○ 산업보건전문기관(작업환경측정기관) 운영 가이드

작업환경측정기관의 최우선 과제는 소비자(사업주)의 의뢰를 받아 해당 사업장에 대한 작업환경을 측정 평가하여 양질의 작업환경측정결과보고서를 제공하는 일이다.

산업안전보건법에서 작업환경측정기관으로 지정받기 위해서는 인력, 시설, 그리고 장비에 대해여 최소한의 기본요건을 갖추도록 하고 있고, 측정기관의 분석능력을 검증하기 위해 법적으로 작업환경측정정도관리 제도가 시행되고 있는 것도 주지의 사실이다.

그러나 비록, 인력 시설, 그리고 장비들에 대해서 법적인 요건을 갖추었다고 해서 반드시 양질의 작업환경측정결과보고서가 작성되는 것은 아니다. 이는 측정기관이 내부적으로 얼마나 효율적인 운용시스템을 가지고 있고, 또한 작업환경측정을 위한 예비조사에서부터 최종보고서가 작성되어 최종 소비자에게 전달되고 또한 관련 기록물들이 보관되기 까지 각 단계에 있어 가능한 오류가 발생되지 않도록 하는 방안이 모색되어져야하고, 만약 오류가 발생한다면 이를 효과적으로 찾아내고 교정할 수 있는 시스템이 갖추어져 있어야 한다. 또한, 종사인력의 관리 측면에서 업무분장을 통해 책임과 권한을 명확히 해야 한다.

작업환경을 측정하는데 있어 훌륭한 시설이나 장비도 중요하지만 잘 훈련된 인력 없이는 가치가 없는 것이다. 따라서 작업환경측정기관의 장은 능력을 개발하고 전문성을 향상시키기 위한 교육과정을 계속해서 제공하여야 한다.

여기서 제시하고 있는 산업보건전문기관(작업환경측정기관) 운영가이드는 신뢰성 있는 작업환경측정결과를 도출하기 위한 작업환경측정기관을 운영하는데 있어 필요한 가능한 모든 컨텐츠를 제시하고자 노력하였다. 그러나 여기서 제시하는 관련내용들이 반드시 황금기준은 아니며 작업환경측정기관의 성격에 따라 관련 내용을 변경하거나 추가하여 사용 할 수 있을 것이다. 다만, 여기서 제시하고 있는 여러 내용들의 주 핵심내용은 예비조사에서부터 작업환경측정

결과보고서 작성, 그리고 최종결과물의 보관에 이르기 까지 각 단계에서 있어 어떻게 업무를 수행하고 이들 업무를 효과적으로 관리할 수 있는 시스템적인 내용이 무엇인지를 제시하고 있기 때문에, 각 단계에서 필요한 핵심적인 내용을 파악하는 노력은 반드시 필요할 것이다.

본 운영가이드는 작업환경측정의 전 과정을 예비조사단계, 현장 작업환경측정단계, 측정된 시료의 인계·인수단계, 분석단계, 작업환경측정결과보고서 작성 단계, 그리고 관련 기록 및 결과물을 보관하는 단계로 크게 구분하여 관련 내용을 먼저 제시하고 있으며, 아울러 인력, 시설, 장비에 대한 효과적인 운영 방안이 무엇이지를 마지막에 제시하였다.

또한 단계별 해당 내용을 제시하는 방법은 일정한 틀을 유지하고 있는데, 그 구성은 해당내용을 제시한 목적, 그리고 해당내용을 수행하면서 반드시 고려되어야 할 핵심사항, 예시, 그리고 참고자료 순으로 구성되어 있으며, 가급적 모든 내용은 서술식이 아니라 보기 편하도록 개조식으로 기술하였다.

1. 작업환경측정단계별 운용가이드

1-1. 예비조사 단계

예비조사는 처음으로 접하는 사업장이거나 아니면 기존에 측정을 하였던 사업장이라고 할지라도 시설 또는 공정의 변경이 수반된 사업장이다. 예비조사의 목적이 본 측정을 위한 기초자료를 확보하는 것인 만큼 관련 내용들이 가능한 충실히 파악될 수 있도록 해야 한다. 또한 예비조사가 완료되고 나면 현장측정에 필요한 측정매체 및 펌프에 대한 유량보정이 필요하고. 소음측정이 필요한 경우 소음기에 대한 보정작업역시 수행되어져야 한다.

예비조사실시에 따른 측정계획서 작성방법

□ 목적

고용노동부 고시인 작업환경측정 및 정도관리규정 제 17조에 따른 예비조사 및 측정계획서 작성방법을 설명하고자 함.

□ 핵심사항

○ 관련 고시 제 17조에 따르면 산업안전보건법 시행 규칙 제93조의4제1항1호에 따라 작업장 또는 작업공정이 신규로 가동되거나 변경된 경우 예비조사를 실시하여 다음 각호의 내용이 포함된 측정계획서를 작성토록 하고 있다.

- 원재료의 투입과정부터 최종 제품생산 공정까지의 주요공정 도식
- 해당 공정별 작업내용, 측정대상공정 및 공정별 화학물질 사용실태
- 측정대상 유해인자, 유해인자 발생주기, 종사근로자 현황
- 유해인자별 측정방법 및 측정 소요기간 등 필요한 사항
- 측정기관이 전회에 측정을 실시한 사업장으로서 공정 및 취급인자 변동이 없는 경우에는 서류상의 예비조사만을 실시할 수 있다.

○ 예비조사에서 파악된 정보는 본 측정(작업환경측정)에 필요한 기본정보를 충실히 담을 수 있도록 측정계획서가 작성되어야 한다.

○ 현장에서 작성된 측정계획서는 다시 사무실에서 워드로 재작성 되지 않더라도 그 자체만으로도 훌륭한 예비조사 보고서가 되며, 이를 문서철에 관리하여도 좋다.

○ 본 연구보고서에서 제시한 내용은 하나의 예시이며, 기관의 특성을 반영하여 변경 또는 조정하여 사용할 수 있다.

□ 측정계획서의 구성 항목 및 기재하여 할 내용

고시에서 요구하고 있는 내용을 모두 반영하여 다음과 같은 작성항목을 중심으로 각 항목에서 파악되어야 할 정보가 무엇인지 설명하고자 한다.

○ 사업장 기본정보 파악

- 예비조사를 실시한 사업장에 대한 기본정보를 충실히 담을 수 있는 내용이 포함되어 있어야 하고 관련 내용의 조사표는 간단명료한 것이 좋다.
- 예시:

<표 1> 사업장 개요 작성 예시

사업장 개요

사업장명		대표자		사업자번호	
소재지				전화번호	
업종/업태		주생산품		팩스번호	
담당자		근로자수		조사일자	
				조사자	

· 상기 조사표 양식에 해당 조사항목의 내용을 기재한다.

○ 작업공정 파악

- 작업환경측정을 하기 위해서는 측정대상 사업장의 공정파악과 해당 공정의 작업내용이 무엇인지를 알아내는 것이 가장 기본이 되는 중요한 사항이다.
- 따라서, 작업공정 파악이라 함은 원재료에서부터 최종 생산품이 만들어지기까지 공정흐름을 파악하고, 각 공정에서의 작업자의 작업내용이 무엇인지를 충실히 파악해야 한다.
- 또한 측정계획서 작성대상이 된 사업장이라는 것을 명확히 하기 위해 조사대상공정이 기존에 작업환경측정을 전혀 실시하지 않았던 사업장으로서 공정파악이 된 것인지, 아니면 기존 공정의 변경이나 신설공정이 있어 공정파악이 된 것이지를 명확히 해주어야 한다.
- 해당 공정은 단위 작업장소 개념까지 포함되어 파악되어야 하고, 단위 작업장소별 종사 총근로자 수와 함께 작업환경측정시 시료채취가 되어야 할 근로자 수까지 파악되어야 한다.
- 예시:

<표 2> 작업공정 파악을 위한 작성 표 예시

작업공정

부서	공 정 (단위작업장소)	공정 및 작업 내용	유해 인자	근로자 수 (측정대상 근로자 수)	비 고

▶ 부서 및 공정

· 공정은 원재료로부터 최종 생산품이 만들어지기까지의 흐름도로 주요 공정을 작성한다.

· 소규모 사업장일 경우 굳이 부서와 공정을 구분하여 작성할 필요가 없는 경우가 대부분이지만, 대규모 사업장일 경우 사업장을 부서별로 구분하고 해당 부서 내에서 공정을 파악하는 것이 좋다.

· 동일공정 내에서라도 단위작업장소가 다를 수 있다. 이 경우 각각을 구분하여 작성한다[예: 사상공정(1층), 사상공정(2층) 등].

▶ 공정 및 작업 내용

· 해당공정이 무엇을 하는 공정인지 여부와 해당 공정에서 작업하는 작업자들이 하는 주요 업무가 무엇인지를 파악한다.

▶ 유해인자

· 해당공정에서 측정해야할 유해인자가 무엇인지를 대략적으로 파악하는 것으로 소음, 분진, 화학물질로만 구분하여 표기한다. 화학물질 중 구체적으로 측정해야 할 물질은 “작업공정별 유해요인 발생실태”에서 기입하도록 한다.

▶ 근로자수(측정대상 근로자 수)

· 공정(단위작업장소)별로 종사 총 근로자수와 법적인 작업환경측정 대상근로자 수를 파악하여 기입 한다. 만약 해당 공정(단위작업장소)이 10명이 작업하고 있는데 측정대상 유해인자가 없는 곳이라면 10(0)으로 기입될 것이다.

▶ 비고

· 조사 사업장이 과거에 전혀 작업환경을 측정하지 않은 사업장이라면 신규로 기입하고, 전체공정 중 일부가 신설 또는 변경되었다면 해당 공정에 신설 또는 변경이라고 기입하면 된다.

○ 공정별 화학물질 사용실태

- 화학물질을 사용하는 공정(단위작업장소)에 대하여 어떤 화학물질이 제조 또는 사용되는지 여부와, 이들의 용도, 월 취급량을 파악하고, 관련 물질에 대한 MSDS자료 등을 활용하여 구성성분을 확인하고 측정대상물질 등을 파악하도록 한다.
- 예시:

<표 3> 공정별 화학물질 사용실태 파악을 위한 작성 표 예시

공정별 화학물질 사용실태

공정 (단위작업장소)	화학물질명 (상품명)	측정대상 물질명	제조/사용여부	사용용도	월취급량	비 고

· 앞서 언급한 "작업공정" 유해인자 파악 란에서 화학물질이라고 기입된 공정(단위작업장소)에 대해서는 공정별 화학물질 사용실태 조사표에서 요구하는 사항이 모두 파악되어야한다.

▶ 측정대상 물질명

· 공정(단위작업장소)에서 사용되는 물질이 혼합물질인 경우 혼합물질 중 측정대상물질의 존재유무는 물질안전보건자료로부터 파악되어야 하며, 파악된 물질은 예비조사 후 실시되는 작업환경측정시 평가되어야 한다.

▶ 월취급량

· 중량단위(kg, ton 등)가 되었던 부피단위(L)가 되었든지 간에 회사에서 사용중인 단위를 사용하여 월 취급량을 파악하여 기록한다.

○ 공정별 유해요인 발생실태

- 본 항목에서는 공정(단위작업장소)별로 작업환경측정을 해야 할 모든 유해요인을 구체적으로 기입하고(예: 소음, 먼지, 벤젠, 납 등), 이러한 유해인자의 발생시간 파악과 함께 작업환경측정시 사용할 측정방법을 기입토록 한다.
- 예시:

<표 4> 공정별 유해요인 발생실태 파악을 위한 작성 표 예시

공정별 유해요인 발생실태

공정 (단위작업장소)	유해인자	발생시간 (주기)	1일 작업시간	측정방법	비 고

▶ 유해인자

· 실제 작업환경측정시 평가되는 유해요인을 구체적으로 기입한다.

예: 소음, 먼지, 벤젠, 납 등

▶ 발생시간

· 해당 유해인자가 1일 작업시간 동안 발생하는 시간을 기입하고, 발생주기가 연속적인지 혹은 간헐적인지를 파악하여 기입한다.

예: 8시간(연속), 3시간(간헐)

▶ 1일 작업시간: 작업자의 1일 작업시간을 기록한다.

▶ 측정방법

· 해당 유해인자에 대하여 개인시료 채취인지와 지역시료 채취인지를 구분하고 시료채취방법이 고체채취방법인지, 액체채취방법인지, 여과채취방법 등 인지를 기입토록 한다.

예: 개인-고체, 지역-액체

○ 작업환경측정시 고려사항(작업공정도 포함)

- 원재료에서부터 최종생산물이 나오기 까지 전체적인 공정흐름도를 작성하고, 또한 상기 조사표로 작성이 곤란하지만 작업환경측정 시 참고가 될 만한 내용을 중심으로 자유롭게 기술하도록 한다.
- 예시:

<표 5> 작업환경측정 시 고려사항 작성을 위한 작성 표 예시

작업환경측정시 고려사항

□ 조사양식 종합

지금까지 설명한 예비조사 실시에 따른 측정계획서 양식을 종합하면 다음과 같다.

<표 6> 측정계획서 종합작성

작업환경측정계획서

1. 사업장 개요

사업장명		대표자		사업자번호	
소재지				전화번호	
업종/업태		주생산품		팩스번호	
담당자		근로자수		조사일자	
				조사자	

2.작업공정

부서	공 정 (단위작업장소)	공정 및 작업 내용	유해인자	근로자 수 (측정대상 근로자 수)	비 고

3. 공정별 화학물질 사용실태

공정 (단위작업장소)	화학물질명 (상품명)	측정대상물질명	제조/사용여부	사용용도	월취급량	비 고

4. 공정별 유해요인 발생실태

공정 (단위작업장소)	유해인자	발생시간 (주기)	측정방법	비 고

5. 작업환경측정시 고려사항

시료채취기 유량보정

□ 목적

시료채취기(시료채취매체+펌프)의 시료채취 전 및 시료채취 후 실시되는 유량 보정수행 관련 내용을 기록 및 관리하는 요령과 대장양식을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 유량보정은 시료채취 전후에 반드시 실시되어야 한다.

○ 유량보정 내용에 대한 작성은 수기로만 작성되어도 충분하며, 굳이 유량보정내용을 정리하기 위해 새로이 워드 작업할 필요는 없다.

○ 유량보정 내용 작성 시 오타, 오기에 대한 부분은 유량보정 대장에 직접 수정하여 있는 사실 그대로 작성 되도록 한다.

○ 유량보정대장에는 유량에 대한 정보뿐만 아니라 유량보정일자, 보정자에 대한 정보가 반드시 기입되어 있어야 한다.

□ 대장의 구성항목 및 기재하여 할 내용(예시)

○ 다음은 유량보정수행대장의 한 예시이다. 기관의 사업특성, 상황 등을 고려하여 이 예시 이외의 적절한 대장양식을 사용할 수 있다.

<표 7> 개인시료 채취기 유량보정 수행을 위한 대장 양식

유량보정수행대장

일자	유량기 No.	펌프 번호	시료채취 매 체	채취전 유량(L/min)			평균 유량 (L/min)	채취후 유량(L/min)			평균 유량 (L/min)	전체 평균 유량 (L/min)	보정자	비 고
				1	2	3		1	2	3				
11.11	1	Y-1	3단 카세트 -막여과지	2.120	2.091	2.115	2.109	2.110	2.100	2.113	2.108	2.109	홍길동	

- 일자: 유량보정수행일자를 기입한다.
- 유량기 No: 기관마다 보유하고 있는 유량보정기기 대수가 여러 개일 수 있다. 따라서 보유하고 있는 유량보정기에 고유번호를 매기고, 그 고유번호를 기재한다.
- 펌프번호: 기관에서 보유하고 있는 펌프에 고유번호를 부여하고 그 번호를 기재한다.
- 시료채취매체: 펌프에 연결하여 시료채취 할 시료채취매체 종류를 기재한다. 예: 3단카세트-막여과지, 차콜튜브 등
- 채취전 유량: 시료채취 전 3회의 유량보정을 수행하고, 수행 될 때마다 보정된 유량을 기재하는데, 소수점이하 넷째자리에서 반올림하여 3째 자리까지 기입한다.
- 평균유량: 채취 전 3회 유량보정 한 유량의 평균유량을 소수점 3째 자리까지 기입한다.
- 채취후 유량: 재취 전 유량기재 요령과 동일하다.
- 평균유량: 채취 후 3회 유량보정 값의 평균유량을 기재한다.
- 평균유량: 시료채취 전 평균유량과 채취 후 평균유량의 전체평균유량을 기재한다.
- 보정자: 실제 보정을 수행한 사람의 이름을 기재한다.
- 비고: 특이사항을 기재한다.

중량분석

□ 목적

작업환경 공기중 먼지를 측정하기 위한 중량분석을 실시하는데 있어 필요한 시료채취전과 채취후의 필터 무게를 측정시 필요한 중량분석대장의 관련 내용을 기록 및 관리하는 요령과 대장양식을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 중량분석절차는 뒷부분에 기술 된 기술된 “시료채취기 유량보정 및 필터의 중량분석방법”의 중량분석 절차를 반드시 준수토록 해야 한다.

○ 측정기관에서 필터에 대한 무게측정은 보통 측정팀이 하는 경우가 많으나 기관에 따라서는 분석팀이 하는 경우도 있다. 어떤 경우이든지 간에, 시료채취 전과 채취후의 동일 필터에 대한 중량분석은 동일한 사람이 수행하는 것이 좋다.

○ 중량분석시 공시료에 대한 보정은 반드시 이루어져야 하고, 중량분석대장은 공시료 분석 결과를 반드시 기입하도록 해야 한다.

○ 필터의 무게를 달아 기입할 때는 사업장 단위로 작성토록 한다.

□ 대장의 구성항목 및 기재하여 할 내용(예시)

○ 다음은 시료인계인수대장의 한 예시이다. 기관의 사업특성, 상황 등을 고려하여 이 예시 이외의 적절한 대장양식을 사용할 수 있다.

- 일자, 전(후): 시료채취전 필터의 무게를 단 날짜를 기입하고 괄호 안에는 시료채취 후 필터의 무게를 단 날짜를 기입한다.
- 사업장명: 측정을 하고자 하는 대상 사업장 명을 기입한다. 중량분석은 사업장 단위로 실시하도록 한다. 예시에서 제시한 것처럼, 만약 천하전자에 4개의 먼지채취용 필터가 필요하다면 4개의 필터를 준비하여 고유번호를 부여하고, 또한 공시료용 필터를 3개 준비한다면 이 역시 고유번호를 부여하

여 필터의 무게를 달도록 한다. 사업장 단위로 작성되어야만, 측정 후 먼지 농도를 계산하기가 용이해 진다.

- 필터고유 번호: 개개의 필터에 고유번호를 부여하고 기입한다.
- 측정 전 무게: 측정 전 무게를 3회 반복하여 측정한 후 그 평균무게를 기입토록 한다. 무게의 단위는 g, mg. ug 단위를 사용할 수 있으나 ug단위로 표기하면 나중에 시료채취 총유량(L)로 나누어 주기만 하면 mg/m^3 단위가 되기 때문에 ug단위로 기입하는 것이 편리할 것이다. ug 단위로 평균무게 기입시 소수점 첫째자리에서 반올림하여 정수단위로 기입토록 한다.
- 측정 후 무게: 측정 전 무게 측정요령과 동일한 방법으로 기입한다.
- 시료채취유량: 해당필터에 연결될 펌프의 보정유량을 기입한다. 이 부분은 시료채취 전에 기입될 수도 있고, 시료채취 후에 기입될 수도 있다. 기입단위는 L/분 단위로 기입토록 한다.
- 시료채취시간: 해당필터를 이용하여 측정한 전체 측정시간을 분단위로 기입한다.
- 농도(mg/m^3), 공시료 무게차(ug): 농도는 공시료 무게차를 보정한 농도를 기입토록 한다. 다음 페이지의 대장 양식 계산시례를 들어 설명하면 다음과 같다.

  · 공시료 3개의 평균 무게차: $\frac{-202+27+119}{3} = -19\,ug$

  · 시료 YF-1의 농도: $\frac{\text{시료채취후무게} - \text{시료채취전무게} - \text{공시료무게}}{\text{시료채취총유량}} =$

  $$\frac{13104-12327-(-19)}{1.251\times 360} = 1.78\,mg/m^3$$

- 분석자: 중량분석을 실시한 사람의 이름을 기입한다.
- 비고: 중량분석 시 해당필터의 특이사항을 기입토록 한다. 예시 대장의 경우 YF-1 필터가 먼지가 과 포집되었을 경우 이를 기록한 것으로 향후 데이터 해석 시 참고하도록 한다.

<표 8> 중량분석관련 기록을 작성하기 위한 표준대장 양식

중량분석대장

일자 전(후)	사업장명	필터 고유 번호	측정 전 무게(ug)				측정 후 무게(ug)				시료 채취 유량 (L/분)	시료 채취 시간 (분)	농도 (mg/m³) 공시료 무게차 (ug)	분석자	비고
			1회	2회	3회	평균	1회	2회	3회	평균					
11.11 (11.17)	천하전자	YF-1	12330	12321	12331	12327	13102	13105	13105	13104	1.251	360	1.68	홍길동	과포집
		YF-2	15240	15232	15245	15239									
		YF-3	11458	11457	11459	11458									
		YF-4	12410	12415	12410	12412									
		YB-1	11548	11540	11548	11545	11348	11340	11341	11343	-	-	-202		
		YB-2	11478	11474	11475	11476	11501	11500	11509	11503	-	-	27		
		YB-3	12589	12581	12581	12584	12708	12700	12700	12703	-	-	119		

시료채취기 유량 보정 및 필터의 중량분석 방법

□ 목적

작업환경측정에 사용되는 시료채취기 종류별로 표준화된 유량보정방법과 필터의 중량분석방법을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 시료를 채취하기 전과 후에 시료채취기구(시료채취기+펌프)의 유량을 보정하여야 한다.

○ 시료채취기구 유량보정에 사용되는 보정기는 1차 표준기기이어야 한다. 유량측정에 사용되는 1차 표준기기라 함은 물리량 값만을 가지고 유량을 측정할 수 있는 기기로 비누거품 유량보정기구가 이에 해당한다.

○ 시류채취기구의 유량보정 시 연결순서는 펌프-타이곤튜브-시료채취기구(흡착관, 카세트필터, 카세트필터가 장착된 사이클론 등)-타이곤튜브-유량보정기구 순이어야 한다.

- 사이클론등은 전용의 유량보정 bottle에 놓은 후 상기와 같은 순으로 연결한다(유량보정 bottle은 상업적으로 구매가능하다).

○ 유량보정에 사용되는 유량보정기구는 규정에 따라 검・교정을 받아야 한다.

○ 펌프는 시료채취기구가 연결된 상태에서 유량은 현장에서 측정하려고 하는 유량의 ± 5%이내 여야 한다.

○ 유량보정에 사용되는 펌프는 사전에 충분히 충전되어 있어야 한다.

○ 중량분석 전에 필터는 수분이 완전히 제거되어 항량 상태이어야 한다.

○ 중량분석실의 환경요건 중 중량분석에 영향을 크게 미치는 인자는 정전기이므로 필터, 필터를 집는데 사용되는 핀셋의 정전기는 제거되어야 한다.

○ 저울은 주기적으로 검・교정 되어야 하고, 시료채취 전과 후에 사용되는 저울은 동일한 것이어야 한다.

□ 시료채취기구에 따른 유량보정절차

○ 흡착관(차콜튜브, 실리카겔관등), 필터가 장착된 카세트를 사용한 시료채취기의 유량보정절차

① 유량보정을 실시하기 전 펌프를 작동시켜 5분정도 가동시킨 후 끈다.

② 펌프 - 타이곤튜브 - 시료채취기구(흡착관, 카세트) - 타이곤튜브 - 유량보정기구 순으로 연결 하여야 하고, 연결부위는 누설되지 않아야 한다(그림 2).

- 여과지가 장착된 3단 카세트 경우 결합된 부분에 테이프를 붙이면 누설을 확실하게 예방할 수 있다.

③ 펌프를 가동시키고 유량보정기구가 비누거품전자유량보정기구인 경우 전자유량셀(electronic) 내벽에 비누용액이 공급되도록 여러 번 버튼을 누른다. 수동식 뷰렛 비누거품보정기의 경우 비이커 용액에 담긴 비누용액을 반복적으로 뷰렛 입구에 접촉시켜 뷰렛의 내벽이 충분히 비누용액으로 적셔지도록 한다.

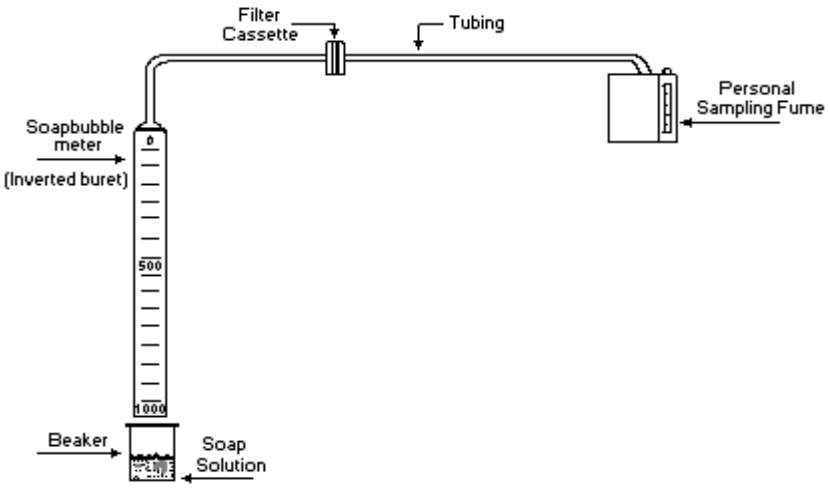
④ 펌프의 유량을 조절하여 원하는 유량수준으로 맞춘다.

⑤ 펌프의 유량보정은 최소 3회 이상 실시하되 유량들 간의 차이가 2%이내인지 확인하고, 맞으면 3회 유량보정치의 평균값을 시료채취 전 유량으로 사용한다.

⑥ 시료채취전의 보정유량은 현장에서 채취하려는 유량의 ±5%이내여야 한다. 즉, 0.2 L/min으로 현장시료를 채취하고자 하면 보정된 펌프의 유량은 0.199 L/min ~ 0.201 L/min 내에 들어 있어야 한다.

⑦ 현장에 사용되는 모든 흡착관과 펌프별로 유량보정이 이루어 져야 한다. 예를 들어 흡착관 A와 펌프 A, 흡착관 B와 펌프 B의 연결조합으로 현장시료채취가 이루어진다면 시료채취전과 후의 유량보정은 동일한 연결조합으로 이루어 져야 한다.

⑧ 시료채취 후에 이루어지는 유량보정은 ⑦에서 언급한 대로 흡착관 펌프가 연결된 상태에서 진행하여야 하며, 시료채취 후 유량보정 역시 3회 실시하여 그 평균치를 사용하되 시료채취 전 유량과의 차이가 ±5% 이내에 들어야 한다. 만약, 이 범위를 벗어나면 시료채취동안의 유량변동이 허용오차 범위를 벗어난 것으로 간주하여 해당시료를 폐기해야 한다.

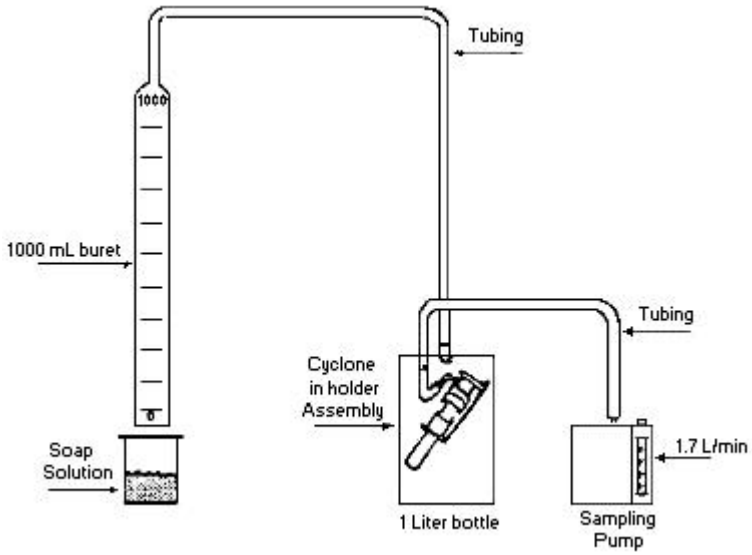


[그림 1] 수동식 뷰렛을 이용한 카세트 유량보정

(비누거품 전자유량보정기구를 사용하는 경우 해당 유량보정기를 뷰렛 대신 연결하면 됨).

○ 카세트를 오픈페이스로 시료채취 하는 경우와 흡입성, 흉곽성, 그리고 호흡성분진을 채취하기 위해 사이클론 등 특정 시료채취기구를 사용한 시료채취기의 유량보정절차

- 유량보정 절차 및 내용은 위에서 언급한 내용과 동일하다. 다만, 사이클론 등의 시료채취기구를 사용하는 경우 이러한 시료채취기구로부터 유량보정기를 직접 타이곤 튜브로 연결할 수 없기 때문에 시료채취기구가 완전히 담길 수 있는 플라스틱 재질의 병을 사용하여 아래 그림과 같이 연결한 후 유량보정을 실시해야 한다.

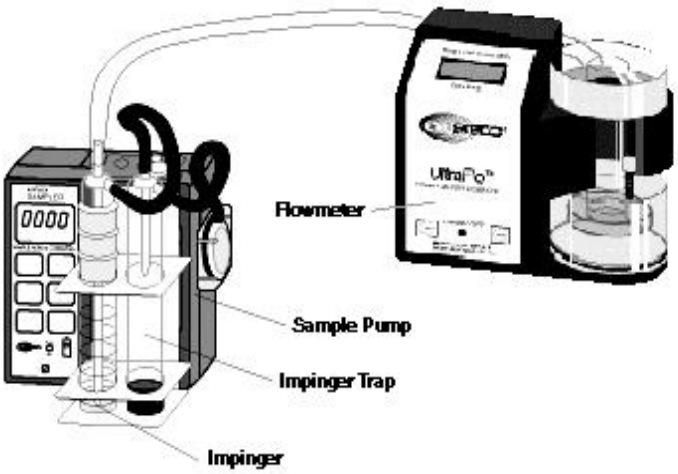


[그림 2] 수동식 뷰렛을 이용한 사이클론 유량보정

- 유량보정에 사용되는 용기는 플라스틱 재질의 적당한 용기를 사용하여 자체 제작하여 사용할 수도 있고, 상업적으로 구매도 가능하다. 자체제작 하는 경우 용기에서 튜브가 들어갈 수 있게 두 개의 구멍을 뚫어야 하는데 유량보정시 이 부위가 누설되지 않도록 해야 한다.

○ 임핀저 및 버블러를 사용한 시료채취기의 유량보정절차

- 연결순서는 앞서 언급한 시료채취기의 연결순서와 동일하며 유량보정절차도 동일하다. 다만, 유량보정이 이루어지는 임핀저 또는 버블러에는 현장에서 사용되는 동일한 용액의 흡수액이 동일한 부피로 담겨져 있어야 한다.



[그림 3] 임핀저 및 버블러의 유량보정

□ 중량분석 절차

○ 시료채취전의 필터는 데시케이터 안에서 충분히 건조되어 항량되어 있는 필터를 사용해야 한다.

① 데시케이터 안에서 보관된 필터는 시료채취 전 무게를 달기 위해서는 필터를 데시케이터 안에서 꺼낸 후 저울이 설치된 중량분석실내 1 시간이상 놓아둔다.

- 이는 필터의 온·습도 조건을 중량분석실의 운·습도 조건과 일치시키기 위해 필요한 과정이다.

② 저울을 영점 조정한다.

③ 정전기가 제거된 핀셋을 사용하여 조심스럽게 필터를 저울의 중량접시 중앙에 놓아둔다.

- 정전기를 제거하기 위해서는 정전기 제거제를 사용하도록 한다. 특히 겨울철 경우 습도가 낮아 정전기가 많이 발생하여 중량분석을 실시하는데 많은 어려움을 줄 수 있다.
- 필터를 중량접시 중앙에 둔 후 무게 측정 후 다시 이를 핀셋으로 꺼내려고 하면 꺼내기가 쉽지 않은 경우가 종종 발생한다. 이러한 경우 중량접시 중앙에 정전기를 발생시키지 않은 재질의 적당한 크기의 물체를 올려놓고 이 상태에서 저울의 무게를 0으로 맞춘 후 중량분석을 실시하면 편하다.

④ 무게를 잰다.

- 중량접시에 필터를 옮겨 놓은 순간부터 숫자가 변하기 시작할 것이다. 일정시간이 경과하면 특정 숫자에서 멈춰지게 되는데 이때 지시된 숫자를 그 필터의 무게로 하면 된다.
- 전자저울에 지시된 숫자가 계속 변하는 경우 가장 큰 원인은 정전기이며, 이 경우 필터의 정전기를 제거한 후 무게를 달아야 한다. 또한 숫자가 일정시간 후 멈추었다가 다시 변하는 경우도 종종 발생한다. 이 경우 분석자는 일정성을 가지고 필터무게를 선택해야 한다. 즉, 숫자가 움직이다가 첫 번째로 멈추고 일정시간 지난 후 다시 변화가 생기다면 첫 번째 일정한 값을 보인 값을 선택하면 되는데 이는 시료 채취 전과 후에 동일하게 적용해야 한다는 의미이다.

⑤ 첫 번째 무게 측정이 끝난 필터는 다시 꺼낸 후 저울이 0을 지시 할 때 까지 기다린다. 기다려도 0을 지시하지 않은 경우 강제로 0점을 다시 맞추어야 한다.

⑥ 0점이 맞으면 다시 무게를 재도록 한다.

⑦ 이러한 과정을 3회 반복하여 그 평균값을 시료채취 전 필터의 무게로 사용한다.

- 필터를 3회 반복 측정하였는데 3개 값 중 어느 하나가 다른 두 개에 비해 무게 차이가 많이 나는 경우가 발생한다면 다시 한번 측정하여 그 값이 이상값 인지를 확인한다.
- 반복 측정 시 필터간의 무게 차이는 10 ug 이내 이어야 한다.

⑧ 시료채취가 완료된 필터는 다시 데시케이터 안에 보관하여 수분을 제거하도록 한다.

- 이때 필터는 3단 카세트 내에 장착되어 있는 상태이다. 따라서 3단 카세트의 상부와 하부에 있는 마개를 제거한 상태에서 데시케이터 안에 보관토록 한다.

⑨ 데시케이터 안에서 카세트를 꺼낸 후 카세트를 분리하고 필터를 핀셋을 이용하여 조심스럽게 꺼낸 후 저울이 설치된 중량분석실에서 최소한 1시간 이상 놓아두어 중량분석실의 온·습도 조건에 필터의 온·습도 조건을 평형화시킨 다.

⑩ 무게를 재면 되는데 그 요령은 시료채취 전 필터의 무게를 재는 요령과 동일하다.

소음기 보정

표준소음발생기를 사용하여 소음계(지시소음계 및 누적소음노출량측정기)를 보정하는데 있어 관련내용을 기록 및 관리하는 요령과 관련대장을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 소음계를 사용하기 전에 반드시 표준소음발생기로 보정한 후 사용토록 한다.

○ 소음기에 대한 소음보정은 작업장에 대한 소음측정 전에 이루어져야한다. 그러나 매일 같은 소음기를 사용하여 작업장에 대한 소음을 측정하는 경우라면 주기적(예를 들면 1주일 간격 등)으로 소음보정을 실시해도 된다.

□ 대장의 구성항목 및 기재하여 할 내용(예시)

○ 다음은 소음기 보정수행대장의 한 예시이다. 기관의 사업특성, 상황 등을 고려하여 이 예시 이외의 적절한 양식을 사용할 수 있다.

<표 9> 표준소음발생기를 이용한 소음기 보정 수행을 위한 대장 양식

소음기 보정수행 대장

소음계 고유번호	표준소음발생기 고유번호	보정일자	보정자	비고
YND-1	Cal - 1	2011. 11.11	홍길동	
YND-2	Cal - 1	2011. 11.11	홍길동	
YND-3	Cal - 2	2011. 11.11	홍길동	

- 소음계 고유번호: 기관별로 보유한 소음계별로 장비 고유번호가 있어야 하고, 장비고유번호를 기입하도록 한다.
- 표준소음발생기 고유번호: 기관별로 보유한 표준소음발생기 별로 장비고유번호가 있어야 하고, 장비고유번호를 기입하도록 한다.
- 보정일자: 소음계를 보정한 날짜를 기입하도록 한다.
- 보정자: 보정을 수행한 사람의 이름을 기입하도록 한다.
- 비고: 소음계보정을 수행하는 동안 특이사항을 기입하도록 한다.

소음측정기 기기환경설정 및 보정수행 방법

□ 목적

소음에 대한 작업환경측정 시 소음측정기의 기기환경설정 및 표준소음발생기를 이용한 소음측정기의 보정수행방법을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 소음계는 측정주파수 범위 및 허용오차에 따라 다음과 같이 구분된다.

종 류	주파수 범위 [Hz]	허용 오차 [dB]
간이소음계	50 ~ 6000	±2
보통소음계	31.5 ~ 8000	±2
정밀소음계	20 ~ 12500	±1

○ 소음측정기기는 기기 제조회사별로 조작방법 및 사용하는 용어의 차이가 있으니 반드시 사용 전에 제조회사가 제공하는 매뉴얼을 숙지한 후 사용해야 한다.

○ 작업환경중의 변동소음에 대해 작업자의 누적노출 소음량을 측정하기 위해서는 지시소음계가 아닌 누적소음노출량측정기를 사용해서 측정해야 한다.

○ 지시소음계는 소음원 확인, 소음발생작업장에 대한 소음정도 스크린 또는 개선대책 전후의 개선효과 판단 등에 사용하는 것이 좋다.

○ 음의 물리적 강약은 음압에 따라 변하지만 사람이 귀로 듣는 음의 감각량은 음압뿐만 아니라 주파수에 따라 변한다. 따라서 같은 크기로 느끼는 순음을 주파수 별로 구분한 것이 등청감곡선이다.

○ 청감보정회로라 함은 어떤 음의 감각적인 크기레벨을 측정하기 위해 등청감곡선을 역으로 한 보정회로를 소음계에 내장하여 근사적인 음의 크기를 측정한 것으로 dB(A)는 40 phone, dB(B)는 70 phone, 그리고 dB(C)는 85 phone의 등청감곡선과 유사하도록 보정한 것이며, 현재 감각량과 관련하여 dB(A)가 가장 널리 사용된다.

○ 등가소음도(Leq, energy equivalent sound level)란 측정시간동안의 변동소음에너지를 시간적으로 평균하여 이를 대수변환 시킨 것으로 누적소음노출량측정기로 등가소음도를 측정하기 위해서는 ER를 3 dB로 설정한 후 측정해야 한다.

○ ER(exchange rate)이라 함은 누적소음노출량측정기의 Dose양을 배로 증가시키거나 반으로 감소키는 데 필요한 소음량으로 3, 4, 5, 6 dB의 ER이 주로 사용된다.

- 고용노동부와 미국 산업안전보건청(OSHA)의 소음기준을 평가하기 위해서는 ER을 5 dB로 설정하여야 하고, 미국 ACGIH와 NIOSH의 소음기준을 평가하기 위해서는 3 dB로 설정하여야 한다.

○ 소음계 지시침은 Fast와 Slow 두 조건으로 설정할 수 있으며, Fast의 경우 125 milliseconds로 반응하며 Slow의 경우 1초 간격으로 반응한다.

○ Lavg: 누적소음노출량측정기의 측정설정조건에서 측정시간동안 측정된 평균소음수준이다.

- 하루 8시간 작업하는 경우 6시간을 측정하였다고 하자. 나머지 측정하자 않은 2 시간의 평균 소음수준은 6시간 측정한 평균소음수준과 동일하다고 가정하면 Lavg값이 소음에 대한 8시간 TWA 값이다.

