

TECHNICAL NOTE

## 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL) 설정

서경애 · 배연정<sup>1)</sup> · 박재흥\* · 신동석 · 류덕희

국립환경과학원, <sup>1)</sup>서울대학교

### Determination of the Best Available Techniques Associated Emission Level(BAT-AEL)

Kyungae Seo, Bae Yeon Joung<sup>1)</sup>, Jae Hong Park\*, Dong Seok Shin, Doug Hee Rhew

National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, Korea

<sup>1)</sup>Research Institute of Green Eco Engineering, Seoul National University, Gangwon, 25354, Korea

#### Abstract

BAT-AEL(Best Available Techniques Associate Emission Level) is the basis for establishing permissible emission standards for the workplace. Therefore, it is necessary to formulate a regulated BAT-AEL setting methodology that is generally applicable to all relevant industries. For the BAT-AEL settings, various factors should be considered such as the pollutants item, whether the workplace is subject to integrated pollution prevention and control, whether BAT is applicable, the basic data type, the emission classification system, and the suitability of the collected data. Among these factors, it is the most important factor to establish the classification system for the emitting facilities such that the emission characteristics of an industrial facility and its pollutants can be effectively reflected. Furthermore the target of the survey workplace should adhere to the BAT guidelines, even if it is a workplace that is subject to an the integrated environmental system. Certified data (SEMS, TMS, cleanSYS, WEMS, etc.) can be used to prioritize the classification system for the emission facility and the emission levels of pollutants. However, the self-measured data, daily logs, and questionnaire data from the workplace can also be used upon agreement of the relevant TWG. The collected data should only be used only when the facility is operating normally. Data that have been determined to be outliers or inappropriate validation methods should also be excluded. The BAT-AEL can be establish by adhering to the following procedure: 1) investigate all relevant workplaces with in the industry, 2)select workplaces for integrated management, 3)Identify BAT application, 4)identify whether BAT is generally applicable, 5)establish a classification system for emitting facilities, 6)collection available data, 7)verify conformity, 8)remove of outliers, 9)prepare the BAT-AEL draft, 10)deliberate, and 11) perform the confirmation procedure.

**Key words** : BAT, BAT-AEL, Emission facilities classification system, Outlier

#### 1. 서론

2017년 1월 1일 전기 및 증기 생산시설 및 폐기물 소각시설 업종을 시작으로 통합환경관리제도가 2021년까

지 19개 업종에 대해서 순차적으로 시행되게 된다(MOE, 2015). 통합환경관리제도를 시행하기 위해 원료 투입부터 오염 배출의 전 과정에서 경제성을 담보하면서 오염 배출을 최소화하는 우수 환경관리기법을 설명하고

Received 13 March, 2019; Revised 28 March, 2019;

Accepted 4 April, 2019

\*Corresponding author: Jae-Hong Park, Department of National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, Korea  
Phone : +82-32-560-7670  
E-mail : jhong02@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.

있는 최적가용기법 기준서를 마련하게 된다(MOE and NIER, 2016c). 최적가용기법 기준서는 업종 현황, 공정 및 시설, 적용 가능한 환경관리기법, 시설특성별 환경관리기법, 최적가용기법 적용시 고려사항, 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL) 등을 포함(MOE and NIER, 2016a)하고 있어 사업장 환경관리의 나침반과 같은 역할을 하게 된다(MOE and NIER, 2016c).

이중 BAT-AEL은 최적가용기법을 적용하여 사업장을 운영할 때의 오염물질 배출수준을 나타내며 허가배출기준을 설정하기 위한 기준점이 되는 허용 가능한 최대의 오염수준이다. EU의 경우 BAT-AEL (emission level associated with the best available techniques)은 BAT 결정사항과 설명, 적용성 평가에 대한 정보, 배출수준과 관련 모니터링 등을 포함한 문서인 BAT 결정문(BATC, BAT conclusions)에 명시되어 있다(European IPPC Bureau, 2013). 단일 또는 여러 개의 BAT를 적용하여 정상 운영할 때 발생하는 오염물질의 배출수준으로 제시하고 있으며, 특정 기준조건에서 일정기간동안의 평균값으로 나타내고 있다(MOE and NIER, 2016a).

국내의 경우 환경오염시설의 통합관리에 관한 법률 제8조에는 허가 또는 변경허가를 하는 경우에는 최대배출기준 이하로 허가배출기준을 설정하여야 한다고 되어 있는데(MOE, 2015) 여기서 말하는 최대배출기준은 BAT-AEL의 상한 값을 의미한다. 따라서 사업장에서는 최적가용기법 기준서에 제시된 BAT-AEL 설정수준에 매우 민감할 수밖에 없는 것이 현실일 것이다.

BAT-AEL은 최적가용기법을 적용하여 운영되고 있는 오염물질 배출시설이 정상적으로 운영되고 있는 상태 하에서의 오염물질 배출 수준으로 설명된다. 값은 일정한 범위를 갖게 되며, 하수처리장의 방류수기준이나 폐수처리장의 배출허용기준과 같은 법적인 규제를 받는 규제기준과는 다르다.

