소이고, 수질오염물질은 COD, F, 질소산화물, 고형물, 황산, 이황산염, 아황산, 중금속(Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)이다(IPPC, 2006b).

대기오염물질의 경우 설비 용량에 따른 신규설비와 기존설비의 허가배출기준 범위를 제시하면서 동시에 적용 가능한 최적가용기법과 모니터링 주기, 최적가용기법 적용 시 오염물질 저감 효율 등을 함께 제시하고 있으며, 수질오염물질은 폐수처리 설비를 사용하였을 때의 오염물질 배출 범위만을 제시한다.

국내 전기 및 증기 생산시설의 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)의 대상 오염물질은 먼지, 황산화물, 질소산화물, COD, 부유물질, 총질소, 총인으로 EU와 비교하여 대기오염물질은 CO를 제외하고 동일한 항목을 모니터링하고 있으며, 수질오염물질의 경우 모니터링 항목에 차이를 보인다(MOE and NIER, 2016b; IPPC, 2006b).

전기 및 증기 생산시설의 경우 화석연료의 연소로 인하여 이산화황, 질소산화물, 일산화탄소, 먼지 및 온실가스 등의 대기오염물질이 주로 배출된다. 이 외에도 중금속, 불화수소, 할로젠화물, 연소되지 않은 탄화수소, 비(非)메탄 휘발성 유기화합물(Non-Methane Volatile Organic Compounds, NMVOCs), 다이옥신 등이 배출되며, 이 같은 물질은 배출량은 소량이지만 인체에 미치는 영향이 크므로 지속적인 모니터링이 필요하다(MOE and NIER, 2016b).

향후 전기 및 증기 생산시설의 최적가용기법 연계배출수준 산정 시 원격배출모니터링시스템의 대상오염물질뿐만 아니라 굴뚝배출원관리시스템의 모니터링 대상 오염물질인 암모니아, 일산화탄소, 염화수소, 황산화물, 질소산화물, 이황화탄소, 포름알데히드, 황화수소, 불소화합물, 시안화수소, 브롬화합물, 벤젠, 페톨화합물, 수은화합물, 비소화합물, 염화비닐, 탄화수소, 디클로로메탄, 먼지, 카드뮴, 납, 크롬, 구리, 니켈, 아연 등을 최적가용기법 연계배출수준 항목으로 모니터링 주기와 함께 산정할 수 있는 방법이 필요하다.

굴뚝배출원관리시스템은 비연속 측정데이터로 사업장에서 직접 데이터를 입력하기 때문에 24시간 측정되는 원격배출모니터링시스템의 모니터링 결과에 비해 신뢰성이 낮다. 이를 개선하기 위한 방법으로 EU와 같이 모니터링 기법에 관한 최적가용기법 기준서의 마련

이 필요하며, 모니터링 결과의 신뢰성 향상을 위한 일관된 측정주기, 오염물질별로 인체에 미치는 영향을 함께 고려할 필요가 있다.

EU 최적가용기법 기준서는 최적가용기법 연계배출수준 산정 시 오염물질의 배출 범위산정뿐만 아니라 신규설비와 기존설비로 구분하여 적용 가능한 최적가용기법과 모니터링 주기를 함께 제시한다. 또한 EU의 General Principles of Monitoring BREF를 통해 허가배출기준(ELVs)을 초과할 위험에 영향을 미치는 주요 요소를 제시하였으며, 낮은 수준부터 높은 위험수준까지 분류하고 있다. 표 4는 EU의 General Principles of Monitoring BREF의 허가배출기준(ELVs)을 초과할 위험에 영향을 미치는 주요 요소를 보여준다(IPPC, 2003).

EU는 허가배출기준 초과 확률 평가를 위해 배출에 기여하는 배출원의 수, 공정 조건의 안정성, 유출 처리

Table 4. Items influencing the likelihood of exceeding the ELV and the consequences of exceeding the ELV.