- 만약 하루 8시간 작업중 6시간만 소음이 발생하고 나머지 두 시간은 소음이 발생하지 않는 작업장에서 소음이 발생되는 작업시간인 6시간만 측정하였다면 6시간에 대한 Lavg 값과 나머지 두 시간은 값은 0으로 하여 아래 등가소음도 공식을 이용하여 8시간 TWA 소음을 계산하거나 기기에서 출력되는 값 중 TWA 값을 사용해야 한다.

$$\text{leq[dB(A)]}=16.61\log\frac{n_1\times10^{\frac{LA_1}{16.61}}+n_2\times10^{\frac{LA_2}{16.61}}+n_N\times10^{\frac{LA_N}{16.61}}}{\text{각 소음레벨측정치의발생시간합}}$$

LA: 각 소음레벨의 측정치[dB(A)]

n: 각 소음레벨측정치의 발생시간(분)

· 일반적으로 등가소음도를 계산하는데 사용하는 상수 값은 16.61이 아니라 10이다. 그러나 상기 공식에서 16.61이 사용되는 이유는 고용노동부의 소음노출기준을 평가하기 위해 사용되는 ER 값이 5 dB이기 때문이다. 따라서 미국 ACGIH나 NIOSH의 소음기준을 평가하기 위해서는 이들의 경우 ER이 3 dB가 사용되기 때문에 16.61 대신에 10이 사용되어야 한다.

○ TH(threshold level): 기기에 설정된 TH값 이하의 소음수준은 누적소음노출량측정기의 Leq, Lavg, Dose양에 포함되지 않는다는 의미이다. 즉 TH이하의 소음수준은 측정에서 제외된다는 의미이다.

- 소음값은 로그 값이므로 TH값 이하의 소음수준이 누적되지 않는다고 하여 소음에 대한 노출기준 초과여부를 판정하는데 전혀 영향을 미치지는 않는다.

○ TWA(Prt): Projected time weight average

- 단시간의 측정치를 설정한(project)한 시간동안의 평균소음으로 측정하는 방법이다. 예를 들어 하루 4시간 소음발생작업이 있는데, 이 4시간 동안의 소음 수준이 거의 비슷할 것이라는 판단이 들어 5분간만 측정하였다고 하자. 이때 이 기능을 사용하여 projected time을 4시간으로 설정한 후 5분 동안 측정한 후 이 값을 읽으면 소음이 발생되는 4시간 동안의 평균소음이다.

○ TWA: 실 측정시간에 상관없이 모든 측정소음을 8시간의 시간가중평균소음으로 환산하여 나타내는 값이다.

- 하루 8시간 소음이 발생하는데 6시간만 측정하여 TWA 값을 읽으면 나머지 측정하지 않는 2시간은 소음이 발생하지 않은 것으로 간주하여 계산된 소음을 읽게 되므로 주의해야 한다.
- 하루 8시간 발생소음에 대하여 8시간 측정하였다면 Lavg 값이나 TWA 값은 동일하다.

○ Criteria: 누적소음노출량측정기의 기기설정 조건 중 Criteria라 함은 소음에 대한 노출기준을 말한다. 따라서 고용노동부의 소음노출기준을 평가하기 위해서는 이 값을 90 dB로 설정하여야 한다.

○ 소음기에 대한 소음보정은 작업장에 대한 소음측정 전에 이루어져야한다. 그러나 매일 같은 소음기를 사용하여 작업장에 대한 소음을 측정하는 경우라면 주기적(예를 들면 1주일 간격 등)으로 소음보정을 실시해도 된다.

○ 표준소음발생기는 주기적으로 검・교정 받아야 되는 장비이다.

□ 고용노동부의 소음노출기준 초과여부 판정을 위한 기기환경설정방법

○ 지시소음계

- 지시침 동작: Slow
- 청감보정회로: A 특성

○ 누적소음노출량측정기

- 지시침동작: Slow
- 청감보정회로: A 특성
- Criteria: 90dB, Exchange rate: 5dB, Threshold: 80 dB

・미국 OSHA 소음기준: Criteria(90 dB), ER(5 dB), Threshold(90)

・미국 ACGIH 소음기준: Criteria(85 dB), ER(3 dB), Threshold(80)

□ 소음기보정방법

표준소음발생기를 사용하여 소음기(지시소음계, 누적소음노출량측정기)를 보정하는 방법은 장비의 제조회사마다 소프트웨어의 차이가 있어 약간씩은 다를 수 있다. 따라서 정확한 소음기보정을 위해서는 장비회사가 권고한대로 소음기를 보정해야 한다. 다음은 일반적인 소음보정하는 방법을 예로 들어 놓은 것이다.

○ 소음기와 표준소음발생기의 전원을 켠다.

○ 표준소음발생기에서 소음이 발생되는지 귀로 확인하다.

- 소리가 들리지 않으면 배터리가 있는지 등 체크한 후 정상작동 된 후에 사용해야 한다.

○ 소음기에 방풍망(anti-wind screen)이 끼워져 있으면 제거한다.

○ 표준소음발생기를 소음기의 소음측정센서에 결합시킨다.

○ 표준소음발생기의 종류에 따라 one point 또는 two point의 표준소음을 발생시킬 수 있다. two point 경우 250 Hz와 1 kHz 주파수에서 94 dB와 114 dB의 표준음을 발생시킨다.

○ 설정한 주파수와 발생되는 소음수준에 해당하는 소음값이 소음기에 표시되는지 확인하다.

- 표준소음발생기에서 발생되는 소음값과 보정하고자 하는 소음기에 표시되는 소음값이 다를 경우 보정하여야 하는데, 보정하는 방법은 장비회사마다 다르다. 예를 들면, 개인시료 채취기 펌프에서 유량보정 하듯이 미세조절 나사가 있어 이를 돌리면서 조정하는 장비도 있고, 소프트웨어 상으로 발생되는 표준소음수준 값, 즉 114 dB 소음을 발생시키면서 보정을 행하고 있다면 이 소음수준으로 114 dB로 읽도록 명령하는 방법 등 다양하다.

○ 기기회사가 권고하는 대로 one point 또는 two point 보정을 완료하도록 한다.

1-2. 현장 작업환경측정 단계

예비조사를 완료하고, 작업환경측정준비과정을 마치면 본격적으로 사업자에 대한 현장측정을 실시하게 된다. 이때 역시 관련내용을 기록해야 하는 작업환경측정조자표가 필요하다. 현장에 대한 작업환경측정시 반드시 관련법 및 고시에서 규정하고 있는 방법에 따라 시료채취가 이루어져야 하는데 여기서는 이러한 일련의 과정에 필요한 내용을 제시하고자 한다.

작업환경측정 조사표

□ 목적

예비조사를 완료한 후 또는 예비조사의 필요성이 없어 바로 작업작업측정을 실시하고자 하는 경우 현장측정에서 필요한 작업환경측정 조사표의 관련 내용을 기록하는 요령을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 작업환경측정 조사표는 측정목적에 따라 다양한 형태의 양식을 사용할 수 있을 것이나, 여기서는 법적인 작업환경측정을 실시하는데 있어 필요한 정보를 수집하고 기록하는데 초점을 맞추어 관련 양식을 제시하고자 한다.

○ 예비조사를 실시한 사업장 경우 앞서 제시한 예비조사 실시에 따른 작업환경측정계획서와 함께 추가하여 작업환경측정 조사표를 작성토록 한다.

○ 관련 고시(고용노동부 고시: 작업환경측정 및 정도관리 규정)에 의하면 측정기관이 전회에 측정을 실시한 사업장으로서 공정 및 취급인자의 변동이 없는 경우에는 서류상의 예비조사만을 실시 할 수 있다고 규정하고 있다. 이러한 경우라도, 전회 실시하였던 예비조사 결과인 작업환경측정계획서 혹은 작업환경측정결과보고서를 가지고 측정당일 대상 사업장의 현장 측정시 공정의 변경 및 신설은 없는지, 그리고 사용되는 화학물질의 종류와 사용량 또는 제조량의 변동이 없는지 확인하여야 한다.

○ 따라서, 예비조사 시 사용되는 작업환경측정계획서 양식의 내용은 예비조사를 실시할 필요가 없는 사업장이라고 할지라도 반드시 파악해야만 하는 필수 내용이다.

□ 대장의 구성항목 및 기재하여 할 내용(예시)

○ 다음은 작업환경측정 조사표의 작성항목 및 작성내용에 관한 예시이다. 기관의 사업특성, 상황 등을 고려하여 이 예시 이외의 적절한 작업환경조사표 양식을 사용할 수 있다.

□ 조사양식 종합

<표 10> 작업환경측정조사표 종합양식

작업환경측정조사표

1. 사업장 개요

사업장명		대표자		사업자번호	
소재지				전화번호	
업종/업태		주생산품		팩스번호	
담당자		근로자수		조사일자	
				조사자	

2. 작업공정

부서	공 정 (단위작업장소)	공정 및 작업 내용	유 해인자	근로자 수 (측정대상 근로자 수)	비 고

3. 공정별 화학물질 사용실태

공정 (단위작업 장소)	화학물질명 (상품명)	측정대 상물질명	제조/ 사용여부	사용용도	월취급량	비 고

4. 공정별 유해요인 발생실태

공정 (단위 작업장소)	유해인자	발생시간 (주기)	측정방법	비 고

5. 단위작업 장소별 유해인자 측정 위치도

6. 단위작업장소별 시료채취 기록표

작업장 기온:
작업장 습도:
전회측정일:

부 서 (공정)	단위 작업 장소	유해 인자	근로 자수	근로 형태 및 실근로 시간	유해 인자 발생 시간 (주기)	측정위치(근로자명)	펌프 번호	시료 번호	측정시간		측정방법	비고
									시작	종료		
도금	수평 도금	니켈	2	3교대 8시간	8 (연속)	홍길동	YP-1	YM-1	09:50	16:50	여과-AA	
도금	수평 도금	니켈	2	3교대 8시간	8 (연속)	공시료	-	YB-1	-	-	여과-AA	

7. 문제점 및 대책

분야	문제점	개선대책

○ 상기 작업환경측정 조사표의 양식 내용중 1. 사업장개요부터 4. 공정별 유해요인 발생실태 부분은 예비조사 시 사용하는 작업환경측정계획서의 내용과 동일하므로 여기서는 설명을 생략한다.

○ 5. 단위작업장소별 유해인자 측정위치도
- 측정대상 부서의 평면도와 단위작업 장소별 측정위치를 표기한다.

○ 6. 단위작업장소별 시료채취 기록표
- 각 항목별 기록요령은 산업안전보건법 시행규칙 별지 제21호에서 규정한

항목별 작성내용에 맞게 다음과 같이 기입하도록 하고, 상기 표는 그 예시를 든 것이다.

· 유해인자: 분진, 유기용제 등 막연하게 표기하지 말고, 측정대상물질명을 구체적으로 기입한다.
· 근로자수: 단위작업 장소별 근로자 수를 기입한다.
· 근로형태 및 실근로시간: 교대근무가 없는 경우 실근로시간만을 기입하고 교대근무가 있는 경우 ○교대 ○시간이라 기입한다.
· 유해인자발생시간(주기): 1일 작업시간 동안 유해인자의 실제 발생시간을 기입토록 하고, 주기 경우 연속적인지, 간헐적인지 등을 기입한다.
· 측정위치(근로자명): 개인시료채취의 경우 근로자명을 기입토록하고, 지역시료채취의 경우 채취위치를 기록한다.
· 펌프번호: 시료채취기를 부착한 근로자에 장착시킬 유량이 보정된 펌프의 고유번호를 기입한다.
· 시료번호: 시료채취기에 장착된 시료의 고유번호를 기입한다. 시료번호와 펌프번호는 향후 농도계산 및 시료추적시 중요한 식별번호가 되므로 정확히 기재하여야 한다.
· 측정시간: 펌프 가동시간과 멈춤시간을 시:분 단위로 정확히 기재한다.
· 측정방법: 측정방법 및 분석기기를 기입한다. 예를 들면 여과채취방법으로 시료채취하여 AA로 분석하는 경우 여과-AA, 차콜을 사용하여 고체흡착방법으로 시료채취한 후 GC로 분석하는 경우 고체-GC로 표기하는 방법이다.

○ 7. 문제점 및 대책

- 작업환경측정 후 측정결과보고서에 들어갈 측정결과에 따른 종합의견 작성시 필요한 중요정보이다.
- 작업환경측정을 실시하는 동안 현장에서 관찰되고 파악된 여러 문제점에 대해 기술하고 나름대로의 개선대책을 현장에서 작성할 수 있는 경우 현장

에서 작성토록 한다.

- 개선대책 경우 분석결과를 보고, 다시 판단할 수도 있는 문제이다. 따라서 분석팀으로부터 분석결과보고서를 받고 난 후 다시 종합적으로 개선대책을 모색해 보도록 한다.
- 문제점은 꼭 공정과 관련된 공학적인 문제가 있는 것은 아니다. 회사의 화학물질관리 체계나, 보호구 지급 및 관리실태, 보건관리 문제 등 다양한 각도에서 문제점이 있는지 파악해보고, 관련 내용을 자유롭게 기술토록 한다.
- 이 조사표 양식에 기입된 문제점 및 개선대책 내용이 반드시 작업환경측정결과보고서에 다 담아야 하는 것은 아니다. 작업환경측정전문가로서 현장에서 조사된 내용, 그리고 분석결과를 종합적으로 고려하여 최종적인 문제점 및 개선방안을 작업환경측정결과보고서에 담으면 될 것이다.

작업환경측정 및 정도관리 규정에 따른 시료채취 방법

□ 목적

작업환경측정 및 정도관리규정(고용노동부 고시)에서 정하고 있는 노출기준 종류에 따른 시료채취시간 및 이들의 결정방법, 시료 수 결정, 현장공시료 개수 및 채취방법을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 고시에서 규정하고 있는 노출기준이라 함은 근로자가 유해인자에 노출되는 경우 노출기준 **이하** 수준에서는 **거의** 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 기준을 말한다.

○ 고시에서 규정하고 있는 노출기준의 종류는 시간가중평균노출기준(TWA-OES, time weighted average-occupational exposure standard), 단시간노출기준(STEL-OES, short term exposure limit-occupational exposure standard), 최고노출기준(C-OES, Ceiling-occupational exposure standard)이 있다.

- 시간가중평균노출기준: 1일 작업 8시간, 주 40시간 동안에 노출되는 평균농도를 말한다. 작업자는 일하는 동안 TWA의 이상 또는 이하 농도에 노출될 수 있다. 따라서 TWA는 일하는 시간동안 노출되는 평균농도로 오랜 시간 동안의 만성적인 노출을 평가하기 위한 기준이다.
- 단시간노출기준: 작업자가 1회에 15분간 이 기준을 초과해서는 안 되는 기준이며, 또한 농도가 시간가중평균노출기준보다 높고 단시간노출기준보다는 낮으면서 이러한 농도가 1시간 이상의 간격으로 발생하는 경우 4회까지만 허용되는 기준이다. 만약 농도가 시간가중평균노출기준과 단시간노출기준

사이에 있고 그 간격이 1시간미만 이라면 이 역시 단시간 노출기준을 초과하는 것이 된다.

- 최고노출기준: 1일 작업시간동안 잠시라도 노출되어서는 안 되는 기준이다.

○ 고시에서 시료수의 결정은 단위작업장소에서 최고 노출이 예상되는 근로자를 대상으로 개인시료를 채취토록 하고 있으며, 그 수는 단위작업장소에 근무하는 근로자 수에 따라 결정토록 하고 있다(단, 시행규칙 제93의3제1항3호에 따른 지역시료채취의 경우 단위작업장소의 면적에 따라 시료채취 수를 결정토록 하고 있다).

- 고시에서 규정하고 있는 시료 수 결정방법은 단위작업장소에서 측정자(산업위생전문가)가 판단하여 최고노출이 될 것으로 예상되는 사람을 대상으로 사람 수에 따라 그 수를 결정하는 방식을 채택하고 있고, 미국국립산업안전연구원(NIOSH)에서 제시하는 방법은 단위작업장소에서 근무하는 근로자를 대상으로 그 수에 따라 무작위로 몇 명의 사람을 선정하여 시료를 채취해야만 90%이상의 신뢰성을 가지고 최고농도에 노출될 사람이 적어도 한명이상이 포함될 수 있는가에 따른 시료 수 결정방식이다. 따라서 고시에서 규정하는 방식과 일반적(학문적)으로 통용되는 시료 수 결정방식의 접근은 다르다는 점을 인식해야 한다.

- 고시에서 규정하고 있는 단위작업장소의 정의는 “작업환경측정대상이 되는 작업장 또는 공정에서 정상적인 작업을 수행하는 동일 노출집단의 근로자가 작업을 하는 장소를 말한다” 라고 규정되다. 여기서 말하는 동일 노출집단이라 함은 유사노출그룹을 말하는 것으로, 동일한 유해인자에 대하여 통계적으로 비슷한 수준에 노출되는 그룹이란 의미이다.

○ 현장공시료(field blank)라 함은 채취하고자 하는 공기에 노출되지 않은 시료를 말하는 것으로, 채취하고자 하는 공기에 노출되지 않은 점만 제외하고

는 현장시료와 동일한 방법으로 취급, 운반, 분석되어야 한다.

- 현장공시료 채취 목적은 현장시료의 정성과 정량에서 오염과 오차를 방지하기 위한 것으로 현장공시료에서 어떠한 물질이 검출되었다면, 측정매체의 오염인지, 시료취급과정에서의 오염인지 등 그 원인을 파악하고 교정해야 한다.

□ 노출기준종류에 따른 시료채취시간 결정방법

○ 시간가중평균노출기준

① 시간가중평균노출기준과 비교하기 위해 측정을 실시하는 경우 하루 8시간 작업하는 경우 연속하여 6시간 이상 연속측정하거나, 이를 등 간격으로 나누어 6시간 이상 측정하여야 한다.

- 상기측정시간 결정에 포함되어 있는 숨은 뜻은 측정하지 않은 2시간동안의 평균농도는 측정을 실시한 6시간의 평균농도와 비슷할 것이라는 가정을 전제로 한 것이다.

- 8시간 TWA $= \dfrac{[(C_1 \times T_1) + (C_2 \times T_2) \cdots + (C_n \times T_n)]}{T_1 + T_2 + \cdots + T_n}$

② 1일 작업시간 중 측정대상 유해물질의 발생시간이 6시간 이하이거나, 불규칙작업으로 6시간 이하인 작업 또는 발생원에서 간헐적인 경우 발생시간 동안 측정하여 다음과 같이 8시간 시간가중평균을 구한다.

- 8 시간 TWA $= \dfrac{[(C_1 \times T_1) + (C_2 \times T_2) \cdots + (C_n \times T_n)]}{8}$

○ 단시간노출기준

① 단시간노출기준(STEL)을 가지는 물질은 반드시 시간가중평균노출기준(TWA)을 동시에 갖고 있다.

② 1개의 시료가 단시간노출기준을 초과해도 노출기준을 초과한 것이며, TWA와 STEL 사이의 값이 1시간 이상 간격으로 5개 이상 나와도 노출

기준을 초과한 것이며, 또한 그 사이의 값이 1시간 이내에 2번 이상 발생해도 노출기준을 초과한 것이다.

③ 따라서 예비조사시 단시간노출기준을 가진 물질이 작업장에서 사용되고 있고, 15분 동안의 농도가 TWA를 초과할 것으로 예상되는 농도가 하루 몇 번 정도 발생하고 그 간격은 어느 정도 되는지 예상하여야 한다.

④ 그 횟수가 하루 4번 이하이면서 그 간격이 1시간 이상인 경우 해당 기간에 15분간 측정하여 단시간노출기준과 비교평가하면 된다. 만약 그 횟수가 하루 1회 정도 발생할 것으로 예측된다면 1번 만 측정하면 된다.

⑤ 그러나 그 횟수가 5번 이상 이면서 그 간격이 1시간 이상인 경우 각 해당 시간대별로 15분간씩 하루 최소 6개의 시료를 측정한다.

⑥ 또한 1시간 이내에 15분 동안의 농도가 TWA 이상의 농도가 2회 이상 발생할 것을 예측되는 경우 해당 시간별로 15분 동안 시료를 측정한다.

○ 최고노출기준

① 최고노출기준이란 근로자가 1일 작업시간동안 잠시라도 노출되어서는 아니 되는 기준이다.

② 최고노출기준을 설정되어 있는 물질이고 직독식 측정장비로 실시간 측정이 가능한 경우 노출이 높을 것으로 예상되는 시각에 실시간으로 측정하면 된다.

③ 다만, 실시간으로 측정이 곤란한 경우 최고노출이 예상되는 시간대에 15분간 시료를 측정하면 되나, TWA가 설정되어 있는 경우에는 1일 작업시간 동안 6시간 이상 연속측정하거나 작업시간을 등간격으로 나누어 6시간 이상 연속분리하여 측정하여야 한다

④ 최고노출기준 설정물질의 경우 단시간노출기준 설정 물질과는 달리 고농도로 노출되는 간격이 중요하지 않다. 따라서 하루 작업시간 중 최고노출수준에 근접할 것으로 예상되는 시각 대에 측정하면 되는데, 예를 들어 하루

3번 정도 발생할 것으로 예상된다면, 그 시간대에 각각 15분간씩 측정하면 된다.

□ 현장공시료 개수 결정 및 채취방법

○ 현장공시료 개수 결정방법

- NIOSH에서는 현장공시료는 시료 10개당 두 개이고 각 시료세트당 10개를 최대로 제안하고 있으나, 각 물질별 작업환경측정 및 분석방법에 대한 공정시험방법에서 제안하고 있는 공시료 개수를 따르는 것이 좋다.
- 시료세트라 함은 동일날짜에 측정되어지는 전체시료를 한 세트하고 본다. 즉 동일 날짜에 유기용제 20개, 그리고 금속 10개 측정되어진다면 유기용제 20개가 하나의 세트가 되고 금속 10개가 또 다른 시료세트가 된다.
- 만약 동일한 사업장을 연속 2일 유기용제를 측정한다고 가정하면 2개의 유기용제 시료세트가 만들어진다고 보아야 한다.
- 현장공시료는 시료 세트당 최소 2개 이상은 되어야 한다.

○ 현장공시료 채취방법

- 한 현장에서 사용되어지는 측정매체는 동일한 배치의 것을 사용하여야 한다.
- 동일한 배치에서 현장측정용 시료로 사용될 것과 현장공시료로 사용될 것을 분류한 다음, 현장시료와 동일한 방법으로 취급·운반·분석되어져야 한다. 예를 들면, 활성탄관은 현장에서 양 끝을 절단한 후 바로 마개로 막아 현장시료같이 실험실로 운반하여야 한다.

1-3. 시료 인계・인수단계

측정이 완료되고 나면 측정된 시료를 분석자에게 전달하면서 분석을 의뢰하여야 하고 분석자를 실제 분석이 이루어지는 날까지 인수받은 시료를 적절히 보관관리를 해야 한다.

시료 인계・인수

□ 목적

측정자가 측정한 시료를 분석자에게 전달하는데 있어 시료의 분실 없이 정확히 인계・인수되고, 또한 향후 시료에 문제가 발생 시 그 책임소재를 명확히 하기 위한 시료 인계・인수 대장의 관련 내용을 기록 및 관리하는 요령과 대장양식을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 측정팀이 분석팀에게 시료전달시 시료개수, 시료상태 등을 반드시 서로 확인한 후 인계・인수토록 한다.

○ 측정팀이 작성하여 관리하는 시료 인계・인수 대장의 시료고유번호와 분석의뢰서의 시료고유번호는 분석팀이 작성하여 관리하는 분석실시료관리대장의 시료고유번호와 분석결과통보서의 시료고유번호와 항상 추적가능 하도록 일치시켜야 한다.

□ 대장의 구성항목 및 기재하여 할 내용(예시)

○ 다음은 시료인계인수대장의 한 예시이다. 기관의 사업특성, 상황 등을 고려하여 이 예시 이외의 적절한 대장양식을 사용할 수 있다.

<표 11> 시료인계인수에 관한 사항을 관리 기록하기 위한 표준대장 양식

시료인계인수대장

연번	일자	인계자	인수자	사업장명 (공문번호)	시료수(고유번호) 및 매체종류	시료상태	비고
1	11.11	홍길동	허남생	천하전자 (환보-001)	3(C1~C3): 차콜, 2(CB1~CB2): 차콜 공시료 5(F1, F2~F4, F8): 필터, 2(FB1~FB2): 필터공시료	F1시료 손상	

- 연번: 시료인계인수의 연번을 기재하는 것으로 향후 시료추적 시 연번으로 사업장명을 찾고, 그 다음 시료고유번호를 찾아가면 편리한 것이다.
- 일자: 시료를 인계・인수한 날을 기재한다.
- 인계자 및 인수자: 시료의 인계자와 인수자가 자필로 이름을 기재한다.
- 사업장명(공문번호): 분석팀이 분리된 조직으로 되어 있지 않은 측정기관의 경우 시료채취사업장명을 기재토록 하고, 분리된 조직의 경우 시료분석의뢰 공문의 공문번호를 기재토록 한다.
- 시료수(번호) 및 매체종류: 인계・인수되는 시료는 크게 흡착제류, 여과지류, 흡수액, 그리고 기타로 대별할 수 있을 것이다. 이렇게 크게 분류한 후, 각각의 분류에 있어서 시료 수를 가장 먼저 기입하고, 해당 시료고유번호를 기재한 다음 시료채취매체의 종류를 기재토록 한다.

  예: 3(C1～C3): 차콜, 2(CB1～CB2): 차콜공시료, 5(F1, F2～F4, F8): 필터, 2(FB1～FB2): 필터공시료
- 시료상태: 시료고유번호별로 시료상태를 체크하여 이상유무를 기재토록 한다.

분석실 시료관리

□ 목적

측정팀으로부터 의뢰받은 시료의 보관 및 분석과 관련된 일련의 시료에 대하여 체계적인 시료관리를 위한 시료관리대장의 관련내용 기록 및 관리요령에 대하여 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 측정팀으로부터 의뢰받은 시료가 최종분석되어 분석결과보고서가 나가기까지 시료의 행적이 추적 가능하도록 하여야 한다.

○ 분석실 시료관리대장 역시 측정팀에서 부여한 시료고유번호를 중심으로 어떻게 보관되고, 분석되었는지가 추적가능토록 작성되어야 한다.

□ 대장의 구성항목 및 기재하여 할 내용(예시)

○ 다음은 분석실 시료관리대장의 한 예시이다. 기관의 사업특성, 상황 등을 고려하여 이 예시 이외의 적절한 대장양식을 사용할 수 있다.

<표 12> 측정팀으로부터 인수받은 시료를 관리하기 위한 분석실 시료관리대장 양식

분석실 시료관리대장

연번	의뢰일자 (접수일자)	사업장명 (공문번호)	시료 고유번호	보관방법	분석일자	분석방법	결과통보일자	분석자	비고
1	11.17	천하전자 (환보-1)	Y1~Y5	냉장	11.19	GC	11.20	김보라	
			F1~F7	데시케이터	11.23	AA	11.25	김생민	
2	11.18	우주전자 (산보-10)	Y9-Y20	냉장	11.20	GC	11.20	김보라	
			F3-F5, F7		11.28	ICP	11.29	김생민	

- 연번: 사업장 단위로 연번을 기록하도록 한다.
- 의뢰일자(접수일자): 분석을 의뢰받은 일자를 기입토록 한다. 시료인계인수대상의 인계일과 일치할 것이다(경우에 따라서는 일치하지 않을 수도 있다). 그러나 분석팀 조직이 따로 있거나 외부에서 분석을 공문으로 의뢰받은 경우 문서 시행일자와 문서와 시료를 받은 접수날짜가 상이한 경우도 있다. 이러한 경우 문서접수날짜를 기입토록 한다.
- 사업장명(공문번호): 사업장명과 공문이 있는 경우 공문번호를 함께 기입토록 한다.
- 시료고유번호: 가장 중요하게 기재하여야 할 부분이다. 분석기기, 즉, GC로 분석하는 것인지, AA로 분석하는 것인지, 아니면 HPLC로 분석하는 시료인지를 구분하고 해당기기별 시료를 묶어 표기토록 한다. 상기 대장장의 작성예시를 보면 이해할 것이다.
- 보관방법: 해당시료의 보관방법, 즉 냉장보관인지, 냉동보관인지 아니면 데시케이터 안에서 보관 할 것인지를 기입한다.
- 분석일자: 해당시료를 분석한 날짜를 기입한다.
- 분석방법: 해당시료를 분석하는데 사용한 분석기기 명칭을 기입한다.
- 결과통보일자: 분석하여 분석결과서를 통보한 날짜를 기입한다.
- 분석자: 해당 시료를 분석한 분석자의 이름을 기입한다.
- 비고: 상기사항 이외의 사항이 있을시 해당사항을 기록한다.

분석의뢰서 및 결과통보

□ 목적

측정팀이 채취한 시료를 분석팀에게 분석의뢰시 작성해야 하는 분석의뢰서의 내용과 분석의뢰서의 분석대상항목을 분석한 후 측정팀에게 통보하는 분석결과 통보서의 관련내용을 기록 및 관리하는 요령과 대장양식을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 측정자가 작성하는 분석의뢰서의 내용은 분석자가 해당 내용만을 보고도 분석을 수행하는데 지장이 없도록 관련 기록을 충실히 기재하여야 한다.

○ 시료별 분석의뢰항목이 무엇인지 구체적으로 적시하여야 한다.

○ 분석대상물질이 미지인 경우 분석자와 사전에 충분히 협의하여 시료채취매체 등에 대한 정보를 공유토록 하고, 시료채취 후에도 분석의뢰물질 이외의 관심대상물질이 있다고 판단되는 경우 역시 관련정보를 분석자와 충분히 공유하여야 한다.

○ 분석팀이 별도조직으로 분리되어 있지 않은 측정기관의 경우 분석의뢰서와 결과통보서를 한 양식에 의해 이용하는 것이 편리할 수 있으며, 이 경우 측정팀에서 먼저 작성된 분석의뢰서 및 결과통보서의 원본은 측정팀에서 보관하고, 사본을 분석팀에 주어 분석을 실시토록 한 다음, 분석완료 후 해당 사본 분석의뢰서 및 결과통보서에 분석결과를 기재하여 이를 다시 복사하여 한부는 분석팀이 그리고 다른 한부는 측정팀에서 보관 관리토록 한다.

○별도의 조직으로 분석팀을 운영하는 경우 시료분석의뢰서와 분석결과통보서는 분리하여 사용토록 한다.

○분석의뢰 및 결과통보는 기본적으로 사업장 단위로 작성토록 한다.

□ 대장의 구성항목 및 기재하여 할 내용(예시)

○ 다음은 분석의뢰서 및 결과통보서의 한 예시이다. 기관의 사업특성, 상황 등을 고려하여 이 예시 이외의 적절한 대장양식을 사용할 수 있다.

<표 13> 분석의뢰서 및 결과통보서 양식

분석의뢰서 및 결과통보서

사업장명:	천하전자		일자(측정; 의뢰; 분석)	11월11일; 11월: 11일; 11월:21일		
업종/주생산품	전자/PCB 기판			측정자/의뢰자/분석자	홍길동/이순신/김보라	
측정장소 (공정)	시료번호	평균유량 (L/min)	채취시간 (분)	분석의뢰물질	분석결과	비고
도금	Y-1	1.542	361	크롬	0.02 mg/m^3	
도금	Y-1	1.542	361	니켈	0.10 mg/m^3	
코팅	Y-2	1.478	372	톨루엔	12 ppm	
코팅	Y-2	1.478	372	에틸아세테이트	10 ppm	파과
코팅	Y-2	1.478	372	부틸아세테이트	5 ppm	

- 사업장명: 측정사업장을 기입한다. 측정사업장 경우 분석자도 반드시 알아야 하는 정보이다.
- 일자: 측정일자(측정팀 기입), 분석의뢰일자(측정팀 기입), 그리고 분석이 완료된 후 분석결과 통보일자(분석팀 기입)를 순차적으로 기입하여 이곳만 보아도 시료측정에서 분석결과 접수가 언제 되었는지 한눈에 파악가능 하도록 한다.

- 업종 주생산품: 측정사업장 업종과 주생산품을 기재토록 한다. 이 정보는 분석자에게 측정대상 사업장의 정보를 파악하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.
- 측정자/의뢰자/분석자: 시료측정자, 분석의뢰서 작성자, 그리고 분석자의 이름을 기입토록 한다. 분석자는 해당 시료분석시 시료채취에 관한 궁금한 사항은 측정자정보를 알고 있음으로 인해 쉽게 의사소통이 가능할 것이다. 측정자 역시 분석에 관한 의무사항은 해당분석자를 알고 있음으로 인해 쉽게 의사소통이 가능할 것이다.
- 측정장소: 시료가 채취된 단위작업장소(또는 공정)이름을 기입토록 한다.
- 시료번호: 시료채취시 사용한 시료고유번호를 기입토록 한다. 이 번호는 시료 인계・인수대상의 시료고유번호와 일치해야 한다.
- 평균유량: 시료채취 전과 후의 유량보정을 통한 전체평균 유량을 기입토록 한다.
- 시료채취시간: 시료채취 된 시간을 분단위로 환산하여 기재토록 한다.
- 분석의뢰물질: 해당시료에서 분석이 필요한 물질명을 기재토록 한다. 상기예의 경우를 보면 하나의 시료에서 여러 개의 물질을 분석 의뢰하는 경우의 작성 예를 들어 놓았다.
- 분석결과: 분석의뢰물질별로 분석결과를 계산하여 기재토록 한다. 이때 가스상물질(가스, 증기)은 ppm 단위로 작성하고, 입자상물질(먼지, 미스트, 흄, 금속류 등)은 mg/m^3 단위로 작성토록 한다.
- 비고: 해당물질 분석 시 특이사항(예: 파과)을 기록하도록 한다.

1-4. 분석단계

측정팀으로부터 인계받아 보관 중이던 시료를 분석하기 위해서는 분석하루전날 탈착효율(회수율)시료를 조제해야하고, 분석시마다 검량선 작성을 위한 표준용액 조제가 필요하게 된다. 또한 현장시료를 분석하는데 있어서도 일련의 정도관리 과정이 필요한데, 여기서는 이러한 분석과정에 대한 내용을 제시하였다.

검량선 작성, 시료의 탈착효율 및 회수율 실험방법

1) 검량선 작성방법

□ 목적

작업환경측정 대상인 유기용제와 금속류의 기기분석을 위한 올바른 검량선 작성방법을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 검량선 작성은 현장시료의 분석에 앞서 실시되어져야 한다.
- 매 분석시마다 검량선 작성이 이루어져야 한다.
- 분석기기의 상태가 항상 일정하게 유지되는 것이 아니므로 매 분석시마다 검량선 작성은 새롭게 이루어져야 한다.

○ 비록 동일한 날짜에 분석한다고 할지라도 분석기기를 끄고 난 다음 다시 장비를 작동시켜 분석하는 경우라도 현장시료 분석 전에 검량선은 다시 작성되어야 한다.

○ 검량선 작성을 위한 표준용액은 공시료를 포함하여 최소 5개 이상이어야 한다.

○ 검량선의 농도범위는 분석되는 시료의 농도범위를 반드시 포함하여야 한다.

○ 표준용액은 분석하고자 하는 물질을 혼합하여 조제할 수도 있고, 단일물질로 조제할 수도 있다.

○ 표준용액에 조제에 사용되는 시약은 반드시 특급이상의 시약을 사용하여야 한다.

- 표준용액으로 사용될 시약의 순도, 제조일자, 유효기간(시약에 따라서는 유효기간이 없는 반영구적인 시약이 있을 수 있음)등은 잘 알고 있어야 한다.

○ 탈착효율 또는 회수율평가에 사용되는 시약과 표준용액조제에 사용되어지는 시약은 같은 롯트(lot) 번호를 가진 것을 사용한다.

○ 내부표준물질을 사용하여 시료주입 변동에 따른 기기의 응답변동을 보정해 주는 것이 좋다.

○ 검량선 작성 후 농도와 기기반응간의 관계가 양호한 선형관계를 보이는지 여부를 회기방정식의 결정계수를 가지고 판단하여야 한다(최소한 0.99 이상을 보이는 것이 좋다).

□ 표준용액 조제방법(유기용제)

표준용액을 조제하는 방식으로 희석식과 배치식이 있으며, 그 구체적인 요령은 다음과 같다.

① 대상물질의 특성파악: 분석하고자 하는 물질의 물리화학적 특성과 노출기준을 확인한다.

대상물질	제조회사, 순도	분자량	비중	노출기준
벤젠	SIGMA, 99%이상	78	0.874	1ppm=3.2 mg/m^3
톨루엔	ALDRICH, 99%이상	92.13	0.867	50ppm=188 mg/m^3
o-크실렌	SIGMA, 98%	106.16	0.870	100ppm=434 mg/m^3

② 채취시료의 예상농도를 결정한다.

- 기존 작업환경측정결과가 있는 경우 이를 참조한다.
- 시료채취자(현장측정자)와 의견교환을 통해 예상농도를 추정한다.

③ 시료채취시간을 확인한다.

④ 시료채취량을 계산한다.

⑤ 예상되는 공기중 농도와 시료채취량으로부터 시료채취 매체에 채취되는 분석대상 물질의 농도를 결정하고 결정된 농도의 약 0.1배 수준에서부터 약 2배 수준의 농도범위를 갖는 표준용액을 조제토록 한다.

⑥ 작업장의 농도를 전혀 예상하지 못하는 경우 노출기준을 중심으로 검량선 작성을 위한 표준용액의 농도를 결정한다.

- 다음은 분석대상물질의 작업장 공기중 농도가 노출기준의 0.1배에서 2배 존재한다고 가정하고 총 10리터의 공기를 시료채취매체에 통과시켜 시료채취시 이를 분석하기 위한 표준용액의 농도범위 결정사례이다.

농도수준	벤젠	톨루엔	o-크실렌
	mg/10 L	mg/10 L	mg/10 L
2배	0.064	3.770	8.680
1배	0.032	1.880	4.340
0.5배	0.016	0.943	2.170
0.25배	0.008	0.471	1.035
0.1배	0.0032	0.188	0.434

⑦ stock 용액을 조제한다.

- ⑥에서 제시된 가장 높은 농도인 2배 수준에서 각물질의 양을 해당물질의 비중(밀도)를 이용하여 부피비를 계산한다.
- 벤젠의 경우 비중이 0.874이므로 1 uL는 0.874 mg, 톨루엔은 1 uL는 0.867 mg, 그리고 o-크실렌의 1 uL는 0.870 mg임
- 따라서 0.064 mg: 3.770 mg: 8.680 mg = 0.073 uL: 4.313 uL: 9.977 uL, 이는 1:59.1:136.7인데 1:60:140 부피비로 하면 된다.
- 결정된 부피비로 B:T:X를 혼합하면 되는데 이때 고려해야 하는 사항은 너무 많은 시약을 소모하지 않고 또한 계량되는 시약의 부피가 정확히 계측될 수 있는 부피를 선정하면 좋다.

· 예를 들면 실험실에 보유하고 있는 용량피펫의 종류가 무엇인지를 확인한 후 만약 5 mL의 시약이 필요한 경우 1 mL 용량피펫으로 5번 피펫팅 하는 것 보다 5 mL의 용량피펫으로 한번에 피펫팅 하는 것이 오차를 줄일 수 있는 방법이다.

