

굴뚝 오염도 측정시설 안전 가이드

2025



환경부



한국환경공단

목 차

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 제1장 일반사항 | 1 |
| 1. 목적 | 1 |
| 2. 배경 및 필요성 | 1 |
| 3. 대상 및 범위 | 1 |
| 제2장 굴뚝 측정 개요 | 2 |
| 1. 개요 | 2 |
| 2. 굴뚝 측정시설 현황 | 3 |
| 3. 굴뚝 오염도 측정 절차 | 4 |
| 4. 대기오염물질 종류 및 구분 | 5 |
| 제3장 굴뚝 오염도 측정 안전 실태조사 | 6 |
| 1. 굴뚝 오염도 측정자 대상 위험사례 조사 | 6 |
| 2. 굴뚝 오염도 측정 위험사례 | 7 |
| 3. 굴뚝 오염도 측정 안전 개선 의견 | 8 |
| 제4장 굴뚝 오염도 측정시설 안전 가이드 | 9 |
| 1. 굴뚝 측정 안전 점검 사항 | 9 |
| 2. 굴뚝 측정 시설안전 가이드 요약 | 10 |
| 2.1. 승강설비 | 11 |
| 2.2. 운반설비 | 12 |
| 2.3. 작업공간 | 13 |
| 2.4. 측정공 | 15 |
| 2.5. 굴뚝 오염도 측정시설 안전 점검표 작성예시 | 16 |
| 제5장 굴뚝 측정 관련 기준 | 17 |
| 1. 국내 기준 | 17 |
| 2. 국외 기준 | 17 |
| 3. 굴뚝 측정시설 안전 세부 기준 사례 | 18 |
| 부 록 | 26 |
| 참고문헌 | 31 |

I.

일반사항**1. 목적**

이 가이드는 환경오염시설의 통합관리에 관한 법률(이하 “환경오염시설법”) 및 대기환경보전법(이하 “대기법”이라 한다)에 명시된 대기배출시설의 오염물질 측정시설 안전관리 및 운영을 위한 구체적인 안전 기준을 제공함으로써, 측정자의 안전한 환경을 보장하는 것을 목적으로 한다.

2. 배경 및 필요성

대기오염물질의 관리를 위해 굴뚝 현장 업무를 수행하는 인원은 환경부, 시·도 보건환경연구원 등 정부기관 및 한국환경공단을 포함한 법정기관 약 500명 이상으로 다양한 분야(Cleansys, POPs, 측정기기 정도검사 등)에서 업무를 수행중에 있으며, 대기측정대행업 322개 사업자 약 3,500명과 통합환경관리 사업장 환경기술인 및 굴뚝연속자동측정기 유지보수 담당자를 포함 약 1,000명을 포함하여 최소 5,000명 이상의 관련자가 업무를 수행하고 있다. 그러나 굴뚝 측정 시설 안전을 확보할 수 있는 제도적 장치가 부족하여 위험도를 낮추기 위한 안전 기준 마련이 시급한 상황이다.

대기오염물질 자가측정 및 측정시설 유지보수 등은 사업자 대부분이 대행업체를 통해 위탁 운영하고 있고 굴뚝 측정시설 안전에 대한 법적책임과 의무에 대한 강제력이 부족하고 측정 시설에 대한 위험도를 인지하더라도 개선이 어려운 상태이다. 중대재해 처벌 등에 관한 법률 시행에 따라 국내 산업 전반에 대한 안전 기준이 강화되고 있어서 환경 측정 분야에서도 측정시설 안전 기준이 마련되어 측정자의 안전이 담보되어야 한다.

3. 대상 및 범위

환경오염시설법 제13조에 따른 오염도 측정시설, 대기법 제23조제1항부터제3항까지의 규정에 따른 대상 시설 및 동법 시행령 제11조의 규정에 의한 대기오염물질 배출시설에 대하여 동법 제39조에 따라 자가측정 하거나 동법 제16조에 따른 측정대행업자에게 측정하는 시설, 잔류성오염물질관리법 제19조, 악취방지법 등 굴뚝 측정 시설을 대상으로 한다.

II. 굴뚝 측정 개요

1. 개요 (용어정의)

- 가. “대기오염물질” 대기법 제2조1항 대기 중에 존재하는 물질 중 제7조에 따른 심사·평가 결과 대기오염의 원인으로 인정된 가스·입자상물질로서 환경부령으로 정하는 것
- 나. “대기오염공정시험기준” 환경분야 시험·검사에 등에 관한 법률(이하 환경시험검사법) 제6조① 환경부장관은 환경오염물질, 환경오염상태, 유해성 등의 측정·분석·평가 등의 통일성 및 정확성을 도모하기 위하여 다음 각 호의 분야에 대한 환경오염공정시험기준(이하 “공정시험기준”이라 한다)을 정하여 고시한 규정
- 다. “자기측정” 대기법 제39조1항 사업자가 그 배출시설을 운영할 때에는 나오는 오염 물질을 자기측정하거나 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제16조에 따른 측정대행업자에게 측정하여 그 결과를 사실대로 기록하고, 보존하는 것
- 라. “오염도 측정” 환경오염시설법 제13조에 따라 배출시설등 및 방지시설의 가동상태를 점검하고 배출되는 오염물질등을 측정하여 다음 각 호의 사항을 확인하는 것
 (가) 해당 배출시설등에서 허가배출기준 이하로 오염물질등이 배출되는지 여부
 (나) 해당 배출시설등에서 제6조에 따른 허가 또는 변경허가나 변경신고된 사항 외의 오염물질등이 배출되는지 여부
- 마. “잔류성오염물질 측정” 잔류법 및 환경오염시설법에 따라 배출시설의 오염물질을 측정하는 전반의 과정
- 바. “배출구 악취 측정” 악취방지법 및 환경오염시설법에 따라 대기배출시설의 악취를 측정하는 전반의 과정
- 사. “굴뚝TMS(CleanSYS) 신뢰성 시험” 굴뚝 TMS 신규부착 또는 개선(교체 및 보완)하는 경우에 측정기기의 적정 부착여부 확인 및 관제센터와 사업장간 자료 전송의 적합성 등에 대한 시험을 실시하여 자동측정자료의 신뢰성을 확보하는 전반의 과정
- 아. “굴뚝연속자동측정기기 정도검사” 대기법, 환경시험검사법, 환경부 고시에 따라 TMS의 측정 데이터가 정확성·재현성·신뢰성을 갖추었는지 비교측정을 통한 적합성 여부 확인하는 전반의 과정

2. 굴뚝 측정시설 현황 (전국 1, 2종 사업장 CleanSYS 부착시설 '24.12월 기준)

가. 측정지점 높이

| 구분 | 측정지점 높이 (m) | | | | | | 계 |
|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 10 미만 | 10~20 | 20~30 | 30~40 | 40 이상 | 정보없음 | |
| 시설 수(개) | 677 | 895 | 447 | 366 | 445 | 760 | 3,590 |
| 백분율(%) | 19 | 25 | 12 | 10 | 12 | 21 | 100 |

나. 굴뚝 직경

| 구분 | 굴뚝 직경 (m) | | | | | | 계 |
|---------|-----------|-------|-----|-----|------|-------|-------|
| | 1 미만 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4 이상 | 정보 없음 | |
| 시설 수(개) | 505 | 1,625 | 526 | 331 | 570 | 33 | 3,590 |
| 백분율(%) | 14 | 45 | 15 | 9 | 16 | 1 | 100 |