사업장의 통합허가 및 변경허가시 허가조건으로 배출시설등에서 배출하는 오염물질등은 허가배출기준 이하로 처리되어야 한다(MOE, 2015). 그리고 허가배출기준은 최적가용기법을 배출시설등에 적용할 경우 오염물질등이 배출될 수 있는 최대치인 최대배출기준 이하로 허가배출기준을 설정해야 한다. 최대배출기준은 BAT-AEL의 상한값으로 결정되게 되는데 직접적인 법적 구속력이 있는 규제기준은 아니지만 허가배출기준을 설정할 때 기

술적인 근거 기준값이 되기 때문에 BAT-AEL의 합리적 도출이 필요시 된다.

BAT-AEL 설정의 국외 사례를 살펴보면 벨기에 Flemish region 산업폐수에 대한 허가 담당자를 위해 개발된 Polder의 연구사례를 참조할 수 있을 것이다. Polder et al.(2012)는 모든 기업에서의 배출농도를 plot 한 후, 해당 산업업종 분야와 관련된 자료가 아닌 경우는 제외하였고, 최적가용기법을 적용하지 않은 기업의 자료도 제외하였다(Polders et al., 2012). 또한 일반적인 BAT 이상의 친환경적인 기술을 적용하여 오염물질의 배출농도가 매우 낮은 경우도 제외한 후 BAT-AEL을 설정하였다(Polders et al., 2012). 매우 낮은 수준으로 배출되는 이들 data는 사업장에서 일반적으로 적용하는 기법으로 볼 수 없다는 것을 의미한다(Park, 2017). 즉 배출허용기준을 만족하기 위해 해당 사업장에 한정하여 적용되었을 수 있으며, 해당사업장이 가지고 있는 특허 기술 등일 수 있다(Park, 2017). 따라서 BAT-AEL 설정을 위해서는 적용 기법의 보편성이 고려되어야 한다는 의미일 것이다(Park, 2017). 한편, Polder et al.의 사례에서 설정된 BAT-AEL 내에서도 원료나 제품, 공정 등에 따라 사업장 별로 BAT-AEL을 세분화하여 차등 적용하였다(Polders et al., 2012).

국내에서도 2017년부터 시행된 전기 및 증기 생산시설, 폐기물 소각시설 및 9개 업종의 BAT-AEL 설정시 적절한 방법론을 통해 BAT-AEL이 마련되었다. 하지만 BAT-AEL 설정방법론이 명확히 규정화 되어 있지 않으며 향후 나머지 업종에 대한 BAT-AEL이 마련되어야 하기 때문에 제도 시행초기에 BAT-AEL 설정에 대한 방법론이 정립될 필요가 있다.

앞서 언급한 것과 같이 BAT-AEL은 허가배출기준 설정의 기반이 되는 값인 관계로 오염물질 항목, 업종 특성에 따라 연료나 시설구분 등 세부 분류 항목은 차별화될 수 있으나 큰 틀에서의 적용 원칙과 설정 방법론은 업종과 상관없이 동일하게 적용되어야 할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 BAT-AEL을 도출함에 있어 어떠한 절차가 필요하고, 어떠한 요소들이 검토되어야 하는지를 살펴보고 통합환경관리제도에서 적용할 수 있는 적정한 설정방법론을 파악하고자 하였다.

## 2. 연구방법

통합환경관리제도에서 적용가능한 적절한 BAT-AEL 설정 방법론을 살펴보기 위해 기 마련된 전기 및 증기 생산시설 및 폐기물 소각시설의 기준서에서 적용된 BAT-AEL 설정방법을 살펴보고, 유사사례 검토를 통해 BAT-AEL 설정시 고려사항과 BAT-AEL의 도출과정을 파악하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. BAT-AEL 설정시 고려사항

#### 3.1.1. BAT-AEL 설정 오염물질 항목

BAT-AEL은 허가배출기준을 설정하기 위해 도출되는 관계로 최대 배출기준이 설정된 오염물질 항목에 대해서 조사하게 된다.

통합법 시행규칙 별표 15에는 대기, 수질, 소음·진동, 악취, 잔류성유기오염물질의 5개 매체에 대해 최대배출기준이 제시되어 있다(MOE, 2016b).

소음의 최대배출기준은 70 dB(A) 이하로 한다. 다만, 「소음·진동관리법 시행규칙」 별표 5 제1호의 비고 제4호에 해당하는 경우에는 최대 +15 dB까지 보정한 값을 최대배출기준으로 한다. 진동의 경우 최대배출기준은 75 dB(V) 이하로 한다. 다만, 「소음·진동관리법 시행규칙」 별표 5 제2호의 비고 제4호에 해당하는 경우에는 최대 +10 dB까지 보정한 값을 최대배출기준으로 한다(MOE, 2016b).

악취의 최대배출기준은 「악취방지법 시행규칙」 제8조제1항에 따른 악취의 배출허용기준 중 공업지역에 적용되는 기준을 따르며, 잔류성유기오염물질의 최대배출기준은 「잔류성유기오염물질 관리법 시행규칙」 제7조에 따른 잔류성유기오염물질의 배출허용기준을 따르고 규정하고 있다(MOE, 2016b).