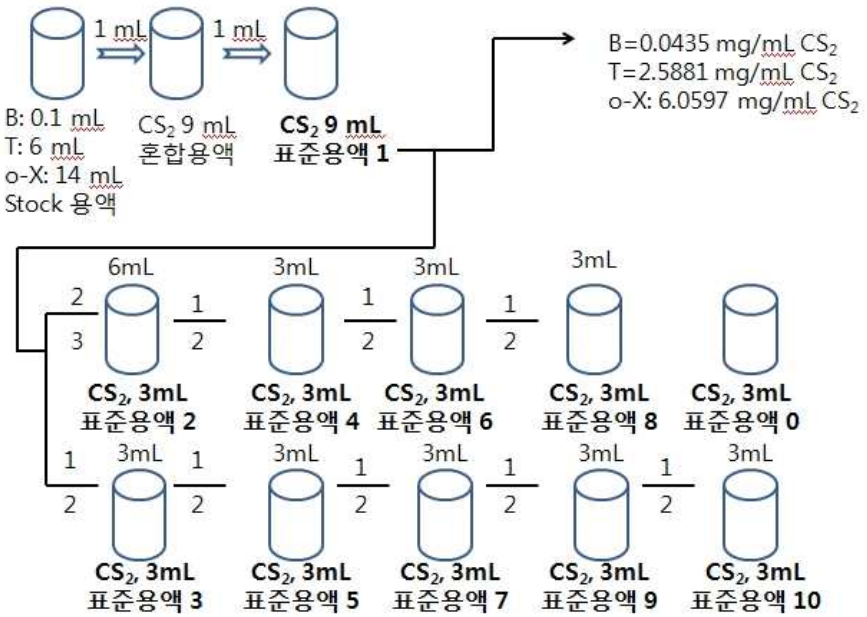
- 상기에서 결정된 1:60:140으로 BTX를 혼합해야 하는데, 이를 1 mL, 60 mL, 그리고 140 mL로 혼합하면 너무 많은 시약이 소모되므로 0.1 mL, 6 mL, 그리고 14 mL로 혼합하여 Stock 용액을 만들도록 한다. 이 용액 속에는

벤젠: (0.1 mL x 0.874 g/mL)/20.1 mL = 0.00435 g/mL = 4.35 mg/mL

톨루엔:(6 mL x 0.867 g/mL)/20.1 mL= 0.25881 g/mL = 258.81 mg/mL

o-크실렌:(14 mL x 0.870 g/mL)/20.1 mL=0.60597 g/mL=605.97 mg/mL

따라서 이 stock 용액을 적절히 희석하여 사용하면 되는데, 다음은 그 실 예이다.



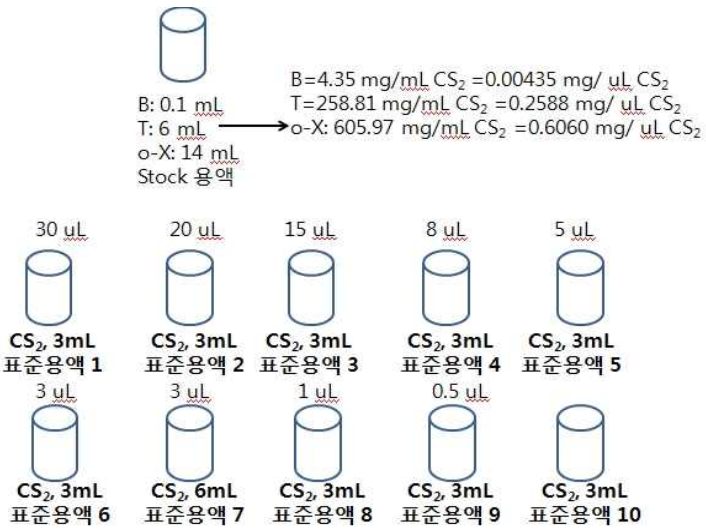
[그림 1-4-1] 희석식 방법을 이용한 표준용액 조제 흐름도

희석식으로 조제된 표준용액의 물질별 농도

표준용액	벤젠농도 (mg/mL)	톨루엔농도 (mg/mL)	o-크실렌농도 (mg/mL)
표준용액 1	0.0435	2.5881	6.0597
표준용액 2	0.0290	1.7254	4.0398
표준용액 3	0.0217	1.2940	3.0300
표준용액 4	0.0145	0.8627	2.0199
표준용액 5	0.0109	0.6470	1.5149
표준용액 6	0.0072	0.4313	1.0100
표준용액 7	0.0054	0.3235	0.7575
표준용액 8	0.0036	0.2157	0.5100
표준용액 9	0.0027	0.1618	0.3787
표준용액 10	0.0014	0.0809	0.1894
표준용액 0	0	0	0

⑧ 위에서 설명한 희석식 표준용액 조제방법 이외의 또 다른 방법은 배치식으로 조제하는 방법이다.

- 배치식은 조제된 Stock 용액에서 일정량씩을 각기 달리 취해 탈착용매에 직접 주입하여 조제하는 방식으로 그 실 예를 아래 그림으로 설명하였다.



[그림 5] 배치식 방법을 이용한 표준용액 조제 흐름도

배치식으로 조제된 표준용액의 물질별 농도

표준용액	벤젠농도 (mg/mL)	톨루엔농도 (mg/mL)	o-크실렌농도 (mg/mL)
표준용액 1	0.0435	2.5880	6.0600
표준용액 2	0.0290	1.7253	4.0400
표준용액 3	0.0218	1.2940	3.0300
표준용액 4	0.0116	0.6901	1.6160
표준용액 5	0.0073	0.4313	1.0100
표준용액 6	0.0044	0.2588	0.6060
표준용액 7	0.0022	0.2194	0.3030
표준용액 8	0.0015	0.0863	0.2020
표준용액 9	0.0007	0.0431	0.1010
표준용액 10	0	0	0

⑨ 상기에서 설명한 두 사례의 경우 한 개의 Stock 용액으로부터 표준용액을 조제하는 방법을 설명하였으나, 2개 이상의 Stock 용액을 조제하여 표준용액을 조제하여도 된다.

⑩ 표준용액 조제시 내부표준물질을 사용할 수 있는데 내부표준물질을 첨가하는 요령은 일정량의 내부표준물질을 용매에 투입한 후, 이 용매를 사용하여 표준용액을 조제하면 모든 표준용액에 들어 있는 내부표준물질의 농도는 동일하게 조제가 된다.

- 내부표준물질 선정 시는 다음 사항을 고려하여 적절한 것을 선정토록 한다.
  · 머무름시간(RT 값)이 분석대상물질과 너무 멀리 떨어져 있지 않도록 한다.
  · 내부표준물질의 피크가 분석대상물질의 피크와 중첩되지 않아야 한다.
  · 내부 표준물질의 양이 분석대상 물질의 농도보다 너무 많거나 너무 적지 않도록 한다.

· 내부표준물질에 대한 기기의 반응이 양호해야 한다.

· 캐필러리(모세관) 칼럼을 사용하는 GC-FID 검출기 경우 탈착용매인 이황화탄소 자체를 내부표준물질로 사용하는 것도 가능하다.

□ 검량선 작성

○ 다음은 상기 희석식으로 조제된 표준용액 중 톨루엔에 대하여 가스크로마토그래피로 분석시 내부표준물질(옥탄)을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우 검량선 식의 직선성이 어느 정도 개선되는지 실 예를 제시한 것이다.

- 적절한 내부표준물질의 선정은 공정시험방법에서 권고하는 물질을 사용하는 것이 좋으며, 일반적으로 분석대상물질과 피크 겹침이 일어나지 않아야 하고, 또한 검출되어져 나오는 시간이 분석대상물질의 사이에 있거나 혹은 뒤에 나오더라도 너무 떨어져 있지 않아야 한다.

○ 내부표준물질 첨가요령은 모든 시료와 표준용액에 들어 있는 내부표준물질의 양은 동일해야 하므로, 탈착용매(예: 이황화탄소)를 시약병으로부터 일정량 분취한 후 이곳에 일정량의 내부표준물질을 첨가한 후, 이 용액을 표준용액조제에 사용하고 또한 시료탈착용매로 사용하면 된다.

표준용액	표준용액 농도 (mg/ml)	톨루엔 면적값	내부표준물질 면적값	톨루엔 면적값/ 내부표준물질면적값
ST0	0	0	3500.5	0
ST1	0.0809	211.2	3513.2	0.0601
ST2	0.1618	442.5	3505.2	0.1262
ST3	0.2157	554.2	3457.5	0.1603
ST4	0.3235	894.2	3580.2	0.2498
ST5	0.4313	1121.3	3510.2	0.3194
ST6	0.6470	1652.2	3425.2	0.4824

요약 출력

회귀분석 통계량	
다중 상관계수	0.999058
결정계수	0.998118
조정된 결정계수	0.997741
표준 오차	27.0141
관측수	7

분산 분석

	자유도	제곱합	제곱 평균	F 비	유의한 F
회귀	1	1934648	1934648	2651.068	5.22E-08
잔차	5	3648.808	729.7616		
계	6	1938296			

	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%	하위 95.0%	상위 95.0%
Y 절편	15.04906	16.71599	0.900279	0.409236	-27.9208	58.01888	-27.9208	58.01888
X 1	2564.378	49.80485	51.48852	5.22E-08	2436.351	2692.406	2436.351	2692.406

- 앞 페이지의 회귀분석결과는 톨루엔 면적 값만을 가지고 검량선을 작성하기 위해 엑셀을 이용하여 회귀분석을 실시한 결과임(회분석시 y 값은 톨루엔 면적 값이고 x 값은 표준용액 톨루엔의 농도 값임).

· 회귀분석으로부터 회귀방정식을 구하면

y(톨루엔 농도) = 2564.378 X(톨루엔 면적 값) + 15.04906

· 톨루엔의 농도 증가에 따른 와 기기간의 반응의 증가가 얼마나 직선성이 있는지를 나타내는 결정계수 값은 0.998118임을 확인할 수 있음. 결정계수 값이 1 이면 가장 완벽한 직선성을 나타내는 것이고, 최소한 유기용제 분석에서 0.99이상의 값을 나타내는 것이 좋다.

- 내부표준물질의 면적 값과 톨루엔 면적 값을 가지고 검량선을 작성하기 위해 엑셀을 이용하여 회귀분석을 실시한 결과임(회귀분석시 y 값은 톨루엔 면적 값/내부표준물질 면적 값 이고 x 값은 표준용액 톨루엔의 농도 값임).

요약 출력

회귀분석 통계량	
다중 상관계수	0.999721
결정계수	0.999442
조정된 결정계수	0.99933
표준 오차	0.004266
관측수	7

분산 분석

	자유도	제곱합	제곱 평균	F 비	유의한 F
회귀	1	0.162966	0.162966	8956.418	2.5E-09
잔차	5	9.1E-05	1.82E-05		
계	6	0.163057			

	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%	하위 95.0%	상위 95.0%
Y 절편	0.001961	0.00264	0.742877	0.490963	-0.00482	0.008746	-0.00482	0.008746
X 1	0.744269	0.007864	94.63836	2.5E-09	0.724053	0.764485	0.724053	0.764485

· 회귀분석으로부터 회귀방정식을 구하면
y(톨루엔농도)=0.744269 X(톨루엔면적 값/내부표준물질면적 값) + 0.001961

· 톨루엔의 농도 증가에 따른 와 기기간의 반응의 증가가 얼마나 직선성이 있는지를 나타내는 결정계수 값은 0.999442임을 확인할 수 있음. 내부표준물질을 사용하지 않았을 때의 결정계수 값(0.998118)보다 직선성이 더 좋아진 것을 확인할 수 있음.

□ 표준용액 조제방법(금속)

○ 금속을 원자흡광광도계로 분석시 금속의 종류에 따라 그리고 분석에 사용되는 장비의 종류에 따라 가장 분석이 잘되는 최적농도범위(working range)가 다르다. 따라서 기관에서 보유하고 있는 분석장비의 매뉴얼 확인을 통해 이를 확인하여야 한다.

○ 금속의 농도가 증가함에 따라 일정농도 구간 이상에서는 흡광도가 비례적으로 증가하지 않으므로 직선성 유지구간 내에서 표준용액을 조제하여야 한다.

○ 시료의 흡광도가 검량선의 직선구간을 벗어난 경우 시료를 희석하여 직선구간 내로 들어오게 한 후 분석하여야 한다.

○ 다음은 금속의 표준용액 조제방법을 망간을 예로 들어 설명하였다.

① 작업환경중의 예상농도를 결정 하거나 그 농도를 예상하기 힘든 경우 노출기준에서 공기채취량 400 L(또는 200 L)로 했을 때 여과지에 채취되는 양을 목표농도(target concentration)로 한다. 다음은 카드뮴(Cd)을 가지고 그 사례를 제시하고자 한다.

- 노출기준: 0.05 mg/m^3
- 시료채취량: 400 L
- 목표농도: 0.02 mg

② ①에서 구한 목표농도를 가지고 표준용액의 농도를 목표농도의 0.1배에서 2배 수준에 최소한 5개 이상 조제한다.

표준용액	목표농도(X)	표준용액 농도[a]
ST5	2x	2 ug/ml
ST4	1X	1 ug/ml
ST3	0.5X	0.5 ug/ml
ST2	0.25X	0.2 ug/ml
ST1	0.1x	0.1 ug/ml
ST0	0	0

a: 목표농도를 20 mL의 용량플라스크를 사용하여 조제한다고 가정한 경우임.

- 물질에 따라서는 상기와 같이 노출기준과 공기채취량을 가지고 표준용액의 농도범위를 결정하였으나 그 농도 수준이 분석장비의 직선성 범위를 벗어난 경우가 종종 발생한다(예: 망간). 이러한 경우 직선성 범위 내에서 표준용액을 조제하되, 현장시료를 희석하여 직선성 범위내로 들어오게 한 후 분석을 실시하면 된다.

2) 탈착효율 및 회수율 실험 실시방법

□ 목적

공기중 측정대상물질을 시료채취매체로 채취한 후 시료전처리과정을 통해 시료채취매체로부터 분석대상물질이 얼마나 탈착(유기용제) 또는 회수(금속) 되었는지를 평가하여 실제 이 결과를 가지로 현장시료를 보정하기 위함임.

□ 핵심사항

○ 탈착효율이란 흡착제를 사용하는 시료채취매체를 이용하여 채취된 분석대상물질이 탈착용매에 얼마나 탈착 되었는지를 나타내는 것으로 다음과 같이 계산된다.

- 탈착효율(%) = (검출량 * 100)/ 주입량

○ 회수율이란 여과지를 사용하여 채취된 분석대상물질이 전처리 산용액에 얼마나 회수되는지를 나타내는 것으로 다음과 같이 계산되어진다.

- 회수율(%) = (검출량 * 100)/ 주입량

○ 탈착효율은 최소한 75% 이상이어야 하고 회수율은 적어도 90% 이상이어야 한다(NIOSH, ???).

○ 탈착효율(또는 회수율)은 시료채취매체로부터 분석대상물질이 탈착(또는 회수)되는 양을 의미할 뿐만 아니라 자신이 작성한 검량선이 적정한지 여부를 체크 하는데 활용될 수도 있다.

- 작업환경측정대상물질의 시료채취 및 분석에 사용되는 측정방법은 이미 국제적으로 공인된 방법들이다. 따라서 공인된 방법에서 정한 대로 시료채취 및 분석을 실시한다면 탈착효율은 최소 75%이상 나와야 한다(100% 전후로 나오는 것이 가장 좋음).

- 그러나 실제 실험을 행하여 나온 탈착효율이 75%미만이거나 125%이상일 경우 그 원인은 다음과 같이 두 가지 경우가 대부분이다.

· 시료주입량이 잘못된 경우

· 검량선이 잘못 작성된 경우

- 따라서 탈착효율(또는 회수율)이 비정상적인 경우 현장시료를 분석하지 말고 검량선이 잘못 작성되었는지 또는 시료주입량이 잘못되었는지 확인한 후 교정을 완료하고 현장시료를 분석하여야 한다.

□ 탈착효율 시료 조제방법

○ 탈착효율은 시료군 배치당 최소한 한 번씩은 행해야 한다.

- 시료군 배치당 이라함은 분석이 실시되는 날 검량선 하나로 분석되어지는 유기용제 시료 전체를 한 배치로 보면 된다.

○ 탈착효율을 구할 시료를 만들 때 사용되는 원액의 농도계산은 검량선 작성시 원액조제 방법처럼 하면 된다. 각 물질을 따로 주입하는 방법과 혼합용액을 만들어 주입하는 방법이 있다.

○ 구체적인 실 예는 다음과 같다.

① 탈착효율 실험용 흡착튜브의 뒷층을 제거한다. 이때 3개 농도 수준(저농도, 중농도, 고농도)에서 각각 3개씩 총 9개와 공시료 3개를 준비한다.

② 분석대상물질 원액의 일정량을 미량주사기를 이용하여 정확히 흡착튜브의 앞층에 주입한다. 이 때 주입되는 양도 앞서 검량선 작성시처럼 작업장의 농도를 예측하여야 하는데 검량선 작성용 표준용액 조제에서처럼 혼합용액을 만들 수도 있고 각 물질별로 주입할 수도 있으나 각 물질별로 하면 미량이라 주입하기 어렵다. 또한 일정량을 탈착용매인 이황화탄소에 희석하여 주입할 수도 있으나 이 경우 이황화탄소의 비율이 너무 높으면 활성탄에 경쟁적으로 흡착하므로 주의하여야 한다.

- 벤젠: 톨루엔:o-크실렌의 비율을 0.2:6:11로 혼합한 용액을 사용한다면 uL 당 들어 있는 세 가지 물질의 농도는 다음과 같다.

  벤젠: (0.1 ml x 0.874 g/ml)/17.1 ml = 0.0051 g/ml = 5.10 mg/ml =0.0051 mg/uL

  톨루엔: (8 ml x 0.867 g/ml)/17.1 ml = 0.4056 g/ml = 405.6 mg/mL = 0.4056 mg/uL

  o-크실렌: (9 ml x 0.870 g/ml)/17.1 ml = 0.4579 g/ml = 457.9 mg/ml = 0.4579 mg/uL

이용액을 2 uL, 4 uL, 6 uL 씩 흡착튜브에 정확히 주입한다.

주입량 (uL)	주입량 (mg)		
	벤젠	톨루엔	o-크실렌
2	0.0102	0.8112	0.9158
4	0.0204	1.6225	1.8316
6	0.0307	2.4337	2.7474

③ 흡착튜브를 마개로 막고 하루 동안 실온에서 둔다.

④ 탈착시켜 검량선 작성 표준용액과 같이 분석한다.

⑤ 탈착효율을 구한다.

⑥ 구해진 탈착효율을 가지고 실제 시료에 적용하여 보정한다.

- 상기에서 구해진 탈착효율 값은 기본적으로 저농도 수준에서 평균탈착효율, 중농도 수준에서 평균탈착 효율, 그리고 고농도 수준에서 평균탈착효율과, 전체농도수준에서 평균탈착효율을 구할 수 있을 것이다.
- 이러한 여러 탈착효율 값 중 실제시료에는 어느 값을 적용할지를 판단해야하는데, 3가지 농도수준에서 평균탈착효율 값들의 차이가 별로 없을 경우에는 전체 평균탈착효율 값을 적용시켜 보정하는 것이 좋으나 그 값들이 차이가 많이 나는 경우에는 실제 시료농도와 가장 가까운 농도수준의 탈착효율 값을 가지고 보정하는 것이 좋다.

- 만약, 현장시료농도가 탈착효율 용 시료의 저농도와 중농도의 사이에 있다면 이 두 수준 농도의 평균탈착효율 값을 적용하는 것도 하나의 방법이다.

□ 회수율 시료 조제방법

○ 회수율은 시료군 배치당 최소한 한 번씩은 행해야 한다.

- 시료군 배치당 이라함은 분석이 실시되는 날 검량선 하나로 분석되어지는 금속시료 전체를 한 배치로 보면 된다.

○ 회수율을 구할 시료를 만들 때 사용되는 원액의 농도계산은 검량선 작성 시 원액조제 방법처럼 하면 된다. 각 물질을 따로 주입하는 방법과 혼합용액을 만들어 주입하는 방법이 있다.

○ 구체적인 실 예는 다음과 같다.

① 회수율 실험을 위한 첨가량을 계산한다.

- 작업장의 농도를 포함하도록 예상되는 농도(mg/m^3)와 공기채취량(L)에 따라 첨가량을 계산한다.

· 예상되는 농도를 모르는 경우 첨가량은 노출기준과 공기채취량 400 L(또는 200L)를 기준으로 계산한다.

② 계산된 첨가량에 3가지 수준(0.5 - 2배)의 양을 반복적으로 각각 3개씩 떨어뜨린다. 따라서 회수율 시료 수는 3 수준 x 3 반복으로 9개가 된다.

- 공기 중 납 농도가 예상이 안 되는 경우 납의 노출기준(0.05 mg/m^3)과 시료채취량 400 L를 기준으로 예상목표 농도를 구하면 0.02 mg이 된다.

- 따라서 회수율 첨가량은 0.02 mg의 0.5 ~ 2배 수준에서 3가지 농도수준을 결정하면 되는데 0.5배, 1배, 1.5배로 결정한다면 각각 0.01 mg, 0.02 mg, 0.03 mg이 될 것이다.

③ 금속의 표준용액을 마이크로실린지 또는 마이크로 피펫을 이용하여 상기에서 결정된 양이 되도록 정확히 해당 부피만큼 취하여 여과지 중앙부위에 떨어뜨린다.

- 중앙에 서서히 떨어뜨리면서 여과지 전체에 골고루 퍼지도록 하고, 여과지를 벗어나지 않도록 해야 한다.

④ 시료가 첨가된 시료는 실온에서 하룻밤 둔다.

⑤ 회화시켜 검량선 작성 표준용액과 같이 분석한다.

⑥ 회수율을 구한다.

⑦ 구해진 회수율을 가지고 실제 시료에 적용하여 보정한다.

⑧ 만일, 회수율간의 차이가 크고 변이가 심하여 일정성이 없으면 정확한 보정이 될 수가 없다, 이 경우 그 원인을 찾아 교정하고 다시 실험을 실시해야 한다.

□ 현장시료 분석시의 정도관리 요령

○ 현장시료를 분석하기 위해 전반적인 과정은 다음과 같다.

탈착효율(또는 회수율) 시료조제: 최소 분석을 실시하는 날 이전일 → 표준용액 조제 → 장비가동 및 최적화 실시 → 분석실시

○ 기기분석 시 시료분석 순서는 다음과 같다.

① 공시료 및 표준용액 시료 분석

② 탈착효율(또는 회수율) 시료분석

③ 현장시료 분석

- 현장시료 분석시 분석장비의 성능이 일정하게 유지되고 있는지 확인하기 위해 일정 수의 현장시료 분석 시 마다 표준용액 시료중 하나를 선택하여 분석한다.

  · 예를 들면 현장시료 1-5번 까지 분석한 후 표준용액 2를 분석하고, 다시 현장시료 6-10번 분석, 다시 표준용액 2 분석 등의 요령이다.

- 만약 일정 시료 수 이후 찍은 표준용액의 농도가 최초 검량선 작성을 위한 표준용액 분석시의 농도와 차이가 나는 경우 즉시 시료분석을 중단하고 그 원인을 찾아 교정한 후 다시 검량선을 작성해서 분석할지 아니면 계속 분석을 진행할지를 결정하여 분석을 진행토록 한다.

1-5. 작업환경측정결과보고서 작성단계

작업환경측정결과보고서 작성시 앞서 현장 조사시 파악된 정보와 분석결과를 토대로 보고서를 작성하면 된다. 여기서는 보고서 작성시 비정상작업시간에 대한 노출기준 보정방법과 종합의견 작성시 필요한 내용을 제시하고자 한다.

1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우 측정결과의 노출기준 보정방법

□ 목적

작업환경측정 및 정도관리규정(고용노동부 고시)에서 정하고 있는 입자상 및 가스상 물질에 대하여 작업자들이 1일 8시간(주 40시간) 이상 노출시 현행 8시간 작업기준으로 규정되어 있는 고용노동부의 노출기준을 보정하는 방법을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 현행 관련 고시에 따르면 1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우에는 보정 노출기준을 산출한 후 적용토록 하고 있음.

○ 따라서, 작업시간이 1일 8시간(주 40시간) 이상인지를 먼저 확인해야 하며,

○ 천정치 노출기준(C), 단시간노출기준(STEL)은 비록 1일 8시간(주 40시간) 이상 작업을 실시한다고 할지라도 보정을 실시하지 않음.

○ 가벼운 자극을 일으키는 물질 역시 장시간 작업에 대한 보정을 실시하지 않는다.

□ 보정방법

$$\text{보정노출기준} = \text{8시간노출기준} \times \frac{\text{8시간}}{\text{노출시간/일}}$$

□ 급성중독물질 및 만성중독물질 구분요령

○ 급성중독물질(acute toxicity substance)

- 급성중독물질이라 함은 해당 작업 일에 인체에 과축적이 일어나 인체에 급성중독을 일으킬 수 있는 물질을 말한다.
- 이에 해당하는 물질은 화학물질 분류, 표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준(고용노동부 고시)의 건강유해성 분류기준 중 급성독성물질로 분류되는 물질이 이에 해당된다고 간주 할 수 있다.

○ 만성중독물질(Cumulative toxicity substance)

- 만성중독물질이라 함은 유해물질이 오랫동안 인체에 누적되어 만성중독을 일으킬 수 있는 물질을 말한다.
- 이에 해당하는 물질은 화학물질 분류, 표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준(고용노동부 고시)의 건강유해성 분류기준 중 생식세포변이원성, 발암성, 생식독성, 특정표적장기독성으로 분류되는 물질이 이에 해당된다고 간 주 할 수 있다.

작업환경측정 결과에 따른 종합의견 작성 방법

□ 목적

작업환경측정은 유해인자로부터 근로자의 건강을 보호하고 쾌적한 작업환경을 조성하기 위하여 측정결과에 따라 해당 시설 및 설비의 설치 또는 개선 등의 적절한 조치를 작성하는 방법을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 작업환경측정 방법과 함께 노출기준 초과 여부를 상세히 기술함.

- 가급적 6하 원칙에 따라 누가(who), 언제(when), 어디서(where), 무엇(what), 왜(why), 어떻게(how)로 종합의견을 기술한다.
- 노출기준(TWA, STEL, C)의 종류를 명확히 기술하고, 기준에 따른 평가를 위해 시료 재취방법과 실제 소요된 시간을 일련의 과정으로 기술한다.
- 고용노동부장관이 정하는 작업환경측정 방법(작업환경측정 및 정도관리규정, 고용노동부고시 제2011-25호)으로 수행하였다는 것을 제시한다.
- 작업환경측정결과의 신뢰성을 제시하기 위하여 측정에 활용된 공인된 측정 및 분석법을 제시한다.
- 자체 분석법을 이용한 경우는 간단히 분석 방법을 기술한다.
- 1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우에는 다음 계산식에 따라 산출하고 이를 제시한다.

$$\text{보정노출기준(1일간 기준)} = \text{8시간 노출기준} \times \frac{8}{h}$$

(h: 노출시간/일)

- 물질간에 유해성이 인체의 서로 다른 부위에 작용한다는 증거가 없는 혼합물을 평가할 때는 유해 작용이 가중되므로 노출기준은 다음 식에 따라 산출하고 이를 기술한다.

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \cdots\cdots + \frac{C_n}{T_n}$$

주) C : 화학물질 각각의 측정치

T : 화학물질 각각의 노출기준

○ 노출기준을 초과한 유해인자를 중심으로 작업환경설비 실태 및 문제점을 기술함.

- 노출기준을 초과한 유해인자의 물리화학적 특성 및 독성에 대해 기술한다.
- 화학적 인자의 경우 유해인자 발생공정의 특성과 공정내 설치되어 있는 국소배기 방식(포위식, 외부식 등) 등에 대한 문제점을 기술한다.
- 소음의 경우 소음발생원의 특징(연속음, 단속음 등)을 기술하고 흡음 및 방음 장치 등의 실태 및 문제점을 기술한다.

○ 공학적 측면으로 작업환경개선 방법을 제시하되, 필요 시 별지에 작성함.

- 공학적 작업환경개선을 제시할 때는 ①대체 ②격리 ③환기 순서의 우선순위로 가능한 방법을 제시한다.
- 대체방법을 제시할 때는 공정의 전문적 지식을 바탕으로 무엇을 대체하는 것인지를 명확히 제안하고(공정, 설비, 물질 등) 경제성, 작업의 특성, 생산조건 등을 고려하여 제시한다.
- 격리방법을 제시할 때는 공정의 전문적 지식을 바탕으로 무엇을 격리하는지를 명확히 제안하고(공정, 설비, 작업자 등) 어떠한 격리방법(물리적, 거리적, 시간적인 격리 등)인지를 기술한다.
- 환기방법을 제시할 때는 공정의 전문적 지식을 바탕으로 관리의 대상이 물질인지 온·습도인지를 명확히 기술하고 물질이 대상인 경우는 입자상물질

(미스트, 분진, 흄), 가스나 증기의 제어특성에 따라 국소배기 또는 전체환기(희석환기)를 제안한다.

- 관리대상 유해물질을 국소배기로 관리하는 경우 아래 제시한 <산업안전보건기준에 관한 규칙의 별표 13>에 따라 물질의 상태를 고려하여 후드 형식과 제어풍속을 제시한다.

물질의 상태	후드 형식	제어풍속(m/sec)
가스 상태	포위식 포위형	0.4
	외부식 측방흡인형	0.5
	외부식 하방흡인형	0.5
	외부식 상방흡인형	1.0
입자 상태	포위식 포위형	0.7
	외부식 측방흡인형	1.0
	외부식 하방흡인형	1.0
	외부식 상방흡인형	1.2

- 허가대상 유해물질이나 금지유해물질을 국소배기로 관리하는 경우 아래 제시한 <산업안전보건기준에 관한 규칙의 제454조와 제500조>를 참조하여 부스식 후드를 제안하고 물질의 상태에 따라 제어풍속을 제시한다.

물질의 상태	제어풍속(미터/초)
가스상태	0.5
입자상태	1.0

비고

1. 이 표에서 제어풍속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어 풍속을 말한다.
2. 이 표에서 제어풍속은 후드의 형식에 따라 다음에서 정한 위치에서의 풍속을 말한다.
   가. 포위식 또는 부스식 후드에서는 후드의 개구면에서의 풍속
   나. 외부식 또는 리시버식 후드에서는 유해물질의 가스·증기 또는 분진이 빨려 들어가는 범위에서 해당 개구면으로부터 가장 먼 작업 위치에서의 풍속

- 물질 상태에 따라 덕트의 반송속도를 제시한다.
- 전체환기(희석환기)를 제안할 때는 강제환기(기계식)인지 자연환기 방식인지를 명확히 기술하고 휘발성 유기화합물인 경우는 아래 제시한 <산업안전보건기준에 관한 규칙 제430조>를 참조하여 필요 환기량을 계산하여 제시한다.

작업시간 1시간당 필요환기량 = 24.1×비중×유해물질의 시간당 사용량×K/(분자량×유해물질의 노출기준)×10^6
주) 1. 시간당 필요환기량 단위: m^3/hr 2. 유해물질의 시간당 사용량 단위: L/hr 3. K: 안전계수로서 가. K=1: 작업장 내의 공기 혼합이 원활한 경우 나. K=2: 작업장 내의 공기 혼합이 보통인 경우 다. K=3: 작업장 내의 공기 혼합이 불완전한 경우

○ 관리적 측면으로 작업환경개선 방법을 제시하되, 필요 시 별지에 작성함
- 작업시간 조절이 필요한 경우 그 이유를 명확히 기술한다.
- 교대제 근무의 개선이 필요한 경우 그 이유를 명확히 기술한다.
- 필요한 교육이 있다면 교육대상과 교육내용을 간단히 기술한다.

○ 개인위생 측면으로 작업환경개선 방법을 제시하되, 필요 시 별지에 작성함
- 개인위생을 위한 설비(목욕시설, 세탁 등)가 필요한 경우 제안한다.
- 작업공정이나 물질 및 소음의 특성에 따라 필요한 개인보호구 종류를 제시한다.
- 개인보호구의 관리방법 및 착용방법을 제시한다.

1-6. 측정 및 분석관련 기록물 보관단계

작업환경측정결과보고서가 완성되고 일련 내부결재과정을 통해 해당 사업주에게 발송되고 나면 지금 까지 관련 업무를 수행하면서 다양한 기록물이 발생되게 된다. 여기서는 이러한 기록물들을 어떻게 보관하여 관리하는 것이 체계적인 방법인지에 대한 내용을 제시하고자 한다.

측정 및 분석관련 기록물 보관 및 관리방안

□ 목적

작업환경측정에 이용된 각종 기록물 및 그 결과물을 체계적으로 보관하고 이를 관리하는 방안을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 측정 및 분석관련 기록물이 체계적으로 보관되어야 하는 이유는 최종 작업환경측정결과의 신뢰성을 담보하는 기본 자료가 되기 때문이다.

○ 기록물의 기본적 관리는 측정완료 사업장 단위로 하는 것이 좋다.

○ 작업환경측정기관의 경우 대부분이 측정팀과 분석팀이 완전히 분리되어 있는 경우는 많지 않다. 그러나 측정파트와 분석파트에서 생산되는 기록물의 연계성을 효과적으로 달성 할 수 있는 방안이 모색되어 져야 한다.

○ 생산되는 기록물 등이 단순히 직원의 개인 컴퓨터에 파일형태로 저장되어 있는 것은 전자저장매체로 기록물이 보관되어 있다고 볼 수 없다.

○ 전자저장매체의 기록물이라 함은 개별 개인 컴퓨터에서 생산되는 자료가 전자매체 기록물을 보관하는 전용의 컴퓨터에 보관되고 또한 주기적으로 백업데이터를 생산하여 보관하는 등 체계적으로 관리되는 경우에 한하여 전자저장매체로 기록 보관되고 있다고 보아야 한다.

- 작업환경측정기관의 사정상 이렇게 전자저장매체로 체계적으로 관리되는 경우는 극소수이므로 개별 개인컴퓨터에서 작성되어진 기록물 등은 출력되어 관리되어져야 한다.

□ 측정파트에서 생산되는 측정관련 기록물

○ 사업장 단위로 생산이 가능한 기록물의 종류

- 작업환경측정계획서

· 산업보건기준에 관한 규칙 제93조의3제1항1호에 따라 예비조사시 작성되는 작업환경측정계획서는 사업장 단위로 생산되는 것이므로 사업장 단위로 생산이 가능한 기록물이다.

· 최종 사업장단위의 기록물 자료철에 보관되는 자료의 형태는 직접 관련 양식에 수기로 작성한 것이나 또는 컴퓨터의 워드프로그램을 이용하여 재작성된 것이나 상관없다.

- 작업환경측정조사표

· 현장측정시 활용되는 작업환경측정조사표 역시 사업장단위로 생산되는 것이므로 사업장 단위로 생산이 가능한 기록물이다.

· 최종 사업장단위의 기록물 자료철에 보관되는 자료의 형태는 직접 관련 양

식에 수기로 작성한 것이나 또는 다시 컴퓨터의 워드프로그램을 이용하여 재작성된 것이나 상관없다.

- 누적소음노출량측정기 기록물

· 측정대상 사업장 근로자를 대상으로 소음을 누적소음노출량측정기를 이용하여 측정한 경우 측정기에서 결과표를 출력하여야 한다.

· 소음결과표는 측정장비를 부착한 개인별로 출력되어야 하고, 그 결과표에는 측정사업장명, 측정자명, 측정일자, 측정시간 등이 기록되어 있어야 한다.

· 측정기기의 초기 측정의 설정조건을 세팅하면 상기 내용들이 입력되어 출력되어질 수 있다. 만약, 미리 이러한 값들을 세팅하여 출력하지 않을 경우에는 수기로 관련내용이 기입되어 있어야 한다.

· 이는 측정결과물에 관련내용이 들어 있거나 기입되어 있어야만 최종 작업환경측정결과표상의 각 개인별 소음측정치와 관련 백업자료의 기록추적이 가능하기 때문이다.

- 결과송부 공문 및 작업환경측정결과표

· 최종 완성된 작업환경측정결과표는 내부결재과정을 거쳐 해당 사업장에 송부하게 되는데, 이들 역시 사업장 단위로 생산이 가능하다.

· 최종 사업장단위의 기록물 자료철에 보관되는 자료는 결과송부공문과 작업환경측정결과표를 같이 보관할 수도 있고, 만약, 공문을 따로 보관하여 관리하는 사업장 이라면 작업환경측정결과표만을 보관 할 수 있을 것이다.

○ 사업장 단위로 생산이 어려운 기록물의 종류

- 측정파트에서 생산되는 측정관련 기록물 중 사업장단위로 생산이 어려운 것은 유량보정일지, 시료인수인계대장, 소음기보정수행대장, 중량분석대장이 있다.

- 유량 보정대장

· 개인시료채취기에 대한 유량보정대장의 경우 사업장 단위로 생산이 가능한

경우라면 사업장 단위로 생산 가능한 기록물의 종류에 포함시켜 관리토록 한다.

- 시료인계인수대장

· 시료인계인수대장의 경우 사업장 단위로 작성할 필요도 없고, 또한 사업장 단위로 작성하는 것이 효과적이지도 않다.

- 소음기보정 수행대장

· 소음기보정수행대장 역시 매 사업장 측정 전에 사업장별로 보정수행을 할 수 도 있지만, 매일 사용되는 소음기라면 주기적(예: 일주일 간격)으로 보정을 실시하면 된다. 따라서 사업장 단위로 소음기보정수행 결과물을 관리하는 것이 불가능할 수도 있다. 따라서 굳이 사업장별로 관련 기록을 보관 및 관리할 필요는 없다.

- 중량분석 대장

· 중량분석대장 역시 하나의 대장에 통합 관리되는 것이 편리 하다. 그러나 중량분석대장에 기입되는 필터별 시료채취 전의 필터무게와 채취 후의 필터무게는 시료채취대장에 작성되어지는 필터의 고유번호와 일치해야하며, 또한 작업환경측정결과표에 작성되는 개인별 측정결과와 추적 가능 하도록 작성되어져야 한다.

□ 분석파트에서 생산되는 분석관련 기록물

○ 분석파트에서 생산되는 기록물의 종류에는 분석실시료관리대장, 분석결과통보서, 분석결과물(GC등의 크로마토그램과 AA등의 분석결과물)이 있다.

○ 자료를 관리한다는 측면에서 가장 효과적으로 관리하는 방법은 사업장 단위로 분석을 실시해서 관련 결과물을 취합하는 방식이지만, 이는 현재 측정기관의 분석여건상 불가능하고 또한 현실적이지 않는 방법이다.

○ 따라서 현재 측정기관의 분석실에서 분석이 이루어지는 상황이 몇 개의 사업장의 시료를 한데 묶어 한꺼번에 분석을 실시하고 있는 점을 고려하여 이를 반영한 분석 관련 기록물 관리 요령을 설명하고자 한다.

○ 분석시료관리대장

- 분석시료관리대장이라 함은 측정자로부터 받은 시료를 언제 인계받아 어떻게 보관하였고, 이를 언제 분석하였는지에 대한 정보를 기록하는 대장이다.
- 따라서 이 기록대장은 굳이 사업장별로 작성될 필요는 없고, 다만, 사업장명, 시료고유번호, 시료인계·인수일자, 분석일자, 보관방법 등이 명확히 적시되어 있어 나중에 분석결과물과 추적 가능하도록 작성되어 있어야 한다.

○ 분석결과서

- 분석을 실시하고 난후 작성되어지는 분석결과서 작성은 기관에 따라 다를 수 있다.
- 즉, 시료에 들어 있는 분석대상물질의 양만을 정량하여 그 결과 값을 측정파트로 넘기고 측정파트에서 시료채취량을 적용하여 공기중 최종농도로 환산하거나, 아니면 분석파트에서 최종 공기중 농도까지 계산하여 넘기는 경우도 있다.
- 어떤 경우가 되었던 분석결과서 뒤에는 관련 분석결과출력물이 같이 붙어 하나의 자료로 통합 편철되거나, 분석결과서와 분석결과물을 분리하여 보관하는 경우 이들 상호간의 각각의 분석결과치 및 관련 분석결과물이 추적 가능하도록 작성되어야 한다.

○ 분석결과물(크로마토그램 등)

- 분석기기를 작동하여 분석이 이루어진 시료들의 분석결과물의 하나의 세트로 관리되어져야 한다.
- 검량선 작성과 관련된 자료와 탈착효율 또는 회수율관련 자료, 공시료 분석과 관련된 자료이다.
- 검량선 및 탈착효율 또는 회수율은 시료 분석 시 마다 행해져야 하므로 이 자료 들은 모든 현장시료 분석세트 마다 같이 포함되어 관리되어야 한다.

□ 측정파트에서 생산되는 측정관련 기록물의 보관 및 관리요령

○ 사업장 단위별로 앞에서부터 다음 순으로 측정관련 기록물을 편철하여 1건으로 보관하도록 한다.

- 결과송부공문(따로 관리하는 경우 철하지 않을 수 있음)→ 작업환경측정결과표→ 작업환경측정계획서(해당사업장인 경우에 한함)→ 작업환경측정조사표 → 누적소음노출량측정기 출력물

[그림 6] 측정파트 자료보관을 위한 사업장별 자료편철 예시

○ 사업장별로 생산된 자료철 문서는 문서철 겉표지에 사업장명, 생산년도, 보존기간 그리고 측정기관명을 기입하고 생산년도 별로 보관토록 한다.