다. 승강설비 구조

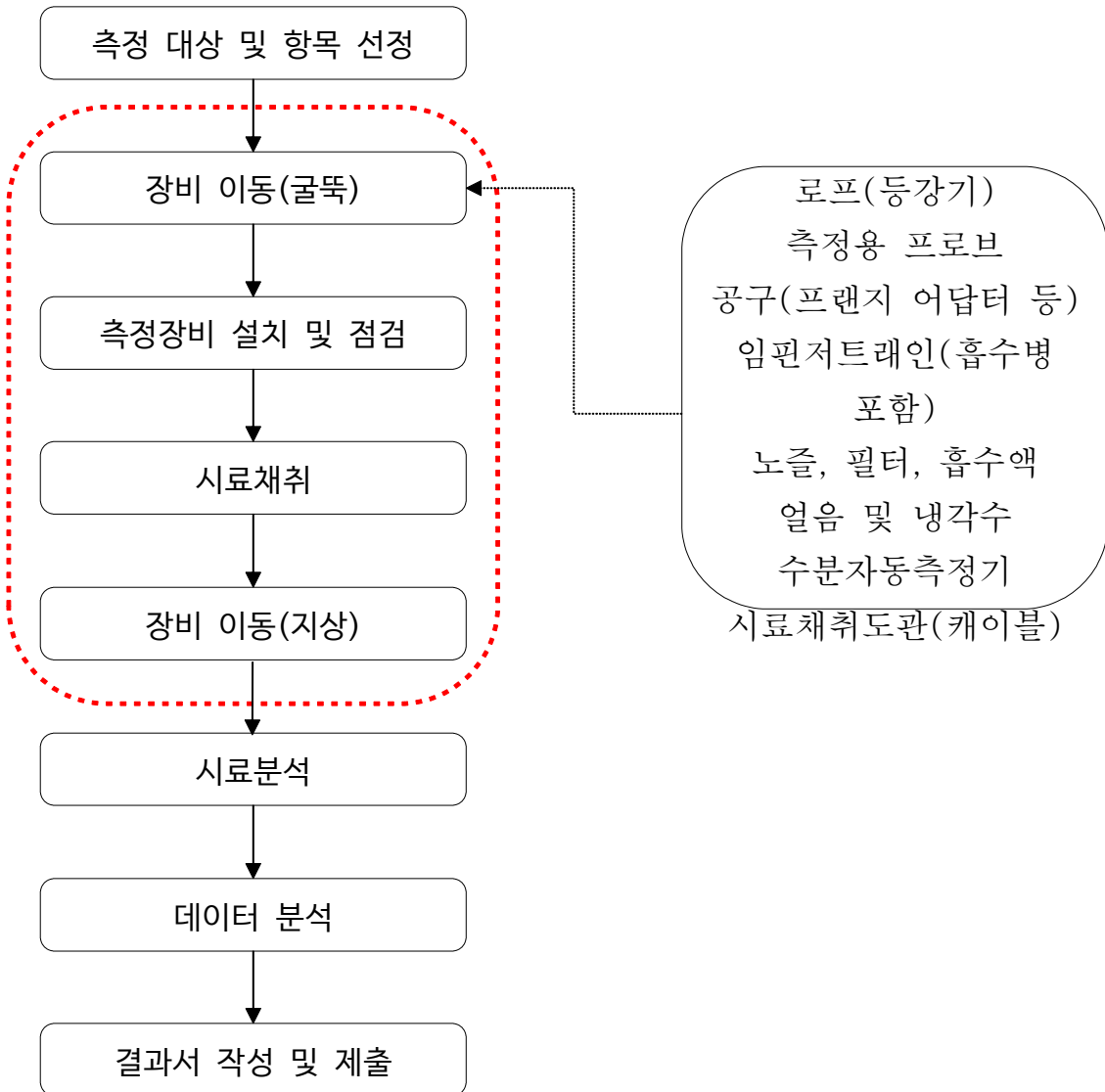
| 구분 | 승강설비 구조 | | | | 합계 |
|---------|---------|---------|-------|--|-------|
| | 수직(사다리) | 헬리컬(계단) | 정보 없음 | | |
| 시설 수(개) | 883 | 1,765 | 942 | | 3,590 |
| 백분율(%) | 25 | 49 | 26 | | 100 |

라. 측정 작업대 폭

| 구분 | 굴뚝 작업대 폭 (m) | | | | | | 합계 |
|---------|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | 1 미만 | 1~1.5 | 1.5~2 | 2~2.5 | 2.5 이상 | 정보 없음 | |
| 시설 수(개) | 318 | 1,251 | 658 | 270 | 115 | 978 | 3,590 |
| 백분율(%) | 9 | 35 | 18 | 8 | 3 | 27 | 100 |

3. 굴뚝 오염도 측정 절차

굴뚝 대기배출구에서 오염도 측정은 다음과 같은 절차로 진행된다



4. 대기오염물질 종류 및 구분

| 구분 | 일반대기오염물질 | 공정 시험 | 허용 기준 | 구분 | 특정대기유해물질 | 공정 시험 | 허용 기준 |
|----|------------------|-------|-------|----|--------------|-------|-------|
| 1 | 입상물질(먼지 비산먼지 매연) | ○ | ○ | 1 | 카드뮴 및 그 화합물 | ○ | ○ |
| 2 | 브롬 및 그 화합물 | ○ | ○ | 2 | 시안화수소 | ○ | ○ |
| 3 | 아연 및 그 화합물 | ○ | ○ | 3 | 납 및 그 화합물 | ○ | ○ |
| 4 | 일산화탄소 | ○ | ○ | 4 | 크롬 및 그 화합물 | ○ | ○ |
| 5 | 암모니아 | ○ | ○ | 5 | 비소 및 그 화합물 | ○ | ○ |
| 6 | 질소산화물 | ○ | ○ | 6 | 수은 및 그 화합물 | ○ | ○ |
| 7 | 황산화물 | ○ | ○ | 7 | 염소 및 그 화합물 | ○ | ○ |
| 8 | 황화수소 | ○ | ○ | 8 | 불소화물 | ○ | ○ |
| 9 | 이황화탄소 | ○ | ○ | 9 | 니켈 및 그 화합물 | ○ | ○ |
| 10 | 탄화수소 | ○ | ○ | 10 | 염화비닐 | ○ | ○ |
| 11 | 구리 및 그 화합물 | ○ | ○ | 11 | 페놀 및 그 화합물 | ○ | ○ |
| 12 | 아크롤레인 | ○ | | 12 | 벤젠 | ○ | ○ |
| 13 | 아세트산 비닐 | ○ | | 13 | 포름알데히드 | ○ | ○ |
| 14 | 비스(2-에틸헥실)프탈레이트 | ○ | | 14 | 1,3-부타디엔 | ○ | ○ |
| 15 | 디메틸포름아미드 | ○ | | 15 | 디클로로메탄 | ○ | ○ |
| 16 | 알루미늄 및 그 화합물 | | | 16 | 트리클로로에틸렌 | ○ | ○ |
| 17 | 바나듐 및 그 화합물 | | | 17 | 테트라클로로에틸렌 | ○ | ○ |
| 18 | 망간화합물 | | | 18 | 다환 방향족 탄화수소류 | ○ | ○ |
| 19 | 철 및 그 화합물 | | | 19 | 1,2-디클로로에탄 | ○ | ○ |
| 20 | 셀렌 및 그 화합물 | | | 20 | 클로로포름 | ○ | ○ |
| 21 | 안티몬 및 그 화합물 | | | 21 | 아크릴로니트릴 | ○ | ○ |
| 22 | 주석 및 그 화합물 | | | 22 | 스틸렌 | ○ | ○ |
| 23 | 텔루륨 및 그 화합물 | | | 23 | 에틸벤젠 | ○ | ○ |
| 24 | 바륨 및 그 화합물 | | | 24 | 사염화탄소 | ○ | ○ |
| 25 | 황화메틸 | | | 25 | 이황화메틸 | ○ | ○ |
| 26 | 메르캅탄류 | | | 26 | 아닐린 | ○ | ○ |
| 27 | 아민류 | | | 27 | 아세트알데히드 | ○ | ○ |
| 28 | 인 및 그 화합물 | | | 28 | 벤지딘 | ○ | ○ |
| 29 | 붕소화합물 | | | 29 | 히드라진 | ○ | ○ |
| | | | | 30 | 프로필렌옥사이드 | ○ | ○ |
| | | | | 31 | 베릴륨 및 그 화합물 | ○ | ○ |
| | | | | 32 | 에틸렌옥사이드 | ○ | ○ |
| | | | | 33 | 석면 | ○ | |
| | | | | 34 | 다이옥신_간류법 | ○ | ○ |
| | | | | 35 | 폴리염화비페닐_간류법 | ○ | ○ |

Ⅲ.

굴뚝 측정시설 안전 실태조사

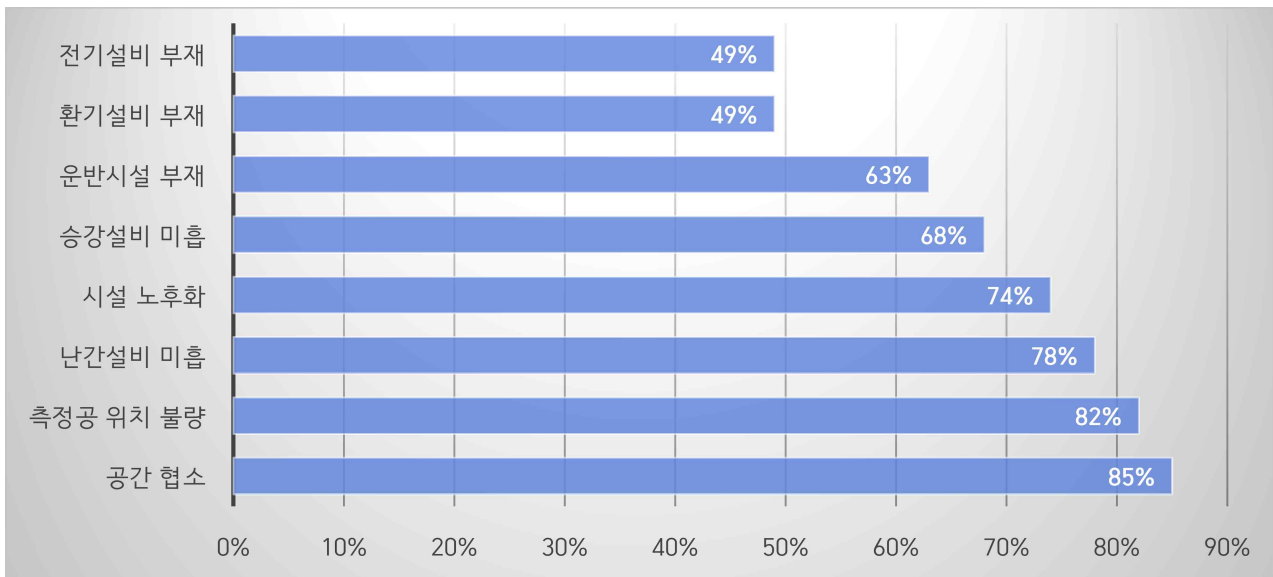
1. 굴뚝 오염도 측정자 대상 위험사례 조사

가. 대상: 대기측정대행업 인원(820명)