실제적으로 BAT-AEL은 대기오염물질 및 수질오염물질에 대해서 설정하게 된다. 현재는 전기 또는 증기를 생산하는 배출시설 등의 경우 먼지, 황산화물, 질소산화물의 3종류, 폐기물 소각시설인 경우 먼지, 황산화물, 질소산화물, 일산화탄소, 염화수소의 5종류가 대기오염물질 항목으로 설정되어 있다(MOE and NIER, 2016a). 수질오염물질의 경우 통합관리대상 업종 중 전기업 중

화력발전업(한국표준산업분류에 따른 분류번호 35113) 및 기타 발전업(35119), 증기, 냉온수 및 공기조절 공급업(353) 업종에 대해서 화학전 산소요구량, 부유물질량, 총질소, 총인의 4개 항목을 정하게 되며(MOE and NIER, 2016a) 그 밖의 통합관리대상 업종이나 통합법 시행규칙 별표 15에서 규정하고 있는 경우에는 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 등 관련 매체법에서 규정하고 있는 기준 중에서 최대배출기준을 정하도록 되어있다(MOE, 2016b).

#### 3.1.2. 통합관리 대상사업장

BAT-AEL 설정을 위한 대상 사업장의 범위는 1차적으로 환경오염시설의 통합관리에 관한 법률 시행령 별표 1에 제시된 각 업종(MOE, 2016a) 중 환경부령으로 정하는 대기 오염물질이 연간 20톤 이상 발생하는 사업장이나 폐수를 일일 700세제곱미터 이상 배출하는 사업장이다(MOE, 2015).

이에 해당되는 국내 시설은 2017년 시행대상인 전기·증기생산시설 129개 사업장, 폐기물처리시설 160개 사업장 등을 포함하여 약 1,304개 사업장이 해당된다.

이들 중에서 지역적인 특수성으로 인해 지자체의 조례 등 일반적인 배출허용기준보다 강화된 기준을 적용받고 있는 사업장은 BAT-AEL 설정의 대상 사업장에서 제외되어야 한다. 왜냐하면 이러한 사업장은 일반적으로 적용되는 BAT 보다 친환경적인 기술을 적용하여 오염물질의 배출수준이 현저히 낮게 때문이다.

#### 3.1.3. 일반적인 BAT 적용 사업장 선정

해당업종의 BAT-AEL 설정시 통합관리대상 사업장에서 일반적으로 적용되는 BAT를 반영한 사업장만을 선별하여야 한다. BAT는 업종별로 마련되는 최적가용기법 기준서를 통해 파악할 수 있는데 현재는 전기 및 증기 생산시설과 폐기물 소각시설 등 9개 업종에 대한 최적가용기법 기준서가 마련되어 있다.

전기 및 증기 생산시설의 경우 BAT는 최적가용기법 적용시 고려사항에서 공통사항(환경영역 14), 석탄 연소시설(일반적 환경 성능 등 5), 고형 바이오매스 연소시설(일반적 환경 성능 등 5), 액체연료 연소시설(에너지 효율성 등 4), 증질유 엔진(에너지 효율성 등 5), 경질유 가스터빈(에너지 효율성 등 3), 가시화 시설(에너지 효율성 등 4), 천연가스 연소시설(에너지 효율성 등 5), 철강 공정

가스 연소시설(에너지 효율성 등 8) 등 53항목의 BAT가 제시되어 있다(MOE and NIER, 2016a).

따라서 업종별 최적가용기법 기준서에서 제시된 BAT 등을 고려하여 통합관리대상 전체 사업장에서 일반적인 BAT 적용 사업장을 선별하여야 한다.

### 3.1.4. 활용가능 기초자료 유형

BAT-AEL 설정을 위해 활용 가능한 자료는 대기오염 물질의 경우 대기배출원관리시스템(SEMS), 굴뚝원격 감시체계(CleanSYS), 전국오염원조사시스템(WEMS), 자가측정자료, 일일기록부, 사업장 설문자료 등이 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

SEMS는 전국의 대기배출사업장 1~5종까지 약 40,000개소를 대상으로 하고 있으며, 1~3종은 매년, 4~5종은 4년마다 조사를 실시하고 있다(MOE and NIER, 2016a). 이러한 SEMS 자료는 전국 대부분의 배출시설을 포함하고 BAT 적용 대상인 1, 3종 사업장에 대해 매년 자료를 최신화하고 있어 BAT-AEL 설정을 위한 사업장 정보로서 충분한 자료를 제공한다(MOE and NIER, 2016a). CleanSYS의 경우도 대기 1~3종 사업장 오염물질 배출상황을 24시간 원격 감시하고 있어(MOE and NIER, 2016a) SEMS와 결부하여 배출시설의 분류체계 마련과 인벤토리 구성, 방지시설 현황 및 오염물질 배출수준의 자료 파악이 가능하게 되어 BAT-AEL 설정을 위해 필수적으로 활용될 수 있는 자료이다(Bae, 2016).

한편, 자가측정자료(자동측정기기 설치 대상일 경우 SEMS 등에 입력관리, 면제 대상일 경우 자체 보유), 일일기록부, 비연속 측정자료(중금속 및 다이옥신류와 같은 오염매체에 대해 비주기적으로 측정되는 자료로서 사업장 정밀조사나 수시조사 등의 결과물로 수집되는 자료)(MOE and NIER, 2016a), 사업장 설문자료 등도 비록 사업장이나 측정 대행기관을 통해 작성되기 때문에 신뢰성에 대해 의문을 가질 수 있으나 사업장에 대한 지속적인 지도점검, 정도관리, CleanSYS 및 SEMS 자료와의 비교를 통한 자료검증 등을 통해 분석의 신뢰성을 확보하여 궁극적으로는 BAT-AEL을 설정하는데 적극 활용되도록 하여야 할 것이다. 이는 통합환경관리제도가 추구하는 사업장 스스로의 자율 관리체계로의 전환을 가능하도록 하는 시발점이 될 수 있을 것이다.