- 년도 말에는 문서를 사업장명 순으로 분류한 후 보관하는 것이 좋으며, 해당 문서보관 장소에 보관되어 있는 사업장명단 리스트를 따로 작성하여 관리하는 것이 좋다.

○ 사업장별로 작성이 곤란한 유량보정일지 대장, 시료인수인계대장, 소음기 보정수행대장, 그리고 중량분석대장은 각 해당 대장을 년도별로 철을 한 후 대장명, 생산년도, 보존기간, 그리고 측정기관명을 기입한 후 생산년도 별로 보관토록 한다.

□ 분석파트에서 생산되는 분석관련 기록물의 보관 및 관리요령

○ 기본적으로 분석결과서와 분석결과물은 같은 문서철 안에 존재하여야 한다. 그러나 기기분석시 생산되는 분석결과물은 그 양이 많아 해당년도에 생산되는 이러한 결과물을 하나의 문서철로 철하여 보관하는 것은 거의 불가능하다.

○ 따라서 다음과 같은 요령으로 생산된 자료를 적당한 분량의 크기로 편철하여 관리토록 하는 것이 좋다.

- 분석자료 취합의 기본 방향은 분석이 행해진 날에 생산된 분석관련 기록물 및 이 기록물로부터 최종 작성된 분석결과서는 1건으로 취급하는 것이다.

· 따라서 분석결과서에 포함되는 내용은 한 개 사업장 일 수도 있고 2개 이상의 사업장일 수도 있다.

- 이 기본 1건안에는 가장 먼저 분석결과서를 놓고, 그 다음에 분석결과물을 두면 되는데, 분석결과물 역시 가장 먼저 표준용액조제를 위한 농도계산 자료를 두고 그 다음에 탈착효율(또는 회수율) 평가위한 농도 계산 자료를 둔다. 그 다음에 탈착효율(또는 회수율) 평가자료와 현장시료 농도 계산 자료를 둔 후 마지막으로 분석결과물을 두면 되는데 각각의 분석결과물에 해당 분석결과물이 어느 시료(표준용액, 탈착효율 또는 회수율, 그리고 현장시료)를 주입하여 나온 결과물인지 확인 가능 하도록 해야 한다.

[그림 7] 분석파트 자료보관을 위한 분석 1건별 자료편철 예시

- 상기와 같이 1건으로 합쳐진 자료를 여러 개 합쳐 적당한 분량이 되면 한권의 문서철로 철하여 보관한다.

○ 완성된 보관문서철 겉 표면에는 제목(분석관련 기록물 등), 생산년도, 보존기간, 측정기관명을 기입하고, 문서철 첫 번째 페이지에 해당 문서철에 들어있는 사업장명, 분석일자 등을 정리한 종합 리스트를 별도로 작성하여 부착함으로서 향후 해당 문서철에 들어 있는 사업장의 분석관련 결과물을 쉽게 파악 할 수 있도록 한다.

○ 사업장별로 작성이 곤란한 분석실 시료관리대장은 년도 별로 철을 한 후 대장명, 생산년도, 보존기간, 그리고 측정기관명을 기입한 후 생산년도 별로 보관토록 한다.

2. 작업환경측정기관 운영 가이드

앞장에서 언급되었던 내용은 예비조사단계에서부터 작업환경측정결과보고서 작성, 그리고 관련 기록물들의 보관에 이르기까지 작업환경측정 전 과정에 대한 내용을 기술한 부분이다.

이러한 각 단계의 내용들이 아무리 충실하게 이루어진다고 할지라도, 각 단계에서 필요한 시설 및 장비, 그리고 인력에 대한 체계적인 관리 및 전문성 향상들의 노력이 강구되어져야 한다. 따라서 여기서는 기관 자체적으로 작업환경측정 및 시료분석능력을 향상시키는 방안, 시설 및 장비의 성능 유지 및 관리 방안, 그리고 보유인력에 대한 전문성 향상 방안 등에 대하여 관련 내용을 제시하였다.

시료 채취 및 분석 방법 자체 매뉴얼 확보

□ 목적

작업환경측정 및 평가의 지속적인 신뢰성 확보와 질적 향상을 위하여 시료 채취 및 분석 방법 자체 매뉴얼 확보 방안을 제시하고자 함.

□ 핵심사항

○ 산업안전보건법 시행규칙 제93조(작업환경측정 대상 작업장 등)에서 제시한 <별표 11의 4>의 작업환경측정 대상 유해인자에 대한 시료 채취 및 분석 방법 자체 매뉴얼을 확보해야 함.

- 유기화합물 113종, 금속류 23종, 산 및 알칼리류 17종, 가스 상태 물질 15종, 영 제30조에 따른 허가 대상 유해물질 14종 그리고 분진 6종에 대해서는 측정기관에서 보유하고 있는 측정 및 분석 장비의 특성에 따라 시료 채취 및 분석 방법 자체 매뉴얼을 작성하여 문서화 한다.
- 시료 채취 및 분석 방법 자체 매뉴얼은 측정책임자와 분석책임자가 협의하여 작성하고 기관에서 작성한 최초 일자를 문서에 기록한다.
- 법적 측정 대상인 물리적 인자(8시간 시간가중평균 80dB 이상의 소음, 보건규칙 제7장에 따른 고열) 2종에 대해서는 작업환경측정 및 정도관리규정(고용노동부고시)에 근거하여 측정기관에서 보유하고 있는 각각의 측정 장비의 특성에 따라 매뉴얼을 작성하고 문서화 한다.
- 정기적으로 법적 측정대상 유해인자의 변동을 확인하고 매뉴얼을 검토한 후 검토일자를 기록하고 서류화 한다.
- 부록으로 최신화된 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시)과 작업환경측정 및 정도관리규정(고용노동부고시)을 보유한다.

○ KOSHA GUIDE, NIOSH, OSHA, HSE 또는 ISO의 공정시험법 등의 활용 방안

- 시료 채취 및 분석 방법 매뉴얼을 작성시 공인된 KOSHA GUIDE, NIOSH, OSHA, HSE 또는 ISO의 공정시험법을 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시)과 작업환경측정 및 정도관리규정(고용노동부고시)을 참조하여 활용한다.
- 참조 또는 활용된 공정시험법은 측정기관 매뉴얼 작성시 논문에서 사용하는 참고문헌 작성방법에 근거하여 기록한다.
- 공인된 공정시험법을 활용시에는 측정기관에 보유하고 있는 장비의 특성(예, 가스크로마토그래피의 분리관 등)을 고려하여 분석조건의 일부 수정이 필요한 경우 이를 적용한다.

- 공인된 공정시험법 선택시에는 측정책임자와 분석책임자가 협의하여 선정하고 협의 과정을 문서화한다.
- 공인된 공정시험법을 활용시에는 주기적으로 공정시험법 작성 기관에 대한 자료의 최신화 검토를 수행한다.

○ 공인된 공정시험법이 없는 경우는 다양한 측정·분석 논문 등을 참조함.
- 공인된 공정시험법이 없는 경우는 각종 측정·분석 논문 등을 참조하여 자체 매뉴얼을 작성하고 참조 또는 활용된 논문 또는 자료는 측정기관 매뉴얼 작성시 논문에서 사용하는 참고문헌 작성방법에 근거하여 기록한다.
- 총분진을 무게분석법(중량분석)으로 수해하는 경우는 측정기관에서 보유하고 있는 항온·항습기, 저울 등을 고려하여 매뉴얼 작성을 고려해야 하며 필터의 중량분석 횟수 및 대장의 적정 기록 등의 내용이 포함되어야 한다.

○ 시료 채취 및 분석 방법 자체 매뉴얼 유지·관리 방법
- 산업안전보건법 시행규칙 제93조(작업환경측정 대상 작업장 등)에서 제시한 별표 11의4의 작업환경측정 대상 유해인자에 대한 시료 채취 및 분석 방법 자체 매뉴얼은 문서화(서류철 또는 자체 제작한 책자)를 하여 주기적인 검토가 필요하다. 다만 문서화가 전산으로 이루어지는 기관에서는 전산시스템에서 측정 및 분석인력이 매뉴얼을 쉽게 참조할 수 있다면 이를 인정할 수 있다.
- 법적 측정 대상 유해인자 외의 시료 채취 및 분석 방법은 별도 관리를 해도 무방하다.
- 측정 및 분석장비 등의 보유 현황이 변경될 때는 이에 대한 변경사항을 매뉴얼 수정으로 이루어져야 하며 수정된 날짜를 문서에 기록한다.

내부 분석정도관리 시스템 보유 및 실행

□ 목적

기관 내부 자체적으로 실시하는 내부 분석정도관리의 시스템 보유방안 및 이 시스템에 따른 내부 분석정도관리를 실행하는 방법에 대하여 설명하고자 함.

□ 핵심사항

○ 내부 분석정도관리를 수행하는 기관 자체의 기본적인 운용규정이 제정되어 이를 바탕으로 정도관리가 수행되어 져야 한다.

○ 내부정도관리를 수행하는 조직이 갖춰져야 하고 각 조직 구성원의 책임과 역할을 분명히 해야 한다.

○ 내부분석정도관리라 함은 기관 자체적으로 분석결과의 신뢰성 확보를 위해 가용 가능한 내부 자원을 효과적으로 활용해 그 목적을 달성하고자 하는 모든 수단과 절차를 말하며, 수단과 절차의 내용은 기관의 사정에 따라 달라질 수 있다.

○ 아래 예시에서 제시한 내용은 하나의 일의 예이며, 기관의 사정에 따라 그 내용을 추가하거나 변경하여 사용할 수 있다.

□ 분석 내부정도관리 규정(예시)

제1장 총칙

제1조(목적) 이 규정은 내부 분석정도관리에 대한 합리적인 업무기준 및 처리절차를 정하고 이에 따른 책임과 권한을 명백히 하여 분석결과의 신뢰성을 제고함을 목적으로 한다.

제2조(적용) 이 규정은 OOO 기관에서 실시하는 내부 분석정도관리에 적용한다.

제3조(정의) 이규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “분석장비”라 함은 작업환경측정 시료분석에 사용되는 분석장비를 말한다.
2. “분석정도관리”라 함은 신뢰성 있는 분석결과의 생산을 위해 분석결과의 정확도와 정밀도가 일정한 신뢰한계 내에 들어올 수 있도록 관리하는 모든 수단 및 절차를 말한다.
3. “정확도”라 함은 분석치가 참값에 얼마나 근접하였는가 하는 수치상의 표현을 말한다.
4. “정밀도”라 함은 일정한 물질에 대해 반복분석 했을 때 나타나는 분석치의 변동크기가 얼마나 작은가에 대한 수치상의 표현을 말한다.
5. “분석책임자”라 함은 분석담당자에 의해 생산된 분석결과의 적합성을 검토할 수 있는 위치에 있는 사람을 말한다.
6. “분석담당자”라 함은 실제 분석결과물을 생산해 내는 분석자를 말한다.
7. “정확도차트”라 함은 분석결과의 정확도 관리를 위해 작성된 차트를 말한다.
8. “정밀도차트”라 함은 분석결과의 정밀도 관리를 위해 작성된 차트를 말한다.

제2장 조직 및 임무

제3조(조직) 측정기관의 장은 내부정도관리의 효율적 추진 및 책임을 위해 분석책임자와 분석담당자를 지정하여야 한다.

제4조(임무) 기관의 장은 분석 내부정도관리의 총괄적인 책임을 지며, 분석책임자와 분석담당자의 임무는 다음과 같다.

①분석책임자의 임무

1. 내부정도관리 수립 및 시행에 관한 사항
2. 내부정도관리 시행에 따른 이상사항 발견 시 조치에 관한 사항
3. 기타 내부정도관리를 위하야 필요한 사항

②분석담당자의 임무

1. 내부정도관리 시행에 관한 사항
2. 내부정도관리 시행에 따른 이상사항 발견 시 조치 및 보고에 관한 사항
3. 기타 정도관리를 시행을 위하여 필요한 사항

제3장 내부정도관리 항목 및 수행절차

제5조(분석방법) 작업환경측정 대상 유해인자에 대한 분석방법은 국내·외적으로 검증된 분석방법 중 기관에서 자체분석방법으로 확정된 분석방법만을 사용해야 한다. 다만, 확정된 분석방법 이외의 방법으로 분석하는 경우 내부절차에 따라 그 방법의 유효성을 확인하는 절차를 거친 후 기관장의 승인을 득한 후 사용해야 한다.

제6조(시료수령 및 보관)분석실에 접수되는 시료는 접수 시 시료의 상태를 확인하여 이상 유무를 확인 한 후 분석실시료관리대장에 기록하여야 하며, 시료의 보관은 작업환경측정방법에서 규정하고 있는 방법대로 보관하여야 하고, 시료안정성이 저해되지 않는 기간 내에 분석을 실시하여야 한다.

제7조(시약 및 표준물질) 분석에 사용되는 모든 시약 및 표준품은 분석방법에서 규정하고 있는 시약등급이상의 시약 및 표준제품을 사용해야 하고, 사용전에 이상유무 및 유효기간을 확인하여야 한다.

제8조(검량선 작성) 검량선 작성은 반드시 현장시료분석 직전에 이루어져야하고 그 이전에 작성되어진 검량선에 의해 농도가 계산되어지는 일은 없어야 한다.

제9조(탈착효율 및 회수율) 탈착효율 및 회수율 검증을 위한 시료조제는 최소 현장시료분석 전날에 이루어져서 현장시료분석과 함께 탈착효율 및 회수율이 확인되어 현장시료농도에 보정되어야 한다.

제10조(현장시료분석절차) ①현장시료분석 절차는 검량선 작성을 위한 표준용액 시료, 공시료, 탈착효율(또는 회수율) 검증용 시료, 그리고 현장시료 순으로 분석하되 일정 수의 현장시료를 분석하고 난 후에는 기기안정성을 검증하기 위한 시료(예: 표준용액)를 한 개 선택하여 반복적으로 분석하여야 한다.

② 다음의 경우는 즉시 분석을 중단하고 그 원인을 찾아 교정한 후 분석을 다시 실시하여야 한다.

1. 검량선의 직선성이 좋지 못한 경우
2. 탈착효율 또는 회수율이 만족할만한 수준에 도달하지 못한 경우
3. 기기의 변동이 심한 경우
4. 정밀도 및 정확도 차트의 관리한계를 벗어난 경우

제11조(검출한계 및 정량한계) 현장시료가 검출한계미만이어서 분석결과에 검출한계(또는 정량한계와 함께) 미만으로 기록하는 경우 분석자가 사용한 분석방법에 대한 검출한계 값을 제시해야 하며, 이 경우 반드시 내부적으로 검출한계(또는 정량한계)를 구하는 절차를 가지고 있어야 하고, 그 절차에 따라 값을 계산하여 제시해야 한다.

제12조(분석자료 검정 및 해석)①분석담당자는 분석결과보고서가 작성되어 측정파트로 넘어가기 전에 반드시 다음사항에 대해 다시한번 검토하여 이상 유무를 확인하여야 한다.

1. 시료는 적절하게 채취되었는가 ?
2. 사용한 분석방법은 분석대상 물질에 적합하였고 분석결과는 분석방해물질에 대한 간섭은 없었는가 ?

3. 계산방법 및 계산과정에서의 오류는 없었는가 ?

4. 분석출력물은 자료에 포함되어 있는가 ?

②분석담당자가 ①항의 내용에 대해 이상이 없음을 확인하고 나면 분석책임자는 분석결과통보서가 최종 발송되기 전 이중검토를 실시하여 분석담당자의 실수 여부를 확인토록 해야 한다.

제13조(내부분석숙련도검증)①외부정도관리를 통해 분석능력의 검증을 받은 사람의 경우 내부 분석숙련도검증은 1년에 최소 2회 이상 실시되어야한다.

②외부정도관리를 통해 분석능력이 검증이 안 된 분석자(예: 신규입사자)의 경우 내부분석숙련도검증을 통해 그 분석능력이 검증되기 전까지는 실제 현장 시료분석의 주 업무를 담당하지 않도록 해야 한다.

제14조(정도관리차트)정확도차트와 정밀도차트를 작성하여 분석과정의 정확도와 정밀도를 관리하여야 하고, 관리한계를 벗어난 경우 그 원인을 찾아 교정한 후 분석을 실시하여야 한다.

제15조(기록물의 보관 및 관리)내부정도관리 과정에서 만들어진 기록물은 기관에서 정한 절차 및 보관기간에 준하여 체계적으로 보관 및 관리되어져야 한다.

부칙

제1조(시행일) 이규정은 0000년 00월 00일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이규정시행일 이전에 시행된 분석내부정도관리에 관한 사항은 이 규정에도 불구하고 이 규정에 의해 시행된 것으로 본다.

1) 검출한계 및 정량한계 산출방법

□ 목적

내부분석정도관리규정에서 제시하고 있는 내용 중 검출한계 및 정량한계의 산출요령을 제시하는데 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 검출한계(정량한계)란 용어는 분석기기가 검출(정량)할 수 있는 최소한의 양을 말하는 것이지만 권위를 인정받고 있는 기관에 따라 그 정의 및 검출한계를 구하는 방법은 다르다. 따라서 검출한계(정량한계)를 구할 때는 어떤 방법에 의해서 구했는지를 명기할 필요가 있으며, 측정기관은 자신의 기관이 어떤 방법으로 검출한계(정량한계)를 구할 것인지에 대해 미리 정해 두는 것이 좋다.

○ 기관에 따른 검출한계의 정의

- IUPAC: 어느 주어진 분석절차에 따라 합리적인 확실성을 가지고 검출할 수 있는 가장 적은 농도나 양
- ACS(american chemical society): 정해진 분석절차로 신뢰성 있게 분석할 수 있는 가장 낮은 농도
- FDA: 주어진 신뢰수준에서 시료에 존재하는 분석대상물질의 최소의 양 또는 농도(FDA, 1998)
- EPA: “0”과 신뢰성 있게 구별할 수 있지만 적절한 정밀성으로 정량할 수 없는 가장 낮은 농도(EPA, 2004)
- NIOSH: 공시료 분석 평균신호 값 이상에서 공시료 분석 신호 값들의 표준편차 값의 3배를 나타내는 동도, 즉 $3 \cdot \sigma_b$를 말한다. σ_b은 공시료 분석 신호 값의 표준편차를 말한다(NIOSH, 1995).

○ 검출한계를 지칭하는 용어도 기관에 따라 다른데, NIOSH 경우 LOD(limit of detection), EPA의 경우 MDL(method detection limit), FDA 경우 DL(detection limit)라고 부른다. 작업환경측정분야에서 가장 친숙한 용어는 LOD 이다.

○ 검출한계를 기기검출한계(IDL)와 분석방법검출한계(MDL)로 나누어 구분하기도 한다.

- 기기검출한계(IDL): 시료전처리 과정을 전혀 거치지 않은 분석물질, 즉 순수하게 기기에서 검출될 수 있는 검출한계를 말한다.
- 분석방법검출한계(MDL): 시료전처리 과정을 거친 후 기기분석과정을 실시한 시료의 검출한계를 말한다. 따라서 우리가 작업환경측정시료 분석 시 제시해야 하는 검출한계는 분석방법검출한계로서 상기의 LOD, MDL등은 모두 분석방법 검출한계이다.

○ 기관에 따른 정량한계의 정의

- FDA: 주어진 정확도과 정밀도 범위에서 정량 할 수 있는 가장 낮은 농도 (FDA, 1998)
- EPA: 단지 검출이 아니라 일정수준 이상의 정밀도를 가지고 정량할 수 있는 가장 낮은 농도(EPA, 2004)
- NIOSH: 정밀성과 함께 보고할 수 있는 분석대상물질의 최소양(NIOSH, 1995)

□ EPA 방법에 의한 검출한계 및 정량한계 계산방법

① 분석대상물질의 일정량을 직접 시료채취 매체에 주입한 후 하룻밤 동안 놓아둔다(탈착효율 또는 회수율 시료 조제와 동일한 방법으로).

- 주입량의 결정은 탈착효율(또는 회수율)을 고려하여 분석기기가 검출할 것

으로 예상되는 최소한의 양을 주입한다.

- 가능한 낮은 농도를 확인하면 할수록 검출한계 값은 낮아진다.
- 시료채취 매체에 주입하지 않고 분석기기가 검출할 수 있는 가장 낮은 농도를 가진 용액을 검출한계 산출에 사용한다면 이는 기기 검출한계이지 분석방법의 검출한계는 아니다.
- 기기 검출한계를 구하든 분석방법 검출한계를 구하던지 간에 작업환경측정결과보고서에 기재될 경우 기기 검출한계인지, 분석방법 검출한계인지를 명확히 구분하여 기재하여야 한다.

② 기기가 일정한 반응을 보이는 가장 낮은 농도가 선택되면 이 농도를 7번 반복 분석한다.

- 7번 반복 분석하는 것이 중요하다. 만약 반복분석 횟수가 달라지면 검출한계 구하는데 사용되는 t-통계량 값이 달라진다.

· 동일한 시료를 반복분석 시 분석되어진 값들의 분포는 정규분포(t-분포)를 하게 되는데 EPA 경우 검출한계 계산시 99% 신뢰수준 값을 사용하도록 하고 있다(이 의미는 EPA에서 제시하는 방법대로 검출한계를 구하면 그 검출한계 값 이상에서 분석대상물질이 검출되어진다고 99%의 확신을 가지고 이야기 할 수 있다는 의미이다).

· 99%의 신뢰수준에서 t-통계량 값은 자유도에 따라 달라지는데 자유도가 6(n-1, n: 반복분석횟수)인 경우 그 값이 3.143이고, 5인 경우 3.365, 그리고 4인 경우는 3.747이다(자유도에 따른 t-통계량 값은 일반 통계학 책에서 찾아보면 된다).

- 반복 분석시 해당 검량선을 작성하여 농도 값을 산출한다.

③ 7회 반복분석시의 농도 값을 가지고 아래 식으로 검출한계 및 정량한계를 계산한다.

- 검출한계(MDL 또는 IDL): 3.143 x 표준편차
- 정량한계(RQL, reliable quantitation limit): 4 x 검출한계

□ EPA 방법에 의한 검출한계 계산 예

어떤 물질에 대한 추정 검출한계가 0.05 mg/L 라고 하자(우리는 추정검출한계 값을 모르므로 상기 "□ EPA 방법에 의한 검출한계 및 정량한계 계산방법"에서 설명한 것처럼 분석방법 검출한계 인 경우 첨가시료를 분석하여 바탕선과 의미 있게 피크가 뜨는 가장 낮은 농도의 첨가시료가 무엇인지를 확인해야 하고, 기기 검출한계인 경우 가장 낮은 농도용액을 연속하여 희석해 가면서 분석하여 바탕선과 의미 있게 피크가 뜨는 지로 확인 할 수밖에 없습니다).

① 우선 블랭크를 포함하여 4-5농도 수준에서 표준용액을 조제한 다음 검량선을 작성한다(검량선의 R 값이 좋으면 좋을수록 좋다).

② 추정 검출한계의 약 5배 정도 되는 농도(또는 바탕선과 의미 있게 구별되는 분석피크를 가지는 농도의 약 5배 정도 해당하는 농도)를 한 개 선정하여 7번 반복하여 분석한다. 위의 사례 경우 이에 해당농도는 0.25 mg/L 가 된다.

③ 7번 반복 분석한 면적값을 가지고 ① 에서 구한 검량선으로 농도를 계산한다.

④ 상기의 과정을 거쳐 계산된 농도 값이 다음 같다고 가정하자

반복분석	분석결과(mg/L)	회수율
첫 번째 분석	0.23	92%
두 번째 분석	0.21	84%
세 번째 분석	0.24	96%
네 번째 분석	0.19	76%
다섯 번째 분석	0.18	72%
여섯 번째 분석	0.23	92%
일곱 번째 분석	0.22	88%
평균값(계산에 의한 값)	0.214	85.6%
표준편차값(계산에 의한 값)	0.022	

⑤ 분석결과 값을 가지고 상기 표와 같이 표준편차 값을 구하실 수 있을 것이다. 그러면 검출한계 = 3.143 x 0.022(표준편차) = 0.069, 즉 0.069 mg/L 가 된다.

⑥ 이렇게 계산된 검출한계 값이 합리적인지 체크하는 과정이 있는데, 다음과 같다.

- 첫 번째: 계산된 검출한계 x 10 > spike 여야 한다는 것입니다. 상기 사례 경우를 살펴보면 0.069 mg/L x 10 = 0.69 mg/L로 반복 분석한 농도 0.25 mg/L 보다 크므로 이 기준에 부합한다. 만약 spike 한 값이 검출한계 X 10 보다 크면 spike 수준이 너무 높았다는 이야기가 되고 이는 spike 수준을 낮춰서 다시 반복 분석하여 계산해야 한다.
- 두 번째: 검출한계 값이 spike 값보다는 적어야 한다. 만약 검출한계 값이 크다면 spike 수준이 너무 낮다는 이야기입니다. 이경우도 다시 조정하여 다시 분석해야 한다. 상기 예 경우 검출한계 0.069 mg/L 값이 0.25 mg/L 보다 적기 때문에 역시 이 조건에 부합한다.
- 세 번째: Signal/Noise 비가 적당한지 여부를 확인 한다. 상기 표 예시에서 S/N를 계산하면, 0.214(평균값)/0.022(표준편차) = 9.6이 된다. 이렇게 계산된 S/N 비는 2.5 – 10배 수준이 적당하다. S/N 값이 2.5보다 적으면 검출한계 값이 높아지게 되는 경우로 이 경우는 좀 더 고농도 수준의 spike 샘플을 만들어 다시 검출한계 값을 구하면 된다. 반대로 S/N 값이 10을 초과한 경우는 spike 샘플의 농도가 너무 높은 경우이다. 이 경우는 좀 더 희석하여 다시 실시해야 한다.
- 네 번째: 회수율이 적합한지 여부이다.

□ NIOSH 방법에 의한 검출한계 및 정량한계 계산방법

① 가능한 가장 낮은 농도수준의 총 6개의 첨가시료를 조제하여 하룻밤 놓아둔다.

② 예상되는 검출한계에 해당하는 농도와 탈착효율이 75% 이상 나올 것으로 예상되는 농도의 양을 시료채취매체에 주입하는 첨가시료를 따로 만들어 이 역시 하룻밤 놓아둔다.

- 75% 이상 될 것으로 예상되는 농도를 결정하기란 쉽지 않다. 이 경우 가능한 탈착효율이 높을 것으로 예상되는 농도에서 가장 낮은 농도를 선택하도록 한다.

③ ①과 ②에서 조제된 시료를 탈착용매로 탈착시켜 분석시료를 준비한다.

- 공시료의 경우 기기 반응이 없음을 확인한다.

④ ①에서 조제된 시료의 분석결과가 다음과 같다고 하자.

농도(ng/standard)	기기반응(면적값)
0.153/sample 1	214.8
0.306/sample 2	739.3
0.615/sample 3	1575
1.23/sample 4	3790
2.46/sample 5	6921
4.92/sample 6	11526

⑤ 회귀방정식을 구한다. 상기 분석 값의 회귀분석결과는 다음과 같다.

요약 출력

회귀분석 통계량	
다중 상관계수	0.992378
결정계수	0.984815
조정된 결정계수	0.981019
표준 오차	603.5659
관측수	6

분산 분석

	자유도	제곱합	제곱 평균	F 비	유의한 F
회귀	1	94502560	94502560	259.4145	8.69E-05
잔차	4	1457167	364291.7		
계	5	95959727			

	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%	하위 95.0%	상위 95.0%
Y 절편	280.8946	343.1593	0.818555	0.459002	-671.868	1233.658	-671.868	1233.658
X 1	2383.388	147.9782	16.10635	8.69E-05	1972.535	2794.242	1972.535	2794.242

- 회귀 분석식으로부터 검출한계 계산에 필요한 값 등을 찾으면 된다.

・회귀방정식: y=2383.388 x + 280.8946

・표준오차: 603.5659

・상관계수: 0.9923

⑥ 다음식에 의해 검출한계 값을 구한다.

- LOD = $\frac{3 \times \text{표준오차}}{\text{회귀방정식의 } X \text{ 계수}} = \frac{3 \times 603.6}{2383.4} = 0.76\, ng/sample$

⑦ 시료채취매체에 첨가하지 않고 시약으로부터 직접 ①에서의 첨가한 시료농도 범위로 희석식이나 배치식으로 표준용액을 조제한다.

⑧ ②에서 조제된 시료를 ⑦의 표준용액으로 구한 회귀방정식을 이용하여 탈착효율(또는 회수율)을 구한다.

- 예측되는 검출한계가 1 ng/sample 이고 이 농도를 주입한 첨가시료의 탈착효율이 16%로 나왔다고 하자.
- 또한 탈착효율이 75% 이상 나오는 첨가시료의 최소 양이 50 ng/sample이라고 하자.

⑨ ⑥에서 구한 검출한계 값(0.76 ng/sample)을 예측되는 검출한계 1 ng/sample에서의 탈착효율인 16%로 보정한다.

- 보정하면 $\frac{0.76}{0.16} = 4.75 \fallingdotseq 5\, ng/sample$ 이 된다.

⑩ ⑨에서 구한 보정된 검출한계 값인 **5 ng/sample**이 최종 검출한계가 된다.

⑪ ⑩에서 구한 검출한계에 다음과 같은 방법에 의해 구해진 값 중에서 가장 큰 값을 정량한계로 한다.

- 3.33・LOD = 3.33・5 = 16.65 ng/sample
- 75% 이상 탈착효율(또는 회수율)을 보인 첨가시료 농도 중 가장 낮은 농도: 상기 예의 경우 이 값이 50 ng/sample임.
- 따라서 최종 정량한계 값은 **50 ng/sample**이 된다.

2) 정확도차트 및 정밀도 차트 작성방법

□ 목적

내부분석정도관리규정에서 제시하고 있는 내용 중 정확도 차트와 정밀도 차트를 작성하는 요령과 이를 활용하여 분석정도관리를 하는 방법을 제시하는데 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 정확도와 정밀도 차트를 작성하여 정도관리를 하기 위해서는 이들 평가를 위한 별도의 시료가 필요하다. 그러나 이 경우 분석물량이 많아지고 또한 많은 시간이 소요되므로 여기서는 현장시료 분석시 함께 분석되어지는 자료를 가지고 관련 차트를 작성하는 방법을 제시하고자 한다.

○ 정확도란 측정값이 참값에 어느 정도 일치하는지를 말하는 개념으로 정확도 차트 작성에 사용되는 자료는 현장시료 분석시 조제되는 첨가시료의 탈착효율(또는 회수율) 자료를 활용토록 한다.

○ 정밀도란 특정조건하에 반복적으로 분석시 측정치간의 서로 어느 정도 일치하는지를 나타내는 것으로 현장시료 분석시 현장시료 중간 중간에 반복적으로 분석되어지는 표준용액의 분석자료를 활용토록 한다.

○ 정확도와 정밀도 모두 기준 값에서 ±2·표준편차 범위가 경고한계이며, ±3·표준편차 범위가 관리한계이다.

○ 만약 관리한계를 벗어난 다면 즉시 분석을 중단하고 오차에 대한 원인을 규명한 다음 분석을 실시해야 한다.

□ 정확도 차트 작성요령

① 현장시료가 BTX를 분석해야 한다고 하자. 이 시료를 분석하기 위해서는 반드시 예상되는 농도범위의 저농도, 중농도, 그리고 고농도 수준에서 각각 3개씩 총 9개의 탈착효율 시료를 조제하여 분석할 것이다.

②①에서 조제한 시료의 첨가량과 분석량이 다음과 같다고 하자.

- 여기서는 벤젠에 대한 실 예만 제시하고 나머지 톨루엔과 크실렌의 경우도 여기서 제시하는 벤젠과 동일한 방법으로 하면 된다.
- 아래 경우는 2011년 10월 17일 날 조제된 탈착효율시료를 그 다음날인 10월 18일 날 분석한 자료와 2011년 11월 16일 날 조제된 탈착효율 시료를 그 다음날인 11월 17일 날 분석한 자료를 가지고 정확도차트를 작성하고자 한다.
- 그 이후로 계속 벤젠의 탈착효율 자료가 계속분석 되어 진다면 계속 연이어서 정확도차트를 작성하면 되는 것이다.

분석일	분석물질	첨가량(mg)	분석량(mg)
2011/10/18	벤젠	0.0022	0.0018
		0.0022	0.0020
		0.0022	0.0019
		0.0116	0.0110
		0.0116	0.0120
		0.0116	0.0111
		0.0290	0.0300
		0.0290	0.0310
		0.0290	0.0270
2011/11/17	벤젠	0.0022	0.0017
		0.0022	0.0016
		0.0022	0.0019
		0.0116	0.0121
		0.0116	0.0120
		0.0116	0.0124
		0.0290	0.0289
		0.0290	0.0320
		0.0290	0.0271

③ 정확도의 경고한계(warning limit)와 관리한계(control limit)는 다음 식에 의해 구한다.

- 경고한계: $\overline{X} \pm 2\sqrt{\frac{\sigma'^2}{n_i} + \sigma_s^2}$

· $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i X_i}{\sum_{i=1}^{N} n_i}$, $\overline{X}$: 통합평균검출비, X_i : 개별농도수준에서 평균검출비, n : 시료수

· $\sigma' = \frac{\sum_{i=1}^{N} \frac{(n_i - 1)R_i}{d_{2i}}}{\sum_{i=1}^{N}(n_i - 1)}$, σ' : 통합평균표준편차, d_2 : 정도관리 기준계산을 위한 계수,
R_i : 각 농도수준에서 검출량범위를 이론주입량으로 나눈 값

· $\sigma_s = \sqrt{\frac{(MS_s - \sigma'^2(N-1)}{\sum_{i=1}^{N} n_i - \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i^2}{\sum_{i=1}^{N} n_i}}}$, σ_s : 시료간표준편차

· $MS_s = \frac{\sum_{i=1}^{N} \frac{(n_i X_i)^2}{n_i} - X^2 \sum_{i=1}^{N} n_i}{N-1}$, MS_s : 시료간 분산의 평균자승합

· 정도관리 기준 계산을 위한 계수

시료수(n)	d_2
2	1.128
3	1.693
4	2.059
5	2.326
6	2.534
7	2.704
8	2.847
9	2.970
10	3.078

④ 다음은 ②의 자료를 가지고 ③의 계산방법에 의해 정확도 경고한계 및 관리한계를 설정하기위한 계산과정을 나타낸 것이다.

- ③의 계산식이 어떻게 적용되는지 꼼꼼히 비교해 보는 것이 필요하다. 엑셀 등을 이용하여 수식을 한번 입력해 놓으면 편리할 것이다.

자료 세트	시료 수(n)	검출량	검출량 평균	주입량	범위	X(검출량평균/주입량)	R(범위/주입량)
1	3	0.0018	0.0019	0.0022	0.0002	0.8636	0.0909
		0.0020					
		0.0019					
2	3	0.0110	0.0114	0.0116	0.0009	0.9828	0.0776
		0.0120					
		0.0111					
3	3	0.0300	0.0293	0.0290	0.0040	1.0103	0.1379
		0.0310					
		0.0270					

- $\overline{X} = \dfrac{3(0.8636)+3(0.9828)+3(1.0103)}{3+3+3} = 0.9522$

- $\sigma' = \dfrac{\dfrac{2(0.0909)+2(0.0776)+2(0.1379)}{1.693}}{(3-1)+(3-1)+(3-1)} = 0.0603,$

  1.693 : 시료수가 3일 경우의 정도관리기준계산을 위한 계수값임
  ③의 표참조

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\frac{(3\times0.8636)^2}{3}+\frac{(3\times0.9828)^2}{3}+\frac{(3\times1.0103)^2}{3}-(0.9522)^2\times9-(0.0744)^2\times2(\text{자료세트수3에서1을 뺀수임})}{9-(3^2+3^2+3^2)/9}} = 0.0744$$

- 관리한계: $0.9522 \pm 3\times\sqrt{\dfrac{0.0603^2}{9}+0.0744^2}$, $0.721-1.183$

- 경고한계: $0.9522 \pm 2\times\sqrt{\dfrac{0.0603^2}{9}+0.0744^2}$, $0.798-1.106$

자료 세트	시료 수(n)	검출량	검출량 평균	주입량	범위	X(검출량평균 /주입량)	R(범위/주입량)
1	3	0.0017	0.0017	0.0022	0.003	0.7727	0.1364
		0.0016					
		0.0019					
2	3	0.0121	0.0122	0.0116	0.004	1.0517	0.0345
		0.0120					
		0.0124					
3	3	0.0289	0.0293	0.0290	0.0049	1.0103	0.1690
		0.0320					
		0.0271					

- $\overline{X} = \dfrac{3(0.7727)+3(1.0517)+3(1.0103)}{3+3+3} = 0.9449$

- $\sigma' = \dfrac{\dfrac{2(0.1364)+2(0.0345)+2(0.1690)}{1.693}}{(3-1)+(3-1)+(3-1)} = 0.0669,$

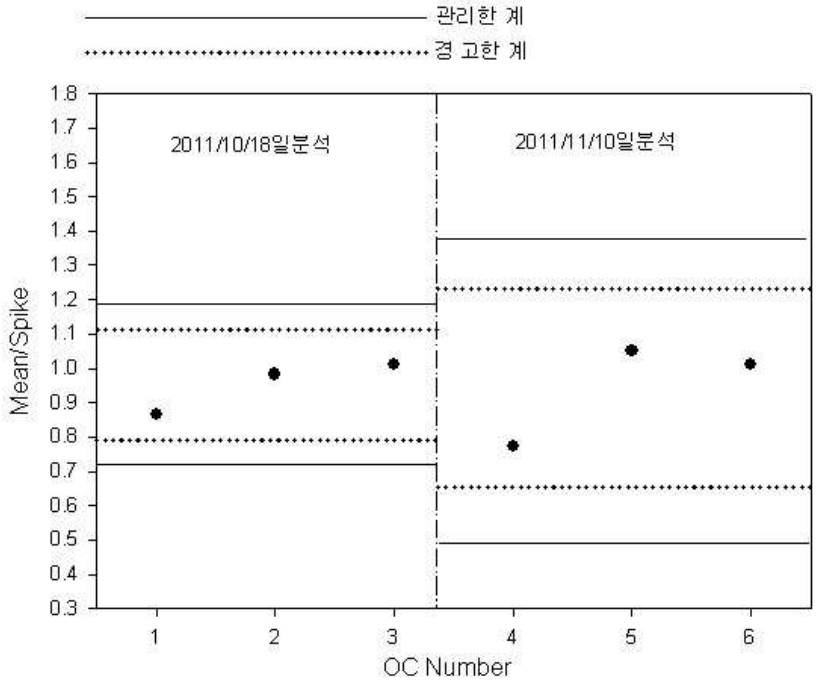
  1.693 : 시료수가 3일 경우의 정도관리기준계산을 위한 계수값임
  ③의 표참조

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\frac{(3\times0.7727)^2}{3}+\frac{(3\times1.0517)^2}{3}+\frac{(3\times1.0103)^2}{3}-(0.9449)^2\times9-(0.0669)^2\times2(\text{자료세트수3에서1을 뺀수임})}{9-(3^2+3^2+3^2)/9}} = 0.1455$$

- 관리한계: $0.9449 \pm 3\times\sqrt{\dfrac{0.0669^2}{9}+0.1455^2}$, $0.503-1.387$

- 경고한계: $0.9449 \pm 2\times\sqrt{\dfrac{0.0669^2}{9}+0.1455^2}$, $0.650-1.239$

⑤ ④에서 구한 경고한계와 관리한계의 구간값과, Xi(검출량평균/주입량)값을 가지고 정도관리 차트를 그린다.



[그림 2-1] 정확도 정도관리차트 작성 예

- 2011년 10월 18일 분석하여 작성한 벤젠의 정확도차트와 2011년 11월 10일 분석하여 작성한 벤젠의 정확도 차트를 보면 모든 Xi 값들이 경고한계 내에 들어와 있음을 확인할 수 있다.
- 따라서 현장시료의 분석결과도 정확도 측면에서 관리되고 있다고 보는 것이다.
- 분석 값이 관리한계 내에 있고 경고한계 밖에 있다면 분석은 계속될 수 있으나 가능한 오차의 원인을 조사하는 것이 좋다.
- 만약 관리한계 밖에 있다면 분석은 즉시 중단되어야 하고 오차에 대한 적절한 교정조치를 완료한 후 시료는 재분석되어야하고 관련 기록은 문서화되어야 한다.

