

플리어스택 연소구간 발열량 시설관리기준

2024.3.19

대기환경보전법 시행규칙 [별표10의] (개정 '23.8.16)

- 연소구간 총발열량 기준 적용 대상 플레어스택
- 광학가스탐지카메라 모니터링 기준 적용 대상 플레어스택
- 한국 표준상태(0℃, 1기압) 플레어스택 연소구간 총발열량

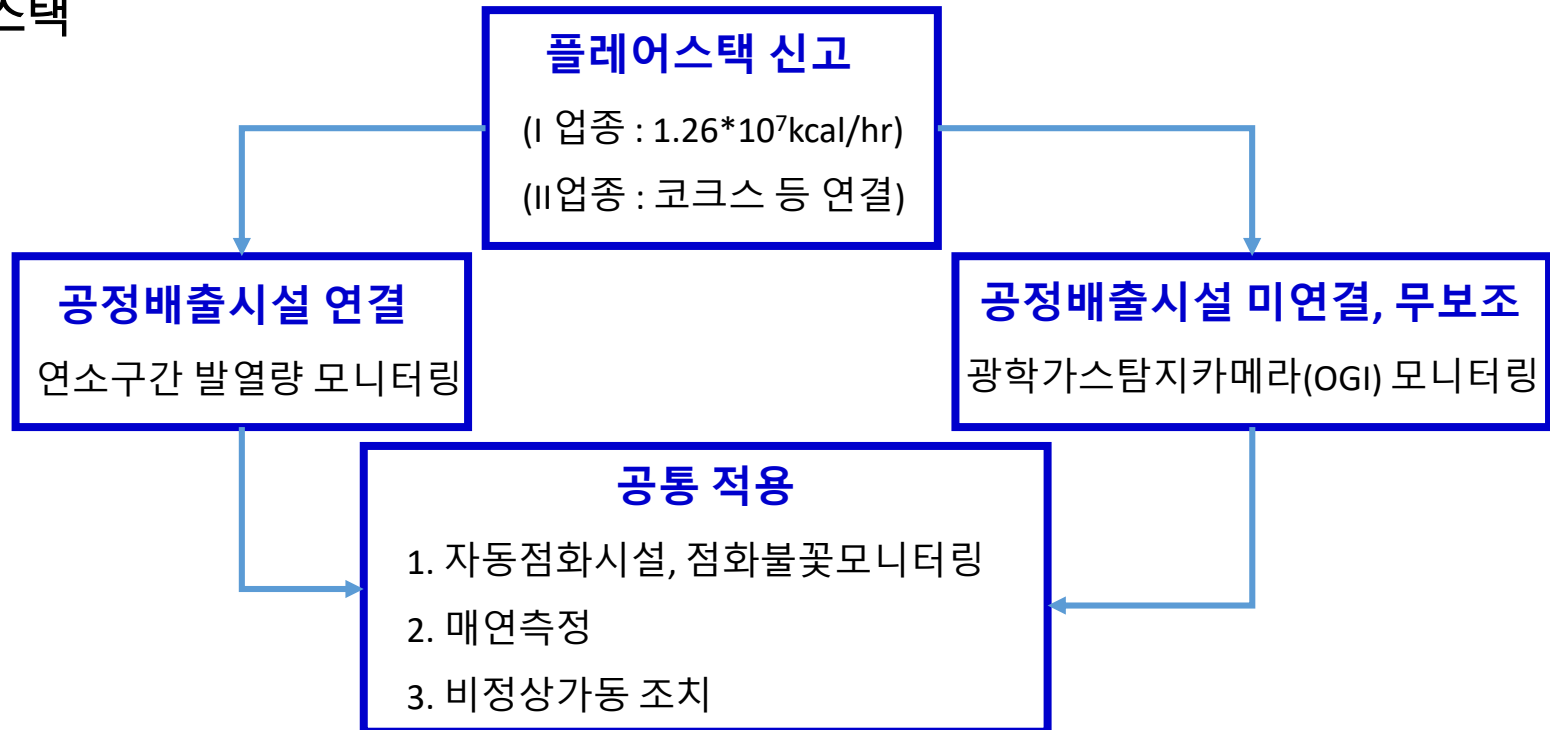
세부이행지침 주요 개정 사항 (개정 '23.12.22)