수질오염물질의 경우도 수질 TMS를 통해 5분 자료가

생성되고 유효 5분 자료를 바탕으로 시간자료와 3시간 평균자료를 행정자료로 활용(MOE · Korea Environment Corporation, 2012)하기 때문에 검증절차를 거친 신뢰성 자료로 활용될 수 있으며 그 외 전국오염원조사시스템(WEMS), 자가측정자료, 일일기록부, 비연속 측정자료, 사업장 설문자료 등이 고려될 수 있다. 설문조사를 통해서 특정 오염배출물질의 배출현황을 위한 자료를 확보하고 검증 및 TWG (Technical Work Group)의 협의를 거쳐 활용될 수 있을 것이다.

### 3.1.5. 배출시설 분류체계 마련

BAT-AEL은 특정 배출시설에 대해 단일 또는 다수의 최적가용기법을 적용할 경우 일반적으로 배출되는 오염물질 배출농도범위를 나타내는 것으로, 오염물질 배출특성이 반영될 수 있는 배출시설 분류체계 구성이 요구된다(MOE and NIER, 2016a). 특히, 지역적 · 환경적 특수성에 따라 일반적인 배출허용기준보다 강화된 기준의 적용을 받는 경우 사업장의 방지시설 및 운영환경이 매우 강화된 형태로 설치 운영되는 경우가 있기 때문에 사업장별 허가기준에 따라 배출시설을 분류하고 이에 따른 배출량 데이터를 비교 · 검토하여 기초 데이터로의 편입 여부를 결정할 필요가 있다(MOE and NIER, 2016a).

시설에 대한 분류는 오염물질의 배출수준에 영향을 미칠 수 있는 요소가 고려될 수 있다. 즉 주요 배출시설 형태(연소로, 공정 등), 투입 원료, 사용 연료, 오염물질 배출 특성, 방지시설 설치 특성, 관련 자료 모니터링 방법 등을 고려할 수 있다(MOE and NIER, 2016a; 2016b). 또한, 기존 매체법에서 적용하고 있는 분류 기준들을 참고할 수도 있을 것이다. 즉, 대기의 경우 대기환경보전법 시행규칙 제5조와 관련하여 별표 3에 대기오염물질 배출시설을 27개로 분류하고 있다(MOE, 2017). 참고로 2017년에 시행되는 전기 및 증기 생산시설 및 폐기물 소각시설의 경우는 입자상물질 및 가스상 물질 발생시설(분류번호 26)과 기타시설(분류번호 27)을 고려할 수 있을 것이다.

2016년에 마련된 전기 및 증기 생산시설 최적가용기법 기준서에는 대기분야의 먼지항목은 배출시설 분류를 1)고체연료 보일러(증기터빈)을 설비용량 100 MW 이상과 미만으로, 2)중질유 내연기관, 3)액체연료 보일러를 설비용량 100 MW 이상과 미만으로, 4)기체연료 보일러 및 가스터빈을 가스발전용 내용기관과 가스터빈,

철강 공정가스, 카본블랙 공정부생가스, 그 밖의 발전시설로 구분하였고 설치기간을 2001년 6월 이전, 2001년 7월부터 2014년 12월, 2015년 1월 이후의 3단계로 각각 분류하고 있다(MOE and NIER, 2016a).

황산화물의 경우 배출시설 분류를 1)고체연료 보일러 및 증기터빈을 설비용량 100 MW 이상과 미만으로, 2) 국내생산 무연탄, 3) 국내생산 석유코크스, 4)중질유 내연기관(경질유 가스터빈 포함)을 설비용량 100 MW 이상과 미만으로, 5)액체연료 보일러를 설비용량 100 MW 이상과 미만으로, 6)기체연료 보일러 및 가스터빈을 가스발전용 내연기관과 가스터빈, 카본블랙 공정부생가스, 그 밖의 발전시설로 구분하였고 설치기간을 1996년 6월 이전, 1996년 7월부터 2014년 12월, 2015년 1월 이후의 3단계로 각각 분류하고 있다(국내생산 석유코크스와 카본블랙 공정부생가스는 2014년 12월 이전과 2015년 1월 이후의 2단계)(MOE and NIER, 2016a).

질소산화물의 경우 배출시설 분류를 1)고체연료 보일러 및 증기터빈, 2)국내생산 석유코크스, 3)중질유 내연기관, 4)경질유 가스터빈, 5)액체연료 보일러를 설비용량 100 MW 이상과 미만으로, 6)가스 발전용 내연기관, 가스터빈, 7)철강 공정가스를 매립가스 미사용 린번엔진과 매립가스 사용 린번엔진으로, 8)카본블랙 공정부생가스, 9)그 밖의 발전시설, 10)바이오가스 사용시설로 구분하였고 설치기간을 시설구분에 따라 2~3단계로 구분하고 있다(MOE and NIER, 2016a).