□ 정밀도 차트 작성요령

① 현장시료 분석시 현장시료 중간 중간에 동일한 표준용액을 반복 분석한 결과가 다음과 같다고 하자

- 아래 경우는 2011년 10월 17일 날 현장시료 10개 분석시마다 반복 분석된 표준용액 1의 벤젠분석결과와 2011년 11월 16일 날 현장시료 10개 분석마다 반복 분석된 표준용액 2의 벤젠분석결과이다.
- 그 이후로 계속분석 되어 자료가 축적되어 진다면 연이어서 정밀도차트를 작성하면 되는 것이다.

분석일	분석물질	표준용액벤젠량(mg)	분석량(mg)
2011/10/18	벤젠	0.0022	0.0018
		0.0022	0.0020
		0.0022	0.0019
2011/11/17	벤젠	0.0116	0.0117
		0.0116	0.0120
		0.0116	0.0118
		0.0116	0.0119

③ 정밀도의 경고한계(warning limit)와 관리한계(control limit)는 다음 식에 의해 구한다.

- 경고한계: 하한 : $D_1^{'}\sigma^{'}$, 상한 : $D_2^{'}\sigma^{'}$, $D_1^{'}, D_2^{'}$: 경고한계 계수(아래표 참조)
- 관리한계: 하한 : $D_1\sigma^{'}$, 상한 : $D_2\sigma^{'}$, D_1, D_2 : 관리한계 계수(아래표 참조)
  - 정도관리 기준 계산을 위한 계수

시료수(n)	D_1	D_2	D'_1	D'_2
2	0	3.69	0	2.83
3	0	4.36	0	3.47
4	0	4.70	0.30	3.82
5	0	4.92	0.60	4.05
6	0	5.08	0.84	4.23
7	0.20	5.20	1.04	4.37
8	0.39	5.31	1.21	4.49
9	0.55	5.39	1.35	4.59
10	0.69	5.47	1.48	4.67

④ 다음은 ②의 자료를 가지고 정밀도 경고한계 및 관리한계를 설정하기위한 계산과정을 나타낸 것이다.

- ③의 계산식이 어떻게 적용되는지 꼼꼼히 비교해 보는 것이 필요하다. 엑셀 등을 이용하여 수식을 한번 입력해 놓으면 편리할 것이다.
- 정밀도정도관리 차트작성에 있어서는 반복분석치의 표준편차 값, 즉 σ'만 필요하다.

자료 세트	시료 수(n)	분석량	분석량 평균	표준액벤젠량	범위	R(범위/표준액벤젠량)
10/18	3	0.0018	0.0019	0.0022	0.0002	0.0909
		0.0020				
		0.0019				
11/17	4	0.0117	0.0119	0.0116	0.0003	0.0259
		0.0120				
		0.0118				
		0.0119				

- 10월 18일 분석자료

  · $\sigma' = \dfrac{\frac{2(0.0909)}{1.693}}{2} = 0.0537, 1.693$: 시료수가 3개일 경우의 정도관리기준계산을 위한 계수값임

  · 경고한계하한값: $D_1'\sigma' = 0 \times 0.0537 = 0$

  · 경고한계상한값: $D_2'\sigma' = 3.47 \times 0.0537 = 0.1863$

  · 관리한계하한값: $D_1\sigma' = 0 \times 0.0537 = 0$

  · 관리한계상한값: $D_2\sigma' = 4.36 \times 0.0537 = 0.2341$

- 11월 17일 분석자료

  · $\sigma' = \dfrac{\frac{3(0.0259)}{2.059}}{3} = 0.0126, 2.059$: 시료수가 4개일 경우의 정도관리기준계산을 위한 계수값임

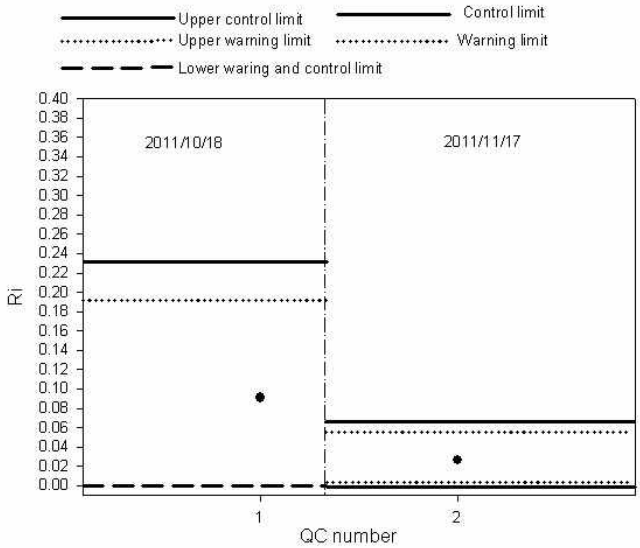
  · 경고한계하한값: $D_1'\sigma' = 0.30 \times 0.0126 = 0.0038$

· 경고한계상한값: $D_2^{'}\sigma^{'} = 3.82 \times 0.0126 = 0.0481$

· 관리한계하한값: $D_1\sigma^{'} = 0 \times 0.0126 = 0$

· 관리한계상한값: $D_2\sigma^{'} = 4.70 \times 0.0126 = 0.0592$

⑤ ④에서 구한 경고한계와 관리한계의 구간값과, R_i값을 가지고 정밀도 정도 관리 차트를 그린다.



[그림 9] 정밀도 정도관리 차트 작성 예

- 상기자료 경우 모두 경고한계 내에서 분석정밀도가 관리되고 있음을 보여주고 있다.
  · R_i 값들이 경고한계 이내라면 모든 자료를 받아들인다.
  · R_i 값들이 관리한계 밖이면 현재 분석결과들은 비정도관리 상태이다. 따라서 그 당시 분석되었던 모든 분석자료는 사용치 않아야 하며, 문제의 원인을 파악한 후 교정을 완료하고 분석을 재실시해야 한다.
  · R_i 값들이 경고한계를 벗어나지만 관리한계 이내라면 측정치들은 잠정적으로 받아들인다. 다음에 분석한 시료의 Ri 값이 경고한계 이내에 들어온다면 이전의 모든 자료를 최종적으로 받아들인다.

3) 내부분석숙련도 검증방법

□ 목적

내부분석정도관리규정에서 제시하고 있는 내용 중 내부분석숙련도 검증방법을 제시 하는 데 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 내부분석정도관리 규정에서 정한 내부분석숙련도 검증이라 함은 측정기관자체적으로 분석능력검증용 정도관리 시료를 만들어 내부적으로 테스트 하는 것을 말한다.

○ 기관자체적으로 정도관리시료를 조제하여야 하는데, 분석능력을 검증받는 사람이외의 사람이 정도관리 시료를 조제하여야 한다.

○ 정도관리시료는 기준 값이 설정가능 하도록 충분한 수의 시료를 조제하여야 한다.

○ 측정기관이 분석자 1인만을 고용하고 있는 경우 자신이 만든 정도관리시료를 자신이 분석하는 결과를 초래하게 되므로, 이 경우는 자체 조제한 정도관리 시료로 내부분석숙련도 검증을 한다는 것은 불가능하다. 이러한 경우 외부에서 정도관리시료를 구입하면서 구입된 정도관리시료의 기준 값을 미리 확보하여 숙련도검증을 실시하는 방안을 모색해 볼 수 있다.

○ 내부정도관리 시료는 현재 공단에서 실시하는 것과 같이 유기용제와 금속분야로 나누어서 기관의 사정에 알맞게 물질과 농도수준을 정해 자체적으로 실시할 수 있다.

□ 정도관리시료 조제 및 자료처리

○ 시료조제

- 대상물질은 우선 정도관리 물질로서 타당해야 한다. 정도관리 물질로서의 타당성 평가는 많은 평가를 필요로 하므로 측정기관에서는 공단에서 실시하는 외부정도관리 물질 중 측정기관에서 분석을 많이 실시하는 물질을 대상으로 1~2 가지를 유기용제 및 금속분야에서 선택하는 것이 좋을 것이다.
- 농도수준 결정과 조제방법은 탈착효율 또는 회수율 검정을 위한 시료조제 방법과 동일하다.
- 선택된 물질의 농도수준을 몇 개로 할 것인지 역시 기관의 사정을 고려하여 자율적으로 결정토록 한다.

○ 조제된 시료의 기준값 설정방법

- 일단 정도관리 물질과 농도수준이 정해지고 나면 정도관리 시료를 조제해야 한다. 예를 들어 석면을 대상으로 목표로 정한 1개 농도수준의 시료를 35개를 조제하여 이중 25개를 기준값 설정을 위해 분석하였고, 나머지 10개 시료를 내부분석숙련도 검증을 위한 정도관리 시료로 사용한다고 하자.
  - 상기 자료를 가지고 기준값 설정절차를 설명하면 다음과 같다.

① 분석결과자료를 엑셀에 입력한 후 작은 값에서 큰 값 순으로 정렬시킨다.

② 분석자료의 분포를 확인한다. 분포확인결과 정규분포하는 것이 확인되어야만 그 다음 단계인 이상값 제거과정을 시행할 수 있다.

· 정규성 검증은 SPSS, SAS등 통계프로그램을 이용하면 손쉽게 확인할 수 있다.

· 만약 분석자료가 정규분포를 하지 않는 경우 분석자료를 자료변환하여 정규분포 하도록 만들어 주어야 한다. 자료변화요령은 결과치에 로그값을 취하던지, 제곱하던지, 제곱근하던지, 아니면 삼각함수값을 적용하던 상관없다. 다만 어떤 방법으로 자료변환 하던지 간에 변환된 자료가 정규분포를 하는 것으로 판정되면 변환된 자료를 가지고 이상값을 제거하고 기준값을 설정한 다음 마지막에 다시 원자료로 변환시켜 주면 된다.

③ 분석자료의 이상값을 제거한다.

· 이상값은 모집단에 속하지 않은 분석치를 말한다. 이는 개별 숫자로부터 확인이 어렵기 때문에 모집단의 속할 확률이 일정수준 이하에 있을 경우 우리는 이들 값을 이상값으로 간주하고 제거하는 과정을 거치게 된다.

이상값 발견을 위한 통계적인 검정방법은 여러 가지가 있으나 여기서는 다음과 같은 Grubbs 방법을 소개하고자 한다(Grubbs, 1972).

☞ Grubbs 검정방법

(가) 자료를 크기순서로 배열한다. X1, X2, ..., Xn

(나) 평균, 표준편차를 구한다.

(다) 이상치가 아님에도 불구하고 이상치로 기각할 위험수준(유의수준)을 결정한다.

(라) 다음과 같이 T 통계량 값을 구한다.

$$T = \frac{\overline{X} - X_n}{S}$$, s: 표준편차, $\overline{X}$: 평균, Xn: 개별 측정치

(마) 계산된 T값과 시료수(n), 유의수준에 따라 달라지는 아래표의 판정치를 참고하여 T의 절대값이 판청치를 초과하면 이상값으로 간주하고 제거한다.

<표14> 95% 신뢰수준에서 Grubbs 검정을 통한 이상값을 제거를 위한 판정치

시료수	판정치	시료수	판정치	시료수	판정치
3	1.153	16	2.444	29	2.729
4	1.464	17	2.475	30	2.744
5	1.671	18	2.504	31	2.759
6	1.821	19	2.531	32	2.773
7	1.938	20	2.557	33	2.786
8	2.032	21	2.580	34	2.799
9	2.110	22	2.603	35	2.811
10	2.177	23	2.624	36	2.823
11	2.235	24	2.644	37	2.834
12	2.286	25	2.662	38	2.845
13	2.332	26	2.680	39	2.856
14	2.737	27	2.698	40	2.867
15	2.410	28	2.714	41	2.877

- 다음은 이상 값이 존재하지 않은 자료세트의 이상값 확인과정과 기준값 설정의 실제 예를 나타낸 것이다.

시료번호	분석값(개/mm^2)	통계량
1	297.2	-1.7210
2	305.7	-1.3642
3	305.7	-1.3642
4	312.1	-1.0966
5	313.7	-1.0297
6	316.7	-0.9054
7	320.2	-0.7566
8	325.8	-0.5231
9	329.1	-0.3829
10	329.4	-0.3702
11	331.2	-0.2937
12	331.2	-0.2937
13	338.5	0.0122
14	338.5	0.0122
15	342.1	0.1651
16	347.6	0.3945
17	347.6	0.3945
18	352.1	0.5835
19	356.7	0.7768
20	356.7	0.7768
21	362.1	1.0062
22	364.0	1.0827
23	364.0	1.0827
24	376.0	1.5883
25	392.1	2.2655
Mean	338.2	
SD	23.8	
CV,%	7.0	

· 상기 예 경우 분석값 25개를 정규성 검정을 한 결과 정규분포 한 것으로 확인되어 Grubbs 검정방법을 이용하여 T-통계량을 구하 였으며, 그 결과 절대값의 최대값이 2.2655로 나왔다. 이는 95%신뢰수준에서 시료 25개일 때의 기각치 판정기준값인 2.662(Grubbs 검정방법의 표 참조)보다 작으므로 25개 시료분석값 모두 이상값이 없다는 의미이다.

· 따라서 25개 시료분석값 모두를 사용하여 평균을 구한 값인 338.2가 기준값이 된다.

- 다음은 자료세트가 정규분포를 하지 않은 분석자료에 대한 이상값 제거과정을 설명한 것이다.

시료번호	분석값	자료변환값	통계량값	통계량값	통계량값
1	429.3	619546.57	-2.934932354	*	
2	491.0	832490.49	-1.838482617	-2.35836976	-2.6350947
3	505.7	888309.89	-1.551068153	-2.00621467	-2.2256406
4	514.0	920701.52	-1.384283416	-1.80186137	-1.9880371
5	514.6	923067.63	-1.372100333	-1.78693402	-1.9706809
6	536.0	1009630.68	-0.926386602	-1.24082247	-1.3357118
7	547.8	1059052.18	-0.671914951	-0.92903063	-0.9731884
8	554.1	1086333.37	-0.531443902	-0.75691822	-0.7730717
9	563.7	1127965.87	-0.317077858	-0.49426584	-0.4676832
10	563.7	1127965.87	-0.317077858	-0.49426584	-0.4676832
11	566.9	1142033.33	-0.244644421	-0.40551664	-0.3644937
12	570.1	1156195.95	-0.171721018	-0.31616711	-0.2606061
13	570.1	1156195.95	-0.171721018	-0.31616711	-0.2606061
14	570.1	1156195.95	-0.171721018	-0.31616711	-0.2606061
15	576.4	1184807.08	-0.02440212	-0.13566436	-0.0507338
16	579.6	1199255.80	0.049994467	-0.04450981	0.0552524
17	579.6	1199255.80	0.049994467	-0.04450981	0.0552524
18	586.0	1228440.10	0.200264627	0.139608972	0.2693291
19	592.4	1258007.56	0.352507686	0.326145055	0.4862164
20	592.4	1258007.56	0.352507686	0.326145055	0.4862164
21	592.4	1258007.56	0.352507686	0.326145055	0.4862164
22	595.5	1272935.24	0.429370389	0.42032122	0.5957159
23	595.5	1272935.24	0.429370389	0.42032122	0.5957159
24	595.5	1272935.24	0.429370389	0.42032122	0.5957159
25	597.0	1279804.19	0.464738688	0.463656292	0.646102
26	598.7	1287959.01	0.506727916	0.515103669	0.7059204
27	598.7	1287959.01	0.506727916	0.515103669	0.7059204
28	600.0	1293995.45	0.537809595	0.553186552	0.7501997
29	601.9	1303078.99	0.584580794	0.610493048	0.8168305
30	605.1	1318295.28	0.66292955	0.706490002	0.9284471
31	605.1	1318295.28	0.66292955	0.706490002	0.9284471
32	623.4	1407624.95	1.122888636	1.2700557	1.5837103
33	624.2	1411621.07	1.143464681	1.295266536	1.6130232
34	627.4	1427514.31	1.225299119	1.395534328	1.7296056
35	677.0	1687699.30	2.564993411	3.036997171	*
	mean	1189546.3	1206311.0	1191723.4	
	sd	194212.2	158508.0	136326.4	
	cv	16.3	13.1	11.4	

· 시료 35개의 분석자료에 대한 정규성 검정결과 정규분포를 하지 않아 (Kolmogorove-Smirnove 검정결과 p=0.013), 분석결과에 2.2제곱하여 자료변환을 하였다.

· 변환된 자료값을 가지고 다시 정규성을 검증한 결과 정규분포한 것으로 나타나(Kolmogorove-Smirnove 검정결과 p=0.053), 이 값을 사용하여 T-통계량 값을 계산하였다.

· 첫 번째 계산된 T-통계량 값의 절대 값을 보면 시료 35개의 이상값을 판정을 위한 기준값인 2.811를 초과한 시료가 1번 시료임을 확인할 수 있다.

· 따라서 1번 시료를 제외하고 나머지 34개 시료의 자료변환값으로 다시 T-통계량을 구해 이상값 검정을 실시하면, 시료 34개의 이상값 판정을 위한 기준치 2.799를 초과한 시료가 35번 시료이므로 다시 이 시료의 분석치를 제외한다.

· 다시 2번 시료부터 34번 시료의 분석값에 대한 자료변환값을 사용하여 T-통계량을 구한 후 시료 33개의 이상값 판정을 위한 기준치 2.786을 초과하는 시료를 판정한 결과 이상값이 없음을 확인할 수 있다.

· 2번부터 34번 시료의 분석결과에 대한 자료변환 값을 가지고 평균을 구한 후, 이 평균값(1191723.4)을 다시 원래 자료변환전의 값으로 환원시켜 주어야 하는데, 즉 이 경우에는 2.2제곱근하면 577.96이 된다. 따라서 577.96이 이 정도관리 시료세트의 기준값이 된다.

○ 적합범위 산정 기준값 설정방법

- 정도관리 시료세트의 기준값이 선정되고 나면 적합범위를 설정하여야 한다.
- 적합범위는 일반적으로 기준값 ± 3×표준편차로 설정하며, 만약 변이계수(CV) 값이 4% 미만일 때는 4%로 조정하여 CV가 4%가 되게 하는 표준편차 값을 사용하여 적합범위를 산정하도록 한다.

· $CV(\%) = \frac{\text{표준편차}}{\text{평균}} \times 100$

· 만약 표준편차 값이 3.1이고 평균값이 100이라면 이때 CV 값은 3.1%이 될 것이다. 이 경우 CV 값이 4% 미만이므로, CV값이 4%로 될 수 있도록 표준편차 값을 조정한다는 의미이며, 이 경우 표준편차 값을 4.0으로 하면 된다.

시설 및 장비 성능 유지·관리

1) 장비 매뉴얼 등 사용방법 및 유지관리 지침 작성 및 운영방안

□ 목적

작업환경측정장비와 분석장비의 정확한 사용방법 및 적정한 유지 및 관리를 통하여 작업환경측정결과의 정확도와 정밀도 향상을 목표로 함.

□ 핵심사항

○ 작업환경측정장비와 분석장비의 사용방법 및 유지관리 지침을 문서화하여 보유할 필요가 있다.

- 측정기관에서 각각 보유하고 있는 측정 및 분석 장비의 특성에 따라 유지관리 지침을 작성하여 문서화 한다. 이 경우 측정 및 분석장비의 책임자를 지정하는 것도 포함한다.
- 작업환경측정장비의 경우 별도의 사용방법은 필요하지 않으며 유지관리 지침만 작성하면 된다. 산업안전보건법 시행규칙 별표 12(지정측정기관의 장비기준)에 의한 작업환경측정장비는 “①화학적 인자·분진의 채취를 위한 개인용 시료채취기 세트, ②검지관 가스·증기농도 측정기 세트, 저울(0.01 밀리그램 이하까지 측정이 가능한 것), ③소음측정기(누적소음폭로량 측정이 가능한 것), ④건조기 및 데시케이터, ⑤산소농도측정기, ⑥국소배기시설 성능시험장비(스모크테스터, 청음기 또는 청음봉, 절연저항계, 표면온도계 또는 초자온도계, 정압 프로브가 달린 열선풍속계, 회전계(R.P.M측정기))”가 해당된다.
- 작업환경측정장비는 지정측정기관에서 보유하고 있는 장비가 상이하여 표준화된 유지관리 지침을 제공하기는 어려움이 있으나 화학적 인자·분진의 채취를 위한 개인용 시료채취기 세트와 검지관 가스·증기농도 측정기 세트의 정기적인 점검, 고장 시 대책 등 포괄적인 유지관리방안이 포함되어야

하며 개인용 시료채취기의 유량보정의 수행, 소음측정기의 보정, 저울을 이용한 중량분석의 과정 등의 내용도 필요하다. 한편, 유량보정기, 표준소음발생기, 열선풍속계, 전자저울 등 정기적으로 검·교정이 필요한 장비에 대해서는 그 내용도 포함하여 문서화할 필요가 있다.

- 분석장비는 산업안전보건법 시행규칙 별표 12(지정측정기관의 장비기준)에 의하여 가스크로마토그래피(GC), 원자흡광광도계(AAS) 또는 유도결합 플라스마(ICP)와 선택장비로서 고속액체 크로마토그래피(HPLC), X-ray회절분석기 또는 적외선분광분석기, 위상차현미경이 해당될 수 있다. 분석장비는 측정장비와는 달리 사용방법에 대한 매뉴얼도 요구되며 이는 고용노동부의 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시 [별표2] 제3절 분석기기 편에서 각각의 장비에 대한 원리 및 적용범위, 주요 구성, 조작방법 등을 참고하여 작성하되 각 측정기관의 분석장비 특성에 맞도록 다소 추가 또는 보완될 필요는 있다. 한편, 분석장비 역시 정기적인 점검, 고장 시 수리 절차, 소모품 관리방안 등 적절한 유지관리지침을 자체적으로 마련하여야 한다.
- 작업환경측정장비와 분석장비의 사용방법 및 유지관리 지침은 측정책임자와 분석책임자가 협의하여 작성하고 기관에서 작성한 최초 일자를 문서에 기록한다.

○ 고용노동부 고시, KOSHA GUIDE 등의 활용 방안

- 측정 및 분석장비의 유지관리지침 작성시 KOSHA GUIDE(A)(시료 채취 및 분석지침)과 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시(고용노동부고시)을 참조하여 활용한다.
- 참조 또는 활용된 규정 등은 측정 및 분석장비 유지관리지침 작성시 논문에서 사용하는 참고문헌 작성방법에 근거하여 기록한다.
- 공인된 측정 및 분석과 관련된 규정을 활용 시에는 주기적으로 최신 자료를 검토하여 자료의 최신성을 유지할 필요가 있다.

2) 장비·점검 대장 관리 및 기록 유지(직독식 장비 포함)

2-1) 측정장비·점검 대장 관리 및 기록 유지

□ 목적

작업환경측정장비의 체계적인 점검과 주기적인 관리를 통하여 작업환경측정결과의 신뢰성을 확보하는데 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 작업환경측정장비의 대장관리는 해당 장비 목록의 보유 수량 등을 한 번에 확인할 수 있는 작업환경측정장비 목록대장과 모든 장비에 대한 세부 기록이 문서화되어 있는 작업환경측정장비 세부관리대상으로 구분하여 보관하도록 한다.

- 작업환경측정장비의 목록과 관련된 대장에는 장비명, 기기명 및 용도, 제조회사, 보유수량, 작동상태 등의 내용을 포함하도록 하고
- 작업환경측정장비 세부관리대장에는 기구번호, 장비명 및 장비 설명, 제조사정보(제조국, 제조사), 규격(모델), 구입년월일, 구입처, 구입가격, 관리책임자, 설치장소, 용도, 주요부품, 점검일자, 수리정보 등의 항목을 구성하는 것이 바람직하다.
- 작업환경측정장비라 함은 산업안전보건법 시행규칙 별표 12에서 정하는 화학적 인자·분진의 채취를 위한 개인시료채취기 세트(유량보정기 포함), 검지관 가스·증기농도 측정기 세트, 소음측정기(지시소음계, 누적소음노출량계), 조도측정기, 대기의 온도・습도・기류・고열 측정기기(WBGT 등), 산소농도측정기, 국소배기시설 성능시험장비[스모크테스터, 청음기 또는 청음봉, 절연저항계, 표면온도계 또는 초자온도계, 정압 프로브가 달린 열선풍속계, 회전계(R.P.M 측정기)]를 의미한다.

□ 작업환경측정장비 목록 대장의 구성 항목 및 기재하여 할 내용

작업환경측정장비의 목록대장과 세부관리대장에서 반영되어야 한 항목과 정보가 무엇인지 설명하고자 한다.

○ 작업환경측정장비 목록 대장

- 측정장비별 보유수량 및 작동상태 등을 편하게 확인하기 위한 항목이 포함되어야 하고 내용도 간단하게 작성되는 것이 좋다.
- 예시:

<표 15> 작업환경측정장비 목록 대장

연번	장비	기기명(용도)	제조회사 (모델명)	구입 년월	보유 수량	작동 상태		
						정상	수리	불량
1		High Volume air Sampler(개인시료채취/입자상)	Gilian (GIL Air /Clock)	2000. 3	20대	18대	1대	1대
2		Low flow air sampler (개인시료채취/가스상)	GILIAR	2000. 3	15대	15대	0대	0대

· 연번 : 보유하고 있는 작업환경측정장비에 모든 연번을 부여하여 관리한다.

· 장비 : 해당 장비에 대하여 반드시 사진을 구비할 필요는 없지만 사진을 포함하면 관리하기 용이하다.

· 기기명(용도) : 개인시료채취기는 크게 고용량펌프와 저유량펌프로 구분할 수 있으며 이를 종류별로 크게 구분할 필요가 있다.

· 제조회사(모델명) : 기관마다 보유하고 있는 개인시료채취기는 다르며 이에 대한 제조회사 및 모델명을 부여하여 명확히 관리할 필요가 있다. 이 경우 제조회사 또는 모델명이 다를 경우 각각 구분하여 정리하는 것이 좋다.
· 구입년월 : 해당 장비의 구입 시기를 기입한다.
· 보유수량 : 작업환경측정장비 별 총 보유수량을 기록한다.
· 작동상태 : 각 장비에 대한 현황을 한 눈에 파악할 수 있도록 정상, 수리 및 불량으로 구분하여 기록하도록 한다.

○ 작업환경측정장비 세부관리 대장
- 모든 작업환경측정장비 별로 설명서, 구입정보, 수리정보 및 점검일자 등의 기록이 포함되어야 하고 내용은 가급적 명료하게 작성되는 것이 좋다.
- 예시:

<표 16> 작업환경측정장비 세부관리 대장

측정장비 세부관리 대장

기 구 번 호		A-1	기 구 명 칭	한글	개인시료채취기
소 속		산업위생실		영문	Personal Air Sampler
제 조 정 보	제조국	미국	규 격(모델)		GIL Air/Clock
	제조사	Gillian	형 식 번 호(S/N)		
구 입 년 월 일		2001.2.16	구 입 처		
사 용 동 력		220 (Kwh/Ⓥ)	구 입 가 격		
관 리 책 임 자			설 치 장 소		302호
용 도		개인시료채취펌프			
검 교 정 주 기		약 1-2년정도(사용횟수에 따라 주기 단축 가능)			
주요 설명		총분진, 호흡성분진, 흡입성분진 채취 시 개인시료 채취방법으로 사용			
중 요 부 품	수 량	규 격	비 고		

사 진 이 미 지

수 리 내 역				
수 리 일 자	수 리 처	금 액	수 리 내 용	비 고

· 기구번호 : 해당 측정장비는 충분히 여러 대가 구비된 경우가 많다. 따라서 기관에서 보유하고 있는 개인시료채취기 등에 번호를 부여하면 유량보정 등 관리가 훨씬 수월할 수 있다.
· 소속 : 그 측정장비의 구입 주체를 기술한다.
· 기구명칭 : 각 측정장비의 명칭을 한글과 영문으로 구분하여 기록해두면 좋다.
· 제조(사) 정보 : 각 측정장비의 제조국과 제조사를 기입한다.
· 규격(모델) : 각 측정장비의 규격과 모델명을 부여하여 관리하면 향후 수리 등에 도움이 될 수 있다.
· 형식/고유번호(Serial number) : 형식번호는 모든 측정장비마다 다르며 하나의 대장에 기록해두면 관리가 수월할 수 있다.
· 구입처, 구입가격 및 구입년월일 : 모든 측정장비는 직수입된 경우를 제외하고 대부분 관련업체를 통해 들어온다. 따라서 구입처, 구입 시 가격과 구입년월일을 기록해두면 향후 해당 장비의 관리가 용이할 수 있다.
· 관리책임자 : 해당 측정장비의 점검 등의 관리책임자를 부여하여 관리하는 것이 바람직하다.
· 용도 : 주 용도를 간략히 정리하여 기술한다.
· 검교정 주기 : 검교정 주기는 해당 장비마다 다르며 검교정이 요구되지 않는 측정장비도 있다. 다면 포괄적인 양식에 포함시켜 검교정이 필요한 경우 그 장비는 주기를 기록하여 관리할 필요가 있다.
· 주요(장비) 설명 : 해당 측정장비의 주 설명에 대한 기록을 남겨두면 향후 신입으로 들어오는 직원 등이 쉽게 파악할 수 있다.
· 중요부품 : 해당 측정장비별 배터리 등 소모품에 대한 기록을 남겨두면 관리가 용이할 수 있다.
· 수리내역 : 측정장비의 수리이력은 유지관리에 중요한 기록이 될 수 있다.

2-2) 분석장비·점검 대장 관리 및 기록 유지

□ 목적

분석장비의 체계적인 점검과 주기적인 관리를 통하여 작업환경측정에 따른 분석결과의 신뢰성을 확보하는데 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 분석장비의 대장 관리는 모든 해당 장비에 대한 세부 기록을 문서화하여 관리하도록 한다.

- 분석장비 세부관리 대장에는 기구번호, 장비명 및 장비 설명, 제조사 정보(제조국, 제조사), 규격(모델), 구입년월일, 구입처, 구입가격, 관리책임자, 설치장소, 용도, 주요부품, 점검일자, 수리정보 등의 항목을 구성하는 것이 바람직하다.
- 분석장비라 함은 산업안전보건법 시행규칙 별표 12에서 정하는 장비로서 광전분광광도계, 저울, 건조기 및 데시케이터, 가스크로마토그래피(GC), 원자흡광광도계(AAS) 또는 유도결합플라즈마(ICP), 고속액체크로마토그래피(TDI), X-선 회절분석기 또는 적외선분광분석기(유리규산), 위상차현미경(석면)을 의미한다.

□ 분석장비 세부관리 대장의 구성 항목 및 기재하여 할 내용

분석장비의 세부관리 대장에서 반영되어야 한 항목과 정보가 무엇인지 설명하고자 한다.

- 모든 분석장비별로 주요 설명, 구입정보, 수리정보 및 점검일자 등의 기록이 포함되어야 하고 내용은 가급적 명료하게 작성되는 것이 좋다.
- 예시:

<표 17> 분석장비 세부관리 대장

분석장비 세부관리 대장

기 구 번 호		A-58	기 구 명 칭	한글	원자흡광광도계	사 진 이 미 지
소 속		산업위생실		영문	tomic Absorbtion Spectro	
제 조 자	제조국	독일	규 격(모델)		AA 240	
	제조사	varian	형 식 번 호(S/N)			
구 입 년 월 일			구 입 처			
사 용 동 력		220 (Kwh/Ⓥ)	구 입 가 격		₩30,800,000	
관 리 책 임 자			설 치 장 소		302호	
용 도		물질별 고유의 파장의 빛을 흡수하여 방출되는 양을 검출하여 분석.				
검 교 정 주 기		1-2년정도(사용횟수에 따라 주기적가 당겨질수있음)				
주요 설명		분석대상 원소가 포함된 시료를 불꽃이나 전기열에 의해 바닥상태의 원자로 해리시키고, 이 원자의 증기층에 특정파장의 빛을 투과시키면 바닥상태의 분석대상 원자가 그 파장의 빛을 흡수하여 들뜬 상태의 원자로 되는데, 이 때 흡수하는 빛의 세기를 측정하는 분석기기로서 허용기준 대상 유해인자 중 금속 및 중금속의 분석 방법에 적용				
중 요 부 품	수 량	규 격	비 고			
수 리 내 역						
20 년 월 일	수 리 처	금 액	수 리 내 용			비 고

· 기구번호 : 분석장비는 여러 대가 구비된 경우가 있다. 따라서 기관에서 보유하고 있는 분석장비에 번호를 부여하면 관리를 체계적으로 할 수 있다.

· 소속 : 그 분석장비의 구입 주체를 기술한다.

· 기구명칭 : 각 분석장비의 명칭을 한글과 영문으로 구분하여 기록해두면 좋다.

· 제조(사) 정보 : 분석장비의 제조국과 제조사를 기입한다.

· 규격(모델) : 분석장비의 규격과 모델을 부여하여 관리하면 향후 수리 등에 도움이 될 수 있다.

· 형식/고유번호(Serial number) : 형식번호는 모든 분석장비마다 다르며 하나의 대장에 기록해두면 관리가 수월할 수 있다.

· 구입처, 구입가격 및 구입년월일 : 모든 분석장비는 직수입된 경우를 제외하고 대부분 관련업체를 통해 들어온다. 따라서 구입처, 구입 시 가격과 구입년월일을 기록해두면 향후 해당 분석장비의 관리가 용이할 수 있다.
· 관리책임자 : 해당 분석장비의 점검 등의 관리책임자를 부여하여 관리하는 것이 바람직하다.
· 용도 : 주 용도를 간략히 정리하여 기술한다.
· 검교정 주기 : 검교정 주기는 해당 분석장비마다 다르며 요구되지 않는 장비도 있다. 다면 포괄적인 양식에 포함시켜 검교정이 필요한 경우 그 분석장비는 주기를 기록하여 관리할 필요가 있다.
· 주요(장비) 설명 : 해당 분석장비의 주 설명에 대한 기록을 남겨두면 향후 신입으로 들어오는 직원 등이 쉽게 파악할 수 있다.
· 중요부품 : 해당 분석장비별 컬럼 등 소모품에 대한 기록을 남겨두면 관리에 도움이 될 수 있다.
· 수리내역 : 분석장비의 수리이력은 유지관리에 중요한 기록이 될 수 있다.

2-3) 직독식장비·점검 대장 관리 및 기록 유지

□ 목적

작업환경측정 및 평가 분야에서 직접 결과를 판독 할 수 있는 장비의 체계적인 점검과 주기적인 관리를 통하여 그 결과의 신뢰성을 확보하는데 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 직독식장비의 대장관리는 산소농도 측정기와 열선 풍속계에 한정하여 세부기록을 문서화하여 관리하도록 한다.

- 직독식장비 관리 대장에는 기구번호, 장비명 및 장비 설명, 제조사 정보(제조국, 제조사), 규격(모델), 구입년월일, 구입처, 구입가격, 관리책임자, 설치장소, 용도, 주요부품, 점검일자, 수리정보, 사용실적 등의 항목을 구성하는 것이 바람직하다.

□ 직독식장비 관리 대장의 구성 항목 및 기재하여 할 내용

직독식장비의 관리 대장에서 반영되어야 한 항목과 정보가 무엇인지 설명하고자 한다.

○ 직독식장비 관리 대장

- 산소농도 측정기와 열선풍속계에 대하여 설명서, 구입정보, 수리정보 및 점검일자 등의 기록이 포함되어야 하고 내용은 가급적 명료하게 작성되는 것이 좋다.
- 예시:

<표 18> 직독식장비 관리 대장

직독식장비 관리 대장						
기 구 번 호		A-20	기 구 명 칭	한글	열선풍속계	사 진 이 미 지
소 속		산업위생실		명문	Anemometer	
제조정보	제조국		규 격(모델)		8360-M-GB	
	제조사	TSI	형 식 번 호(S/N)			
구 입 년 월 일		2005.3	구 입 처			
사 용 동 력		220 (Kwh/V)	구 입 가 격			
관 리 책 임 자			설 치 장 소		301호	
용 도		국소배기 기류 등 측정.				
검 교 정 주 기		1-2년정도(사용횟수에 따라 주기적가 달겨질수있음)				
주요 설명		국소배기장치 등 제어풍속을 확인하는데 사용, 전류를 통해서 가열한 기는 백금선 또는 니켈선 등을 기류에 노출시키면 냉각하여 전기 저항이 감소하는 것을 이용하여 기류의 속도를 측정하는 계기				
중 요 부 품	수 량	규 격	비 고			
수 리 내 역						
20 년 월 일	수 리 처	금 액	수 리 내 용			비 고

· 기구번호 : 직독식장비는 여러 대가 구비된 경우가 있다. 따라서 기관에서 보유하고 있는 직독식장비에 번호를 부여하면 관리를 체계적으로 할 수 있다.

· 소속 : 그 직독식장비의 구입 주체를 기술한다.

· 기구명칭 : 각 직독식장비의 명칭을 한글과 영문으로 구분하여 기록해두면 좋다.

· 제조(사) 정보 : 직독식장비의 제조국과 제조사를 기입한다.

· 규격(모델) : 직독식장비의 규격과 모델을 부여하여 관리하면 향후 수리 등에 도움이 될 수 있다.

· 형식번호(Serial number) : 형식번호는 모든 직독식장비별로 다르며 하나의 대장에 기록해두면 관리가 수월할 수 있다.

· 구입처, 구입가격 및 구입년월일 : 모든 직독식장비는 직수입된 경우를 제외하고 대부분 관련업체를 통해 들어온다. 따라서 구입처, 구입 시 가격과 구입년월일을 기록해두면 향후 해당 직독식장비의 관리가 용이할 수 있다.

· 관리책임자 : 해당 직독식장비의 점검 등의 관리책임자를 부여하여 관리하

는 것이 바람직하다.

· 용도 : 주 용도를 간략히 정리하여 기술한다.

· 검교정 주기 : 검교정 주기는 해당 직독식장비마다 다르며 요구되지 않는 장비도 있다. 다면 포괄적인 양식에 포함시켜 검교정이 필요한 경우 그 직독식장비는 주기를 기록하여 관리할 필요가 있다.

· 주요(장비) 설명 : 해당 직독식장비의 주 설명에 대한 기록을 남겨두면 향후 신입으로 들어오는 직원 등이 쉽게 파악할 수 있다.

· 중요부품 : 해당 직독식장비별 컬럼 등 소모품에 대한 기록을 남겨두면 관리에 도움이 될 수 있다.

· 수리내역 : 직독식장비의 수리이력은 유지관리에 중요한 기록이 될 수 있다.

3) 장비별 담당 책임자 지정 및 관리 방안

□ 목적

작업환경측정장비와 분석장비에 대한 책임 소재를 명확히 하여 관련 장비의 유지 및 관리를 효율적으로 하기 위함.

□ 핵심사항

○ 측정 및 분석장비의 책임자를 지정한다.

- 측정장비의 경우 관련 유지관리 지침 및 장비대장에 그 책임자가 정확히 명시되어 있어야 한다. 유지관리 지침이라 함은 측정장비의 유지관리 지침을 의미하여 장비대장이라 함은 측정 장비대장 관리 및 기록유지가 적절하게 되는 서류를 의미한다. 유지관리 지침 및 장비 대장은 앞부분에서 언급하였으므로 이를 참고하면 된다.
- 측정장비라 함은 산업안전보건법 시행규칙 별표 12에서 정하는 화학적 인자·분진의 채취를 위한 개인시료채취기 세트(유량보정기 포함), 검지관 가스·증기농도 측정기 세트, 소음측정기(지시소음계, 누적소음노출량계), 조도측정기, 대기의 온도・습도・기류・고열 측정기기(WBGT 등), 산소농도측정기, 국소배기시설 성능시험장비[스모크테스터, 청음기 또는 청음봉, 전열저항계, 표면온도계 또는 초자온도계, 정압 프로브가 달린 열선풍속계, 회전계(R.P.M 측정기)]를 의미한다.
- 분석장비는 관련 유지관리 지침 및 장비대장에 그 책임자가 정확히 명시되어 있어야 한다. 매뉴얼이라 함은 분석장비의 유지관리 지침을 의미하여 장비대장이라 함은 분석 장비대장 관리 및 기록유지가 적절하게 되는 서류를 말다. 지침 및 장비 대장은 앞부분에서 언급하였으므로 이를 참고하면 된다.