- 시설관리기준을 충족하지 못하는 상황(모니터링 장비 QA/QC)
- 관리대상물질 20종 발열량, 농도 단위(PPMv)
- 저장장치 정상/비정상 상태표시
- 데이터 수집 간격(5초)
- 운영기록부 작성 방법
- 연소구간 총발열량 산정 시 파일럿버너 투입연료 포함(선택사항)

연소구간 발열량 시설관리기준

□ 적용 대상

- (1업종) 관리대상물질 5wt% 이상 취급하는 공정배출시설과의 연결 여부와는 무관
하게 시설용량(flare load) 기준 $1.26 \times 10^7 \text{kcal/hr}$ (50 MMBTU/hr) 이상인 시설
- (2업종) 코크스로, 용광로, 전로, 전기로 등에서 배출되는 가스를 처리하는 플레어스택



연소구간 발열량 시설관리기준

4.1.2.3 연소구간 발열량 모니터링

「대기환경보전법」 시행규칙 별표 10의2 3. 업종별 시설관리기준 가. I 업종

배출시설	시 설 관 리 기 준
2) 플레어스택 (배출가스 연소탑)	다) 공정배출시설에 연결된 플레어스택[무보조방식(non assisted flare)은 제외한다]의 경우에는 관리대상물질을 98% 이상 저감하기 위해 다음 기준을 따라야 한다. (1) 플레어스택 연소구간의 총발열량은 스팀 보조방식(steam assisted flare) 및 혼합 공기 보조방식(premix air assisted flare)의 경우 <u>2,579kcal/Sm³(290BTU/Sft³) 이상</u>, ①번 연소용 공기 보조방식(perimeter air assisted flare)의 경우 <u>64kcal/Sm²(24BTU/Sft²)</u> 이상으로 관리해야 한다. (2) (1)에 따른 <u>플레어스택 연소구간의 총발열량은 대기오염공정시험기준에 따라</u> 스팀 유량(流量), 혼합공기 유량, 연소용 공기 유량, 배출가스 총발열량 및 유량을 상시 모니터링하여 측정해야한다. ②번 (3) (1) 및 (2)에 따른 플레어스택 연소구간의 총발열량 기준 준수 여부 및 모니터링 내용을 <u>매월 1회 운영기록부에 기록</u>해야 한다. ③번

□ 단, 기준 시행일('24.1.1.)부터 플레어스택 연소구간 발열량 기준 준수가 불가한 경우 관할 환경청장에게 '23.12.31.까지 협의를 요청하고 수리를 받아야 함. 사유에 대한 증빙과 함께 조치 완료 시점('26.12.31.이내)을 명기

□ ①번: 발열량 산정 (0℃, 1기압 기준)

〈표 4-11〉 스팀 및 혼합공기 보조방식 플레어스택의 연소구간 발열량 계산방법

$$\text{식 : } NHV_{cs} = \frac{Q_{vg} \times NHV_{vg}}{Q_{vg} + Q_s + Q_{a,premix}}$$

NHV_{cs} = 스팀 보조방식 및 혼합공기 보조방식 플레어스택 연소구간의 총발열량, kcal/Sm³

NHV_{vg} = 플레어스택 배출가스 총발열량, kcal/Sm³

Q_{vg} = 플레어스택 배출가스 적산유량값, Sm³

Q_s = 스팀 적산유량값, Sm³

$Q_{a,premix}$ = 혼합공기 적산유량값, Sm³

※ US Code of Regulation Title 40 Part 63 §63.670 Requirements for flare control devices