수질의 경우는 대기와 달리 각 시설 및 공정단위에서 발생하는 폐수를 차집하여 폐수처리시설에서 오염물질을 처리하기 때문에 별도로 시설을 구분하여 분류할 필요는 없을 것이다. 전기 및 증기 생산시설 최적가용기법 기준서에도 수질항목 COD, 부유물질, 총질소, 총인에 대해서 배출시설의 분류 구분 없이 BAT-AEL을 설정하고 있다(MOE and NIER, 2016a).

### 3.1.6. 수집자료의 적합성 평가

수집된 자료 중에는 비정상 운전상태의 자료가 포함되어 있을 수 있다. 하지만 BAT-AEL은 정상운전 상태의 배출자료를 기반으로 구축되어야 하므로 이러한 비정상 운전상태의 자료를 필터링할 수 있는 평가가 선행되어야 할 것이다.

수질자동측정기기에 의해 수집된 자료중 배출시설의 가동이 중지되는 기간 동안 관제센터에 전송되는 자료는

행정자료로 활용되지 않고 있기 때문에 제외되어야 할 것이다(MOE·Korea Environment Corporation, 2012). 한편, 배출시설 또는 방지시설이 정상 가동되고 있음에도 불구하고 비정상자동측정자료가 발생하는 경우는 규정상 대체자동측정자료를 생성(MOE·Korea Environment Corporation, 2012)하여 활용될 수 있는 것으로 되어 있는데 이들 자료의 경우는 BAT-AEL 설정시에 제외시킬 수도 있고 필요한 경우에는 TWG의 합의를 통해 활용이 가능할 것으로 판단된다.

대체 자동측정자료는 측정기기 개선기간, 정도검사 또는 교정기간, 정도검사 및 교정 부적합 또는 미 실시 측정기기, 정도확인시험 결과 부적합, 장비 점검기간, 상태 정보 표시 기간, 비정상자동측정, 배출시설 및 방지시설이 개선명령 기간 중 이거나 개선계획서에 명시된 개선기간 중에 측정된 자료로써 자료의 형태에 따라 최근 3개월 간 정상 측정된 (최근 3개월간)자료, 정상 측정된 최근 1주일 간 시간자료의 평균농도, 정상 측정된 최근 시간자료 3개의 평균농도 등을 대체자료로 활용할 수 있다(MOE · Korea Environment Corporation, 2012).

대기 굴뚝자동측정기기의 경우도 수질자동측정기기에서와 마찬가지로 측정기기의 이상 또는 점검 등으로 측정값을 신뢰하기 곤란한 무효자료와 무효자료가 발생하거나 관제센터에 자료가 전송되지 아니한 경우 관련 규정에 의해 무효자료를 대신하는 대체자료를 생성할 수 있는데(Korea Environment Corporation, 2014) 무효자료의 경우는 활용하지 않아야 하고 대체자료의 경우는 활용여부를 검토 및 TWG의 합의를 통해 활용여부를 결정하여야 할 것이다.

### 3.1.7. 이상치 검정

자료의 적합성 평가를 통해 오염물질 배출시설의 정상 가동시 가용 자료가 수집되더라도 시설의 운영관리 등 다양한 요인에 의해 오염물질의 배출수준(농도)의 변동 수준이 일반적인 범위를 크게 벗어나는 이상치가 발생할 수 있다. 이러한 이상치에 의해 실제 오염물질의 배출수준이 과도 또는 과소하게 평가되어 오염물질의 배출수준을 정확하게 평가하기 곤란하여 진다. 따라서 수집 자료에 대한 이상치 평가와 검정이 필요시 된다.

이상치 검증은 자료의 분포 형태가 알려진 데이터를 대상으로 극치와 가설검정을 이용하여 검정하는 정형적 방법(Formal Test)과 확률분포가 알려지지 않은 데이터의

Table 1. Applied methodology for ideal data filtering

Classification	Method	Explanation
Formal Test (Discordance)	Generalized ESD	<ul style="list-style-type: none"> <li>The difference between the observed value and the average value is divided by the standard deviation, and the large value is sequentially deleted, and the convergence is checked</li> </ul>
	Kurtosis Statistics	<ul style="list-style-type: none"> <li>How distribution of data is centered around central tendency</li> </ul>
	Shapiro-Wilk	<ul style="list-style-type: none"> <li>If the weighted value is not an integer, use it to verify whether it is suitable for the cumulative probability distribution of the sample and the cumulative probability distribution set by the hypothesis</li> </ul>
	Grubb's Test (Modified Thompson Tau Test)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Assuming that the measurement is a t-distribution, determine the threshold through the inverse of the t-test distance according to the given significance level</li> </ul>
Informal Test (Outlier Labeling Method)	SD(Standard Deviation) Method	<ul style="list-style-type: none"> <li>Judge the value out of 2 standard deviations or 3 standard deviations from the average as outlier</li> </ul>
	Z-Score	<ul style="list-style-type: none"> <li>If the value obtained by dividing the difference between the observed value and the average value by the standard deviation is greater than or equal to 3, it is judged as outliers</li> </ul>
	Modified Z-Score	<ul style="list-style-type: none"> <li>If the Z value is 3.5 or more, using the median value instead of the average value, it is judged as outliers</li> </ul>
	Tukey's Method (Boxplot)	<ul style="list-style-type: none"> <li>The population is divided into quartiles(1 to 3 quartiles) and the range of outliers is determined using intervals</li> <li><math>[Q1-1.5(Q3-Q1), Q3+1.5(Q3-Q1)]</math></li> </ul>
	Adjusted Boxplot	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introduction of MC(Medcouple) concept to enable Boxplot method to be used in one-sided distribution</li> <li>Provides a stable value regardless of distribution, but has a large amount of computation</li> </ul>
	MAD <sub>E</sub> Method	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAD(Median Absolute Deviation) 2 multiples based on the median value, and data outside the range of 3 multiples are judged as outliers</li> </ul>
	Median Rule	<ul style="list-style-type: none"> <li>It is similar to the Tukey method and it is judged that the data out of 2.3 times of the interval between the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> quartile around the median is outliers</li> </ul>