Items to consider and corresponding risk scoring level	LOW LEVEL 1	MEDIUM LEVEL 2~3	HIGH LEVEL 4
Items influencing the likelihood of exceeding the ELV			
(a) Number of individual sources contributing to the emission	Single	Several (1~5)	Numerous (>5)
(b) Stability of operating process conditions	Stable	Stable	Unstable
(c) Buffer capacity of effluent treatment	Sufficient to cope with upsets	Limited	None
(d) Treatment capacity of the source for excess emissions	Able to cope with peaks (by dilution, stoichiometric reaction, oversize, spare treatment)	Limited capabilities	No capabilities
(e) Potential for mechanical failure caused by corrosion	No or limited corrosion	Normal corrosion, covered by design	Corrosion conditions still present
(f) Flexibility in product output	Single dedicated production unit	Limited number of grades	Many grades, multipurpose plant
(g) Inventory of hazardous substance	Not present or production dependent	Significant (compared to ELV limits)	Large inventory
(h) Maximum possible emission load (concentration x flow rate)	Significantly below the ELV	Around the ELV	Significantly above the ELV
Items for assessing the consequences of exceeding the ELV			
(i) Duration of potential failure	Short (< 1 hour)	Medium (1 hour to 1 day)	Long (> 1 day)
(j) Acute effect of the substance	No	Potential	Likely
(k) Location of the installation	Industrial area	Safe distance between residential area	Residential area nearby
(l) Dilution ratio in the receiving media	High (e.g. above 1,000)	Normal	Low (e.g. less than 10)

가능 베퍼 용량, 부식에 의한 기계적 결함 가능성, 제품 출력 유연성, 결함 발생 시 산업 운영자의 대처 능력, 장비의 사용 수명, 작동 방식, 정상 또는 비정상 조건에서 배출될 수 있는 유해 물질 목록, 농도와 유입유량, 유출물 조성의 변동 등을 고려하며, 허가배출기준 초과 결과 평가를 위해 잠재적 불량률의 지속기간, 오염물질의 유해성, 배출시설의 위치, 수용 매체의 희석율, 기상 조건 등을 고려한다(IPPC, 2003).

이러한 과정을 통해 도출된 항목평가 결과는 배출한계값 초과 결과에 대한 확률로 표시한 다이어그램으로 나타낼 수 있으며, 이를 확인하기 위해 간헐적, 정기적, 집중적 주기로 모니터링이 시행된다(IPPC, 2003).

간헐적 모니터링(월 1회~연 1회)을 통해 사업장의 일반적인 운전 조건을 기준으로 실제 배출수준을 평가한다. 정기적 수시 모니터링(1일 1~3회 또는 주 1회)을 통해 사업장이 비정상상태 시 신속한 유지보수 및 수리를 가능하도록 하며, 환경에 대한 유해성을 최소화할 수 있도록 한다. 또한 주기적인 모니터링으로 인해 모니터링의 정확성을 향상시키고 모니터링 절차의 불확도를 최소화한다. 집중적 모니터링(1일 3~24회)은 사업장의 불안정한 운전으로 인해 배출한계값이 초과할 가능성이 있는 경우 연속적 또는 높은 빈도로 시료를 채취한다. 이러한 모니터링 방법을 바탕으로 사업장의 운전조건에 따른 배출수준을 파악할 수 있으며 배출한계값을 산정할 수 있다(IPPC, 2003).

국내의 전기 및 증기 생산시설도 EU의 모니터링 기법을 참고하여 시설별 운전조건을 기준으로 모니터링 주기를 제시할 필요가 있으며, 지속적인 모니터링 방법 및 오염물질 측정 교육을 통하여 모니터링 결과의 정확성을 향상시키고 절차의 불확도를 최소화하여야 한다. 또한 모니터링 결과의 신뢰성 향상 및 대상물질 확대와 동시에 오염물질 배출 시 인체독성과 인체위해성이 고려된 최적가용기법 연계배출수준이 마련될 필요가 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 2016년도에 발행된 전기 및 증기 생산시설의 최적가용기법 기준서의 필요성과 마련절차

를 살펴본 후 구성 및 활용방안에 관하여 검토하였으며, 전기 및 증기 생산시설의 연료의 특성에 따른 시설별 특성, 환경관리기법 및 최적가용기법의 유형과 적용 시 고려사항 등에 관하여 살펴보았다. 이러한 내용을 바탕으로 향후 전기 및 증기 생산시설의 최적가용기법 기준서 개정 시 개선사항 및 발전 방향을 제시하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 최적가용기법 선정 시 최적가용기법 적용으로 인한 2차 오염물질 발생에 대한 고려가 필요하다. 국내는 EU와 다르게 최적가용기법을 적용할 경우 문제점과 해결책을 함께 제시하고 있지 않으므로 최적가용기법 기준서 개정 시 사용자들의 가독성 및 활용성 향상을 위해 최적가용기법 적용 시 생성되는 오염물질의 배출저감을 위한 오염물질 저감 기법을 함께 작성할 필요가 있다.