〈표 4-12〉 연소용공기 보조방식 플레어스택의 연소구간 발열량 계산방법

$$\text{식 : } NHV_{dil} = \frac{Q_{vg} \times Diam \times NHV_{vg}}{Q_{vg} + Q_s + Q_{a,premix} + Q_{a,perimeter}}$$

NHV_{dil} = 연소용공기 보조방식 플레어스택의 연소구간의 총발열량, kcal/Sm²

NHV_{vg} = 플레어스택 배출가스 총발열량, kcal/Sm³

$Diam$ = 플레어스택 상부 배출가스 배관 유효직경, $Diam = 2 \times \sqrt{Area/\pi}$, m

Q_{vg} = 플레어스택 배출가스 적산유량값, Sm³

Q_s = 스팀 적산유량값, Sm³

$Q_{a,premix}$ = 혼합공기 적산유량값, Sm³

$Q_{a,perimeter}$ = 연소용공기 적산유량값, Sm³

연소구간 발열량 시설관리기준

□ 연소구간 발열량 기준을 준수해야 하는 상황

- (GC, MS) 관리대상물질 20종 농도의 합이 50,000ppmv 이상, 15분 이상 배출 시
- (열량계) 플레어스택으로 배출되는 가스의 유량 측정 시

□ 연소구간 발열량 및 관리대상물질 20종 농도의 합 산정

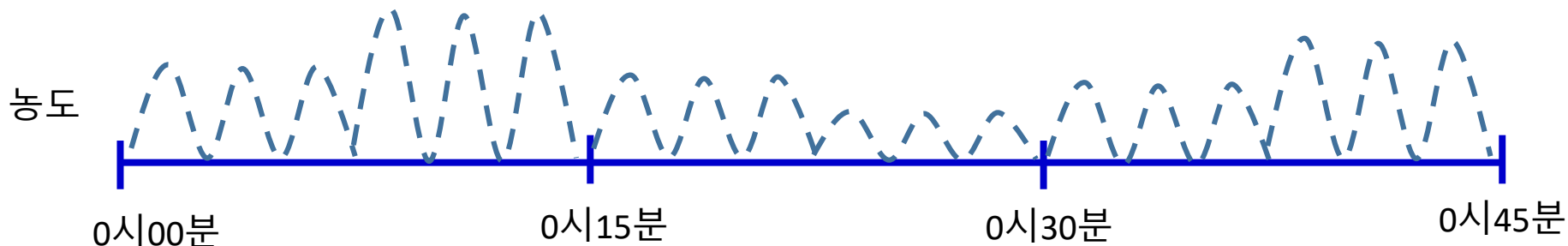
- 배출가스 발열량, 유량 및 보조인자 유량, 농도 등을 15분 단위로 결과값 산정
- 5초 단위로 농도값을 수집하여 15분 단위 구간에 산술평균값 적용
- 50,000ppm 배출 여부는 저장장치에 기록된 15분 단위 구간 산술평균값으로 판단

Data
Logger

구간(0시00분~0시14분59초)
평균 농도: 70,000 ppmv

구간(0시15분~0시29분59초)
평균 농도: 30,000 ppmv

구간(0시30분~0시59분59초)
평균 농도: 65,000 ppmv



□ ②번: 배출가스 발열량(NH_Vvg) 측정(0°C, 1기압 보정)

- 관리대상물질 배출여부 판단, 신속한 측정을 위해 한 종류 이상 설치 가능
 1. 질량분석법(ES 01526.1)
 2. 기체크로마토그래피법(ES 01526.2)
 3. 열량계법(ES 01526.3): 관리대상물질 배출 여부를 유량 측정 여부로만 판단

□ ②번: 유량(Q_{vg}, Q_s, Q_{primix} 등) 측정 (0°C, 1기압 보정)

- 「대기오염공정시험기준」 굴뚝연속자동측정기기 배출가스 유량(01919.1a) 적용
 1. 초음파 유속계
 2. 피토우관
 3. 열선 유속계
 4. 와류 유속계