나. 기간: '24. 6 ~ 10월

다. 내용: 굴뚝 측정업무시 안전 취약 사례

| 위험 요소 | 유형별 위험 | 경험(응답자) |
|-----------|-----------------------|---------|
| 일반 공간적 위험 | 협소한 작업환경 | 680 |
| | 난간 설비의 미흡 | 624 |
| | 환기설비가 없는 실내구조 | 392 |
| | 시설 노후화 | 592 |
| 굴뚝 물리적 위험 | 승강설비의 안전보조설비 미흡 | 544 |
| | 운반설비의 부재 | 504 |
| | 측정공 위치 불량 또는 개수 부족 | 656 |
| | 전기설비(콘센트)의 부재 또는 접지불량 | 392 |



2. 굴뚝 오염도 측정 위험 사례

승강설비 미흡



수직사다리 안전장치(등받이용 및 추락방지장치) 부재

난간설비 미흡



측정자의 안전을 고려하지 않은 배출구 위치

작업공간 협소



측정장비를 설치할 수 없는 협소한 작업 공간

측정 안전 위험



물품 추락 방지 부재 및 측정자의 안전을 고려하지 않은 측정공 위치

시설 노후화



부식 방치 등 측정 시설 관리 미흡

환기시설 부재



실내시설 측정시 호흡곤란 등 하절기 위험성

3. 굴뚝 오염도 측정 안전 개선 의견

- 가. 승강설비: 계단형 설치, 수직사다리 안전장치(안전블록, 등받이 울) 필요
- 나. 운반설비: 측정장비 이송용 도르래 거치대, 호이스트 설치 필요
- 다. 작업공간: 굴뚝 직경 대비 충분한 공간 확보(난간 및 바닥망 보강 등)
- 라. 측 정 공: 공정시험기준 고려 높이 표준화 및 여유측정공 확보
- 마. 기 타: 실내 측정시설 환기 설비 설치 등

IV.

굴뚝 오염도 측정시설 안전 가이드

1. 굴뚝 측정 안전 점검 사항

가. 구조물 안전 점검

- (1) 굴뚝, 작업 플랫폼, 사다리 등의 구조적 안전성을 사전에 점검
- (2) 부식, 균열, 변형 등 위험 요소를 확인하고 필요한 경우 보수 작업을 진행

나. 고소 작업 장비 점검

- (1) 안전난간, 안전벨트, 안전로프 등 고소 작업용 장비의 상태 점검
- (2) 장비의 내구성과 고정 상태를 확인하여 추락사고 방지

다. 작업 플랫폼 안전 확보

- (1) 작업 플랫폼의 하중 한계를 확인하고, 작업자와 장비의 무게를 고려
- (2) 미끄러짐 방지를 위해 플랫폼 표면을 정리하고 안전망을 설치

라. 날씨 및 환경 조건 확인

- (1) 강풍, 비, 눈 등 악천후 시 작업을 중단하고 작업중 기상변화를 모니터링
- (2) 고소 작업시 바람의 영향을 최소화하기 위해 안전로프를 이중으로 고정

마. 비상 대피 계획 수립

- (1) 고소 작업 중 비상상황(추락 등)에 대한 대피 경로와 방법을 사전에 숙지
- (2) 비상용 장비(구출용 로프, 무전기 등)를 준비하고 작업 팀 간의 소통 체계 확립

바. 개인 보호 장비(PPE) 착용

- (1) 고소 작업자에게 안전모, 안전벨트, 안전로프, 안전화 등 필수 착용
- (2) 추가로 고소 작업용 하네스(Harness)를 사용하여 추락방지 시스템을 구축

사. 작업 전 안전 교육 및 팀 구성

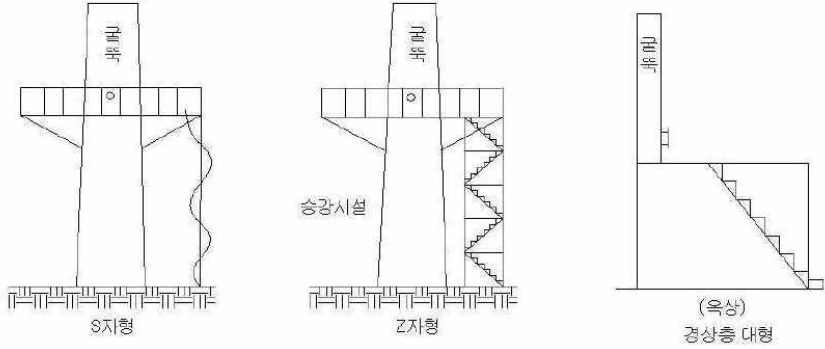



- (1) 작업자에게 고소 작업의 위험성, 안전 절차, 비상 대응 방법을 교육
- (2) 최소 2인 이상의 팀을 구성하여 상호 감시 및 응급 상황 대비

2. 굴뚝 오염도 측정시설 안전 가이드 요약

| 구분 | 내용 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|---|-----------|-------|------|----|-----------|--|--|---------|------|------|------|------|------|---------|-------|---------|-------|
| 승강설비 | <ul style="list-style-type: none"> - 대기오염공정시험기준 ES 01114.c에 따른 계단 형식으로 설치 - 수직사다리(2.5m 이상)의 경우, 등받이 울과 추락방지(안전블록 등)장치를 설치 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 운반설비 | <ul style="list-style-type: none"> - 지상에서 측정공까지 10 m 이상인 시설은 도르래 거치대 설치 - 지상에서 측정공까지 25 m 이상인 시설은 호이스트 설치 - 운반설비는 최소 150 kg 이상의 하중을 견디는 견고한 구조 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 작업 공간 | 크기 | <ul style="list-style-type: none"> - 작업대 크기는 굴뚝 직경을 고려하여 다음과 같이 설치 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제186조에 따라 견고한 구조로 설치 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="3">굴뚝 직경(2R)</th> <th>(단위: m)</th> </tr> <tr> <th>2 이하</th> <th>4 이하</th> <th>6 이하</th> <th>6 초과</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>길이×폭</td> <td>1.5 × 2</td> <td>2 × 2</td> <td>2.5 × 2</td> <td>3 × 2</td> </tr> </tbody> </table> | | | | 구분 | 굴뚝 직경(2R) | | | (단위: m) | 2 이하 | 4 이하 | 6 이하 | 6 초과 | 길이×폭 | 1.5 × 2 | 2 × 2 | 2.5 × 2 | 3 × 2 |
| | | 구분 | 굴뚝 직경(2R) | | | | (단위: m) | | | | | | | | | | | | |
| | 2 이하 | | 4 이하 | 6 이하 | 6 초과 | | | | | | | | | | | | | | |
| 길이×폭 | 1.5 × 2 | 2 × 2 | 2.5 × 2 | 3 × 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 바닥 | <ul style="list-style-type: none"> - 작업대의 바닥은 낙하물 방지를 위하여 철판 또는 망보강 - 철판은 미끄럼 방지 기능이 있는 형태로 설치 - 그레이팅 구조물은 1 cm × 1 cm 이하의 격자망으로 보강 - 측정공을 중심(좌·우 1.5 m)으로 작업공간 최소 폭 3 m 구간 보강 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 난간 | <ul style="list-style-type: none"> - 난간대 최상단 높이는 120 cm 이하로 하고 중간 난간대를 필수로 설치 - 난간대 높이의 1/2 까지 2 cm × 2 cm 이하 격자망을 설치 - 측정공을 중심(좌·우 1.5 m)으로 작업공간 최소 폭 3 m 구간 보강 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 측정공 | <ul style="list-style-type: none"> - 작업대 바닥면에서 측정공 중심까지 높이 1 m ~ 1.5 m 이내로 설치 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 검증을 위한 여유 측정공 확보 (측정공 기준 90° 또는 180° 지점) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 기타 | <ul style="list-style-type: none"> - 실내 측정시설 환기설비 설치 등 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