2. 전기 및 증기 생산시설은 화석연료 사용으로 인하여 이산화황, 질소산화물, 일산화탄소, 먼지 및 온실가스이지만 이 외에도 중금속, 불화수소, 할로겐화물, 연소되지 않은 탄화수소, 비(非)메탄 휘발성 유기화합물(Non-Methane Volatile Organic Compounds, NMVOCs), 다이옥신 등이 배출되며, 이 같은 물질은 배출량은 소량이지만 인체에 미치는 영향이 크므로 향후 지속적인 모니터링이 필요하다.

3. 최적가용기법 연계배출수준은 사업장의 통합허가 및 사전협의 시 허가배출기준 결정을 위한 참고자료로 활용되므로 기존의 원격배출모니터링시스템 대상 오염물질뿐만 아니라 인체 독성 및 유해성을 고려하기 위해 대상오염물질을 굴뚝배출원관리시스템의 모니터링 대상 오염물질로 확대할 필요가 있다.

4. 하지만 굴뚝배출원관리시스템의 모니터링 결과에 대한 신뢰도가 낮기 때문에 EU의 모니터링 기법을 참고하여 국내에서 적용할 필요가 있으며 시설별 운전조건을 기준으로 모니터링 주기 제시와 함께, 모니터링 방법 및 오염물질 측정교육을 통하여 모니터링 결과의 정확성을 향상시키고, 절차의 불확도를 최소화시킬 필요가 있다.

5. 또한 인체에 미치는 독성 및 유해성을 고려하여 최적가용기법 연계배출수준을 산정할 필요가 있으며, 최적가용기법 기준서 개정 시 최적가용기법 연계배출수준 대상 오염물질 확대가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 발전 및 소각분야 최상가용기법 기준서(BREF) 마련 용역의 연구결과이며, 전기 및 증기 생산시설 최적가용기법기준서 2016의 내용을 포함하고 있습니다.

References

- Chon, H.Y. (2016) Characteristics of Photocatalytic TiO₂ and De-NO_x SCR V₂O₅-WO₃-TiO₂ system, pp. 35-58.
- Hyun, S.M. (2014) Co-gasification characteristics of Biomass Mixed with Plastic Wastes, pp. 4-34.
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) (2003) Reference Document on the General Principles of Monitoring, pp. 3-49.
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) (2006a) Reference Document on Economics and Cross-Media Effects, pp. 1-73.
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) (2006b) Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants.
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) (2012) BREF Implementation Decision.
- Kim, J.M. (2012) A Study in the Reaction Mechanism of NO_x and N₂O in Urea-SNCR Process, pp. 5-20.
- Kim, K.Y., Shin, S.J., Moon, H.S., Jeon, T.W., Shin, S.K. (2017) Integrated Approach for Environmental Permits and Understanding BAT References of EU, Journal of the Korea Society of Urban Environment, 17(1), 109-117. (in Korean with English abstract)
- Korea Environment Corporation (KECO) and National Institute of Environmental Research (NIER) (2016) Iron and steel production TWG meeting materials for meeting.
- Ministry of Environment (MOE) and National Institute of Environmental Research (NIER) (2016a) International Seminar 2016 on Integrated Pollution Prevention and Control, pp. 59-70.
- Ministry of Environment (MOE) and National Institute of Environmental Research (NIER) (2016b) Reference Document on Best Available Techniques for the electricity and steam production facility in Korea, pp. 571-584.
- National Institute of Environmental Research (NIER) (2016) Integrated environmental management system newsletter, First.
- National Law Information Center (NLIC) (2016) CLEAN AIR CONSERVATION ACT, www.moleg.go.kr.
- National Law Information Center (NLIC) (2017a) ACT ON THE INTEGRATED CONTROL OF POLLUTANT-DISCHARGING FACILITY, www.moleg.go.kr.
- National Law Information Center (NLIC) (2017b) ENFORCEMENT DECREE OF THE WASTES CONTROL ACT, www.moleg.go.kr.
- National Law Information Center (NLIC) (2017c) ACT ON THE PROMOTION OF SAVING AND RECYCLING OF RESOURCES, www.moleg.go.kr.
- Park, J.H. (2017) Evaluation and selection method of best available techniques for integrated environmental management system, Journal of the Korea Society on Water Environment, 33(3), 348-358. (in Korean with English abstract)
- Seok, S.H. (2012) A Study of Optimal Operating Range for Coal Firing Electric Power Plant, pp. 4-46.
- Shin, S.J. (2016) NO_x and N₂O reaction characteristics of the Mn-W catalysts at low temperature conditions, pp. 1-25.
- 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, Journal of the Korea Society for Atmospheric Environment, 33(6), 533-543.