※ 오리피스 유속계, 질량유량계 - 보조인자(스팀, 혼합공기, 연소용공기, 보조연료)

□ 데이터의 저장

- 측정결과(배출가스 발열량, 관리대상물질 농도, 유량, 보조인자 유량) 및 연소구간 발열량(0℃, 1atm 기준)을 5초 단위로 수집하고, 15분 측정결과를 저장장치(Data Logger, DCS 등)에 저장 => 15분 측정결과는 3년치 보관(매년 다운로드 권장)

□ 저장장치 수집데이터

1. 구간 시간(0시00분, 0시15분 등), 온도, 압력(저장장치에 기록된 값들이 온도, 압력이 보정되었음을 확인 할 수 있어야 함)
 2. 구간 별 적산유량(배출가스, 보조인자)
 3. 배출가스 발열량, 연소구간 총 발열량
 4. 관리대상물질 20종 개별 농도 및 합산 농도
 5. 상태 표시(동작불량, 교정(월 1회), 보수(45일 이내 조치), 전원단절, 정상)
- * 데이터 수집시간(5초)은 점검 시, 실시간 Log 등을 통해 확인할 수 있어야 함

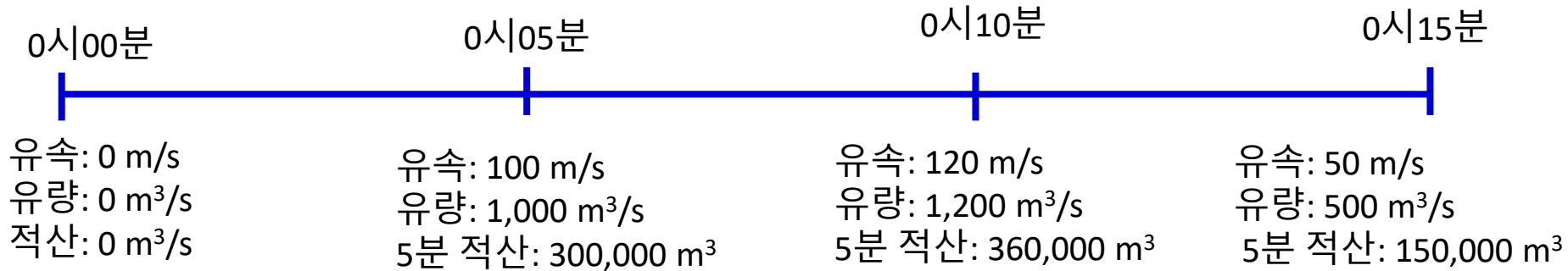
연소구간 발열량 시설관리기준

- 데이터를 5초 단위로 수집해야 하는 이유 => 수집 시간에 따라 적산유량 차이 발생
- 데이터 수집 간격이 다르면, 같은 조건에서 적산유량에 큰 차이 발생

예시 유량(m^3/s) = 유속(m/s) $\times$ 배관 면적(m^2) $\rightarrow$ 적산유량 = 유량(m^3/s) $\times$ 단위시간(Δt)

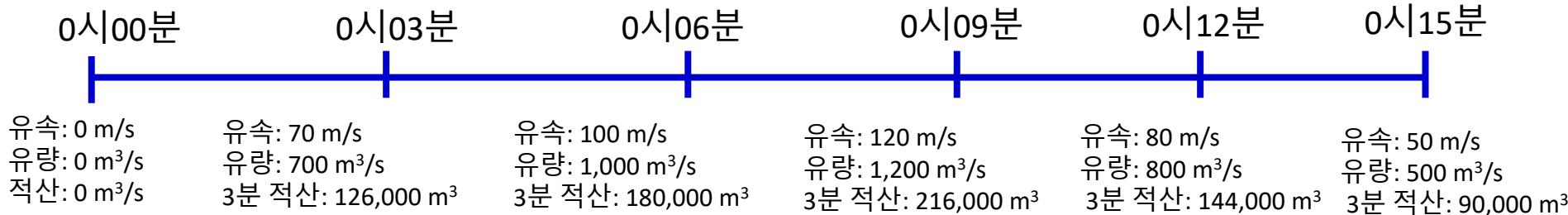
경우1: 유량을 5분 단위로 측정(가정: 배관 면적 10 m^2)