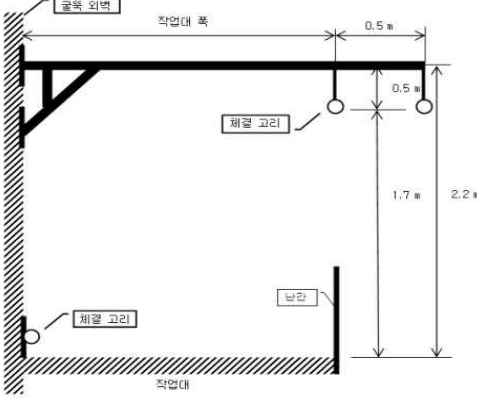
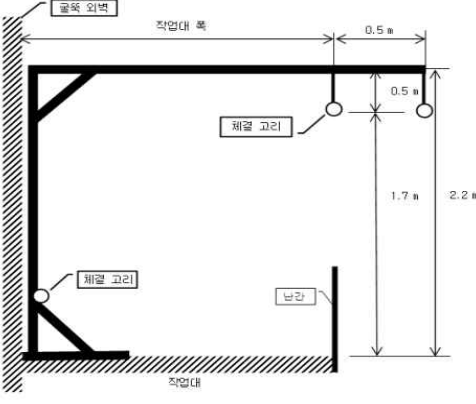
2.1. 승강설비

승강시설은 대기오염공정시험기준에 따른 계단 형식으로 설치한다. 다만, 계단 설치가 불가능한 시설의 경우 수직사다리의 등반이 울과 추락방지장치를 설치하여 측정자의 안전을 확보하여야 한다.

| 구 분 | 내 용 | | |
|-------------|---|--|--|
| 가이드 | - 공정시험기준 ES 01112.d 에 따른 계단 형식으로 설치 - 수직사다리(2.5m 이상)의 경우, 등반이울과 추락방지 장치(안전블록 등)를 설치 | | |
| 승강시설 구조(예시) |  <p style="text-align: center;">(대기오염공정시험기준)</p> | | |
| 수직사다리 안전장치 | 1형(예시) | 2형(예시) | 3형(예시) |
| |  <p style="text-align: center;">일체형 추락방지장치</p> |  <p style="text-align: center;">고정식 와이어 구조형</p> |  <p style="text-align: center;">로프형 추락방지 장치</p> |
| 관련근거 | 1) 대기오염공정시험기준 ES 01114.c 2) 대기 배출구 시료채취 안전관리 가이드라인 3) 산업안전보건규칙 | | |

2.2. 운반설비

지상에서 측정공까지 높이를 기준으로 10m 이상 시설은 도르래 거치대를 설치하고 25m 이상인 시설은 호이스트를 설치하여 측정장비 설치 시 안전을 확보한다.

| 구 분 | 내 용 | |
|---|--|---|
| 가이드 | <ul style="list-style-type: none"> - (지상에서 측정공까지 10m 이상 시설) 도르래 거치대 설치 - (지상에서 측정공까지 25m 이상 시설) 호이스트 설치 - 운반설비는 최소 150 kg 이상의 하중을 견디는 견고한 구조 | |
| 그림 예시 | 1형(예시) | 2형(예시) |
| | 1형(와이어형) | 2형(체인형) |
| | <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; margin-bottom: 10px;">도르래 거치대</div>  </div> | <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; margin-bottom: 10px;">도르래 거치대</div>  </div> |
| | | |
| <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; margin-bottom: 10px;">관련근거</div> <ol style="list-style-type: none"> 1) 대기오염공정시험기준 2) 굴뚝 원격감시체계 업무편람 3) Technical Guidance Note 4) Risk Assessment Guide: Industrial-emission monitoring </div> | | |

2.3. 작업공간

(1) 작업대 크기

작업대 크기는 배출시설 굴뚝 직경에 따라 다음과 같은 크기로 설치하고 산업안전보건기준에 관한 규칙 제186조에 따라 견고한 구조로 설치한다.

| 구 분 | 내 용 | | | | |
|-------|--|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 가이드 | - 작업대 폭은 최소 2 m 이상, 길이는 굴뚝 직경을 고려하여 설치 - 작업대 정격하중(안전율 5 이상) 만족하도록 설치 | | | | |
| | 구분 | 굴뚝 직경(2R) | | | |
| | 길이×폭 | 2 m 이하 | 4 m 이하 | 6 m 이하 | 6 m 초과 |
| | | 1.5 m × 2 m | 2 m × 2 m | 2.5 m × 2 m | 3 m × 2 m |
| 그림 예시 | | | | | |
| 관련근거 | 1) 대기오염공정시험기준 2) 대기 배출구 시료채취 안전관리 가이드라인 3) 굴뚝 원격감시체계 업무편람 4) Technical Guidance Note 5) Guidance Note on Site Safety Requirements for Air Emissions Monitoring 6) Risk Assessment Guide: Industrial-emission monitoring | | | | |

(2) 바닥망 및 난간망

굴뚝 오염도 측정시 물품 낙하 또는 구조물 파손 예방을 위해 바닥망과 난간망은 다음과 같이 설치하고 주기적으로 안전하게 관리하여야 한다.

| 구 분 | | 내 용 |
|------------------|---|--|
| 가 이 드 | 바 닥 망 | <ul style="list-style-type: none"> - 미끄럼 방지 기능이 있는 철판 또는 망형태로 보강함 - 그레이팅은 1 cm × 1 cm 이하의 격자망 구조로 보강함 - 설치 구간은 측정공을 중심(좌우 1.5 m)으로 폭 3 m 구간으로 함 - 발판 하중에 문제가 없는 견고한 재질의 구조물로 함 |
| | 난 간 망 | <ul style="list-style-type: none"> - 난간대 최상단의 높이는 120 cm 이하로 하고 중단 난간대를 필수로 설치 - 안전대 높이의 1/2 까지 2 cm × 2 cm 이하 격자망 구조로 설치 - 설치 구간은 측정공을 중심(좌우 1.5 m)으로 폭 3 m 구간으로 함 - 안전망의 재질은 금속 또는 합성섬유 그물망 형태 등 견고한 재질로 함 |
| 그 림 예 시 | | |
| 관 련 근 거 | <ol style="list-style-type: none"> 1) 대기 배출구 시료채취 안전관리 가이드라인 2) 산업안전보건기준에 관한 규칙 3) 낙하물 방지망 설치 지침 4) Risk Assessment Guide: Industrial-emission monitoring | |

2.4. 측정공

측정공의 높이는 공정시험기준에 따른 시료채취장치 구성의 높이를 고려하여 측정공 중심까지 1~1.5 m 높이로 설치하고 측정결과의 신뢰성 확보를 위해 여유측정공(90° 또는 180° 지점)을 확보하여야 한다.

| 구 분 | 내 용 |
|-------|--|
| 가이드 | <ul style="list-style-type: none"> - 측정공은 작업대 바닥면으로부터 1 m ~ 1.5 m 이내로 설치 - 교차 검증을 위한 여유측정공 확보 (90° 또는 180° 지점) |
| 그림 예시 | |
| 관련근거 | <ol style="list-style-type: none"> 1) Guidance Note on Site Safety Requirements for Air Emissions Monitoring 2) 대기오염공정시험기준 |

2.5. 굴뚝 오염도 측정 시설안전 점검표 작성예시

| 구 분 | 굴뚝 오염도 측정 시설안전 가이드 | 대상 여부 | | 개선 필요성 (위험도) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------------------|--------------------------|-----------------|-------|--|------|------|------|------|------|---------|-------|---------|-------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| | | Yes | No | | | | | | | | | | | | | | | |
| 굴뚝번호 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. 승강설비 | 대기오염공정시험기준에 따른 계단 형식(신규시설) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 상 중 하 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 수직사다리(2.5m 이상) 등받이울 및 추락방지용 안전블록 설치 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 상 중 하 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. 운반설비 | 도르래 거치대 설치 여부 - 지상에서 측정지점까지 높이 10 m 대상 시설 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 상 중 하 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 호이스트 등의 운반장치 설치 여부 - 지상에서 측정지점까지 높이 25 m 대상 시설 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 상 중 하 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. 작업공간 | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="4">굴뚝 직경(2R) (단위: m)</th> </tr> <tr> <th>2 이하</th> <th>4 이하</th> <th>6 이하</th> <th>6 초과</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>길이×폭</td> <td>1.5 × 2</td> <td>2 × 2</td> <td>2.5 × 2</td> <td>3 × 2</td> </tr> </tbody> </table> | 구분 | 굴뚝 직경(2R) (단위: m) | | | | 2 이하 | 4 이하 | 6 이하 | 6 초과 | 길이×폭 | 1.5 × 2 | 2 × 2 | 2.5 × 2 | 3 × 2 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 상 중 하 |
| | 구분 | | 굴뚝 직경(2R) (단위: m) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 이하 | 4 이하 | 6 이하 | 6 초과 | | | | | | | | | | | | | |
| | 길이×폭 | 1.5 × 2 | 2 × 2 | 2.5 × 2 | 3 × 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 미끄럼 방지 철판 또는 1cm × 1cm 이하의 격자망 보강 측정공 중심(좌우 1.5 m) 폭 3 m 설치 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 상 중 하 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 난간망은 난간대 1/2 높이 구간 면적 보강 측정공 중심(좌우 1.5m) 폭 3m 설치 그물구조 (2cm × 2cm 이하의 격자망) 보강 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 상 중 하 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. 측정공 | 작업대 바닥에서 측정공 중심까지 1.0 ~ 1.5m 높이 설치 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 상 중 하 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 여유 측정공 확보(측정공 위치 90° 또는 180° 지점) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 상 중 하 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. 기타 | 예시) 실내 측정시설 환기설비 설치 여부 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 상 중 하 | | | | | | | | | | | | | | |

V.