- 분석장비라 함은 산업안전보건법 시행규칙 별표 12에서 정하는 장비로서 광전분광광도계, 저울, 건조기 및 데시케이터, 가스크로마토그래피(GC), 원자흡광광도계(AAS) 또는 유도결합플라즈마(ICP), 고속액체크로마토그래피(TDI), X-선 회절분석기 또는 적외선분광분석기(유리규산), 위상차현미경(석면)을 의미한다.

○ 분석장비의 경우 책임자를 지정과 함께 장비에 해당 표찰을 부착하도록 한다.

- 분석장비의 경우 측정장비와는 달리 이동적이지 않다. 또한, 지정한계에 따라 분석자가 1명 이상되는 경우도 많아 분석장비의 관리상 효율을 기하기 위하여 장비별로 해당 표찰을 부착하는 것이 바람직하다.

□ 분석장비 표찰 구성 항목 및 기재 내용

분석장비에서 요구하는 표찰의 경우 다음과 같은 항목을 작성하여 기기의 잘 보이는 부분에 정보를 표시할 필요가 있다.

- 예시:

<표 2-5> 분석장비 표찰 항목 작성 예시

관리대상 장비명	광전분광광도계 책임자
정	한 ○ ○
부	남 ○ ○

4) 장비 검·교정 관련 문서 기록 및 검·교정 실시 방안

4-1) 장비의 검·교정 계획 수립

□ 목적

작업환경측정결과의 정확도와 직접 연관이 있는 장비 등의 검·교정에 대한 정기적인 계획을 수립하고 해당 장비를 체계적으로 관리하는데 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 정기적인 검·교정이 필요한 장비에 대한 검·교정 계획을 문서로 수립할 필요가 있다.

- 반드시 검·교정이 필요한 장비는 유량보정기(Personal air sampler Calibrator), 표준소음발생기(Noise Dosimeter Calibrator), 열선풍속계, 전자저울(또는 표준 분동)이며, 조도계, 산소농도측정기, 건·습구 온도계 등은 자율적으로 검·교정을 실시할 수 있다.
- 검・교정의 계획에 관한 문서에는 “기관 보유 장비 중 검・교정 대상 장비 목록, 장비별 검・교정 주기, 해당 장비별 검・교정 가능 의뢰기관 현황” 등이 포함되어야 한다.
- 검・교정 주기는 「한국교정・시험기관 인정기구」KOLAS의 측정기의 교정대상 및 주기운영 등에서 권고하는 기준을 참조하여 기관 자체적으로 설정하여야 하고 측정 및 분석장비 유지관리지침에 해당 내용이 포함되어 있는 경우에도 인정받을 수 있다.

□ 장비의 검·교정 계획(예시)

제1장

제1조(목적) 이 계획은 장비의 합리적인 검·교정에 대한 계획 및 처리절차를 정하고 이에 따른 권한을 명백히 하여 작업환경측정결과의 신뢰성을 제고함을 목적으로 한다.

제2조(적용) 이 규정은 OOO 기관에서 실시하는 검·교정에 대한 계획 수립에 적용할 수 있다.

제3조(정의) 이 계획에 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “장비”라 함은 작업환경측정과 관련하여 배터리 등의 동력원을 사용하는 물품과 동력원이 없다고 하더라도 구조 및 기능이 수공구로 분류하기 어려운 물품을 말한다.
2. “장비 등”이라 함은 장비, 수공구, 소모품을 말한다.
3. “검·교정의 관리자”라 함은 검·교정에 필요한 장비 등 운용관리자를 말한다.
4. “검·교정의 운영책임자”라 함은 해당 기관의 작업환경측정장비 검·교정의 책임자를 말한다.
5. “검·교정”이라 함은 특정조건 하에서 측정기기, 표준물질, 물적 척도 또는 측정 시스템 등에 의하여 결정된 값을 표준에 의하여 결정된 값 사이의 관계로 확정하는 일련의 작업을 말한다.
6. “시험측정”이라 함은 검·교정대상 장비를 제외하고 신뢰도 확보가 요구되는 장비에 대하여 해당 장비의 오차 여부를 측정하는 행위를 말한다.
7. “반출교정”이라 함은 교정대상 장비를 국가교정기관으로 반출하여 검·교정을 받는 행위를 말한다.
8. “현장교정”이라 함은 국가교정기관의 교정담당자가 해당 장비운용부서에 방문하여 교정을 하는 행위를 말한다.
9. “사용”이라 함은 장비운영부서에서 장비의 기능과 용도에 따라 이용하는 것을 말한다.

10. “검·교정 대상 필수 장비”라 유량보정기(Personal air sampler Calibrator), 표준소음발생기(Noise Dosimeter Calibrator), 열선풍속계 및 전자저울을 말한다.

제2장 조직 및 임무

제4조(검·교정 조직) 운용총괄자는 장비의 명확한 검·교정을 위하여 관리자(담당자)를 지정한다.

제5조(임무) ○○기관의 장은 검·교정이 필요한 장비에 대하여 다음 각 호의 사항에 대한 임무를 수행한다.

1. 장비의 검·교정계획 수립·시행 및 관련 예산 확보
2. 검·교정 대상 장비의 주기 확정 및 조정에 관한 사항
3. 기타 검·교정 및 운용에 관한 사항
4. 장비의 검·교정 및 시험측정 계획 수립 및 시행
5. 검·교정에 필요한 교육계획 수립 및 시행
6. 교정, 시험측정, 수리 결정에 따른 시행

제3장 검·교정 수행절차

제6조(교정 및 시험측정) ① 검·교정 대상 장비 및 주기의 기준은 다음 각호에 따른다.

1. 검·교정 대상 장비 및 주기는 별표1(장비의 검·교정 실시 편 참조)과 같으며 운용책임자는 교정주기 내에 검·교정을 받을 수 있도록 관리하여야 한다.
2. 별표 1에서 정한 검·교정대상 장비 중 자체보정기능을 보유한 장비는 해당 운용책임자가 판단하여 교정대상에서 제외할 수 있다.
3. 별표 1에서 정한 교정대상 이외의 장비라도 필요시 운용책임자가 판단하여 교정을 받아서 사용할 수 있다

② 시험측정 대상장비 및 주기는 다음 각 호에 따른다.

1. 시험측정 대상장비 및 주기는 별표2(장비의 검·교정 실시 편 참조)와 같으며 운용책임자는 시험측정 주기 내에 시험측정을 받을 수 있도록 관리하여야 한다.
2. 별표2에서 정한 시험측정 대상장비 중 자체 보정기능을 보유한 장비는 해당 운용책임자가 판단하여 대상에서 제외할 수 있다.
3. 별표2에서 정한 시험측정 이외에 장비라도 필요시 운용책임자가 시험측정을 받아서 사용할 수 있다.

③ 검·교정 및 시험측정방법은 다음 각호와 같다.

1. 검·교정방법은 해당 측정분야에 대해 인정된 국가교정기관에서 정하는 방법에 따른다.
2. 시험측정방법은 국가시험기관 및 외부 시험측정기관에서 정하는 방법에 따른다.

④ 운용담당자는 검·교정 및 시험측정 성적서를 편철하여 관리한다.

⑤ 검·교정 및 시험측정의 결과조치는 다음 각 호에 따른다.

1. 해당 운용총괄자는 교정결과 해당 장비의 허용한계 오차를 초과하는 경우에는 장비를 수리하거나 신규장비로 교체여부를 결정하여야 한다.
2. 해당 운용총괄자는 시험측정결과치와 기준치를 비교하여 해당 장비의 정밀도 및 정확도에 따라 수리 또는 교체여부를 결정하여야 한다.

제7조(보고) 기관의 장비운영부서 운용책임자는 매년 2월 20일까지 별지 제2호서식의 검·교정 요청서를 해당 사업부서의 장에게 제출하여야 한다.

부칙

제1조(시행일) 이규정은 0000년 00월 00일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이규정시행일 이전에 시행된 검·교정 계획에 관한 사항은 이 규정에도 불구하고 이 규정에 의해 시행된 것으로 본다.

□ 장비의 검·교정 관련 참고자료

지식경제부 기술표준원의 「한국교정・시험기관 인정기구」KOLAS는 “국가표준기본법” 및 ISO/IEC 17011의 규정에 따라 교정기관 인정, 시험기관 인정, 검사기관 인정, 표준물질생산기관 인정업무를 수행하고 있다. “인정기구”는 법 및 국제표준관련기구에서 정한 국제기준에 의거 교정기관, 시험기관 또는 검사기관을 평가하여 공인하는 기구를 말한다. “공인기관”은 KOLAS로부터 인정을 획득한 교정기관, 시험기관, 검사기관을 의미한다.

○ 교정기관/개요

- 교정기관은 법률 또는 국제기준에 적합한 인정기구가 해당 기준(KS Q ISO/IEC 17025)에 따라 자격 있는 평가사에 의해 교정기관의 품질경영시스템과 기술능력을 평가하여 특정분야에 대한 교정능력이 있다는 것을 공식적으로 승인하는 것을 의미
- 그 목적은 측정기의 정밀·정확도를 지속적으로 유지시키기 위하여 정밀정확도가 더 높은 표준기와 주기적으로 교정을 실시하여 국가측정표준과의 소급성을 유지시킴으로써, 측정기의 계속 사용, 마모, 내용년수 경과 및 사용환경 변화 등으로 발생할 수 있는 측정오차를 항시 허용 공차 이내로 유지시키기 위함이다. 이 제도의 궁극적인 목적은 제조공정에서 제품의 균질성과 성능을 보장하고, 시험/연구기관에서 산출하는 측정결과의 대외 신뢰도를 확보하는데 있다.

○ 교정기관/교정대상 및 주기

- 교정대상은 국가표준기본법 제14조 규정에 의한 국가측정표준과 국가사회의 모든 분야에서 사용하는 측정기기간의 소급성 제고를 위하여 측정기를 보유 또는 사용한 자는 주기적으로 해당 측정기를 교정하여야 하며, 이를 위하여 교정대상 및 적용범위를 자체규정으로 정하여 운용할 수 있다”고 ″국가교정기관지정제도운영요령 제42조″에 규정되어 있다.

- 교정주기의 설정은 국가교정기관지정제도운영요령 제42조 제2항 및 제3항에 “②측정기를 보유 또는 사용하는 자가 국가측정표준에 소급된 상위표준기 또는 표준물질을 이용하여 자체교정을 실시한 때에도 적합한 교정으로 간주한다. ③제2항의 규정에 의한 자체교정은 유효성이 검증된 교정방법에 의해 적합하게 실시되어야 하며, 고정표준실이 아닌 현장에서 교정을 실시할 때에는 기술표준원장이 별도로 고시하는 현장교정수행을위한지침에 따라 실시하여야 한다”라고 규정되어 있다. 그러나 운영세칙에서 정한 표준교정주기는 가장 보편적인 상황에서 사용하였을 때 그 측정기의 정밀정확도가 유지될 수 있는 기간을 추정한 교정주기이다. 25개 측정분야 총 448종의 측정기에 대하여 표준교정주기를 정하고 있으나 각 산업체에 측정기를 사용하고 있거나 보유하고 있는 자는 측정기의 정확도, 안정성, 사용목적, 환경조건 및 사용빈도를 감안하여 주기를 조정토록 권고하고 있다. 이는 같은 사업장이라 할지라도 각 부서별로 측정기를 사용하는 작업환경과 측정범위 및 허용오차범위가 각기 다를 수 있으므로 일률적으로 교정주기를 설정하는 것은 불합리하다 는 의미이며 이에 따라 적절한 교정주기를 설정하기 위해서는 일정기간 동안 각 부서별로 측정기 사용실태 및 측정값을 조사한 data를 기초로 하여 주기를 설정하는 것이 바람직하기 때문이다. 따라서 가장 기본적으로 고려해야 할 사항은 주기조정의 근거가 되는 과거 축적된 측정데이터의 확보가 선행되어야 한다.
- 측정기의 교정대상 및 주기 (운영요령 제41조 관련)는 아래 표와 같고 작업환경측정 및 분석장비와 관련된 부분을 발췌하여 요약하였다.

○ 국제공인 교정기관에 대한 정보는 지식경제부 기술표준원 한국인정기구인 KOLAS(Korea Laboratory Accreditation Scheme) 홈페이지 들어가면 확인할 수 있다. 2014년 현재 총 201개소가 지정되어 있으며 국가(지방)기관은 34개소, 공공기관 20개소, 측정기 제조 판매업체는 135개소이다.

국가(지방)기관	공공기관	측정기 제조 판매업체	합계
37	18	146	201

201. 질량 (Mass)

분류번호	소 분 류 명	교정용 표준기	정밀 계기
20109	전기식 지시 저울 (Balances, electric)	24	12
20113	접시 지시 저울, 스프링 지시 저울 등 (Balances, spring scale)	36	24
20116	분동 및 추 (Weights)	24	24

204. 압력 (Pressure)

분류번호	소 분 류 명	교정용 표준기	정밀 계기
20402	기압계; 수은, 아네로이드, 디지털, 기압기록계 등 (Barometers)	24	24

206. 부피 (Volume)

분류번호	소 분 류 명	교정용 표준기	정밀 계기
20601	뷰렛 (Burets)	84	60
20602	실린더 (Cylinders)	84	60

209. 유체유동 (Fluid flow)

분류번호	소 분 류 명	교정용 표준기	정밀 계기
20901	열선/바람개비 형 유속계 (Anemometers, hot-wire/vane)	12	12
20902	아네모미터, S형 포함 (Anemometers, pitot tube)	12	12
20903	기체용 중량식 유량계 교정장치 (Calibrators, gas gravimetric flow meter)	24	12
20904	기체용 부피식 유량계 교정장치 (Calibrators, gas volumetric flow meter)	24	12
20905	액체용중량식유량계교정장치 (Calibrators,liquidgravimetricflowmeter)	24	12

502. 습도 (Humidity)

분류번호	소 분 류 명	교정용 표준기	정밀 계기
50206	온·습도기록계,자기온·습도기록계 포함 (Recorders,temperature-humidity)	12	12

601. 음향 (Acoustics)

분류번호	소 분 류 명	교정용 표준기	정밀 계기
60104	마이크로폰 (Microphones)	12	12
60107	지시 소음계 (Sound level meters)	12	12

701. 광도 (Photometry)

분류번호	소 분 류 명	교정용 표준기	정밀 계기
70101	광 조명도계 (Iluminance meters)	24	12

702. 광원 및 검출기 (Properties of detectors & sources)

분류번호	소 분 류 명	교정용 표준기	정밀 계기
70217	분광광도계 (Spectrophotometers)	24	12
70218	퓨리에변환 적외선 분광광도계 (FT-IR spectrophotometer)	24	12

901. 화학분석 (Chemical analysis)

분류번호	소 분 류 명	교정용 표준기	정밀 계기
90101	원자 흡광 분석기 (Atomic absorption spectrometers)	-	12
90103	가스 크로마토그라피 (Chromatography, gas)	-	12
90104	발광 분광 분석기 (Emission spectrophotometers)	-	12
90106	가스 분석기 (Gas analyzers)	-	12

4-2) 장비의 검·교정 실시

□ 목적

수립된 검·교정의 계획에 의하여 정기적으로 검·교정을 실시하여 작업환경측정과 관련된 장비의 정확성을 유지·향상 시키는데 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 검·교정이 필요한 장비를 목록화하고 검·교정계획에 따라 검·교정을 실시할 필요가 있다.

- 검·교정 필수 장비는 유량보정기(Personal air sampler calibrator), 표준소음발생기(Noise dosimeter calibrator), 열선풍속계, 전자저울(또는 표준 분동)이며, 조도계, 산소농도측정기, 건·습구 온도계 등은 자율적으로 실시할 수 있다.
- 해당 장비의 검·교정 주기, 교정기관, 차기교정일 등이 표시된 대장을 작성하여 보관하면 체계적으로 관리될 수 있다. 앞서 언급하였듯이 검·교정 주기는 지식경제부 기술표준원의 「한국교정・시험기관 인정기구」KOLAS의 측정기의 교정대상 및 주기를 참고하면 된다.
- 검・교정을 실시한 장비는 국내와 인정기구 또는 공인으로 인증된 판매회사에 의뢰하여 교정한 경우에도 인정될 수 있으며 관련 문서 등을 반드시 보관하여야 한다.

□ 장비의 검·교정 대장(예시)

검·교정 대상장비	모델명	보유수량 (개)	검·교정실적 (개)	검·교정비율 (%)	비고
유량보정기					
표준 소음발생기					
열선풍속계					
전자저울					

- 검·교정 대상장비 : 필수 장비로 유량보정기, 표준소음발생기, 열선풍속계, 전자저울로 구분하며, 조도계, 산소농도측정기, 건·습구 온도계 등은 자율적으로 실시할 수 있으나 우선 대장에는 포함시키지 않았다.
- 모델명 : 검·교정 대상장비의 모델명을 기록한다.
- 보유수량 : 검·교정 대상장비의 총 보유 수량을 기록한다.
- 검·교정 실적 : 검·교정이 완료된 수량을 기록한다.
- 검·교정 비율(%) : 검·교정 비율은 검·교정실적 ÷ 보유 수량 × 100으로 계산한다.
- 검·교정 대상장비 : 필수 장비로 유량보정기, 표준소음발생기, 열선풍속계, 전자저울을 기록한다.
- 모델명 : 검·교정 대상장비의 모델명을 기록한다.
- 제조사 : 검·교정 대상장비의 제조사를 기록한다.
- S/N : 검·교정 대상장비의 고유번호를 기록한다.
- 검·교정 계획 : 검·교정 계획은 분기별로 계획일, 접수일 및 검·교정이 완료된 회수일을 기록한다.
- 검·교정 기관 : 검·교정을 실시한 기관명을 기록하고 검·교정 일자를 기록한다.
- 검·교정 주기 : 해당 검·교정 장비별 주기를 기록한다.

□ 장비의 검·교정 계획서(예시)

□ 장비의 검·교정 계획서(예시)

대상장비명	모델명	제조사	S/N	구분	검·교정 계획				교정기관	차기교정 일정	검·교정 주기	비고
					1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기	교정일자			
소음분진계	QC-10	Quest	0012982	계획	3.12				미교신된	2012.5	12개월의	
				전수일		4.3			2011.5.10			
				만수일		5.10						
전자저울			0332	계획								
				전수일								
				만수일								

5) 실험실 안전보건지침 작성 및 운영 방안

5-1) 실험실 안전보건지침 보유 여부

□ 목적

실험실 안전보건지침은 산업안전보건법 또는 연구실 안전환경 조성에 관한 법률과 관련되어 있으며 산업안전보건법 제23조(안전조치) 및 제24조(보건조치)의 규정과 관련된 산업안전보건기준에 관한 규칙과 관련하여 작업환경측정과 관련된 실험실 등에서 실험 중에 취해야 하는 안전보건조치에 필요한 사항을 정하는데 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 실험실 종사자의 안전과 건강 확보를 위하여 실험실 안전보건지침에는 화학물질의 누출이나 전기설비의 누전 등 사고 시 행동요령, 각 분석 장비별 실험실용 후드장치 설치, 분석용 유해물질의 배기 또는 배액처리, 비상용 샤워와 세안설비, 가스용기 전도 방지를 위한 조치, 실험실내 착용 가능한 전용 보호용구의 구비 등의 내용이 포함되어 있어야 함.

- 실험실 안전보건지침과 관련된 항목과 내용은 조정이 가능하나 상기에서 제시한 항목은 필수적으로 구성하도록 하고 그 이외에 항목은 각 실험실의 특성에 부합되도록 추가가 가능함.
- 실험실 안전보건지침 작성 시에는 측정책임자와 분석책임자가 협의하여 선정 및 작성하고 그 과정을 문서화한다.

□ 실험실 안전보건지침 구성 항목 및 내용

실험실 안전보건 지침과 작성하여 요구되는 구성항목 및 그 내용에 대하여

한국산업안전보건공단의 기술지침 GUIDE G-82-2012(부록 참조)의 실험실 안전보건지침의 전문은 너무 방대하여 예시에는 목차만 제시하고자 한다.

- 예시:

<표 20> 실험실 안전보건 지침 작성 예시

실험실 안전보건에 관한 기술지침 1. 목적 2. 적용범위 3. 용어의 정의 4. 실험실의 안전보건 수칙 4.1 실험실 안전보건관리 수칙 4.2 실험실 종사자 안전보건 수칙 4.3 다른 실험 종사자의 안전에 대한 고려 4.4 실험과 관련된 위험성 평가 4.5 사고시 행동요령 4.6 비상조치 교육 및 훈련 요령 5. 사고시 응급조치 5.1 호흡정지 5.2 심한 출혈 5.3 화상 5.4 유해물질에 의한 화상 5.5 외상 6. 실험실 안전장치 6.1 실험실 부스 6.2 유해물질 저장 캐비넷(Cabinet)

6.3 개별저장용기
6.4 실험실용 냉장고
6.5 세안장치
6.6 샤워장치
6.7 소방설비

7. 유해물질 취급시 안전조치

7.1 유해물질의 운반
7.2 유해물질의 저장
7.3 유해물질의 취급
7.4 유해물질의 안전조치

8. 유해위험물질의 안전대책
8.1 폭발성 물질
8.2 발화성 물질
8.3 산화성 물질
8.4 인화성 액체
8.5 독성물질의 누출방지 대책

9. 실험기구 및 장치의 취급안전
9.1 실험기구

10. 실험실 폐기물의 처리
10.1 수집 운반상의 일반적 주의
10.2 처리상의 일반적 기준

11. 방사선 폐기물처리(미 취급 시 생략 가능)
 11.1 고체
 11.2 액체
 11.3 기록의 유지
 11.4 처리구분

12. 기계·물리실험의 안전(미 취급 시 생략 가능)
 12.1 기계·물리실험실에서의 일반적인 주의사항
 12.2 기계·기구 사용 작업

13. 위험장비 및 장치사용 시 안전
 13.1 가스용기
 13.2 진공장치
 13.3 천장크레인(또는 호이스트)의 안전상 주의사항
 13.4 유압프레스의 안전상 주의사항
 13.5 연삭기의 안전상 주의사항
 13.6 고온로
 13.7 레이저 장치의 안전상 주의사항
 13.8 고에너지 장치의 안전상 주의사항

14. 전기적 위험 및 안전
 14.1 감전방지대책
 14.2 일반적인 전기안전 작업요령

15 방사선 취급 안전(미 취급 시 생략 가능)
 15.1 방사선 취급 일반사항
 15.2 물질별 취급시 주의사항

○ 실험실 안전보건지침의 경우 정기적인 점검 등을 통하여 관리되고 있어야 하며 정기적으로 관리되고 있다는 것은 해당 항목에 대하여 정기적으로 점검되고 있는 경우를 의미함.

- 이는 최소한 월 1회 이상 정기적으로 실험실 안전보건지침과 관련하여 해당 항목에 대한 점검표의 체크리스트를 구성하고 점검 담당자를 지정하여 점검결과를 기록하고 서류화 되어야 함을 의미한다.

□ 실험실 일상점검 체크리스트 구성 항목 및 내용

실험실 일상점검 체크리스트 구성 항목으로는 화학물질, 전기설비, 실험실용 후드장치의 상태, 분석용 유해물질의 배기 또는 배액처리 상태, 비상용 샤워와 세안설비 상태, 가스용기 전도 방지를 위한 조치, 실험실내 착용 가능한 전용 보호용구 등과 관련된 사항이 포함되어야 할 것으로 생각되며 아래 실험실 일상점검 체크리스트는 예시로 작성된 표로 각 측정기관의 특성에 따라 항목을 추가 또는 삭제하여 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

- 점검결과 : 점검결과는 양호(○), 보통(△), 불량(×)으로 구분하여 기록한다.
- 불량사유 : 점검결과 불량 사유가 발생한 경우 그 이유를 기록한다.
- 조치사항 : 불량 사유가 발생한 경우 해당 조치사항에 대하여 기록한다.

○ 국내 관련 법령 또는 외국의 참고자료를 활용방안

- 실험실 안전보건지침 작성 시 교육과학기술부 연구실 안전환경 조성에 관한 법률, KOSHA GUIDE G-82-2012, Occupational exposure to hazardous chemicals in laboratories - OSHA 1910.1450, Chemical hygiene in laboratories - 1910.1450 App. A(NSC recommendations) 등을 활용하여 작성 할 수 있다.
- 참조 또는 활용된 공정시험법은 실험실 안전보건지침 작성 시 논문에서 사용하는 참고문헌 작성방법에 근거하여 기록한다.
- 실험실 안전보건지침은 주기적으로 작성 기관 등에 대한 자료의 검토하여 최신성을 유지하도록 한다.

- 예시:

<표 21> 실험실 일상점검 체크리스트 작성 예시

(점검일자 : ○○○○년 ○월 ○일)

기관 실험실명 :		실험실 근무 인원 수 : 명	
점검자 :		책임자	

구분	점검항목(일반 사항)	점검 결과	불량 사유	조치 사항
안전 관리 사항	○ 실험실용 보호구 착용 및 비치 상태 ○ 가스용기 전도 방지장치 설치 상태 ○ 비상용 샤워와 세안설비 설치 상태			
화학 물질 관리 사항	○ 각종 화학물질 누출 여부 ○ 실험실용 후드장치의 설치 및 작동 상태 ○ 분석용 유해물질의 배기 또는 배액처리 상태			
소방· 전기 관리 사항	○ 실험실 내 소화기 등의 소화설비 상태 ○ 전기설비의 상태			
기타 사항	○ 구급함의 비치 및 관리 상태 ○ 실험실의 환기상태 ○ 실험실 내 각종 비품의 관리상태 ○ 실험실 바닥 장애물, 전도위험 여부 ○ 청결상태 및 폐기물 등의 처리 상태 ○ 초순수 제조장치 정상가동 여부 ○ 기타 실험실 안전에 관한 사항 ○ 실험실 근무자 작업환경측정 및 특수건강진단 수행 여부			

※ 점검결과 : 양호(○), 보통(△), 불량(×)

5-2) 각 분석장비별 실험실용 후드 및 흄후드 장치 설치 여부

□ 목적

유기화합물과 금속을 취급하는 실험실 종사자의 건강보호를 위하여 산업안전보건법에 의한 국소배기장치 설치 실태를 파악하고 해당 유해인자를 취급하는 경우 제어풍속을 확인하여 화학물질로 인한 직업병 예방을 목적으로 함.

□ 핵심사항

○ 분석 장비별 실험실용 후드 및 흄후드 장치는 반드시 설치되어야 한다.

- 각 분석장비라 함은 산업안전보건법 별표 12의 가스크로마토그래프(GC)와 원자흡광광도계(AAS) 또는 유도결합플라스마(ICP)를 의미한다.

○ 실험실용 후드 및 흄후드 장치는 실험이 이루어지는 동안 반드시 가동되어야 하며, 실험실용 후드 또는 흄후드 장치 내에 시약 등이 보관되고 있다면 항시 가동하는 것이 바람직하다.

- 한편, 그 대상물질이 관리대상 유해물질인 경우 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 13에 따라 관리대상 유해물질 관련 국소배기장치 후드의 제어풍속을 유지하여야 한다.

물질의 상태	후드 형식	제어풍속(m/sec)
가스 상태	포위식 포위형	0.4
	외부식 측방흡인형	0.5
	외부식 하방흡인형	0.5
	외부식 상방흡인형	1.0
입자 상태	포위식 포위형	0.7
	외부식 측방흡인형	1.0
	외부식 하방흡인형	1.0
	외부식 상방흡인형	1.2

· 가스 상태 : 관리대상 유해물질이 후드로 빨아들여질 때의 상태가 가스 또는 증기인 경우를 말한다.
· 입자 상태 : 관리대상 유해물질이 후드로 빨아들여질 때의 상태가 흄, 분진 또는 미스트인 경우를 말한다.
· 제어풍속 : 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어풍속으로서 포위식 후드에서는 후드 개구면에서의 풍속, 외부식 후드에서는 해당 후드에 의하여 관리대상 유해물질을 빨아들이려는 범위 내에서 해당 후드 개구면으로부터 가장 먼 거리의 작업위치에서의 풍속

- 한편, 허가대상 유해물질이나 금지유해물질을 국소배기로 관리하는 경우 아래 제시한 <산업안전보건기준에 관한 규칙의 제454조와 제500조>를 참조하여 그 물질의 상태에 따라 제어풍속을 준수하여야 한다.

물질의 상태	제어풍속(m/sec)
가스 상태	0.5
입자 상태	1.0

○ 실험실용 후드 및 흄후드 장치의 제어풍속은 자체적으로 보유하고 있는 열선풍속계를 활용하여 정기적으로 점검할 필요가 있으며 제어풍속이 유지되지 않는 경우 반드시 해당 장치의 효율을 개선하여 제어풍속이 유지되도록 하여야 한다.

○ 실험실용 후드 및 흄후드 장치의 제어풍속 점검대장은 반드시 필요하지는 않으나 자체점검 일시, 제어풍속, 점검자, 기타 점검항목 등이 포함된 대장을 마련하면 보다 효율적으로 관리 할 수 있다.

□ 실험실용 후드 및 흄후드 장치의 참고사항

○ 실험실용 후드 및 흄후드는 실험을 할 경우 관리대상 유해물질인 경우 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 13의 후드 형식에 따라 그 제어 풍속이 유지되어야 한다.

※ 예) 상방향 후드의 제어풍속은 실험대 상에서 1.0 m/sec 정도 유지

○ 실험실용 후드 입구의 공기의 흐름방향은 입구 면에 수직이고 안쪽으로 향하여야 한다.

○ 실험실용 후드 및 흄후드 장치의 위치는 문, 창문, 주요 보행통로로부터 떨어져 있어야 한다.

○ 실험실용 후드 및 흄후드 장치의 앞에 서 있는 작업자는 주위에 흐르는 공기를 난류로 만들므로 실험자를 2인 이하로 최소화한다.

○ 실험실용 후드 및 흄후드 장치는 미국산업위생전문가협의회에서 발간한 산업환기(Industrial ventilation)의 규격에 맞추어 설치하여야 한다.

○ 실험실용 후드 및 흄후드 장치는 항상 양호한 상태로 유지되어야 하며, 후드나 배기장치에 이상이 생겼을 경우에는 즉시 수리를 의뢰하고 수리중이라는 표지를 붙인다.

○ 실험실용 후드 및 흄후드 장치로 배출되는 물질의 냄새가 감지되면 배기팬이 작동되는지 점검하고, 실험실용 후드 및 흄후드 장치의 작동상태가 양호하지 않으면 정비하도록 한다.

○ 실험실용 후드 및 흄후드 장치는 1년에 1회 이상 자체검사를 실시하여야 하며, 제어풍속을 3개월에 1회 측정하여 이상 유무를 확인한다.

○ 실험용 기자재 등이 실험실용 후드 및 흄후드 장치의 위에 연결된 배기 덕트 안으로 들어가지 않도록 한다.

5-3) 분석 중 배액(폐액)처리 설비의 적정 여부

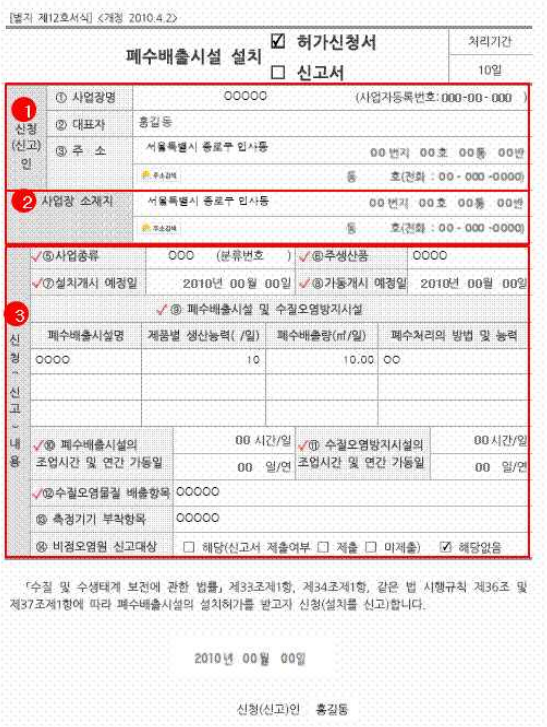
□ 목적

실험실에서 사용되는 유해물질이 배출되는 경우 이로 인한 실험실 종사자의 건강장해를 예방하고 환경오염을 방지를 목적으로 함.

□ 핵심사항

○ 실험실에서 분석을 할 때에 유해물질을 배출할 우려가 있는 경우 배기 또는 배액처리를 위한 설비가 반드시 구비되어야 한다.

- 유해물질의 배액처리 설비의 경우 환경부 “수질환경보전법” 제10조 제1항의 규정에 의하여 시, 군, 구에 아래와 같은 폐수배출시설 설치 또는 허가신청서를 구비하면 좋다.



[별지 제12호서식] <개정 2010.4.2>

폐수배출시설 설치	☑ 허가신청서 / ☐ 신고서	처리기간 10일

1 신청(신고)인	① 사업장명	OOOOO (사업자등록번호: 000-00-000)
	② 대표자	홍길동
	③ 주 소	서울특별시 종로구 인사동 00번지 00호 00동 00반
		주소검색 동 호(전화 : 00 - 000 -0000)
2 사업장 소재지		서울특별시 종로구 인사동 00번지 00호 00동 00반
		주소검색 동 호(전화 : 00 - 000 -0000)

3 신청~신고~내용	✓⑤사업종류	OOO (분류번호)	✓⑥주생산품	OOOO
	✓⑦설치개시 예정일	2010년 00월 00일	✓⑧가동개시 예정일	2010년 00월 00일

✓⑨ 폐수배출시설 및 수질오염방지시설

폐수배출시설명	제품별 생산능력(/일)	폐수배출량(㎥/일)	폐수처리의 방법 및 능력
OOOO	10	10.00	OO

✓⑨ 폐수배출시설의 조업시간 및 연간 가동일	00 시간/일 00 일/연	✓⑪ 수질오염방지시설의 조업시간 및 연간 가동일	00시간/일 00 일/연
✓⑫수질오염물질 배출항목	OOOOO		
⑬ 측정기기 부착항목	OOOOO		
⑭ 비점오염원 신고대상	☐ 해당(신고서 제출여부 ☐ 제출 ☐ 미제출) ☑ 해당없음		

「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제33조제1항, 제34조제1항, 같은 법 시행규칙 제36조 및 제37조제1항에 따라 폐수배출시설의 설치허가를 받고자 신청(설치를 신고)합니다.

2010년 00월 00일

신청(신고)인 홍길동

- 특히, 그 대상물질이 허가대상 유해물질일 경우 산업안전보건기준에 관한 규칙 제455조(배출액의 처리)에 의하여 허가대상 유해물질의 제조·사용 설비로부터 오염물이 배출되는 경우에 이로 인한 근로자의 건강장해를 예방할 수 있도록 배출액을 중화·침전·여과 또는 그 밖의 적절한 방식으로 처리하여야 한다.
- 또한, 석면의 정석분석 등을 위하여 석면 잔재물이 실험실 내에 존재하는 경우 산업안전보건기준에 관한 규칙 제496조(석면함유 잔재물 등의 처리)에 따라 석면 해체·제거작업에서 발생한 석면함유 잔재물 등을 비닐이나 그 밖에 이와 유사한 재질의 포대에 담아 밀봉한 후 별지 제3호서식에 따른 표지를 붙여 「폐기물관리법」에 따라 처리하여야 한다.

[별지 제3호서식]

석면함유 잔재물 등의 처리 시 표지(제496조 관련)

1. 양 식

석 면 함 유

신 호 어: 발암성물질

유해・위험성: 폐암, 악성중피종, 석면폐 등

예방조치 문구: 취급 또는 폐기 시 석면분진이 발생하지 않도록 해야 합니다.
취급근로자는 방진마스크 등 개인보호구를 착용해야 합니다.

공급자 정보:

※ "공급자 정보"에는 석면해체・제거 사업주의 성명, 주소, 전화번호를 적습니다.

2. 규 격

규 격
300㎠(가로×세로) 이상 (0.25×세로)≤가로≤(4×세로)

○ 별도의 배액처리 설비가 구비되어 있지 않은 경우 배액처리를 위하여 별도의 수거통을 구비하여 밀폐 등의 방법으로 누출되지 않도록 관리하여야하며 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률과 관련하여 폐수처리업체 등 위탁처리시설에 의뢰한 경우에는 반드시 폐수위(수)탁 확인서 등 관련 서류를 보관하여야 한다.

- 반드시 필요하지는 않지만 폐수배출시설 및 방지시설 운영일지 등을 작성하면 도움이 될 수 있다.

□ 실험실 배액(폐액) 처리 관련 참고 사항

○ 화학폐기물 수집 용기는 운반 및 용량 측정이 용이한 플라스틱 용기를 사용하여야 한다.

○ 수집용기 외부에는 부서명과 호실, 전화번호, 품명, 특성 및 주의사항 등을 기록한 특정폐기물 표지를 부착한다.

○ 유해물질의 폐기물을 수집할 때는 폐산, 폐알카리, 폐유기용제(할로겐족, 비할로겐족) 폐유 등 종류별로 구분하여 수집하여야 한다.

○ 수집한 유해물질의 폐기물 용기는 직사광선을 피하고 통풍이 잘되는 곳을 폐기물 보관 장소로 지정하여 보관하여야 하며 복도, 계단 등에 방치하여서는 안 된다.

○ 유해물질의 폐기물 취급 및 보관 장소에는 금연, 화기취급엄금 표지와 폐기물 보관수칙 을 부착한다.

○ 빈 시약병은 깨어지지 않도록 기존 상자에 넣어 폐기물 보관 장소에 보관한다.

○ 수집·보관된 유해물질 폐기물 용기는 폐액의 유출이나 악취가 발생되지 않도록 2중 마개로 닫는 등 필요한 조치를 하여야 한다.

○ 수집된 폐기물을 운반할 때는 손수레와 같은 안전한 운반구 등을 이용하여 운반한다.

○ 방사성 물질을 함유한 폐기물은 별도 수집하며, 정해진 처리규정에 따라 누설되지 않도록 엄중히 처리해야 한다.

○ 폐액에 의하여 처리 중 유독가스의 발생, 발열, 폭발 등의 위험을 충분히 조사하고, 첨가하는 약재를 소량씩 넣는 등 주의하면서 처리해야 한다.

○ 악취가 나는 폐액, 유독가스를 발생하는 폐액 및 인화성이 강한 폐액은 누설되지 않도록 적당한 처리를 강구하여 조기에 처리한다.

○ 폭발성 물질을 함유하는 폐액은 보다 신중하게 취급하고 조기 처리한다.

○ 간단한 제거제로는 처리가 어려운 폐액은 적당한 처리를 강구하고, 처리되지 않은 상태로 방출되는 일이 없도록 주의한다.

○ 처리 후에도 폐수가 유해한 경우에는 추가로 후처리 할 필요가 있다.

○ 유해물질이 부착된 거름종이, 약봉지, 폐 활성탄 등은 적절한 처리를 한 후에 보관한다.

5-4) 실험실 내 비상용 샤워와 세안설비 보유 여부

□ 목적

실험실에서 사용되는 각종 화학물질이 누출되거나 배출되어 신체에 접촉되는 응급상황이 발생되는 경우 비상용 샤워설비와 세안설비를 이용함으로서 실험실 종사자의 사고 및 건강장해 예방을 목적으로 함.

□ 핵심사항

○ 실험실 종사자가 유해화학물질을 취급하는 경우 실험실 내에서 쉽게 사용할 수 있도록 비상용 샤워설비와 세안설비를 보유할 필요가 있다.

- 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제508조(세안설비 등)에 따르면 사업주는 응급 시 근로자가 쉽게 사용할 수 있도록 실험실 등에 긴급 세척시설과 세안설비를 설치하도록 하고 있다.
- 또한, 실험실에서 산업안전보건법 시행령 제30조의 허가대상 유해물질을 취급하는 경우 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제465조(긴급 세척시설 등)에 의하여 실험실 등 작업장에 근로자가 쉽게 사용할 수 있도록 긴급 세척시설과 세안설비를 설치하고, 이를 사용하는 경우에는 배관 찌꺼기와 녹물 등이 나오지 않고 맑은 물이 나올 수 있도록 유지하여야 한다.