총 적산유량: $810,000 \text{ m}^3$



경우2: 유량을 3분 단위로 측정(가정: 배관 면적 10 m^2)

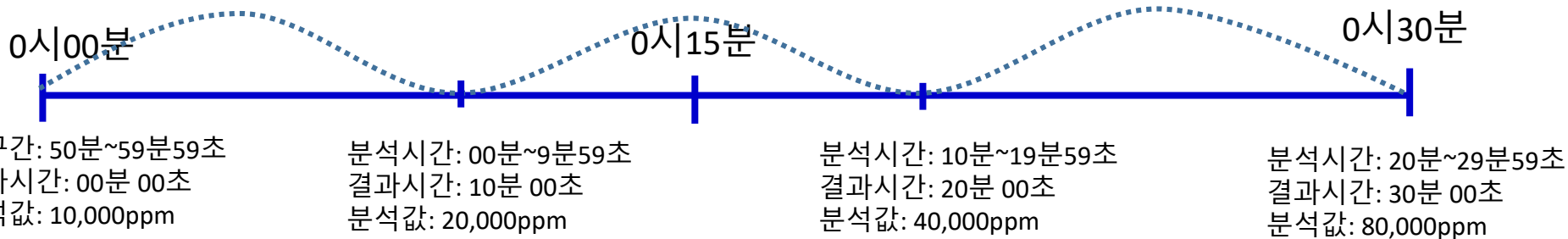
총 적산유량: $756,000 \text{ m}^3$



연소구간 발열량 시설관리기준

□ 데이터를 5초 단위로 수집해야 하는 이유 => 수집 시간에 따라 적산유량 차이 발생

예시 가스크로마토그래피(GC) 분석시간이 10분인 경우



경우1: 관리대상물질(20종) 농도를 10분 단위로 수집하여 평균값 계산

00분~14분59초 구간 평균 농도: 15,000ppm($10,000\text{ppm} \times 120\text{개} + 20,000\text{ppm} \times 60\text{개}$)/180개)

15분~29분59초 구간 평균 농도: 40,000ppm($40,000\text{ppm} \times 120\text{개}$)/120개)

경우2: 관리대상물질(20종) 농도를 5초 단위로 수집하여 평균값 계산

00분~14분59초 구간 평균 농도: 13,333ppm($10,000\text{ppm} \times 120\text{개} + 20,000\text{ppm} \times 60\text{개}$)/180개)

15분~29분59초 구간 평균 농도: 33,333ppm($20,000\text{ppm} \times 60\text{개} + 40,000\text{ppm} \times 120\text{개}$)/180개)

연소구간 발열량 시설관리기준

□ 운영기록부 작성

- 이벤트(50,000ppmv 이상) 여부와 상관없이 월 1회 작성, 배출일시 하단에 이벤트 횟수 작성(저장장치 기록과 일치해야 함)
- 이벤트 없는 경우: 해당 월 적산유량과 월평균 발열량 작성
(1월 작성 기간: 1월 1일 00시 00분 00초~1월 31일 23시 59분 59초)
- 이벤트 있는 경우: 이벤트 발생 일시 구간, 구간 적산유량, 발열량 별도 작성