굴뚝 측정 관련 기준**1. 국내 기준****가. 환경오염시설법**

- 1) 오염물질 등의 측정·조사 기준

나. 대기환경보전법

- 1) 대기배출시설의 설치 운영 및 배출허용기준 등
- 2) TMS(굴뚝원격감시체계) 설치 및 운영 규정

다. 대기오염공정시험기준

- 1) 대기오염물질 측정 방법 및 기준

라. 산업안전보건법

- 1) 유해·위험 시설의 설치와 관련한 안전기준

2. 국외 기준**가. US.EPA(미국 환경보호청) 기준**

- 1) 대기오염물질 배출에 대한 측정기준과 배출허용기준
- 2) 측정장비는 ASTM 기준에 따라 설치, 측정절차 EPA Method

나. OSHA(미국 산업안전보건청) 규정

- 1) 대기오염물질 배출시설의 안전 운영 및 보호 장비 설치 지침
- 2) 고소작업을 포함한 모든 작업에서의 안전기준

다. ASNI(미국 국가표준협회)

- 1) 굴뚝 측정 작업과 관련된 시설안전 기준 규정

라. EU의 IED(Industrial Emissions Directive)

- 1) 대기오염물질 배출에 대한 배출기준과 측정기준 설정

마. EEA, Technical Guidance Note(Monitoring)**바. SAT, Risk Assessment Guide: Industrial-emission monitoring(2017)**

3. 굴뚝 측정 안전 세부기준 사례

가. 대기오염공정시험기준

- 1) 굴뚝에서 배출되는 대기오염물질의 정확한 측정 기준에 대한 목적성을 가지고 있어 측정시설 안전 세부기준에 대해서는 포괄적으로 기술하고 있다 (표 3-1).

표 3-1. ES 01114.c 배출가스 중 굴뚝 배출시료채취방법 내 시설안전 기준

| 구 분 | 기 준 |
|---------|--|
| 2.2 | 2.1.1(굴뚝 직경환산과 측정공 위치 선정)에서 기술한 방법으로 선정된 측정위치에는 측정 작업을 위한 측정공이 설치되어야 한다. 측정공은 그림 5(측정공의 구조 예)와 같이 측정위치로 선정된 굴뚝 벽면에 내경 100 mm ~ 150 mm 정도로 설치하고 측정 시 이외에는 마개를 막아 밀폐하고 측정 시에도 흡입관 삽입 이외의 공간은 공기가 새지 않도록 밀폐되어야 한다. |
| 2.3 | 측정자의 안전을 위한 작업대가 설치되어야 한다. 측정 작업대는 측정 장비의 설치와 측정자의 작업을 쉽게 하기 위하여 충분히 크고 견고해야 한다. 보통 그 크기는 측정 장비를 설치하고 2인 ~ 3인의 측정 작업자가 충분히 작업할 수 있는 공간과 지지력이 마련되어야 한다. 또한, 측정 작업대까지 오르기 위한 적당한 승강시설을 그림6(안전한 승강시설의 구조 예)의 시설 등과 같이 굴뚝에 견고히 설치하여 측정자의 안전을 보호하고 장비의 운반 및 측정을 위한 도르래, 전기 등의 시설을 설치하여야 한다. |
| 4.3.2.2 | 채취위치 주변에는 적당한 높이와 측정작업에 충분한 넓이의 안전한 작업대를 만들고, 안전하고 쉽게 오를 수 있는 설비를 갖춘다. |
| 4.3.2.3 | 채취 위치의 주변에는 배전 및 급수 설비를 갖추는 것이 좋다. |
| 4.3.3.1 | 수직굴뚝의 경우에는 4.3.1.3(옥외에서 작업하는 경우에는 바람의 방향을 확인하여 바람이 부는 쪽에서 작업하는 것이 좋다)을 만족시키기 위해서 채취구를 같은 높이에 3개 이상 설치하는 것이 좋다. |
| 4.3.3.3 | 굴뚝내의 압력이 매우 큰 부압(-300 mmH ₂ O 정도 이하)인 경우에는, 시료채취용 굴뚝을 부설하여 부피가 큰 펌프를 써서 시료가스를 흡입하고 그 부설한 굴뚝에 채취구를 만든다. |

나. 대기 배출구 시료채취 안전관리 가이드라인

1) 2023년 2월 16일자로 국립환경과학원에서 배포한 안전관리 가이드라인으로 기본 안전수칙 내 굴뚝 대기 시료채취 시 발생할 수 있는 현장의 위험요소에 대해 일반, 통행, 운반, 시료채취, 화학물질 취급으로 분류하여 각각에 대한 예방 가이드를 기술하고 있다(표 3-2).

표 3-2. 대기 배출구 시료채취 안전관리 가이드라인 내 시설안전 가이드

| 구분 | 시설안전 가이드 |
|------------|---|
| 기본 안전수칙 | <p>시료채취는 안전한 출입로가 있는 장소에서 적당한 조명과 통풍시설을 갖춘 안전한 곳에서 작업하여야 한다.</p> <p>채취위치의 주변에는 적당한 높이와 측정 작업에 충분한 넓이의 안전한 작업대를 만들고, 안전하고 쉽게 오를 수 있는 설비를 갖춘다.</p> <p>채취 위치의 주변에는 배전 설비를 갖추는 것이 좋다.</p> <p>대기 시료를 채취하는 곳에는 물질안전자료 등 주요한 내용을 게시하여야 한다.</p> <p>시료채취 용기를 세척 시 쓰이는 물질을 버릴 수 있는 알맞은 장소 제공과 가스인 경우 시료 채취 및 주변 작업장은 환기가 잘 되어야 한다.</p> <p>부식성 물질 및 자극성 물질 등이 피부에 접촉된 경우에는 물로 씻을 수 있도록 시료 작업장 근처에 세안설비 등을 갖추어 놓는다.</p> <p>운반 중에 떨어지거나 운반설비나 다른 설비들에 의한 손상을 방지할 수 있는 예방 조치를 하여야 한다.</p> |

다. 산업안전보건기준에 관한 규칙

- 1) 산업안전보건기준에 관한 규칙(2024.6.28. 개정)은 작업환경에 따른 시설안전 규정이 명시되어 있으며 고소 작업과 가스 노출 환경에 관련된 세부적인 시설 안전 기준을 명시하고 있다(표 3-3).

표 3-3. 산업안전보건기준에 관한 규칙 내 시설안전 기준

| 구 분 | 기 준 |
|------|--|
| 제13조 | 상부 난간대는 바닥면·발판 또는 경사로의 표면(이하 “바닥면등”이라 한다)으로부터 90센티미터 이상 지점에 설치하고, 상부 난간대를 120센티미터 이하에 설치하는 경우에는 중간 난간대는 상부 난간대와 바닥면등의 중간에 설치해야 하며, 120센티미터 이상 지점에 설치하는 경우에는 중간 난간대를 2단 이상으로 균등하게 설치하고 난간의 상하 간격은 60센티미터 이하가 되도록 할 것. 다만, 난간기둥 간의 간격이 25센티미터 이하인 경우에는 중간 난간대를 설치하지 않을 수 있다. |
| 제26조 | <p>① 사업주는 계단 및 계단참을 설치하는 경우 매제곱미터당 500킬로그램 이상의 하중에 견딜 수 있는 강도를 가진 구조로 설치하여야 하며, 안전율은 4 이상으로 하여야 한다.</p> <p>② 사업주는 계단 및 승강구 바닥을 구멍이 있는 재료로 만드는 경우 렌치나 그 밖의 공구 등이 낙하할 위험이 없는 구조로 하여야 한다.</p> |
| 제84조 | <p>사업주는 근로자가 가스등에 노출되는 작업을 수행하는 실내작업장에 대하여 공기의 부피와 환기를 다음 각 호의 기준에 맞도록 하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 바닥으로부터 4미터 이상 높이의 공간을 제외한 나머지 공간의 공기의 부피는 근로자 1명당 10 세제곱미터 이상이 되도록 할 것 직접 외부로 향하여 개방할 수 있는 창을 설치하고 그 면적은 바닥면적의 20분의 1 이상으로 할 것(근로자의 보건을 위하여 충분한 환기를 할 수 있는 설비를 설치한 경우는 제외한다) 기온이 섭씨 10도 이하인 상태에서 환기를 하는 경우에는 근로자가 매초 1미터 이상의 기류에 닿지 않도록 할 것 |

라. 굴뚝 원격감시체계 업무편람

1) 굴뚝 원격감시체계 업무편람은 굴뚝 원격감시체계(Tele-Monitoring System, TMS)의 설치 및 운영·관리에 관한 정보 제공을 목적으로 한 가이드로서 굴뚝 작업공간에 관한 설치 내용이 명시되어 있다(표 3-4).