○ 실험실 내 비상용 샤워설비와 세안설비는 가급적 가까운 장소에 위치하도록 하여야 한다.

- 비상용 샤워설비와 세안설비는 가급적 실험실 내부에 위치하는 것이 바람직하나, 실험실 내부에 위치하지 않더라도 긴급 상황에서 15~30초 이내에 도달 가능한 곳에 설치되었다면, 복도 등 실험실 외부에 설치된 샤워 및 세안설비는 그 기능을 인정받을 수 있다.

○ 실험실 내 비상용 샤워설비와 세안설비는 항상 작동이 유지되어야 한다.

- 반드시 필요한 것은 아니지만 실험실 내 비상용 샤워설비와 세안설비에 대한 점검을 최소한 분기별 1회 이상 실시하고 그 기록 등을 문서화하여 보관하는 것이 권장된다.

□ 실험실 내 비상용 샤워설비와 세안설비 관련 참고 사항

1. 샤워장치

○ 샤워장치는 신속하게 접근이 가능한 위치에 설치하고 알기 쉽도록 확실한 표시를 한다.

○ 실험실 종사자들이 눈을 감은 상태에서 샤워장치에 도달할 수 있어야 한다.

○ 샤워장치는 쥐고 당길 수 있는 사슬이나 삼각형 손잡이로 작동되게 한다.

○ 사워장치를 잡아당기는 장치는 모든 사람의 키에 맞도록 높이를 조절하고 항상 사용이 가능하도록 분기별 1회 이상 작동시험을 하여야 한다.

○ 샤워장치에서 쏟아지는 물줄기는 몸 전체를 덮을 수 있어야 한다.

○ 샤워장치가 작동되는 동안 혼자서 옷을 벗고 신발이나 장신구를 벗을 수 있어야 한다.

○ 샤워장치는 전기 분전반이나 전선 인입구 등에서 떨어진 곳에 위치하여야 한다.

○ 샤워장치는 배수구 근처에 설치하여야 한다.

2. 세안장치

○ 세안장치는 실험실의 모든 장소에서 15 m 이내, 또는 15~30 초 이내에 도달할 수 있는 위치에 확실히 알아볼 수 있는 표시와 함께 설치되어 있어야 한다.

○ 실험실 작업자들은 눈을 감은 상태에서도 가장 가까운 세안장치에 도착될 수 있어야 한다.

○ 눈 부상은 보통 피부 부상을 동반하게 되므로 세안장치는 샤워장치와 같이 붙어 있어서 눈과 몸을 동시에 씻을 수 있도록 한다.

○ 세안장치의 사용 및 유지는 다음각호의 요령에 따른다.

· 물 또는 눈 세척제는 직접적으로 눈을 향하게 하는 것 보다는 코의 낮은 부분을 향하도록 하는 것이 좋다.

· 눈꺼풀은 강제적으로 열리도록 하여 눈꺼풀 뒤도 효과적으로 세척하도록 한다.

· 코의 바깥쪽에서 귀쪽으로 세척하여 씻겨 진 화학물질이 거꾸로 눈 안이나 오염되지 않은 눈으로 들어가지 않도록 하여야 한다.

· 물 또는 눈 세척제로 최소 15 분 이상 눈과 눈꺼풀을 씻어 낸다.

· 유해한 화학물질로 오염된 눈을 씻을 때에는 가능한 빨리 콘택트렌즈 등은 벗겨낸다.

· 피해를 입은 눈은 깨끗하고 살균된 거즈로 덮는다.

· 병원이나 구급대에 전화한다.

· 세안장치는 분기별 1회 정기적으로 점검한다.

· 수직형의 세안장치는 공기 중의 오염물질로부터 노즐을 보호하기 위한 보호커버를 설치한다.

5-5) 실험실내 가스용기 전도방지를 위한 조치 여부

□ 목적

실험실에서 사용되는 각종 가스용기가 전도될 경우 폭발 등의 안전상의 문제가 발생할 수 있고 이를 적절히 관리함으로서 이로 인한 사고 및 인명 피해를 사전에 방지하는 것을 목적으로 함.

□ 핵심사항

○ 실험실 종사자가 실험을 위하여 가스용기를 설치하여 사용하는 경우 전도의 위험이 없도록 관리할 필요가 있다.

- 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제234조(가스등의 용기)에 따라 실험실 종사자가 가스 등의 용기를 취급하는 경우 제3호에 의거하여 전도의 위험이 없도록 하여야 한다.
- 가스용기는 사용할 때나 보관 중에 안전한 물체(벽이나 무거운 실험용 책상 등)에 가죽 끈이나 체인으로 안전하게 고정시키며, 사용하지 않을 때에는 항상 뚜껑을 씌어 놓도록 한다.

○ 가스공급 시설은 별도의 공간(옥외, 가스 저장설비, 보관함)으로부터 공급되는 것이 바람직하다.

- 고압가스 안전관리법 제20조 제3항에서는 수소, 산소, 아세틸렌 등 특정고압가스를 사용하는 자는 지식경제부령으로 정하는 시설기준과 기술기준에 맞도록 그 특정고압가스의 사용시설을 갖추도록 하고 있다.
- 고압가스의 저장과 관련해서 시설기준으로 가스설비 또는 저장설비는 그 외면으로부터 화기(그 설비 안의 것은 제외)를 취급하는 장소까지 2m(가연성가스 또는 산소의 가스설비 또는 저장설비는 8m) 이상의 우회거리를 유지하도록 하고 있으며, 고압가스의 저장설비는 그 외면으로부터 보호시설까

지 산소의 저장설비(1만 이하의 저장설비)는 1종 보호시설의 경우 12m, 2종 보호시설은 8m의 거리 이상을 유지하도록 하고 있다.

- 따라서, 실험실에서 사용하는 고압가스 등은 실험실 외의 고압가스 저장설비 등의 별도의 공간을 마련하여 그 장소로부터 공급되는 것이 바람직하다.

□ 실험실 내 가스용기 관리 등을 위한 조치 관련 참고 사항

○ 가스용기는 직사광선이나 눈, 비를 맞지 않게 저장하여야 한다. 또한 40℃ 이하로 유지되어야 한다.

○ 가스용기의 저장실(설비)은 불연성 재료로 하고 누설 등으로 저장설비 내에 체류하지 않도록 통풍구를 설치하여야 하며, 지하실 등 통풍이 불가능한 경우 강제통풍시설을 설치하여야 한다.

○ 가스용기 저장설비 내에는 가연성, 발화성 물질을 두어서는 안 된다.

○ 가스 저장소 주위 8 m 이내에서는 화기를 취급해서는 안 된다.

○ 가연성 가스 및 독성가스와 산소는 구분하여 보관하여야 한다.

○ 가스 저장소에는 소화설비를 비치하여야 한다.

○ 가스용기를 운반할 때에는 뚜껑을 씌워 안전한 손수레를 사용토록 한다.

○ 가스용기 옆에서는 화기를 사용하지 않는다.

○ 가스를 사용하기 전에 가스 누출이 없음을 확인한다.

○ 가스용기는 정기적으로 규정된 검사를 받아야 한다.

○ 조정기를 연결하기 위해 어댑터는 쓰지 않으며, 각각 가스의 특성에 맞는 조정기를 사용하도록 한다. 그리고 모든 조정기는 정기적으로 검사를 받아야 한다.

○ 사용 가스에 맞는 배관, 조정기 및 부속품을 사용한다.

○ 가스용기는 가열로 등과 같은 열기기 근처에 놓지 않도록 한다.

5-6) 실험에 사용하는 시약보관의 적정성

□ 목적

실험실에서 사용되는 각종 시약을 적정하게 보관하여야 실험실 내로 누출되는 것을 방지할 수 있고 실험실 종사자가 이를 흡입함으로서 발생될 수 있는 안전 또는 보건상의 문제를 사전에 방지하는 것을 목적으로 함.

□ 핵심사항

○ 실험실에서 사용되는 금지대상, 허가대상 및 관리대상 유해물질 등의 시약은 적정하게 보관되어야 한다.

- 가장 바람직한 적정 보관의 의미는 시약 자체가 외부로 발산되지 않아야 하고 발산된다 하더라도 그 증기를 실외로 배출시키는 설비가 필요하며 별도의 장소에 보관하는 것을 의미한다.
- 관련규정으로는 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제443조(관리대상 유해물질의 저장)에 따라 실험실에서 관리대상 유해물질을 운반하거나 저장하는 경우에 그 물질이 새거나 발산될 우려가 없는 뚜껑 또는 마개가 있는 튼튼한 용기를 사용하거나 단단하게 포장을 하여야 한다.
- 또한, 그 저장장소에는 관리대상 유해물질의 증기를 실외로 배출시키는 설비를 설치하여야 하며 관리대상 유해물질을 저장할 경우에 일정한 장소를 지정하여 저장하여야 한다.
- 한편, 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제461조(용기 등)에서도 허가대상 유해물질을 운반하거나 저장하는 경우에 그 물질이 샐 우려가 없는 견고한 용기를 사용하거나 단단하게 포장을 하도록 하고 있으며, 허가대상 유해물질을 보관할 경우에 일정한 장소를 지정하여 보관하도록 하고 있다.

○ 시약을 보관하는 장소는 가급적 환기장치를 설치하는 것이 필요하다.

- 가장 바람직한 방법으로 환기장치는 시약장에 국소배기 또는 자체정화설비가 설치된 것을 의미한다.
- 다만, 국소배기 또는 자체정화설비가 시약장에 설치되지 않은 경우 최소한 실험실과 분리된 장소에 시약을 보관하는 것이 권장된다. 실험실과 분리된 장소는 최소한 사람의 출입이 빈번하지 않은 경우를 의미한다.
- 또한, 시약병은 외부로 누출되지 않도록 그 특성에 따라 파라 필름 등으로 밀봉하여 보관하는 것이 권장된다.
- 가급적 모든 시약은 시약명, 소유자, 구입날짜, 위험성, 응급절차를 나타내는 라벨을 부착하는 것이 좋다.

○ 모든 시약에 대하여 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheets, MSDS)자료 또는 독성자료가 확보되어야 한다.

- 산업안전보건법 제41조에 따라 시약 등 화학물질 및 화학물질을 함유한 제제의 물리화학적 특성, 유해성·위험성 등 16가지 항목을 기재한 물질안전보건자료를 실험실 종사자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 비치하여야 한다. 구체적인 사항은 화학물질의 분류, 표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준(노동부고시 제2013-37호)을 참고하고 자료와 관련된 정보는 안전보건공단 홈페이지의 안전보건정보에서 확보할 수 있다.
- 또한, 물질안전보건자료를 작성하는 경우에는 그 물질안전보건자료의 신뢰성이 확보 될 수 있도록 인용된 자료의 출처를 함께 적어야 한다.

○ 시약을 포함한 화학물질에 경고표시를 할 필요가 있다.

- 산업안전보건법 제41조 제3항에서는 시약 등 화학물질 또는 화학물질을 함유한 제제를 취급하는 실험실 종사자의 안전·보건을 위하여 이를 담은 용기 및 포장에 경고표시를 부착하도록 하고 있다. 다만, 실험실에서 시험·연구목적으로 사용하는 시약으로서 외국어로 작성된 경고표지가 부착

되어 있거나 수출하기 위하여 저장 또는 운반 중에 있는 완제품은 한글 경고표지를 부착하지 아니할 수 있다.

- 경고표지에는 명칭, 그림문자, 신호어, 유해·위험 문구, 예방조치 문구, 공급자 정보가 있어야 하며 양식 및 규격은 아래 그림과 같다.

① 양식

(명 칭)

(그림문자 예시)

(신 호 어)

유해·위험 문구 :

예방조치 문구 :

공급자 정보 :

[그림 2-2-3] 경고표지의 양식 예

② 규격

용기 또는 포장의 용량별 인쇄 또는 표찰의 크기는 아래 표와 같다. 그림문자의 크기의 경우 개별 그림문자의 크기는 인쇄 또는 표찰 규격의 40분의 1 이상이어야 하고 그림문자의 크기는 최소한 0.5㎠ 이상이어야 한다.

용기 또는 포장의 용량	인쇄 또는 표찰의 규격
용량≥500ℓ	450㎠ 이상
200ℓ≤용량<500ℓ	300㎠ 이상
50ℓ≤용량<200ℓ	180㎠ 이상
5ℓ≤용량<50ℓ	90㎠ 이상
용량<5ℓ	용기 또는 포장의 상하면적을 제외한 전체 표면적의 5%이상

□ 실험실에서 사용되는 시약 적정 보관 시 참고 사항

○ 시약은 물성이나 특성별로 저장하여야 하며 알파벳순이나 가나다순 등 이름 분류로 저장하지 않아야 한다.

○ 서로 반응할 수 있는 시약을 함께 두지 않아야 한다.

○ 유리상자에 저장된 것은 가능한 시약장 선반의 제일 아래에 보관한다.

○ 시약은 가연성 물질용 시약장은 가연성물질 및 인화성 액체 저장용으로 사용한다.

○ 시약 중 산, 부식물질용 시약장은 내부식성 재질의 것을 사용한다.

○ 실험실 외부에 가연성 및 부식성 액체를 저장할 때에는 저장 시약장을 별도로 설치하여 사용한다.

○ 시약을 저장하는 용기를 선택할 때에는 약품과 반응하지 않는지 확인한다.

○ 시약 용기는 크기를 20 리터 이하로 제한한다.

○ 시약 용기는 꼭 막을 수 있는 뚜껑, 배출구 덮개를 가지고 있어야 하며 용기 내부 압력이 상승되지 않도록 서늘한 장소에 보관한다.

○ 유리용기를 구매할 때에는 폭발위험을 최소화 할 수 있도록 배기구 뚜껑 등이 부착된 것으로 한다.

5-7) 실험실 내 보호용구 구비의 적정 여부

□ 목적

실험실에서 사용되는 각종 유해물질로 인하여 발생될 수 있는 사고 및 질병 예방을 위하여 해당 보호용구를 착용함으로서 실험실 종사자의 안전사고 및 건강장해를 사전에 방지하는데 그 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 실험실 종사자가 유해물질을 취급하는 경우 실험실 내에서 쉽게 사용할 수 있도록 보안경, 방독마스크, 방진마스크, 유기용제용 장갑, 실험복 등을 구비하여야 한다.

- 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제450조(호흡용 보호구의 지급 등)에서는 금속류, 산·알칼리류, 가스 상태 물질 류 등을 취급하는 실험실 등에서 근로자의 건강장해 예방에 적절한 호흡용 보호구를 근로자에게 지급하여 필요시 착용하고 있다.
- 또한, 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제451조(보호복 등의 비치 등)에서는 실험실 종사자가 피부 자극성 또는 부식성 관리대상 유해물질을 취급하는 경우에 불침투성 보호복, 보호장갑 등을 갖추어 두고, 이를 사용하도록 하여야 하며
- 실험실 종사자가 관리대상 유해물질이 흩날리는 업무를 하는 경우에 보안경을 지급하고 착용하도록 하고 있다.
- 한편, 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제469조(방독마스크의 지급 등)에서도 실험실 종사자가 허가대상 유해물질을 사용하는 작업을 하는 경우에 개인전용의 방진마스크나 방독마스크 등을 지급하여 착용하도록 하고 있다.

○ 반드시 필요하지는 않지만 실험실 보호용구 관리대장을 마련하여 보호용 구명, 구입일자, 지급일시, 담당자명, 사용자명, 사용 및 점검 실적, 보관 장소 등의 항목 중 타당한 부분을 선택하여 주기적으로 작성하면 보다 체계적으로 관리 할 수 있다.

□ 실험실 내 보호구 구비 관련 참고 사항

○ 지급된 보호용구를 지시에 따라 반드시 착용할 필요가 있다.

○ 근로자가 피부 자극성 또는 부식성 관리대상 유해물질을 취급하는 경우에 불침투성 보호복 및 보호장갑 이외에 보호장화 및 피부보호용 바르는 약품도 갖추는 것이 권장된다.

○ 호흡용 보호구를 공동으로 사용하여 근로자에게 질병이 감염될 우려가 있는 경우에는 개인전용의 것을 지급하는 것이 권장된다.

○ 가급적 방독마스크 등 보호용구를 별도로 보관할 수 있는 보관함을 갖추는 것도 권장된다.

○ 모든 보호용구는 검정된 제품을 사용하여야 한다.

5-8) 시료보관 냉장실 및 냉동실 적정 운영 여부

□ 목적

실험실에서 취급되는 시료가 보관된 냉장실 및 냉동실에 시료 이외에 각종 시약, 음식물, 음료 등을 공동으로 보관함에 따른 교차오염 발생을 사전에 방지하여 시료에 대한 분석결과의 정확성을 향상시키는데 그 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 실험실 종사자는 시약, 음식물, 음료 등을 실험실내 시료가 보관된 냉장실 및 냉동실에 보관해서는 안 된다.

- 시료가 보관된 냉장실 및 냉동실에 시약이 존재하는 경우 교차 오염의 가능성이 매우 높아 부정확한 결과를 초래할 수 있으며, 음식물, 음료 등을 동시에 보관하는 경우에도 오염 등의 문제가 발생될 수 있음

□ 시료보관 냉장실 및 냉동실 적정 운영관련 참고 사항

○ 시료 이외에 다른 물질 또는 음식물을 냉장실 또는 냉동실에 공동으로 보관하지 않아야 한다.

○ 실험실에서는 시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실을 마련하도록 한다.

○ 시료의 보관기간은 가급적 짧게 유지하고 가급적 빠른 시일 내에 분석하도록 한다.

○ 시료보관용 냉장실 및 냉동실은 정기적으로 점검하는 것이 권장된다.

○ 냉장실 또는 냉동실 내에 보관되는 시료들은 완전히 밀폐되거나 뚜껑이 덮여있어야 하며, 시료를 설명할 수 있는 표지가 붙어 있어야 한다.

○ 뚜껑이 알루미늄 호일, 코르크마개, 유리마개 등으로 제작된 것은 저장을 피한다.

○ 냉장실 및 냉동실은 물이 떨어지는 것을 방지할 수 있도록 서리가 끼지 않는 것을 사용한다.

5-9) 실험실 내에서 흡연 및 음식물 취식 금지 및 사무실 공간 활용 금지 여부

□ 목적

실험결과의 신뢰성 향상을 위하여 흡연 또는 음식물을 취식을 사전에 방지하고 오염된 음식물을 섭취와 화학물질과 흡연이 동시에 이루어지는 경우 건강상의 문제가 발생될 수 있어 이를 사전에 예방하는데 목적이 있음.

□ 핵심사항

○ 실험실 종사자는 실험실 내에서 흡연과 음식물 섭취를 해서는 안 된다.

- 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제447조(흡연 등의 금지) 및 제458조(흡연 등의 금지)에 의하여 허가대상 유해물질 또는 관리대상 유해물질을 취급하는 실험실 등에서 실험실 종사자가 담배를 피우거나 음식물을 먹지 않도록 하여야 하며, 그 내용을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.
- 또한, 실험실 종사자는 흡연 또는 음식물의 섭취가 금지된 장소에서 흡연 또는 음식물 섭취를 해서는 안 된다. 이 경우 실험실 내 담배꽁초 또는 음식물을 조리 할 수 있는 취사도구 등이 실험실 내에 발견 또는 보관되지 않도록 하는 것이 권장된다.

○ 실험실을 분석자의 사무실 공간으로 활용해서는 안된다.

- 실험실은 전적으로 실험을 실시하는 공간이어야 하며, 분석자가 실험실에 사무용 집기를 갖추어 놓고 근무하는 공간으로 활용해서는 안된다.

5-10) 실험실 내 경고표지 및 보호구 착용 표지의 적정부착 여부

□ 목적

실험실에서 사용되는 각종 화학물질에 대한 경고표지를 부착하여 실험실 종사자들에게 그 유해·위험성에 대한 정보를 충분히 제공하고, 해당 유해인자에 대한 보호구 착용표지 부착으로 간접적인 노출을 최소화하여 이로 인한 건강장해를 예방을 목적으로 함.

□ 핵심사항

○ 실험실 종사자가 제조금지 유해물질, 허가대상 유해물질, 관리대상 유해물질을 취급하는 경우 유해물질 보관 및 취급 장소에 표지 등을 부착하여 그 유해성에 대한 정보를 제공할 필요가 있다.

- 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제505조(출입의 금지 등)에서 금지유해물질 제조·사용 설비가 설치된 실험실 등에는 관계자가 아닌 사람의 출입을 금지하고, 별지 제4호서식에 따른 표지를 출입구에 붙이도록 하고 있다.
- 또한, 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제457조(출입의 금지)에서도 허가대상 유해물질을 제조하거나 사용하는 작업장에 관계자가 아닌 사람의 출입을 금지하고, 별지 제1호서식에 따른 표지를 출입구에 붙이도록 하고 있으며, 석면을 제조하거나 사용하는 실험실 등 작업장에는 별지 제2호서식에 따른 표지를 붙여야 한다.
- 한편, 관리대상 유해물질을 취급하는 실험실 등 실내작업장에도 관계자가 아닌 사람의 출입을 금지하고, 그 내용을 보기 쉬운 장소에 게시하도록 하고 있다.

※ 다만, 관리대상 유해물질 중 금속류, 산·알칼리류, 가스상태 물질류를 1일 평균 합계 100리터(기체인 경우에는 그 기체의 부피 1세제곱미터를 2리터로 환산한다) 미만을 취급하는 작업장은 그러하지 아니하다.

- 또한 앞서 언급한 바와 같이 금연 및 음식물 반입(취식)금지 표지도 부착하도록 한다.

○ 실험실 내 유해하거나 위험한 시설 및 장소에 대한 경고, 비상시 조치에 대한 안내, 그 밖에 안전의식 고취를 위하여 안전·보건표지를 설치하거나 부착하도록 하고 있다(산업안전보건법 제12조[안전·보건표지의 부착 등])

- 따라서, 실험실 내에는 금지표지, 경고표지, 지시표지 및 안내표지 등 필요한 안전보건 표지를 부착하여야 한다. 이러한 안전보건 표지 규격은 동법 시행규칙 별표 1의 2(안전보건 표지의 종류와 형태), 동법 시행규칙 별표 2(안전보건 표지의 종류별용도, 사용 장소, 형태 및 색체), 동 시행규칙 별표 3(안전보건 표지의 색체, 색도 기준 및 용도), 동 시행규칙 별표 4(안전. 보건 표지의 기본 모형)에 의한다.

□ 안전·보건표지의 종류와 형태 참고 사항

[별표 1의2] <개정 2011.3.3>

안전・보건표지의 종류와 형태(제6조제1항 관련)

1. 금지표지	101 출입금지	102 보행금지	103 차량통행금지	104 사용금지	105 탑승금지	106 금연
107 화기금지	108 물체이동금지	2. 경고표지	201 인화성물질 경고	202 산화성물질 경고	203 폭발성물질 경고	204 급성독성물질 경고
205 부식성물질 경고	206 방사성물질 경고	207 고압전기 경고	208 매달린물체 경고	209 낙하물 경고	210 고온 경고	211 저온 경고
212 몸균형 상실 경고	213 레이저광선 경고	214 발암성・변이원성・생식독성・전신독성・호흡기 과민성물질 경고	215 위험장소 경고	3. 지시표지	301 보안경 착용	302 방독마스크 착용
303 방진마스크착용	304 보안면 착용	305 안전모 착용	306 귀마개 착용	307 안전화 착용	308 안전장갑 착용	309 안전복 착용

4. 안내표지		401 녹십자표지	402 응급구호표지	403 들것	404 세안장치	405 비상용기구	406 비상구
407 좌측비상구	408 우측비상구	5. 관계자외 출입금지	501 허가대상물질 작업장	502 석면취급/해체 작업장	503 금지대상물질의 취급 실험실 등		
			관계자외 출입 금지 **(허가물질 명칭) 제조/사용/보관 중** 보호구/보호복 착용 흡연 및 음식물 섭취 금지	**관계자외 출입 금지** **석면 취급/해체 중** 보호구/보호복 착용 흡연 및 음식물 섭취 금지	**관계자외 출입 금지** **발암물질 취급 중** 보호구/보호복 착용 흡연 및 음식물 섭취 금지		

측정기관 보유 인력 전문성 향상

□ 목적

정확하고 신뢰성 있는 작업환경측정이 이루어 질 수 있도록 측정기관에서 보유하고 있는 측정인력 및 분석인력의 전문성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시함.

□ 핵심사항

○ 측정 및 분석자의 교육·훈련계획 등을 문서화 한다.

- 측정기관에서는 측정 및 분석자의 전문성 향상을 위하여 각각의 개인별로 정기적인 교육·훈련계획 등을 년 초에 기획하여 문서화 한다.
- 교육은 외부 전문교육기관에서 실시하는 전문교육과 측정기관 자체에서 실시하는 자체 교육 및 훈련으로 구분하여 년 간 계획을 기획한다.
- 기획되지 않은 교육 및 훈련은 특별 교육 및 훈련으로 간주하고 이에 대한 수행기관 및 이수 일자 등을 기록하여 문서화 한다.
- 측정 및 분석자 모두가 1년에 1회 이상 전문교육을 이수 하도록 계획한다.

○ 작업환경측정 및 분석인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수 내용을 문서화 한다.

- 교육대장을 작성하여 전문교육 이수내용과 관련된 공문, 영수증, 수료증, 관련 사진 등을 보관한다.
- 교육 이수 내용을 교육 대장에 작성할 때는 교육 실시기관, 교육시간, 교육내용을 기록한다.
- 교육·훈련계획 등을 이수 한 후 전문성의 향상 부분 및 교재를 기록물로 보관한다.

○ 작업환경측정기관의 조직도 및 업무분장을 문서화 한다.

- 측정기관은 측정 및 분석업무의 흐름에 따라 조직도를 작성하고 개인별로 업무분장을 문서화 한다.
- 조직도에 따른 업무분장 작성시 측정기관 운영에 필요한 기술적인 업무 총괄책임자, 작업환경 측정의 계획, 결과 평가에 관한 책임자, 분석 책임자, 그리고 정도관리 책임자 등으로 구분되어 있어야 한다.
- 개인별 업무 분장 작성시 학력, 경력사항, 교육이수 사항 등이 포함되어야 한다.

○ 측정 및 분석 인력의 자기계발을 위한 시스템 구축 한다.

- 측정 및 분석요원의 능력개발을 위한 국가자격 취득 및 상위학위 취득을 위한 시간적 배려, 학원 수강 시 금전적 지원 등이 포함된 시스템을 문서화 한다.
- 필요시 작업환경측정 업무관련 자격증을 추가로 취득할 수 있도록 한다.
- 모든 측정·분석 인력이 자기계발 및 능력개발을 할 수 있도록 계발시기와 내용 등이 기록된 개인별 이력카드를 작성하고 관련서류(자격증, 상위학위 취득 서류, 교육 이수증 등)와 함께 관리한다.
- 새로운 측정·분석 기술의 도입을 위하여 국내 산업보건 관련학회(한국산업위생학회, 대한직업환경의학회, 대한예방의학회, 한국환경보건학회, 한국실내환경학회, 한국독성학회, 한국분석과학회 등)와 국외 산업보건 관련학회에 참석을 유도하며 참석한 경우는 개인별 이력카드에 기록하고 증빙서류를 함께 일정 기간 보관한다.

○ 측정 및 분석자의 연구와 대학 등의 강의 활동 지원시스템을 구축 한다.

- 국내 산업보건 관련학회(한국산업위생학회, 대한직업환경의학회, 대한예방의학회, 한국환경보건학회, 한국실내환경학회, 한국독성학회, 한국분석과학회 등)와 국외 산업보건 관련학회 학술지 및 학술대회 발표한 실적을 개인별

이력카드에 기록하고 관련 논문 및 발표집을 보관한다.

- 대학 및 대학원의 산업보건관련 학과의 강의활동을 개인별 이력카드에 작성하고 측정기관 자체교육에 활용할 수 있도록 문서화 한다.
- 작업환경측정 사업장을 대상으로 실시한 작업환경측정 설명회나 교육을 실시한 경우 개인 이력카드에 기록하고 강의자료 등을 보관하여 향후 교육 및 설명회 참고자료로 활용할 수 있도록 한다.

○ 측정기관의 전문성 향상을 위하여 세미나 및 직무교육 그리고 학습조직을 운영한다.

- 작업환경측정기관 내부에 측정 및 분석 인력의 전문성 향상을 위한 세미나 및 학습조직이 운영될 수 있는 시스템을 구축한다.

- 직무교육은 정기적으로 실시할 수 있도록 하고 공통교육과 전문교육으로 구분하여 실시한다.
- 내부에서 실시하는 직무교육의 강사는 외부 전문 인력을 초빙하거나 내부 인력이 순환하여 강사 역할을 할 수 있도록 하고 이를 개인별 이력카드에 기록한다.

<부록> 실험실 안전보건에 관한 기술지침 (KOSHA GUIDE G-82-2012)

실험실 안전보건에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 산업안전보건법(이하 "법"이라 한다) 제23조(안전상의 조치) 및 제24조(보건상의 조치)의 규정에 의한 사업장의 부속 실험실에서 실험 중에 취해야 하는 안전보건조치에 필요한 사항을 정하는 데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 사업장의 부속 실험실에 대하여 적용한다. 또한 국가연구기관의 부속 실험실과 학교 또는 공공단체 등의 실험실과 연구실에 대해서도 이 지침을 준용할 수 있다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) "실험" 이라 함은 도구, 장치, 원료, 물질, 에너지 등을 이용하여 어떠한 물건이나 현상에 변화를 일으키게 하며 관찰하는 일로서 과학적 또는 기술적인 원인 규명이나 결과도출을 하기 위한 모든 작업을 말한다.

(나) "실험실" 이라 함은 장치 등이 설치된 연구실 등을 포함하여 실험을 하기 위한 목적으로 구획된 모든 장소를 말한다.

(다) "위험" 이라 함은 인적재해, 물적 손실, 환경적 피해 또는 이들 요소가 혼재되어 있는 상태 또는 잠재적인 상황을 말한다.

(라) "위험성 평가"라 함은 잠재위험요인이 사고로 발전한 빈도와 손실크기를 평가하는 방법을 말한다.

(마) “사고” 라 함은 위험에 노출되어 발생되는 바람직스럽지 못한 결과를 초래하는 것을 말한다.

(바) “위험요인” 이라 함은 실험실에서 보유하고 있는 장치나 유해물질, 재료 등에 의하여 사고로 이어질 수 있는 잠재된 가능성을 말한다.

(사) “유해물질”이라 함은 동법 시행령 제 29조 1항에서 규정한 금지유해물질, 동 시행령 제30조에서 규정한 허가대상유해물질 및 동 산업보건에 관한 규칙 별표7 에서 규정한 관리대상 유해물질 등으로 화재 폭발 위험성이 있거나 또는 인체에 유해한 물질을 말한다.

(아) “부스(Booth)”라 함은 실험실 등에서 유해물질 취급 시에 발생하는 증기, 가스, 흄(Fume), 분진 등을 제거하기 위한 설비를 말한다.

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 법, 동법 시행령, 동법 시행규칙 및 안전규칙 및 보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 실험실의 안전보건 수칙

4.1 실험실 안전보건관리 수칙

(1) 실험실에서 안전사고 및 화재를 예방하기 위하여 실험실별로 특성에 맞는 안전보건관리 규정을 작성하고, 이를 이행하여야 한다.

(2) 실험대, 실험부스, 안전통로 등은 항상 깨끗하게 유지하여야 한다.

(3) 실험실의 전반적인 구조를 숙지하고 있어야 하며, 특히 출입구는 비상시 항상 피난이 가능한 상태로 유지하여야 한다.

(4) 사고 시 연락 및 대피를 위해 출입구 벽면 등 눈에 잘 띄는 곳에 비상 연락망 및 대피경로를 부착하여 놓아야 한다.

(5) 소화기는 눈에 잘 띄는 위치에 비치하고, 소화기 사용법을 숙지하여야 한다.

(6) 실험에 필요한 시약만 실험대에 놓아두고, 또한 실험실내에는 일일 사용에 필요한 최소량만 보관하여야 한다.

(7) 시약병은 깨끗하게 유지하고, 라벨(Label)에는 물질 명, 뚜껑을 개봉한 날짜를 기록해두어야 한다.
(8) 유해물질이 누출되었을 경우, 싱크대나 일반 쓰레기통에 버리지 말고 폐액 수거용기에 안전하게 버려야 한다.
(9) 실험실의 안전점검표를 작성하여 월 1회 이상 정기적으로 실험실내 실험 장치, 시약보관 상태, 소방 설비 등을 점검하여야 한다.
(10) 취급하고 있는 유해물질에 대한 물질안전보건자료(MSDS Material safety data sheet)를 게시하고 이를 숙지하여야 한다.
(11) 실험실내에는 금지표지, 경고표지, 지시표지 및 안내표지 등 필요한 안전보건 표지를 부착하여야 한다. 동 안전보건 표지 규격은 동법 시행규칙 별표 1의 2 (안전보건 표지의 종류와 형태), 동법 시행규칙 별표 2(안전보건 표지의 종류별 용도, 사용 장소, 형태 및 색체), 동 시행규칙 별표 3(안전보건 표지의 색체, 색도 기준 및 용도), 동 시행규칙 별표 4(안전. 보건 표지의 기본 모형)에 의한다.

4.2 실험실 종사자 안전보건 수칙

(1) 유해물질, 방사성물질 등 취급하는 실험실에서는 실험복, 보안경을 착용하고 실험을 하여야 한다. 일반인이 실험실에 방문할 때에는 보안경 등 필요한 보호 장비를 착용하여야 한다.
(2) 유해물질 등 시약은 절대로 입에 대거나 냄새를 맡지 말아야 한다.
(3) 유해물질을 취급하는 실험을 할 때에는 부스(Booth)에서 실시하여야 한다.
(4) 절대로 입으로 피펫(Pipet)을 빨면 안 된다.
(5) 하절기에도 실험실내에서 긴바지를 착용하여야 한다.
(6) 음식물을 실험실내 시약 저장 냉장고에 보관하지 말고, 또한 실험실내에서 음식물을 먹지 말아야 한다.
(7) 실험실에서 나갈 때에는 비누로 손을 씻어야 한다.
(8) 실험장비는 사용법을 확실히 숙지한 상태에서 작동하여야 한다.

4.3 다른 실험 종사자의 안전에 대한 고려

(1) 주위 사람들의 안전에 대해서도 고려하여야 한다.

(2) 불안전한 행동을 하는 사람이 있을 경우 안전한 행동을 하도록 주지시켜야 한다.

(3) 실험에 참가한 모든 실험종사자는 필요한 보호구를 착용하여야 한다.

(4) 화재 또는 사고 시에 주위사람에게 알린다.

4.4 실험과 관련된 위험성 평가

(1) 예방은 안전에서 가장 중요한 요소이므로 어떠한 실험을 계획하거나, 새로운 장비의 사용 및 유해물질을 다루기 전에 작업에 관계된 위험성과 안전조치에 대하여 알고 있어야 한다. 위험성을 알지 못하는 유해물질 등을 취급하는 실험을 할 경우에는, 실험 전에 위험요인 평가를 실시하여야 한다.

(2) 실험에 대한 위험성과 안전조치에 대한 정보를 공개하여 실험실내 모든 종사자가 이용할 수 있도록 한다.

4.5 사고 시 행동요령

(1) 사고를 대비하여 비상연락, 진화, 대피 및 응급조치요령 등에 포함된 비상조치절차를 비상조치 계획지침을 참조하여 작성한다.

(2) 사고가 발생하였을 때에는 정확하고 빠르게 대응하여야 한다.

(3) 실험실내 샤워장치, 세안장치, 완강기, 소화전, 소화기, 화재경보기 등 안전장비 및 비상구에 대하여 잘 알고 있어야 한다.

(4) 사고가 발생하면 다음 각호와 같이 행동하도록 한다.

(가) 긴급조치 후 신속히 큰소리로 다른 실험 종사자에게 알리고 즉시 안전 관리책임자에게 보고하고, 관련 부서에 도움을 요청하도록 한다.

(나) 화재나 사고를 가능한 한 초기에 신속히 진압하고, 필요시 응급조치를 취한다.

(다) 초기진압이 어려운 경우에는 진압을 포기하고 건물 외부로 대피하도록 한다.

(라) 소방서, 경찰서, 병원 등에 긴급전화를 하여 도움을 요청한다.

(마) 필요시 구급요원 등에 대해 사고 진행상황에 대하여 상세히 알리도록 한다.

4.6 비상조치 교육 및 훈련 요령

비상조치 교육 및 훈련 요령은 비상조치 계획지침을 참조하여 정기적으로 실시하여야 한다.

5. 사고 시 응급조치

5.1 호흡정지

(1) 환자가 의식을 잃고 호흡이 정지된 경우 즉시 인공호흡을 해야 한다.

(2) 주변의 도움을 청하려고 시간을 낭비하지 말고 환자를 소생시키면서 도움을 청해야 한다.

5.2 심한 출혈

(1) 심한 출혈은 상처부위를 패드나 천으로 눌러서 지혈시킨다.

(2) 위급할 때는 의류를 잘라 사용토록 한다.

(3) 충격을 피하기 위해서 상처부위를 감싸고 즉시 응급요원을 부르도록 한다.

(4) 피가 흐르는 부위는 신체의 다른 부분보다 높게 하여 계속 누르고 있도록 한다.

(5) 환자는 편안하게 누이도록 한다.

(6) 지혈대는 쓰지 않도록 한다.

5.3 화상

(1) 경미한 화상은 얼음이나 생수로 화상부위를 식힌다.

(2) 옷에 불이 붙었을 때는 다음 각 호의 요령에 따른다.
(가) 바닥에 누워 구르거나 근처에 소방담요가 있다면 화염을 덮어 싸도록 한다.
(나) 불을 끈 후에는 약품에 오염된 옷을 벗고 샤워 장치에서 샤워를 하도록 한다.
(다) 상처부위를 씻고 열을 없애기 위해서 얼마동안 수돗물에 상처부위를 담근다.
(라) 상처부위를 깨끗이 한 후 얼음주머니로 적시고 충격을 받지 않도록 감싼다.
(마) 사람을 향해 소화기를 사용하지 않도록 한다.

5.4 유해물질에 의한 화상

(1) 유해물질이 묻거나 화상을 입었을 경우 즉각 물로 씻는다.
(2) 유해물질에 의하여 오염된 모든 의류는 제거하고 접촉부위는 물로 씻어낸다.
(3) 유해물질이 눈에 들어갔을 경우 15 분 이상 세안장치를 이용하여 깨끗이 씻고 즉각 도움을 청한다.
(4) 몸에 유해물질이 묻었을 경우 15 분 이상 샤워 장치를 이용하여 씻어내고, 전문의의 진료를 받는다.
(5) 위급한 경우 즉시 구급차를 부르고 샤워 장치를 이용하여 씻어낸다.
(6) 유해물질이 몸에 엎질러진 경우 오염된 옷을 빨리 벗는다.
(7) 보안경에 유해물질이 묻은 경우 시약이 묻은 부분은 완전히 세척하고 사용한다.

5.5 외상

외상 쇼크의 경우 재해의 성격이 분명하지 않다면 환자를 따뜻하게 하고 편안하게 눕힌 뒤 병원으로 이송시킨다.

6. 실험실 안전장치

6.1 실험실 부스

(1) 부스(Booth)

(가) 제어풍속은 부스를 개방한 상태로 개구면에서 0.4 m/sec 정도로 유지되어야 한다. 다만, 부스가 없는 실험대에서 실험을 할 경우 상방향 후드의 제어풍속은 실험대 상에서 1.0 m/sec 정도로 유지되어야 한다.

(나) 부스 입구의 공기의 흐름방향은 입구 면에 수직이고 안쪽으로 향하여야 한다.

(다) 부스 위치는 문, 창문, 주요 보행통로로부터 떨어져 있어야 한다.

(라) 부스 앞에 서 있는 작업자는 주위에 흐르는 공기를 난류로 만들므로 실험자를 2인 이하로 최소화한다.