〈표 4-1〉 플레어스택 연소구간 총발열량 운영기록부 작성예시

시설명	용량	배출가스 발생시설			배출 일시	스팀 유량	혼합 가스 유량	연소용 공기 유량	유입 가스 발열량	유입 가스 유량	연소 구간 발열량
		비산 배출시설	세부시설	주요 배출공정							
FT-1023 (스팀 보조방식)	3.5×10 ⁸ kcal/hr	플레어스택	플레어스택	분리시설 (D-1011)	24.1.1 ~1.31 (0회)	15,622 Sm ³	-	-	9,800 kcal/Sm ³	4,865 Sm ³	2,327 kcal/Sm ³
FT-1023 (스팀 보조방식)	3.5×10 ⁸ kcal/hr	플레어스택	플레어스택	분리시설 (D-1011)	24.2.11 12:15~ 12:29	7,352 Sm ³	-	-	13,200 kcal/Sm ³	2,935 Sm ³	3,766 kcal/Sm ³
FT-1023 (스팀 보조방식)	3.5×10 ⁸ kcal/hr	플레어스택	플레어스택	분리시설 (D-1011)	24.2.1 ~2.29 (1회)	23,352 Sm ³	-	-	10,000 kcal/Sm ³	8,867 Sm ³	2,840 kcal/Sm ³
FT-1023 (스팀 보조방식)	3.5×10 ⁸ kcal/hr	플레어스택	플레어스택	분리시설 (D-1011)	24.3.1 ~3.31 (0회)	14,503 Sm ³	-	-	9,700 kcal/Sm ³	4,754 Sm ³	2,395 kcal/Sm ³

매월 적산유량,
평균발열량 작성

저장장치에
50,000ppm 이상
기록된 구간 작성

연소구간 발열량
을 산정한 구간의
발열량 작성

연소구간 발열량 시설관리기준

□ 시설관리기준을 충족하지 못하는 상황

- 시설관리기준을 준수하는 **비산배출시설**에서 **시설개선·변경·점검·보수**(회수에 의한 시설, 공정배출가스 처리시설, **플레어스택만 해당**), 낙뢰 등 **천재지변**, **단전**, **화재**로 인해 제 성능을 유지하지 못하여 시설관리기준을 준수하지 못하게 되는 다음의 상황을 말하며, 결함 발생일로부터 **조치 완료일까지 시설관리기준 적용을 유예**
 1. 플레어스택이 비정상적으로 가동되거나 가동중지되는 경우
 2. 비산배출시설 모니터링 장치가 비정상적으로 작동되는 경우
- 교정을 위해 **공정시험기준에 따른 정도보증·정도관리(QA/QC)**를 하는 경우

〈표 3-1〉 결함발생 및 조치사항에 관한 운영기록사항 작성예시

비산배출시설	세부시설	주요 배출공정	결함 발생일	결함내용	조치내용	조치기간
공정배출시설	공정배출시설	분리공정 (D-1103)	2023.3.1	화재에 따른 방지시설 고장	방지시설 수리, THC 측정 (결과 40ppm)	•조 치 : 3.1~3.25 •재확인 : 3.25~3.30
플레어스택	플레어스택	정유공정	2023.4.1	낙뢰로 인한 단전으로 매연 발생	전력계통 복구, (정상가동 확인)	•조 치 : 4.1~4.2 •재확인 : 4.2
플레어스택	플레어스택	정유공정	2023.5.1	발열량 측정기 정도관리	교정 완료	•조 치 : 5.1 11:00~15:59 •재확인 : 5.2 16:00~17:59

결함발생일로부터
45일 이내 조치 완료,
30일 이내 재확인

□ 그 외 플레어스택 모니터링 장치가 비정상인 경우

- 모니터링 장치: OGI카메라, GC, MS, 발열량계, 유량계, 저장장치
- 운영기록부 “결함발생 및 조치사항에 관한 운영기록사항”에 작성
- 관할 환경청에 “결함발생일”로부터 48시간 내(주말, 공휴일 제외) 개선계획 제출
(포함 내용: 결함발생일, 결함내용, 조치계획, 조치기간(45일 이내), 조치완료일)
- 환경청에 연간점검보고서 제출 시, 운영기록부 및 증빙자료(수리확인서 등) 제출

감사합니다

본 자료의 저작권은 환경부, 한국환경공단에 귀속되어 있으므로,
무단 복제·배포를 금지합니다.