이상치를 검증하는 방법으로 계산은 간단하지만 자료의 수와 왜곡도에 영향을 받지 쉬운 특성을 지닌 비정형 방법(Informal Test)이 적용될 수 있다(Bae, 2016).

정형·비정형 방법론의 종류 및 특성은 Table 1, Table 2와 같이 분류(Bae, 2016)될 수 있는데 수집되는 자료의 특성 등을 고려해서 최적의 방법론을 적용해야 할 것이다. 정형 방법론에서 정규분포 가정하에서 관측값과 평균값 차이를 표준편차로 나눈 값 중 큰 값을 순차적으로 삭제하면서 수렴 여부를 조사하는 Generalized ESD, 측정값을 t-분포로 가정하고 주어진 유의수준에 따라 t-검정거리의 역함수를 통해 임계값을 결정하는 Grubb's

test 등 4가지가 조사되었다. 비정형 방법론에서는 평균으로부터 2표준편차 또는 3표준편차 밖의 값을 이상치로 판단하는 SD Method, 관측값과 평균값 차이를 표준편차로 나눈 값이 '3' 이상일 경우 이상치로 판단하는 Z-Score 등 7가지 방법론이 조사되었다.

국내에서 최초로 기준서가 마련된 전기 및 증기 생산 시설과 폐기물처리시설의 경우 BAT-AEL을 설정할 때 다양한 이상치 방법론에 대하여 검토하였는데 그 결과를 Table 2에 제시하였다. BAT-AEL을 도출하기 위해 사용된 자료는 수질 TMS 및 CleanSYS 등 수질 및 대기오염물질 모니터링시스템에서 생산되는 자료를 이용

**Table 2.** Applied characteristics by methodology for ideal data filtering(◎ : very good, ○ : good, △ : moderate, × : poor)

Method	When the emission range is wide	Emission observations are biased to the left	Emission observations are biased to the right	Calculation amount	Remark
Percentile	△	◎	△	◎	
Grubb's Test (Modified Thompson Tau Test)	◎	○	◎	◎	Applies when there is a lot of data and large dispersion
SD(Standard Deviation) Method	△	◎	◎	◎	Applies when the number of data is small or dispersion is not large
Z-Score	△	◎	◎	◎	
Modified Z-Score	×	×	×	◎	
Tukey's Method (Boxplot)	×	△	○	◎	
Adjusted Boxplot	◎	○	○	×	
MAD <sub>E</sub> Method	△	×	×	◎	
Median Rule	△	×	×	◎	

하였으며 자료의 특성을 고려하여 이상치 검증방법의 평가요소로 자료의 양, 측정자료의 분포형태, 자료의 좌우 편향성 등을 고려하였다. 자료의 분포가 큰 경우 적절한 방법으로는 Grubb's Test와 Adjusted Boxplot 방법이 가장 적절하였으며, 자료의 좌 편향성에 대해서는 Percentile, SD, Z-Score방법이, 자료의 우 편향성에 대해서는 Grubb's Test, D, Z-Score방법이 적절하였으며, 자료가 방대할 경우는 대부분의 방법론에서 적용이 가능한 것으로 나타났다. 이들 평가요소들에 대한 종합적인 판단결과 정형적 방법 중에서 배출시설 분류체계 별로 50,000건 이상의 자료 구축이 가능하고 자료의 분포특성 파악이 용이한 Grub's Test 방법론이 가장 타당한 것으로 나타났다(MOE and NIER, 2016a).

전기 및 증기 생산시설과 폐기물 소각시설 이외 향후 2021년까지 시행되는 업종의 BAT-AEL 경우도 이상치 검정 방법 적용시에도 수집되는 자료 특성에 따라 필요한 경우는 적용방법을 상이하게 선정할 수도 있지만 가능한 통일된 방법론이 적용 되는게 바람직 할 것으로 판단된다.

3.2. BAT-AEL 설정 절차

3.1절에서 열거된 BAT-AEL 설정시 고려사항을 바

탕으로 BAT-AEL의 설정절차를 정리해 보면 그림 1과 같이 제시할 수 있다.

국내에서 운영하고 있는 해당 업종의 전체사업장을 대상으로 대기 및 수질 1~2종 사업장에 해당하는 통합관리사업장을 분류하고, 이들 통합관리사업장이 BAT를 적용하고 있는지를 우선적으로 파악해야 한다.