표 3-4. 굴뚝 원격감시체계 업무편람 내 시설안전 기준

| 구 분 | 상세 기준 |
|--------------------------|--|
| Ⅲ 굴뚝 자동 측정기기의 설치 및 운영 관리 | - 측정자의 안전을 위한 작업대가 설치되어야 한다. 측정 작업대는 측정 장비의 설치와 측정자의 작업을 쉽게 하기 위하여 충분히 크고 견고해야 한다. (1) 여분의 측정공을 2개 이상 설치하여야 한다. (2) 장비의 운반 및 측정을 위한 도르래, 전기 등의 시설을 설치하여야 한다. - 굴뚝 위 작업대는 자동측정기기의 유지보수 작업에 지장이 없도록 1.5 m 이상의 폭을 확보하는 것이 바람직하다. |

마. 고정식 사다리의 제작에 관한 기술지침

1) 고정식 사다리의 제작에 관한 기술지침(G-3-2022)은 또한 KOSHA Guide에 포함된 내용으로 수직(사다리) 구조의 승강설비와 관련된 시설안전 기준에 대하여 상세하게 명시되어 있다(표 3-5).

표 3-5. 고정식 사다리의 제작에 관한 기술지침 내 시설안전 기준

| 구 분 | 기 준 |
|----------------------------|---|
| 6. 고정식 사다리의 등받이 울에 대한 설계조건 | (1) 등받이 울은 오름구간이 시작되는 바닥면으로부터 2,500 mm 높이에서 시작하여야 한다. 오름 구간의 등받이 울의 아래쪽에 사다리의 전면과 이루는 장소의 접근을 방해할 만한 부재가 없어야 한다. (2) 도착부에는 등받이 울을 도착부의 방호 지지대 높이까지 연장해야 한다. (3) 등받이 울의 둥근 부분의 공간치수는 (650~800) mm가 되어야 한다. 이것은 원형의 등받이 울에 대해서도 같으며, 비원형의 등받이 울에 대해서도 같이 적용된다. (7) 등받이 울의 부재 사이의 넓이는 그 공간과 같은 경우에 있어서도 0.40 m ² 이하가 되도록 설계하여야 한다. |
| 7. 고정식 사다리의 추락방지장치 | (1) 고정식 사다리의 오름 구간의 높이가 3,000 mm를 초과할 때는 추락방지장치인 등받이 울을 설치해야 한다. 등받이 울을 사용할 수 없는 경우에는 안전벨트와 같은 개인보호구가 제공되어야 한다. (2) 등받이 울은 100 N의 수직 하중으로 인한 영구 변형이 10 mm를 초과하지 않고 500 N의 수평하중으로 인한 변형이 10 mm를 초과하지 않아야 한다. |

바. 낙하물 방지망 설치 지침

1) 낙하물 방지망 설치 지침(C-26-2017)은 한국산업안전보건공단에서 제작하여 배포한 KOSHA Guide에 포함된 내용으로 고소 작업 중 낙하물로 인한 사고 방지를 위한 낙하물 방지망 설치 기준에 대하여 상세하게 명시되어 있다(표 3-6).

표 3-6. 낙하물 방지망 설치 지침 내 시설안전 기준

| 구 분 | 기 준 |
|------------------|---|
| 4. 구조 및 재료 | (1) 낙하물 방지망은 한국산업표준(KS F 8083) 또는 고용노동부고시 “방호장치 안전인증 고시”에서 정하는 기준에 적합한 것을 사용하여야 한다. (2) 그물코의 크기는 2 cm 이하로 하여야 한다. |
| 5. 설치 방법 | (1) 낙하물 방지망의 설치간격은 매 10 m 이내로 하여야 한다. 다만, 첫 단의 설치 높이는 근로자를 낙하물에 의한 위험으로부터 방호할 수 있도록 가능한 낮은 위치에 설치하여야 한다. (6) 낙하물 방지망과 구조물 사이의 간격은 낙하물에 의한 위험이 없는 간격으로 설치하여야 한다. (8) 근로자, 통행인 등의 왕래가 빈번한 장소인 경우 최하단의 방망은 크기가 작은 못·볼트·콘크리트 부스러기 등의 낙하물이 떨어지지 못하도록 방망의 그물코 크기가 0.3 cm 이하인 망을 설치하여야 한다. 다만, 낙하물 방호선반을 설치하였을 경우에는 그러하지 아니한다. |
| 6. 낙하물 방지망의 관리기준 | (1) 낙하물 방지망은 설치 후 3 개월 이내마다 정기점검을 실시하여야 한다. 다만, 낙하물이 발생하였거나 유해환경에 노출되어 방망이 손상된 경우에는 즉시 교체 또는 보수하여야 한다. (3) 방망에 적치되어 있는 낙하물 등은 즉시 제거하여야 한다. |

사. Technical Guidance Note(monitring)

1) Technical Guidance Note(version 8)는 영국 환경청에서 굴뚝 배출가스 감시를 위한 채취 요건으로 굴뚝 고소작업에 특화된 시설안전 기준을 제시하고 있다. 굴뚝 배출가스 측정·분석 작업 중 발생할 수 있는 위험을 기상 및 복지, 일반 공간적 위험, 물리적 위험, 화학적 위험 그리고 실험실 화학적 위험으로 분류하여 설명하고 있다(그림 3-1). 시설 안전과 관련된 가이드는 일반 공간적 위험과 물리적 위험에 명시되어 있다. (표 3-7).

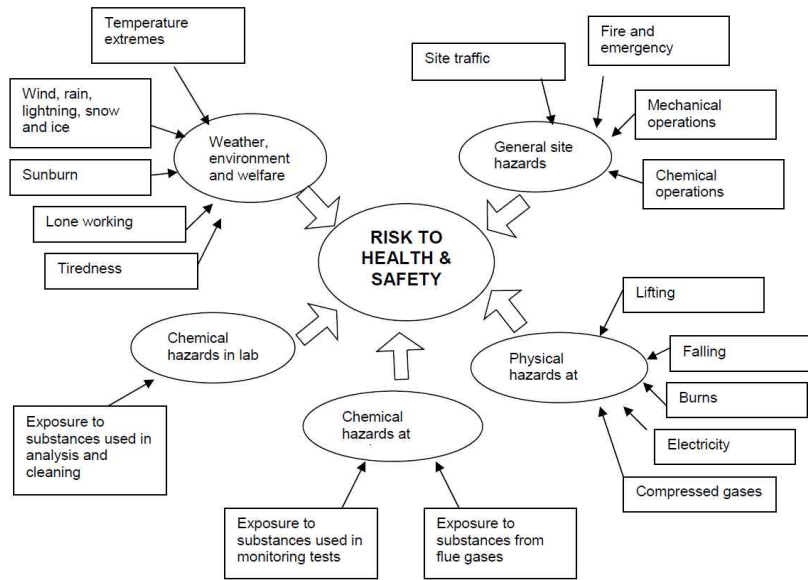


그림 3-1. 굴뚝 대기오염물질 모니터링 위험 요소

표 3-7. Technical Guidance Note 내 체크리스트 중 시설안전 관련 기준

| 구 분 | 기 준 |
|-----------|---|
| 3.2 단독 작업 | 굴뚝 대기오염물질 모니터링의 복잡성과 물리적 신체 부담(장시간 작업, 운전, 운반, 등반 등)으로 인하여 단독작업을 피하고 최소 2인으로 구성하여 업무 분담을 통해 피로도 증가로 인한 사고를 예방해야 한다. |
| 3.6 운반설비 | 25 m 이상의 시설은 전동 호이스트 또는 도르래를 사용해야하며 짐은 허리로부터 2 m 위로 올려 작업자가 안전난간 밖으로 신체를 뺀지 않고 짐을 작업대로 옮길 수 있는 구조여야 한다. |
| 5 작업공간 | 작업공간은 최소 5 m ² 이상 또는 폭이 최소 2m 이상이어야 하며 측정공 앞의 길이는 최소 2 m 또는 최소 필요 채취관 총장에서 1 m를 더한 길이어야 한다. |
| 5.5 전원공급 | 시료채취 지점에는 110 V의 전원공급설비를 설치해야 하며 기상조건에 견딜 수 있는 내구성을 지녀야 한다. |

아. Guidance Note on Site Safety Requirements for Air Emissions Monitoring

1) 미국 환경보호국에서 굴뚝 배출가스 감시를 위한 요구 요건으로 일부 기준의 경우 유럽에 비하여 엄격한 기준을 적용하고 있다(표 3-8).