(마) 실험 장치를 부스내에 설치할 경우에는 전면에서 15 cm이상 안쪽에 설치하여야 하며, 부스내 전기기계기구는 방폭형이어야 한다.

(바) 부득이하게 시약을 부스내에 보관할 경우는 항상 후드의 배기장치를 켜두어야 한다.

(2) 유지관리

(가) 부스는 규정에 맞추어 설치하여야 한다.

(나) 부스는 항상 양호한 상태로 유지되어야 하며, 후드나 배기장치에 이상이 생겼을 경우에는 즉시 수리를 의뢰하고 수리중이라는 표지를 붙인다.

(다) 후드로 배출되는 물질의 냄새가 감지되면 배기팬이 작동되는지 점검하고, 후드의 작동상태가 양호하지 않으면 정비하도록 한다.

(라) 후드 및 국소배기장치는 1 년에 1 회 이상 자체검사를 실시하여야 하며, 제어풍속을 3개월에 1회 측정하여 이상 유무를 확인한다.

(마) 실험용 기자재 등이 후드위에 연결된 배기 덕트 안으로 들어가지 않도록 한다.

6.2 유해물질 저장 캐비넷(Cabinet)

(1) 실험실내에 시약 등 유해물질을 저장할 경우에는 강제배기장치가 설치되어 통풍이 되는 캐비넷에 저장되어야 한다.

(2) 유해물질의 사용 및 유지는 다음 각호의 요령에 따른다.
(가) 유해물질은 물성이나 특성별로 저장하여야 하며 알파벳순이나 가나다순 등 이름 분류로 저장하지 않아야 한다.
(나) 서로 반응할 수 있는 유해물질을 함께 두지 않아야 한다.
(다) 유리 상자에 저장된 것은 가능한 캐비넷 선반의 제일 아래에 보관한다.

(3) 캐비넷의 형식은 다음 요령에 따라 선택한다.
(가) 가연성 물질용 캐비넷은 가연성물질 및 인화성 액체 저장용으로 사용한다.
(나) 산, 부식물질용 캐비넷은 내부식성 재질의 것을 사용한다.
(다) 실험실 외부의 가연성 및 부식성 액체를 저장할 때에는 저장 캐비넷을 별도로 설치하여 사용한다.

6.3 개별저장용기

(1) 유해물질을 저장하는 용기를 선택할 때에는 약품과 반응하지 않는지 확인한다.

(2) 용기는 크기를 20 리터 이하로 제한한다.

(3) 용기는 꼭 막을 수 있는 뚜껑, 배출구 덮개를 가지고 있어야 하며 용기 내부 압력이 상승되지 않도록 서늘한 장소에 보관한다.

(4) 유리용기를 구매할 때에는 폭발위험을 최소화 할 수 있도록 배기구 뚜껑 등이 부착된 것으로 한다.

6.4 실험실용 냉장고

(1) 일반 냉장고를 가연성물질과 같은 특별한 위험이 있는 물질 보관용으로 사용하지 말아야 한다.
(2) 실험실 용도의 냉장고는 유해물질의 저장이 가능한 것을 사용한다.
(3) 위험물질의 보관기간은 가능한 한 짧게 한다.
(4) 냉장고는 정기적으로 점검하여야 한다.
(5) 냉장고의 사용 및 유지는 다음 각호의 요령에 따른다.
(가) 냉장고에 저장할 수 있는 유해물질은 표지를 붙여야 한다.
(나) 방사능 물질을 저장할 경우에는 냉장고에 방사능물질을 저장하고 있다는 표지를 붙인다.
(다) 냉장고속에 보관되는 용기들은 완전히 밀폐되거나 뚜껑이 덮여있어야 하며, 안전하게 놓이고, 물질표지가 붙어 있어야 한다.
(라) 뚜껑이 알루미늄 호일, 코르크마개, 유리마개 등으로 제작된 것은 저장을 피한다.
(마) 냉장고는 물이 떨어지는 것을 방지할 수 있도록 서리가 끼지 않는 것을 사용한다.

6.5 세안장치

(1) 세안장치는 유해물질을 취급하는 실험실에 설치하여야 하며, 실험실내의 모든 인원이 쉽게 접근하고 사용할 수 있도록 준비되어 있어야 한다.
(2) 세안장치는 실험실의 모든 장소에서 15 m 이내, 또는 15~30 초 이내에 도달할 수 있는 위치에 확실히 알아볼 수 있는 표시와 함께 설치되어 있어야 한다.
(3) 실험실 작업자들은 눈을 감은 상태에서도 가장 가까운 세안장치에 도착될 수 있어야 한다.
(4) 눈 부상은 보통 피부 부상을 동반하게 되므로 세안장치는 샤워 장치와 같이 붙어 있어서 눈과 몸을 동시에 씻을 수 있도록 한다.

(5) 세안장치의 사용 및 유지는 다음 각호의 요령에 따른다.

(가) 물 또는 눈 세척제는 직접적으로 눈을 향하게 하는 것 보다는 코의 낮은 부분을 향하도록 하는 것이 좋다.

(나) 눈꺼풀은 강제적으로 열리도록 하여 눈꺼풀 뒤도 효과적으로 세척하도록 한다.

(다) 코의 바깥쪽에서 귀 쪽으로 세척하여 씻겨진 화학물질이 거꾸로 눈 안이나 오염되지 않은 눈으로 들어가지 않도록 하여야 한다.

(라) 물 또는 눈 세척제로 최소 15 분 이상 눈과 눈꺼풀을 씻어 낸다.

(마) 유해한 화학물질로 오염된 눈을 씻을 때에는 가능한 빨리 콘택트렌즈 등은 벗겨낸다.

(바) 피해를 입은 눈은 깨끗하고 살균된 거즈로 덮는다.

(사) 병원이나 구급대에 전화한다.

(아) 세안장치는 분기별 1 회 정기적으로 점검한다.

(자) 수직형의 세안장치는 공기 중의 오염물질로부터 노즐을 보호하기 위한 보호커버를 설치한다.

6.6 샤워장치

(1) 유해물질을 취급하는 실험실에는 샤워 장치를 설치하여야 하며, 항상 사용 가능하게 준비가 되어 있어야 한다.

(2) 샤워장치의 사용 및 유지는 다음 요령에 따른다.

(가) 샤워 장치는 신속하게 접근이 가능한 위치에 설치하고 알기 쉽도록 확실한 표시를 한다.

(나) 실험실 작업자들이 눈을 감은 상태에서 샤워 장치에 도달할 수 있어야 한다.

(다) 샤워 장치는 쥐고 당길 수 있는 사슬이나 삼각형 손잡이로 작동되게 한다.

(라) 잡아당기는 장치는 모든 사람의 키에 맞도록 높이를 조절하고 항상 사용이 가능하도록 분기별 1회 이상 작동시험을 하여야 한다.

(마) 샤워 장치에서 쏟아지는 물줄기는 몸 전체를 덮을 수 있어야 한다.

(바) 샤워장치가 작동되는 동안 혼자서 옷을 벗고 신발이나 장신구를 벗을 수 있어야 한다.

(사) 샤워 장치는 전기 분전반이나 전선 인입구 등에서 떨어진 곳에 위치하여야 한다.

(아) 샤워 장치는 배수구 근처에 설치하여야 한다.

6.7 소방 설비

(1) 경보설비

(가) 경보설비는 실험실 종사자들에게 위험사항을 신속히 알릴 수 있어야 한다.

(나) 모든 종사자(교직원, 학생포함)들은 그들의 실험실에 가장 가까운 화재 발신기의 정확한 위치를 잘 알고 있어야 한다.

(다) 자동화 재탐지 설비는 정전이 되었을 때에는 작동을 하지 않는다는 점을 유의해야 한다.

(2) 소화기

(가) 소화기는 화재의 종류에 따라서 분류되며 화재에 따라서 해당되는 문자나 표시를 갖춘 종류를 사용한다.

(나) 소화기는 적합한 표시에 의하여 확실히 구분되어야 하며 출입구 가까운 벽에 안전하게 설치되어 있어야 한다.

(다) 모든 소화기들에 대해 정기적으로 충전상태, 손상여부, 압력저하, 설치 불량 등을 점검한다.

(라) 사용되었거나 손상을 입고 내부 충전상태가 불량하면 새것으로 교체하거나 재충전한다.

(3) 소방담요는 불을 끄기 위한 용도뿐만 아니라, 화상자 또는 쇼크 상태에 있는 환자를 따뜻하게 하기 위하여 사용한다.

(4) 소화전

(가) 옥내소화전함 앞에는 물건을 두지 말아야 하며, 옥내소화전은 항상 사용 가능하도록 준비되어 있어야 한다.

(나) 호스는 꼬이지 않도록 감아 사용 시 쉽게 펼칠 수 있어야 한다.

(다) 옥내소화전함 내부는 습기가 차거나 호스 내에 물이 들어있지 않도록 하여야 한다.

(라) 호스를 사용한 후에는 건조한 후 원래 위치에 보관하여야 한다.

(5) 스프링클러설비

(가) 스프링클러설비는 자동적으로 작동되므로 실험실 종사자들이 임의로 설비를 정지시키지 않도록 하여야 한다.

(나) 실험실내 용품들은 스프링클러 헤드에서 적어도 50 cm이상 떨어진 위치하도록 한다.

(다) 스프링클러 헤드에 물건을 매다는 일이 없도록 한다.

(라) 자동화 재탐지 설비는 정전이 되었을 때에는 비상전원 등으로 정상 작동을 하도록 조치해야 한다.

7. 유해물질 취급 시 안전조치

7.1 유해물질의 운반

(1) 유해물질을 손으로 운반할 경우 적절한 운반용기에 넣고 운반하여 넘어지거나 깨지지 않도록 하여야 한다.

(2) 바퀴가 달린 수레로 운반할 때에는 고르지 못한 평면에서 튀거나 갑자기 멈추지 않도록 고른 회전을 할 수 있는 바퀴를 가진 것이어야 한다.

(3) 적은 양의 가연성 액체를 안전하게 운반하기 위해서는 다음의 요령을 따른다.

(가) 증기를 발산하지 않는 보관용기로 운반한다.

(나) 저장소에 보관 중에는 환기가 잘 되도록 한다.
(다) 점화원을 제거토록 한다.

7.2 유해물질의 저장

(1) 모든 유해물질은 지정된 저장 공간이 있어야 한다.
(2) 모든 유해물질은 약품이름, 소유자, 구입날짜, 위험성, 응급절차를 나타내는 라벨을 부착하여야 한다.
(3) 유해물질은 직사광선을 피하고 냉암소에 저장한다.

7.3 유해물질의 취급

(1) 사용한 물질의 성상, 특히 화재, 폭발 중독의 위험성을 잘 조사 연구한 후가 아니면 위험한 물질을 취급해서는 안 된다,
(2) 유해물질을 사용할 때는 가능한 한 소량을 사용하고, 또한 미지의 물질에 대해서는 예비시험을 할 필요가 있다.
(3) 화재폭발의 위험이 있는 실험의 경우, 폭발방지용 방호벽 등 특별한 방호 설비를 갖추고 실험에 임하여야 한다.
(4) 유해물질의 폐기물의 처리는 수질오염, 대기 오염을 일으키지 않도록 주의하여야 한다.

7.4 유해물질의 안전조치

(1) 독성
(가) 실험자는 자신이 사용하거나 타 실험자가 사용하는 물질의 독성에 대하여 알고 있어야 한다.
(나) 독성물질을 취급할 때는 체내에 들어가는 것을 막는 조치를 취해야 한다.
(다) 밀폐된 지역에서 많은 양을 사용해서는 안 되며 항상 부스내에서만 사용한다.

(2) 산과 염기물

(가) 항상 물에 산을 가하면서 희석하여야 하며, 반대의 방법은 금지한다.

(나) 희석된 산, 염기를 쓰도록 한다.

(다) 강산과 강염기는 공기 중 수분과 반응하여 치명적 증기를 생성시키므로 사용하지 않을 때에는 뚜껑을 닫아 놓는다.

(라) 산이나 염기가 눈이나 피부에 묻었을 때 즉시 세안장치 및 샤워 장치로 씻어내고 도움을 요청하도록 한다.

(마) 불화수소는 가스 및 용액이 맹독성을 나타내며 화상과 같은 즉각적인 증상이 없이 피부에 흡수되므로 취급에 주의를 요한다,

(바) 과염소산은 강산의 특성을 띠며 유기화합물 및 무기화합물과 반응하여 폭발할 수 있으며, 가열, 화기와 접촉, 충격, 마찰에 의해 스스로 폭발하므로 특히 주의해야 한다.

(3) 산화제

(가) 강산화제는 매우 적은 양으로 강렬한 폭발을 일으킬 수 있으므로 방호복, 고무장갑, 보안경 및 보안면 같은 보호구를 착용하고 취급하여야 한다.

(나) 많은 산화제를 사용하고자 할 경우 폭발방지용 방호벽 등이 포함된 특별 계획을 수립해야 한다.

(4) 금속분말

(가) 초미세한 금속분진들은 폐, 호흡기 질환 등을 일으킬 수 있으므로 미세 분말 취급 시 방진마스크 등 올바른 호흡기 보호대책이 강구되어야 한다.

(나) 실험실 오염을 방지하기 위해 가능한 한 부스나 후드 아래에서 분말을 취급한다.

(다) 많은 미세 분말들은 자연발화성이며 공기에 노출되었을 때 폭발할 수 있으므로 특별히 주의 하여야 한다.

(5) 석면섬유와 유사결정들은 피부에 묻지 않고 흡입하지 않도록 조심스럽게 다뤄야 한다.

8. 유해위험물질의 안전대책

8.1 폭발성 물질

(1) 잠재적 위험성이 큰 자기 반응성 물질은 사전에 충분한 시험평가를 실시하고 그 성질에 따른 엄격한 안전관리가 이루어져야 한다.
(2) 화염, 불꽃 등 점화원의 접근을 차단하고 가열, 충격, 타격, 마찰 등을 피한다.
(3) 직사광선 차단, 습도에 주의하고 통풍이 양호한 찬 곳에 저장한다.
(4) 강산화제, 강산류, 기타물질이 혼입되지 않도록 한다.
(5) 가급적 적은 양으로 나누어 저장하고 용기의 파손 및 위험물의 누출을 방지한다.
(6) 화약류의 기폭제 원료로 사용되는 미세한 분말상태의 것은 정전기에 의해서도 폭발의 우려가 있으므로 완전한 접지 등 철저한 안전대책을 강구하고 전기기계기구는 방폭형으로 설치하여야 한다.
(7) 폭발현상으로 나타나는 위험물이기 때문에 도난방지 등의 보안에도 주의하지 않으면 안 된다.
(8) 종류를 달리하는 위험물과는 동일한 저장소에 함께 저장하지 않도록 한다.

8.2 발화성 물질

(1) 저장용기는 완전히 밀폐하여 공기와의 접촉을 방지하고 물, 수분, 물의 변형된 형태(눈, 얼음, 우박 등)의 침투 및 이의 접촉을 금하여야 한다.
(2) 산화성 물질과 강산류와의 혼합을 막아야 한다.
(3) 용기는 금속제의 견고한 것을 이용하고, 저장용기가 파손되거나 용기가 가열되지 않도록 한다.
(4) 칼륨, 나트륨 및 알카리 금속은 석유, 등유 등의 산소가 함유되지 않은 석유류에 저장하며, 보호액의 증발을 막고 보호액 중에 물이 들어가지 않도록 한다.

(5) 종류를 달리하는 위험물과 동일한 저장소에 저장해서는 안 된다.
(6) 저장 또는 취급 장소는 부식성 가스가 발생하는 장소, 습도가 높은 장소, 빗물이 침투되는 장소 및 습지대를 피한다.
(7) 다른 위험물, 수용액, 함습물, 흡습성 물질, 수용성 위험물 또는 결정수를 가진 염류 등과의 저장을 피한다.
(8) 알킬알루미늄, 알킬리튬 및 유기금속 화합물류는 화기를 엄금하고 용기 내 압력이 상승되지 않도록 한다.
(9) 알킬알루미늄과 알킬리튬을 취급하는 설비는 불활성기체를 봉입할 수 있는 장치를 설치해야 한다.
(10) 자연발화 위험성이 있는 물질은 불티, 불꽃 또는 고온체와의 접근을 막는다.

8.3 산화성 물질

(1) 화기 및 분해를 촉진하는 물품을 엄금하고, 직사광선을 차단하며, 가열을 피하고 강환원제, 유기물질, 가연성 위험물과의 접촉을 피한다.
(2) 염기 및 물과의 접촉을 피한다.
(3) 용기는 내산성의 것을 사용하고 용기의 파손방지, 전도방지, 용기변형 방지에 주의한다.
(4) 강산화성 고체와의 혼합, 접촉을 방지한다.
(5) 종류를 달리하는 위험물과는 동일한 저장소 내에 저장하여서는 안 된다.

8.4 인화성 액체

(1) 불꽃, 스파크, 고온체 등과의 접근 또는 과열을 피한다.
(2) 용기는 완전밀폐해서 차가운 장소에 저장한다.
(3) 취급 시 증기의 발생이 있는 경우에는 가연성 증기가 낮은 곳에 체류하므로 충분한 환기가 되도록 하고 당해 증기를 감지할 수 있는 가연성 가스누출감지 및 경보기를 설치한다.

(4) 가연성 증기가 체류하는 장소에서는 스파크를 발생하는 기계기구 등을 사용하지 않으며, 전기기계기구는 방폭형으로 설치하여야 한다.
(5) 위험물질의 유동이나 그로 인하여 정전기가 발생하는 경우에는 접지 등을 하여 정전기를 제거하도록 한다.
(6) 유독한 증기를 발생하는 것은 특별히 주의하여야 한다.

8.5 독성물질의 누출방지 대책

(1) 실험실 내에 독성물질의 저장 및 취급량을 최소화 한다.
(2) 독성물질을 취급 저장하는 설비의 연결부분은 누출되지 아니하도록 밀착시키고 정기적으로 연결부분의 이상 유무를 점검한다.
(3) 독성물질의 폐기·처리하여야 하는 경우에는 냉각·분리·흡수·흡착·소각 등의 처리공정을 통하여 당해 독성물질이 외부로 방출되지 아니 하도록 한다.
(4) 독성물질의 취급설비의 이상 운전으로 인하여 당해 독성물질이 외부로 방출될 때에는 저장·포집 또는 처리설비를 설치하여 완전하게 회수할 수 있도록 한다.
(5) 독성물질을 취급하는 설비의 작동이 중지된 때에는 실험자가 쉽게 알 수 있도록 필요한 경보설비를 작업자로부터 가까운 장소에 설치한다.
(6) 독성물질이 외부로 누출된 때에는 당해가스를 감지 할 수 있는 독성가스 누출감지 및 경보기를 설치한다.

9. 실험기구 및 장치의 취급안전

9.1 실험기구

(1) 화학실험용 기구
(가) 비이커류에 용매 등을 넣을 때는 크리이프 현상(액이 벽면을 따라 상승하여 외측으로 나오는 것) 및 증발에 의한 비산에 주의해야 한다.

(나) 플라스크류는 압력 및 변형에는 약하므로 직화에 의한 가열 및 감압 조작에 사용해서는 안 된다.

(2) 실험장치

(가) 행하려는 화학실험은 어떠한 종류와 기계적 강도가 요구되는가를 예상한다.

(나) 사용으로 인하여 기계적 강도가 떨어지는 기구를 사용해야 할 때는 보호, 보강, 방어 등 적절한 조치를 강구한다.

(다) 유리관은 직접 사용하여, 클램프로 고정하지 말고 부드러운 고무 등으로 고정한다.

(라) 온도가 변화하면 기계적 강도가 변화하는 것에 유의하여야 한다.

(마) 사용하는 약품에 따라 기계적 강도는 변화한다는 것에 유의한다.

10. 실험실 폐기물의 처리

10.1 수집 운반상의 일반적 주의

(1) 화학폐기물 수집 용기는 운반 및 용량 측정이 용이한 플라스틱 용기를 사용하여야 한다.

(2) 수집용기 외부에는 부서명과 호실, 전화번호, 품명, 특성 및 주의사항 등을 기록한 특정폐기물 표지를 부착한다.

(3) 유해물질의 폐기물을 수집할 때는 폐산, 폐알카리, 폐유기용제(할로겐족, 비할로겐족) 폐유 등 종류별로 구분하여 수집하여야 한다.

(4) 수집한 유해물질의 폐기물 용기는 직사광선을 피하고 통풍이 잘되는 곳을 폐기물 보관 장소로 지정하여 보관하여야 하며 복도, 계단 등에 방치하여서는 안 된다.

(5) 유해물질의 폐기물 취급 및 보관 장소에는 금연, 화기취급엄금 표지와 폐기물 보관수칙을 부착한다.

(6) 빈 시약병은 깨어지지 않도록 기존 상자에 넣어 폐기물 보관 장소에 보관한다.

(7) 수집·보관된 유해물질 폐기물 용기는 폐액의 유출이나 악취가 발생되지 않도록 2중 마개로 닫는 등 필요한 조치를 하여야 한다.
(8) 수집된 폐기물을 운반할 때는 손수레와 같은 안전한 운반구 등을 이용하여 운반한다.
(9) 방사성 물질을 함유한 폐기물은 별도 수집하며, 정해진 처리규정에 따라 누설되지 않도록 엄중히 처리해야 한다.

10.2 처리상의 일반적 기준

(1) 폐액에 의하여 처리 중 유독가스의 발생, 발열, 폭발 등의 위험을 충분히 조사하고, 첨가하는 약재를 소량씩 넣는 등 주의하면서 처리해야 한다.
(2) 악취가 나는 폐액, 유독가스를 발생하는 폐액 및 인화성이 강한 폐액은 누설되지 않도록 적당한 처리를 강구하여 조기에 처리한다.
(3) 폭발성 물질을 함유하는 폐액은 보다 신중하게 취급하고 조기 처리한다.
(4) 간단한 제거제로는 처리가 어려운 폐액은 적당한 처리를 강구하고, 처리되지 않은 상태로 방출되는 일이 없도록 주의한다.
(5) 처리 후에도 폐수가 유해한 경우에는 추가로 후처리 할 필요가 있다.
(6) 유해물질이 부착된 거름종이, 약봉지, 폐 활성탄 등은 적절한 처리를 한 후에 보관한다.

11. 방사선 폐기물처리

11.1 고체

고체 방사선 폐기물은 플라스틱 봉지에 넣고 테이프로 봉한 후 방사선물질 폐기 전용의 고안된 금속제 통에 넣는다.

11.2 액체

액체 방사선 폐기물은 수용성과 유기성으로 분리하며 고체의 경우와 마찬가지로 액체 방사선 폐기물을 위해 고안된 통을 이용한다.

11.3 기록의 유지

폐기물이 나온 시험번호, 방사성 동위원소, 폐기물의 물리적 형태 등으로 표시된 방사선의 양들을 기록 유지한다.

11.4 처리구분

하수시설이나 일반폐기물 속에 방사선 폐기물을 같이 버려서는 안 된다.

12. 기계·물리실험의 안전

12.1 기계·물리실험실에서의 일반적인 주의사항

(1) 공작기계, 측정기기를 사용할 때에는 정해진 공구를 사용하여야 한다.
(2) 실험 중에는 작업복을 착용하고 안전화를 신도록 하며 슬리퍼나 샌들 등은 신지 않도록 한다.
(3) 전기배선작업이 필요한 실험을 할 때에는 전선피복의 벗겨짐이나 공구 손상으로 인한 부상이나 감전의 우려가 있으므로 주의해야 한다.
(4) 칩이 발생하는 실험 등 필요한 장소에서는 보안경 및 보호구를 착용한다.
(5) 자외선 조사장치를 취급하는 경우에 자외선은 살균효과가 있으며 강한 자외선을 직접 눈에 쪼이면 실명을 할 수도 있으므로 주의해야 한다.
(6) X선 발생장치를 취급하는 경우에는 안전관리 책임자의 지시에 따르도록 하며 방사선 취급 안전사항을 준수한다.
(7) 장기간의 실험을 하는 경우 전기, 급배수, 증기, 가스 등의 사용은 작업자가 없을 때에 정전, 단수, 기체의 누출 등의 사고가 발생될 수 있으므로 미연에 대비책을 세워놓아야 한다.

12.2 기계·기구 사용 작업

(1) 기계취급 일반수칙

(가) 작업자는 작업에 방해가 되지 않도록 간편한 복장을 한다.

(나) 장갑은 거친 작업물을 만질 때 사용하고 회전기계 운전 시는 사용을 금해야 한다.

(다) 기계의 이상 유무를 철저히 점검하고 고장중인 기계는 고장, 사용 못함 등의 표지를 붙여야 한다.

(라) 실험을 실시하지 않을 경우에는 기계를 정지시켜 놓아야 한다.

(마) 실험 중에 신체가 접촉될 수 있는 동력전달부위에는 방호덮개를 설치한다.

(바) 기계는 항상 잘 손질되어 있어야 하며 청소 혹은 점검, 수리를 할 때에는 필히 기계를 정지시키고 행하여야 한다.

(사) 기계에 너무 자신을 갖고 방심하여 일하지 말고 원리원칙을 충분히 알고 나서 기계를 작동해야 한다.

(아) 정전으로 인하여 기계작동이 중지되었을 때에는 스위치를 작동정지 위치로 전환하여야 한다.

(자) 원칙적으로 구동중인 기계부분에 직접 접촉하는 것은 피하고, 작동중인 기계에 주유하면 위험하므로 금해야 한다.

(차) 공작물을 견고하게 물려서 작업 중 공작물이 이탈되지 않도록 하여야 한다.

(카) 길이가 긴 공작물은 지지대를 사용하고 타인의 접근을 막아야 한다.

(타) 기계를 정지시킬 때 완전히 정지될 때까지는 손을 대지 말아야 하며 기계의 타력(여력)을 손이나 공구, 기타 물건으로 정지시키려 하지 말아야 한다.

(파) 회전 물체의 방향 쪽에서는 작업을 금해야 한다.

(2) 기계작업 수칙

(가) 기계의 취급은 인가자에 한하여 실시하며 정지 중 타인에 의해 작동되지 않도록 관계자 외 스위치 작동금지 표지를 걸어 놓는다.

(나) 기계 가동 전에 기름 주입상태와 각종 레버를 점검한다.

(다) 기계사용 시 필요한 안전장치 및 보호구를 사용한다.
(라) 기계를 처음 가동할 시에는 저속으로 시운전한 후 작동한다.
(마) 기계 운전 시 주위에 화기물질의 유무를 확인한다.
(바) 기계운전자는 타인과 잡담 및 흡연을 금지한다.
(사) 기계 운전 시 절삭공구를 교체 할 때에는 반드시 회전을 정지시키고 한다.
(아) 기계에 이상이 발생하면, 즉시 전원스위치를 끈다.
(자) 작업 종료 시에는 기계 상태를 점검한다.

(3) 목공작업수칙
(가) 목공 기계는 허가된 사람만이 사용해야 한다.
(나) 목공 기구, 공구(톱, 끌, 대패 등)는 완전한 것을 사용해야 한다.
(다) 날카로운 공구를 사용하고 난 뒤에는 손을 다치지 않도록 날을 헝겊으로 싸서 두어야 한다.
(라) 작은 나무를 기계톱으로 자를 때에는 손으로 잡지 말고 목판 같은 보조기구를 사용하여야 한다.
(마) 나무를 자를 때 톱에서 이상한 소리가 나면 즉시 세워야 하며 잘 들지 않는 톱은 사용하지 말아야 한다.
(바) 일을 시작하기 전에 기계의 안전장치의 이상 유무를 항상 확인하여야 한다.
(사) 나무를 자를 때 자르는 방향으로 서지 말고 옆으로 서야 한다.
(아) 기계톱을 사용할 때에는 보안경과 앞치마를 착용하여야 한다.
(자) 작업장내의 작업에 소요되는 재료의 보관은 위험하지 않도록 해야 한다.
(차) 불필요한 목재는 크기별로 일정한 장소에 쌓아 두고 특히 화재에 주의하여야 한다.
(카) 톱밥, 쓰레기, 나무 등은 자주 쓸어내어 화재의 위험을 방지한다.
(타) 톱밥, 쓰레기, 나무 등의 제거는 기계가 완전히 정지된 상태에서 한다.

(4) 공구취급 수칙

(가) 작업에 적절한 것을 용도에 맞추어 사용해야 한다.

(나) 사용 전에 점검하고 불안전한 것은 사용하지 말아야 한다.

(다) 신중히 취급하고 사용 중에 파손되면 즉시 교환하여야 한다.

(라) 공구는 일정한 장소에 두고 분실되지 않도록 유의하여야 한다.

(마) 공구는 던져서는 안 되며 손으로 취급하여야 한다.

(바) 사용 시 너무 무리한 힘을 가해서는 안 된다.

(사) 손이나 공구가 젖어 있을 때에는 잘 닦아낸 후 사용하여야 한다.

(5) 용접 및 절단작업수칙

(가) 용접절단 등과 같은 화기작업을 할 경우에는 소화기를 준비해 놓고 작업에 임해야 한다.

(나) 용접 시는 지정된 보안면과 차광안경을 착용해야 하며 용접장갑과 용접 앞치마를 착용하고 의복은 구멍이 있거나 유류 등 인화물질이 묻은 것을 착용해서는 안 된다.

(다) 밀폐된 장소에서는 환기장치가 충분히 되었는가를 확인하고 용접 작업이나 절단작업을 하여야 한다.

(라) 가스 절단기나 용접기는 안전한 사용법에 익숙한 사람만이 기구를 취급해야 한다.

(마) 용접도선의 취급방법은 접지도선을 용접할 물건에 접촉시키고 다른 도선을 전극봉 꼭지에 접촉시키는 순서로 해야 한다.

(바) 좁고 제한된 공간 속에서 가열된 부분의 열로 화구에 다시 불을 붙이는 것은 위험하므로 외부에서 점화하여 작업을 시작하여야 한다.

(사) 아세틸렌은 1.3 ㎏/㎠G 이상의 압력으로 사용하여서는 안 된다.

(아) 용접 기구를 사용하기 전에 조절기와 호스가 단단하게 연결되어 있는가를 항상 확인해야 하며, 점검할 때에는 절대로 불꽃을 사용하지 말아야 한다.

(자) 조절기나 화구를 다른 목적에 사용하거나 또는 이들을 개조해서는 안 된다.
(차) 일정 시간이상 작업을 중단할 경우에는 조절기내의 가스압력을 제거해야 한다.
(카) 실린더를 수직으로 세워둘 경우에는 쓰러지지 않도록 묶어두어야 한다.
(타) 산소나 아세틸렌 실린더는 전류가 통하고 있는 전선 또는 전기기구의 접지선과 접촉하지 않도록 주의해야 한다.
(파) 아세틸렌 실린더를 저장하거나 사용할 때에는 가스가 새는 것을 피하기 위하여 항상 밸브 끝이 위로 가도록 하여야 한다.

13. 위험장비 및 장치 사용 시 안전

13.1 가스용기

(1) 가스용기는 사용할 때나 보관 중에 안전한 물체(벽이나 무거운 실험용 책상 등)에 가죽 끈이나 체인으로 안전하게 고정시키며, 사용하지 않을 때에는 항상 뚜껑을 씌어 놓도록 한다.
(2) 가스용기를 운반할 때에는 뚜껑을 씌워 안전한 손수레를 사용토록 한다.
(3) 가스용기 옆에서는 화기를 사용하지 않는다.
(4) 가스를 사용하기 전에 가스 누출이 없음을 확인한다.
(5) 용기는 정기적으로 규정된 검사를 받아야 한다.
(6) 조정기를 연결하기 위해 어댑터는 쓰지 않으며, 각각 가스의 특성에 맞는 조정기를 사용하도록 한다. 그리고 모든 조정기는 정기적으로 검사를 받아야 한다.
(7) 사용 가스에 맞는 배관, 조정기 및 부속품을 사용한다.
(8) 가스용기는 가열로 등과 같은 열기기 근처에 놓지 않도록 한다.
(9) 산소와 가연성 가스는 분리하여 저장한다.

13.2 진공장치

(1) 내부압력을 견딜 수 있는 용기를 사용하도록 한다. 그리고 용기 파열에 대비하여 방호막을 설치토록 한다.

(2) 펌프를 끄기 전에 펌프오일이 역류하는 것을 막기 위해서 펌프와 용기 사이 밸브를 닫도록 한다.
(3) 펌프의 동력전달 부위(벨트, 축 연결부위 등)에는 방호덮개를 설치한다.

13.3 천장크레인(또는 호이스트)의 안전상 주의사항

(1) 정해진 규격이상의 하중을 걸지 않는다.
(2) 짐의 무게중심의 바로 위에 호이스트를 이동시켜 짐을 달아 올린다.
(3) 조용하게 시동하여 주행하고, 급정지는 피한다.
(4) 짐에 사람이 타지 않는다.
(5) 천장크레인(호이스트)은 정기적으로 검사를 받아야 한다.

13.4 유압프레스의 안전상 주의사항

(1) 작업 전 주변을 확인하고 브레이크의 효과를 확인한다.
(2) 금형을 교환, 설치할 때는 확실하게 맞춰 고정한다.
(3) 안전장치의 기능을 제거하고 작업해서는 안 된다.
(4) 작업 중 자리를 비울 때는 운전을 정지한다.

13.5 연삭기의 안전상 주의사항

(1) 연삭기의 종류에 적합한 덮개를 부착하여 사용한다. 덮개는 숫돌 파손 시 견딜 수 있도록 충분히 강도가 큰 재료로 사용하여야 한다.
(2) 덮개는 종류에 따라서 적당한 노출각도를 유지하여야 한다.
(3) 플랜지의 지름은 숫돌지름의 1/3 이상으로 한다.
(4) 칩 비산방지용 투명판을 부착하여 사용한다.
(5) 작업 시작 전에는 1 분 이상, 연삭숫돌 교체 시에는 3 분 이상 공회전을 하고 연삭숫돌의 최고 사용회전 속도를 초과하지 않아야 한다.

13.6 고온로

(1) 고온로를 취급할 경우에는 방열복과 내열장갑을 끼도록 한다.
(2) 집게를 사용하도록 하고 보안경과 보안면을 착용하도록 한다.
(3) 시편을 공기에 냉각시킬 때 고열 표시를 시편 앞에 달아 놓는다.
(4) 응급조치용 장비를 비치해 놓고 화상을 입을 경우에는 화상시의 응급처치 절차를 따르도록 한다.

13.7 레이저 장치의 안전상 주의사항

(1) 레이저를 취급할 때에는 반드시 차광용 보안경을 착용한다.
(2) 예기치 못한 반사광이 눈에 들어올 때가 있으므로 광선의 방출방향에 대해 충분히 주의하고 반사하는 벽 등이 없음을 확인한다.
(3) 레이저 장치는 전체를 덮는 것이 바람직하다.

13.8 고에너지 장치의 안전상 주의사항

(1) 이들 장치의 설치장소에는 위험구역이라는 표시를 하고, 특히 위험한 장소에는 출입할 수 없도록 방책 등으로 차단한다.
(2) 장치의 제작, 배선, 수리 등은 전문가에게 의뢰한다.
(3) 실험실은 정리, 정돈하여 청결하게 한다.
(4) 실험은 두 사람 이상이 수행한다.
(5) 장치에는 반드시 접지를 하여야 한다.
(6) 변압기는 소형이라도 접촉에 주의해야 한다.
(7) 다수의 전지를 직렬로 연결한 것은 고전압에 주의한다.
(8) 진공 중에 고전압 충전부가 있을 때, 부주의로 진공을 파괴되면 절연파괴로 전류가 흐를 수 있으므로 주의가 필요하다.
(9) 전해 콘덴서는 폭발할 경우가 있으므로 주의한다.
(10) 15 kV 이상의 고전압은 X-선을 발생할 우려가 있으므로 주의한다.

14. 전기적 위험 및 안전

14.1 감전방지대책

(1) 전기 기기 및 배선 등의 모든 충전부는 노출시키지 않는다.
(2) 전기 기기를 사용할 때에는 이중 절연기기를 제외하고는 접지를 확인 한다.
(3) 누전차단기를 설치하여 감전 사고를 방지한다.
(4) 전기 기기의 스위치 조작은 아무나 함부로 하지 않도록 한다.
(5) 젖은 손으로 전기 기기를 만지지 않는다.
(6) 불량하거나 고장난 전기제품은 사용하지 않도록 한다.
(7) 배선용 전선은 중간에 연결한 부분이 있는 것을 사용하지 않는다.
(8) 이동식 코드릴을 사용할 경우에는 접지 및 누전차단기가 부착된 코드릴을 사용한다.

14.2 일반적인 전기안전 작업요령

(1) 장비를 검사하기 전에 회로의 스위치를 끄거나 장비의 플러그를 뽑아서 전원을 끈다.
(2) 전기설비 작업을 할 때는 공구나 비품의 손잡이는 부도체로 된 것을 사용한다.
(3) 전기장치의 충전부는 전기적 절연을 한다.
(4) 전원에 연결된 회로배선은 임의로 변경하지 않는다.
(5) 작업공간은 충분히 확보하고 항상 청결하게 유지한다.
(6) 플러그를 전원에 연결한 채 회로변경 작업을 하지 않는다.
(7) 회로가 확실하게 연결되어 있지 않으면 플러그를 꽂지 않는다.
(8) 젖은 손이나 물건으로 회로에 접촉하면 안 된다.
(9) 전기설비에 연결된 접지선의 접속을 확인한다.
(10) 연결 코드선은 가능한 한 짧게 사용한다.
(11) 전기설비 근처에서는 인화성 액체 등을 사용, 저장, 취급을 하지 않는다.

(12) 다중 콘센트는 가능한 한 사용하지 않도록 한다.
(13) 배전반의 진입로와 스위치 앞에는 장애물이 없도록 하고 청결하게 유지해야 한다.

15 방사선 취급 안전

15.1 방사선 취급 일반사항

(1) 방사선 시설을 설치하려면 안전관리 책임자를 선임하여야 한다.
(2) 방사선을 취급하고자 하는 자는 등록을 하고, 취급 허가를 받아야 한다.
(3) 방사선 취급지역은 관리구역으로 설정하여, 출입을 제한하여야 한다.
(4) 방사선을 보관, 운송, 폐기하는 절차와 승인관계를 수립하고 이를 준수하여야 한다.
(5) 관리구역 내외에서의 방사선량율, 입자속밀도, 방사선 등의 오염상황 등을 관계법령에 따라 측정 관리하여야 한다.
(6) 방사선 등의 장해방지를 위해 설비 및 이의 부대시설에 대한 보존상태 등을 정기적으로 점검하여야 한다.
(7) 관리구역에 출입한 자에 대하여 피폭방사선량 및 방사성 동위원소에 의한 오염상황을 측정, 기록하고 보관하여야 한다.
(8) 방사선 취급자에게는 교육훈련 계획을 수립, 시행하여야 한다.
(9) 방사선 취급자의 건강관리를 위한 건강진단(또는 보건지도)을 실시하고, 피폭우려가 있거나 피폭된 자에 대한 응급조치 등 필요한 사항을 수립, 시행한다.
(10) 방사선 등의 시설에 있어서 장해나 응급사항 등이 발생하거나 발생할 우려가 있을 경우를 대비한 위험시의 비상조치 계획을 수립, 시행하여야 한다.

15.2 물질별 취급시 주의사항

(1) 밀봉되지 아니한 방사성 동위원소를 취급자가 사용할 때는 책임자 지시에 따라야 하며, 주의사항을 준수하여 인체가 받는 방사선량을 최소화 하여야 한다.

(2) 밀봉된 방사선 동위원소를 사용할 때는 관리구역으로 설정하여 철저히 관리하되, 주의사항을 엄수하여 인체가 받는 방사선량을 최소화 하도록 노력하여야 한다.

(3) 밀봉된 방사성 동위원소 중 기기에 장착되어져 있는 것을 사용할 때에는 이 부근을 관리구역으로 설정하여 철저히 관리하고 별도의 밀봉방사선 전원 장비기기 취급에 관한 지침을 정하여 운용 하여야 한다.

(4) 취급자가 방사선 발생장치를 사용할 때는 관리구역으로 설정하여 철저히 관리하되 별도의 장치 사용지침을 정하여 운용하고, 주의사항을 준수하여야 한다.

(5) X선 발생장치 등은 사용지침에 따라 사용하여야 한다.