다음 절차로는 시설, 재정능력, 지역 특성 등 운영관리 여건과 지역 환경질의 보호 등이 사업장 마다 상이하므로 일반적으로 통용되는 BAT를 적용하고 있는지, 아니면 해당 사업장만을 고려할 때는 BAT에 해당될 수 있으나 해당 사업장에 한정하여 허가조건 등을 충족시키기 위해 도입된 BAT가 적용되고 있는지를 판단하여야 한다. 즉 특정 사업장에 한정되어 적용된 경우는 오염물질의 처리 수준이 매우 우수하기 때문에 일반적으로 통용되는 BAT가 아닌 경우는 제외되어야 할 것이다. Polder et al.(2012)의 연구에서도 일반적인 BAT 이상의 친환경적인 기술을 적용하여 오염물질의 배출농도가 매우 낮은 경우를 제외한 것도 같은 이유이다.

사업장과 BAT 적용성이 screen 되었다면 BAT-AEL 설정 절차 중에서 가장 중요하고 복잡한 것으로 판단되는 사업장 분류체계가 마련되어야 한다. 즉 사용연료,

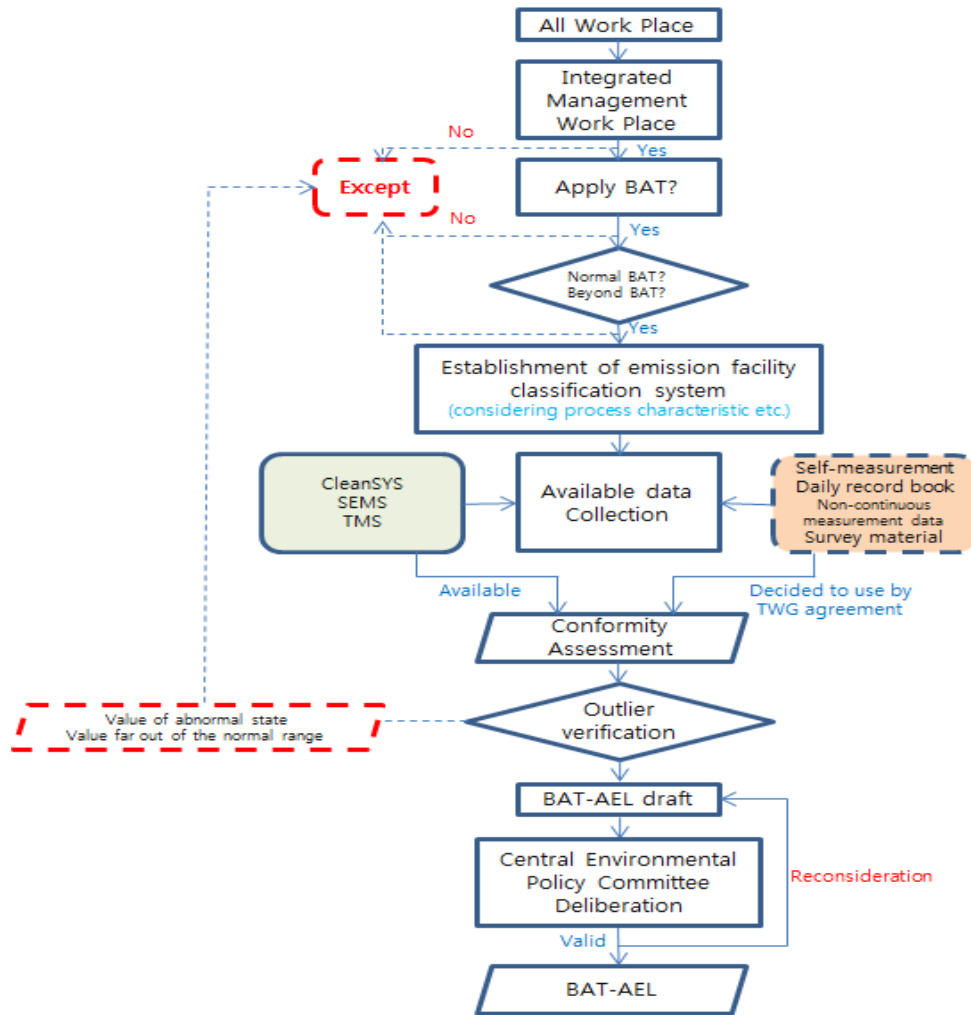


Fig. 1. BAT-AEL setup procedure.

설비용량, 설치시기, 투입물질의 종류 등 오염물질의 배출특성을 결정할 수 있는 업종별 시설의 특성 항목을 도출하여 분류하여야 한다.

분류체계가 마련되었다면 가용할 오염물질 배출수준에 대한 자료의 수집이 이루어져야 하는데 바로 사용가능한 경우와 업종별 기술작업반의 합의를 통해 사용여부를 결정해야 하는 경우로 나눌 수 있다. 전자의 경우는 수질 TMS, 대기의 경우는 CleanSYS, SEMS가 해당되고 후자의 경우는 자가측정자료, 일일기록부, 비연속측정자료, 사업장 설문조사 자료등이 해당 될 것이다. 가능한 신

뢰할 수 있는 많은 자료가 사용되는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

가용할 자료의 생성 source가 결정되었다면 각 source에서 생산된 data의 적합성 및 이상치의 검증이 이루어져야 한다. BAT-AEL 설정시에 사용되는 모든 자료는 시설이 정상적으로 운전되었을 때 생성되는 data이어야 하고 일반적인 배출수준을 크게 벗어나는 경우는 자료의 분포 등을 고려하여 적정수준으로 상·하한값을 설정해야 할 것이다.