표 3-8. Guidance Note on Site Safety Requirements 내 시설안전 기준

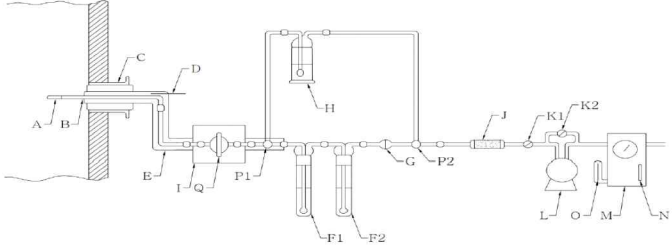
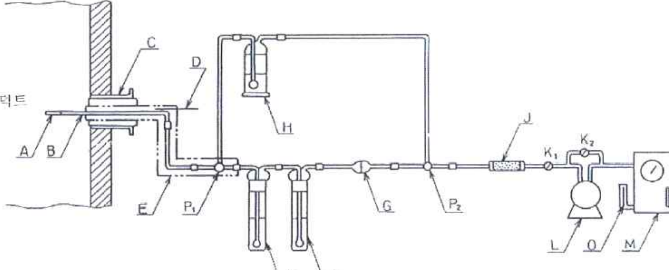
| 구 분 | 기 준 |
|--------|--|
| 측정공 | 측정공은 최소 직경 125 mm 이상이어야 하며 작은 굴뚝의 경우(지름 0.7 m 미만) 필요 정도에 따라 최소 직경 이상을 확보해야 한다. 대상 시설의 측정 오염물질 항목에 따라 추가적인 측정공을 설치하여야 한다. 사각 굴뚝은 장축에 측정공을 설치하여야 한다. |
| 하중 지지력 | 영구 또는 임시 작업대는 측정에 필요한 모든 장비의 하중을 견딜만큼의 내구용량을 확보해야 하며 굴뚝 측정을 위한 작업대는 6인 이상 또는 300 kg의 장비하중을 견딜 수 있는 내구성을 가지고 있어야 한다. |
| 작업대 | 작업대의 길이는 굴뚝 내벽을 포함한 직경을 고려한 최소 채취관 사용 길이에 1.5 m를 더한 길이로 해야 한다. |
| 추락방지 | 측정공의 설치 높이는 바닥면으로부터 (1.2~1.5) m 범위 내에 설치한다. 난간대 최상단은 최소 작업면 바닥으로부터 950 mm 위에 있어야 하며 중간 난간대는 470 mm를 초과하지 않도록 한다. |

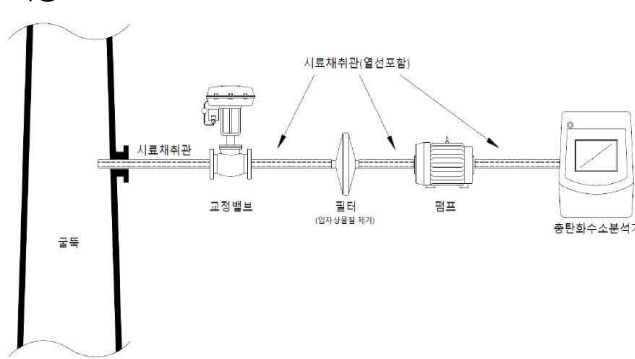
자. Risk Assessment Guide: Industrial-emission monitoring

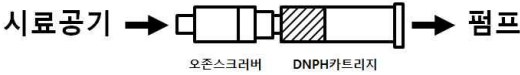
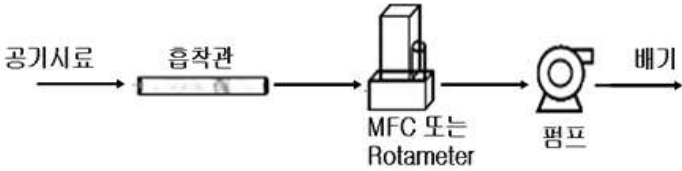
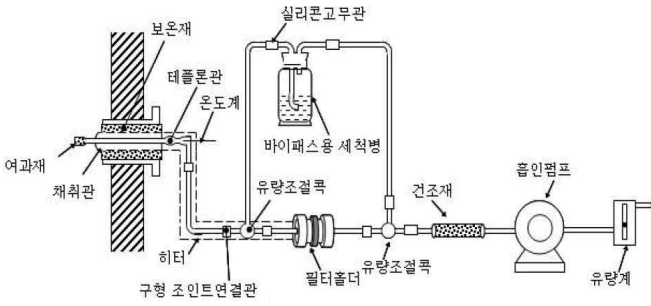
1) Source Testing Association(STA)가 제작 및 배포하였다. STA는 1995년에 설립되어 210개국 회원을 보유하고 있으며, 유럽의 굴뚝 측정·분석 분야의 규제, 운영, 장비 공급 등의 서비스를 수행하고 있다. Risk Assessment Guide는 영국산업안전규격을 기반으로 제작되었으며 굴뚝 측정시설 안전에 대한 자세한 설명을 포함한다(표 3-9).

표 3-9. Risk Assessment Guide: Industrial-emission monitoring 내 시설안전 기준

| 구분 | 기준 |
|------|--|
| p.23 | 작업대는 안전 난간대와 발끝막이판을 WAH Regulation(Work at Heights, 고소작업기준)의 기준에 따라 설치해야한다. 안전 난간대 최상단은 최소 작업면 바닥으로부터 950 mm 위에 있어야 하며 중간 난간대는 470 mm를 초과하지 않도록 한다. 발끝막이판은 작업대 바닥면으로부터 약 0.25 m 높이로 한다. 측정공의 직경은 최소 125 mm 이상이어야 한다. 작업대의 길이는 굴뚝 내벽을 포함한 직경에 1.5 m를 더한 길이로 해야 하며, 상세한 기준은 Environment Agency Technical Guidance Note M1 Sampling Requirements for stack emissions monitoring에 따른다. |
| p.34 | 시료채취 지점에는 정전기 발생을 방지할 수 있는 접지설비를 설치해야하며 방수기능이 있는 110 V의 전원공급장치를 구비해야 한다. |
| p.59 | 도르래는 최소 100 kg 이상의 하중을 견딜 수 있어야 한다. |