자료의 적합성과 이상치의 검증이 완료되면 BAT-AEL



초안이 마련되는데 이 초안은 중앙환경정책위원회 통합 환경관리분과위원회에 상정되어 BAT-AEL 값에 대한 타당성을 심의 하게 된다. 심의 과정에서는 정책적 판단, 현재의 배출허용기준 등 다양한 측면에서의 검토가 이루어지게 된다. 상정된 BAT-AEL 값이 타당한 것으로 결론이 나면 최종적인 BAT-AEL 값이 마련되며 보완이 필요한 경우는 기술작업반으로 반려되어 재검토 한 후 다시 상정하게 된다.

#### 4. 결론

19개 통합관리 대상 업종별 BAT-AEL 설정을 위한 업종공통의 통일된 방법론의 규정이 필요하며 다만 오염물질 항목과 업종별 시설의 차이 등 시설 분류체계 마련 시에 업종간 차별적인 요소는 반영되어야 할 것이다.

BAT-AEL 설정시에는 오염물질 항목, 통합관리 대상 사업장, 일반적인 BAT의 적용 여부, 활용가능 기초자료 유형, 배출시설 분류체계, 수집자료의 적합성, 이상치 검정 등을 고려하여야 하며, 이중 업종의 특성과 오염물질의 배출 특성이 효과적으로 반영될 수 있도록 배출시설의 분류체계를 어떤식으로 마련하느냐가 가장 핵심적인 부분이다.

BAT-AEL 설정 절차는 우선적으로 통합관리 대상사업장이면서 일반적으로 적용가능한 BAT를 적용하고 있는 사업장으로 한정하고, 오염물질의 배출수준과 시설 특성을 반영할 수 있는 배출시설의 분류체계가 마련되어야 한다. 활용가능한 자료의 유형은 자료의 양이 충분하고 공인된 자료를 우선적으로 활용하고, 기타 자료는 업종별 기술작업반의 합의를 통해 활용여부를 결정해야 한다. 수집 가능한 다양한 자료가 활용될 수 있는 것이 바람직하며 사업장의 자가측정 자료 등 현재는 자료의 신뢰성이 확보되지 않은 것으로 판단되는 자료들도 장기적으로 활용될 필요가 있다. 이는 사업장의 자율환경관리를 추구하고 있는 통합환경관리제도의 취지를 고려할 때 바람직하며, 다만 선행조건으로는 사업장 및 측정대행기관의 정도관리와 숙련도 향상 등을 지속적으로 관리·감독하여 생산자료의 신뢰성이 확보하여야 할 것이다.

수집된 원시자료는 적절한 검증방법을 통해 가용할 수 있도록 이상치의 제외와 적합성이 검증되어야 하며 특별한 경우가 아니라면 수집된 자료 source가 동일하기

때문에 업종과 무관하게 동일한 방법론을 적용하는게 바람직할 것이다.

#### 감사의 글

본 논문은 발전 및 소각분야 최적가용기법 기준서 (BREF) 마련에 관한 연구(NIER-SP2014-122) 사업에 기반으로 작성되었음을 밝힙니다.

#### REFERENCES

- Bae, Y. J., 2016, Estimation of the BAT-AEL (presentation).
- European IPPC Bureau, 2013, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Large Combustion Plants.
- Korea Environment Corporation, 2014, Chimney monitoring system manual.
- MOE (Ministry of Environment), 2015, Act on integrated management of environmental pollution facilities.
- MOE (Ministry of Environment), 2016a, Enforcement decree of the act on integrated management of environmental pollution facilities.
- MOE (Ministry of Environment), 2016b, Enforcement rule of the act on integrated management of environmental pollution facilities.
- MOE (Ministry of Environment), 2017, Enforcement regulation of the atmospheric environmental conservation act.
- MOE (Ministry of Environment) · Korea Environment Corporation., 2012, Water quality TMS installation and operation manual.
- MOE (Ministry of Environment) · NIER (National Institute of Environmental Research), 2016a, Best available techniques reference on electricity and steam production facilities.
- MOE (Ministry of Environment) · NIER (National Institute of Environmental Research), 2016b, Best available techniques reference on waste treatment facility.
- MOE (Ministry of Environment) · NIER (National Institute of Environmental Research), 2016c, Compass of industrial environment management, publication of the best available techniques reference (press release).
- Park, J. H., 2017, Evaluation & Selection Cases and Methodology for Determination of Best Available

Techniques, J. Korea. Water environment, under review.

Polders, C., Abeele, L. V., Derden, A., Huybrechts, D., 2012, Methodology for determining emission levels associated with the best available techniques for industrial waste water, J. Cleaner Production, 29-30, 113-121.

- 
- 서경애, 국립환경과학원 연구원  
nnke02@korea.kr
  - 배연정, 서울대학교 그린에코공학연구소 기획조정실장  
baeyeonjung@sun.ac.kr
  - 박재홍, 국립환경과학원 연구사  
jhong02@korea.kr
  - 신동석, 국립환경과학원 연구관  
sds8488@korea.kr
  - 류덕희, 국립환경과학원 연구관  
dhrhew@korea.kr