| 항 목 | 관련기준 | 채취방법 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|---|--------|---|---------|--------|---------|---------|--------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---|--|---------|-----------|--|
| 수은 | ES01408.1d | <ul style="list-style-type: none"> ○ “먼지”의 시료채취과정 및 방법과 동일하나, 시료채취 시 유리재질로 된 프로브와 노즐을 사용하며, 6구 임핀저트레인(① ~ ③ : 흡수액, ④ ~ ⑤ : 공병, ⑥ : 실리카겔)을 이용(〈그림-2〉 참조) ○ 프로브와 6구 임핀저트레인 간의 연결은 테프론을 사용하며, 흡수액은 4% 과망간산포타슘으로 함 ○ 수은의 시료채취량은 1,000 L로 함 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 염화수소 | ES01305.1e | <ul style="list-style-type: none"> ○ 증류수를 2개의 흡수병에 각각 25 mL를 담은 흡수액을 사용하고 유리재질의 프로브 사용 ○ 프로브 앞부분에 유리솜을 넣고, 후단 필터부 가열이 가능한 장비를 사용(〈그림-3〉 참조) ○ 시료채취량은 20 L(1 L/min)로 함(채취 전 바이패스 실시) <div style="text-align: center;">  </div> <table border="0" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 33%;">A: 여과재</td> <td style="width: 33%;">F₁, F₂: 흡수병 (용량: (50 ~ 100) mL)</td> <td style="width: 33%;">L: 흡입펌프</td> </tr> <tr> <td>B: 채취관</td> <td>G: 유리필터</td> <td>M: 가스미터</td> </tr> <tr> <td>C: 측정공</td> <td>H: 세척병 (용량: (50 ~ 100) mL)</td> <td>N: 온도계</td> </tr> <tr> <td>D: 온도계</td> <td>J: 건조관</td> <td>O: 압력계</td> </tr> <tr> <td>E: 히터</td> <td>K₁, K₂: 유량 조절 콕</td> <td>P₁, P₂: 3 방향 콕</td> </tr> <tr> <td>I: 가열박스</td> <td>Q: 여과지 필터</td> <td></td> </tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"><그림-3> 장비 구성(염화수소)</p> | A: 여과재 | F ₁ , F ₂ : 흡수병 (용량: (50 ~ 100) mL) | L: 흡입펌프 | B: 채취관 | G: 유리필터 | M: 가스미터 | C: 측정공 | H: 세척병 (용량: (50 ~ 100) mL) | N: 온도계 | D: 온도계 | J: 건조관 | O: 압력계 | E: 히터 | K ₁ , K ₂ : 유량 조절 콕 | P ₁ , P ₂ : 3 방향 콕 | I: 가열박스 | Q: 여과지 필터 | |
| A: 여과재 | F ₁ , F ₂ : 흡수병 (용량: (50 ~ 100) mL) | L: 흡입펌프 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B: 채취관 | G: 유리필터 | M: 가스미터 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C: 측정공 | H: 세척병 (용량: (50 ~ 100) mL) | N: 온도계 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D: 온도계 | J: 건조관 | O: 압력계 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E: 히터 | K ₁ , K ₂ : 유량 조절 콕 | P ₁ , P ₂ : 3 방향 콕 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I: 가열박스 | Q: 여과지 필터 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 브로민 | ES01502.3 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 수산화나트륨용액(0.4 %)을 2개의 흡수병에 각각 25 mL 흡수액 사용, 배출가스 중의 부식성 가스에 의해 부식되지 않는 테플론 재질을 사용(〈그림-4〉 참조) ○ 시료 채취량은 40 L(1 L/min)로 함 <div style="text-align: center;">  </div> <table border="0" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 33%;">A: 여과재</td> <td style="width: 33%;">F₁, F₂: 흡수병 (용량: (50 ~ 100) mL)</td> <td style="width: 33%;">L: 흡입펌프</td> </tr> <tr> <td>B: 채취관</td> <td>G: 유리필터</td> <td>M: 가스미터</td> </tr> <tr> <td>C: 측정공</td> <td>H: 세척병 (용량: (50 ~ 100) mL)</td> <td>N: 온도계</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"><그림-4> 장비 구성(가스상)</p> | A: 여과재 | F ₁ , F ₂ : 흡수병 (용량: (50 ~ 100) mL) | L: 흡입펌프 | B: 채취관 | G: 유리필터 | M: 가스미터 | C: 측정공 | H: 세척병 (용량: (50 ~ 100) mL) | N: 온도계 | | | | | | | | | |
| A: 여과재 | F ₁ , F ₂ : 흡수병 (용량: (50 ~ 100) mL) | L: 흡입펌프 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B: 채취관 | G: 유리필터 | M: 가스미터 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C: 측정공 | H: 세척병 (용량: (50 ~ 100) mL) | N: 온도계 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 항 목 | 관련기준 | 채취방법 |
|--------|------------|---|
| 폐놀 | ES01503.1c | <ul style="list-style-type: none"> ○ 0.4 % 수산화나트륨용액을 흡수병 2개에 각각 40 mL를 넣어 직렬로 연결하여 흡수액으로 하고 부식성 가스에 의해 부식되지 않는 테플론 재질을 사용(〈그림-4〉 참조) ○ 시료 채취량은 10 L(0.5 - 1 L/min)로 함 |
| 황화수소 | ES01310.1d | <ul style="list-style-type: none"> ○ 황산아연 5 g을 물 500 mL에 녹이고 수산화나트륨 6 g을 물 300 mL 녹인 용액을 가한 후 황산암모늄 70 g을 가하여 전량을 1 L로 한 용액을 흡수액으로 사용 ○ 2개의 흡수병 각각에 50 mL를 담아 시료채취, 부식성 가스에 의해 부식되지 않는 테플론 재질을 사용(〈그림-4〉 참조) ○ 시료 채취량은 20 L(1 L/min)로 함 |
| 플루오린 | ES01311.1f | <ul style="list-style-type: none"> ○ 0.4 % 수산화나트륨용액을 2개의 흡수병에 각각 50 mL 흡수액 사용, 부식성 가스에 의해 부식되지 않는 테플론 재질을 사용(〈그림-4〉 참조) ○ 시료 채취량은 80 L(1 L/min)로 함 |
| 암모니아 | ES01303.1d | <ul style="list-style-type: none"> ○ 과산화수소수(1+9) 용액을 2개의 흡수병에 각각 50 mL 흡수액 사용, 부식성 가스에 의해 부식되지 않는 테플론 재질을 사용(〈그림-4〉 참조) ○ 시료 채취량은 20 L(2 L/min)로 함 |
| 총탄화수소 | ES01507.1d | <ul style="list-style-type: none"> ○ 배출원에서 시료를 채취하여 불꽃이온화분석기로 유입하여 분석 ○ 수분응축 등 측정에 방해가 예상되는 경우에는 분석기로 이어지는 모든 샘플링 구성품은 샘플링 시간 동안 110 °C 이상으로 가열되는 장비를 사용  <p style="text-align: center;"><그림-5> 장비구성(총탄화수소)</p> |
| 사이안화수소 | ES01312.1d | <ul style="list-style-type: none"> ○ 0.4 % 수산화나트륨용액을 2개의 흡수병에 각각 50 mL 흡수액 사용, 부식성 가스에 의해 부식되지 않는 테플론 재질을 사용(〈그림-4〉 참조) ○ 시료 채취량은 10 L(1 L/min)로 함 |
| 매연 | ES01313.1b | <ul style="list-style-type: none"> ○ 링겔만 매연 농도표를 이용하여 굴뚝에서 배출하는 매연의 검은 정도를 비교하여 각각(0 ~ 5)도까지 6종으로 분류하여 관측 |

| 항 목 | 관련기준 | 채취방법 |
|---|---|---|
| <p>폼알데하이드 아세트알데하이드</p> | <p>ES01501.1d</p> | <p>○ 120℃ 이상으로 가열되는 플루오로수지 재질의 채취관을 사용하여 오존스크러버 전단에 수분트랩을 설치하고 DNPH 카트리지에 흡착시켜 분석(〈그림-6〉 참조)</p> <div style="text-align: center;">  <p><그림-6> 장비구성(알데하이드류)</p> </div> |
| <p>벤젠 다이클로로메테인 염화바이닐 클로로폼 에틸벤젠 사염화탄소 스타이렌 TCE PCE 1,3-뷰타다이엔 아크릴로나이트릴 아닐린 이황화메틸 에틸렌옥사이드 프로필렌옥사이드</p> | <p>ES01506.1d ES01513.1d ES01509.1d ES01509.1d ES01511.1d ES01509.1d ES01511.1d ES01514.1d ES01511.1d ES01512.1d ES01511.1d ES01520.b ES01521.a ES01515.2c ES01522.2a</p> | <p>○ 120℃ 이상으로 가열되는 채취관을 사용하여 시료채취 주머니 전단에 수분트랩을 설치하고 대상 항목에 따라 플루오로수지 또는 알루미늄 재질의 시료채취 주머니를 사용하여 10 L채취한 후 고체 흡착관에 흡착시켜 분석(〈그림-7〉 참조)</p> <div style="text-align: center;">  <p><그림-7> 장비구성(휘발성유기화합물)</p> </div> |
| <p>벤지딘</p> | <p>ES01518.2a</p> | <p>○ 흡입관 내부에서 수분이 응축하지 않도록 보온 및 가열이 가능한 채취관을 사용하고 상대 습도가 높은 경우에는 여지홀더 전단에 수분트랩을 설치하여 수분을 제거(〈그림-8〉 참조)</p> <div style="text-align: center;">  <p><그림-8> 장비구성(벤지딘)</p> </div> |

| 항 목 | 관련기준 | 채취방법 |
|---------|------------|--|
| 하이드라진 | ES01319.1d | <ul style="list-style-type: none"> ○ 0.1 mol/L 염산을 2개의 흡수병에 각각 9 mL를 담은 흡수액을 사용, 부식성 가스에 의해 부식되지 않는 테플론 재질을 사용(<그림-4> 참조) ○ 시료채취가 완료되면 0.1 mol/L 염산 1 mL로 유리관 및 몸체를 씻은 후 시료와 합하여 밀봉 후 운반 ○ 시료 채취량은 15 L(1 L/min)로 함 |
| 벤조(a)피렌 | ES01525.1a | <ul style="list-style-type: none"> ○ 석영 또는 경질유리 재질의 노즐, 관, 여과지홀더, 흡착관 및 각 이음새 등을 연결하고 아래 순서에 맞게 6구 임핀저트레이를 직렬로 구성 <ul style="list-style-type: none"> ①~②: 헥세인 포화 정제수 ③, ⑤: 공병 ④: 다이에틸렌글라이콜 ⑥: 실리카겔 ○ ①임핀저 전단에 여과지홀더를 연결하고 ③임핀저 후단에 7자관, ④임핀저 전단에 흡착관을 연결한 후 공기가 새지 않도록 단단히 밀봉 ○ 프로브와 흡인펌프 간 연결은 열선 및 온도센서가 장착된 케이블을 사용하며, 시료채취 전 동·정압, 가스온도 압력 등을 측정하여 실제 시료 채취 시 적용 될 노즐 크기, 오리피스차압을 결정 ○ 노즐 크기 및 오리피스차압, 측정점(갯수)가 결정되면 프로브를 측정공에 수평이 되도록 삽입하여 등속흡인 범위가 90 ~ 110 %가 되도록 유지하여 시료를 채취 ○ 시료 채취량은 3,000 L로 하고 수분이 많은 시설의 경우, 현장 상황에 따라 펌프를 일시정지한 후에 여과지홀더 전체를 교환하여 여지 파손을 방지 <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"><그림-9> 장비구성(벤조(a)피렌)</p> |

참고문헌

1. 대기 배출구 시료채취 안전관리 가이드(국립환경과학원, 2023)
2. 대기오염공정시험기준(국립환경과학원, 2024)
3. 산업안전보건기준에 관한 규칙(고용노동부, 2024)
4. 굴뚝 원격감시체계 업무편람(환경부, 2022)
5. 고정식 사다리의 제작에 관한 기술지침(한국산업안전보건공단, 2022)
6. 낙하물 방지망 설치 지침(한국산업안전보건공단, 2017)
7. Technical Guidance Note(Monitoring): Sampling requirements for stack emission monitoring(EEA, 2017)
8. Guidance Note on Site Safety Requirements for Air Emissions Monitoring(AG1)(EPA, 2020)
9. More Effective EPA Oversight Is Needed for Particulate Matter Emissions Compliance Testing(EPA, 2019)
10. Risk Assessment Guide: Industrial-emission monitoring(STA, 2017)
11. 대기오염물질 오염도 측정 작업환경 개선을 위한 시설안전 설치 가이드 마련(한국환경공단, 2024)