

Impression, **C**hallenge, **R**eliability, **M**aintenance



람다레이 주식회사 보건용마스크 시험 평가 관련 기본 개요

1. 시험 평가 개요

- 2008년 실생활 환경과 유사한 유럽 규격인 EN143(필터), EN149(마스크) 규격의 시험법을 원용해 황사용 마스크의 규격을 도입했으며 그 후 황사용 마스크, 방역용 마스크로 구분하였으나 2014년 이를 확장해 보건용 마스크로 단일화하고 성능에 따라 KF80, KF94, KF99로 분류 함.
(미국 규격인 N80, N94등과는 다름)

가장 이상적인 마스크란?

- 필터 기공이 작고 균일해 **분진포집효율**이 높아 마스크 내부로 오염 물질이 투과해 들어오지 못하는 마스크
- 필터 기공의 수가 많아 공기의 흐름은 원활하고 **안면부 흡기저항**이 작아져 숨쉬기가 편한 마스크
- 형태적으로 안면과 마스크의 밀착도가 좋아 그 사이로 오염 물질이 새는 **누설율**이 낮은 마스크

보건용마스크의 종류 및 기준

등급	기준		
	분진포집효율	안면부 흡기저항	누설률
KF80 (구)황사 마스크	80% 이상 (염화나트륨 시험)	60 Pa 이하	25.0% 이하
KF94 (구)방역용 마스크	94% 이상 (염화나트륨, 파라핀 오일 시험)	70 Pa 이하	11.0% 이하
KF99	99% 이상 (염화나트륨, 파라핀 오일 시험)	100 Pa 이하	5.0 % 이하

- KF80의 경우 고체 분진인 황사용이기때문에 동일한 고체 분진을 사용하는 염화나트륨 시험법만으로 측정
- KF94, KF99의 경우 방역용으로 세균으로 오염된 액체/고체 분진을 흡입 차단하여야 하므로 고체 분진인 염화 나트륨 시험 및 액체 분진인 파라핀오일 시험을 모두 측정

2. 시험 평가 항목 및 방법

○ 안면부 누설률 시험법(상세내용 7p 참조)

- 사람이 마스크를 쓰고 활동 시 공기가 새는 정도를 측정하는 시험

○ 성상 및 형상

- 육안으로 관찰 (ex: ○○색의 □□□□ 접이식, 본체에 코편이 있고, 양 측면에 ◇◇색의 끈 등이 있는 △△△ 재질의 마스크)
- 눈금자를 이용하여 제품 구성부위의 수치 측정 (본체의 가로 세로 길이, 고정용 끈 길이)

○ 인장 강도 측정(고정용 끈 접합부)

- 마스크 끈의 인장 강도(10N 이상)를 측정하여 착용 시 마스크 끈이 쉽게 끊어지지 않는지 평가

○ 순도 시험

- 산 또는 알칼리: 페놀프탈레인(홍색), 메틸오렌지시액(적색)으로 확인
- 형광증백제: 자외선(UV)으로 확인
- 포름알데히드: 아세칠아세톤, 크롬산칼륨으로 확인

○ 안면부 흡기저항

- 마스크를 착용하고 호흡시 숨을 들이 마실 때(흡기 시) 걸리는 저항(호흡하기가 용이한가)을 평가
- 마스크를 표준 머리 모형에 장착 후 마스크 주변부를 테이프로 완전 밀봉 후 30l/min의 유량으로 빨아들일 때 마스크의 저항에 의해 발생하는 압력차 측정

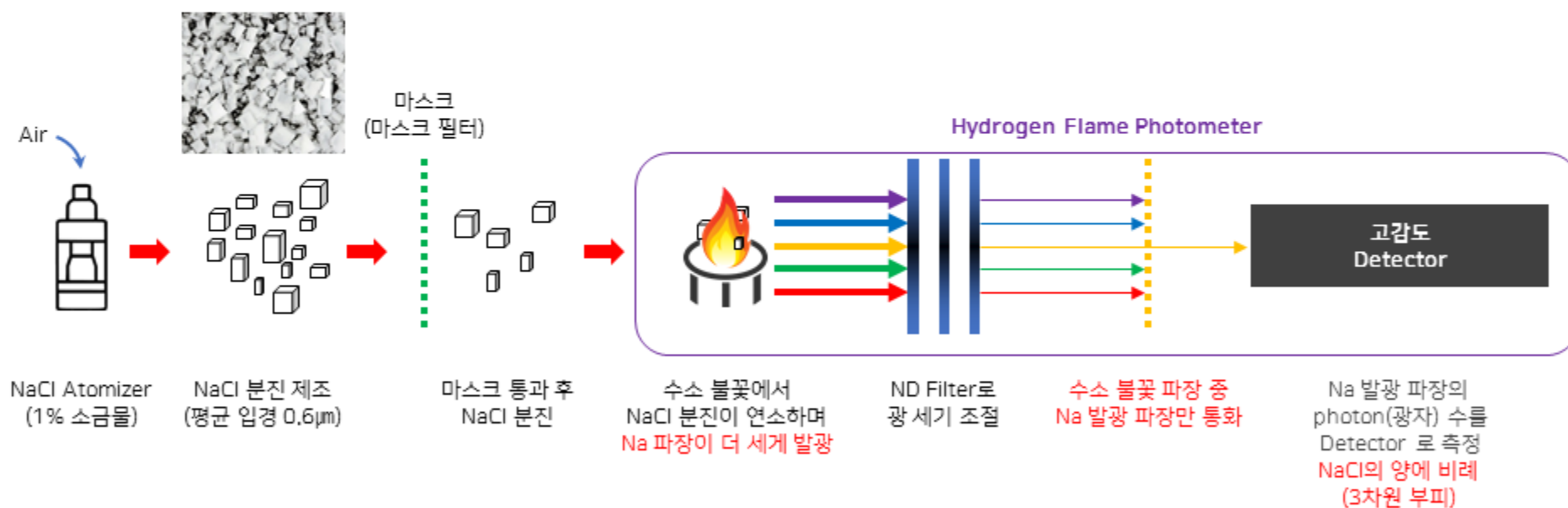
○ 분진포집효율

- 마스크가 대기 중 오염 분진을 얼마나 잘 걸러주는지 평가하는 항목
- 일정 크기의 표준 분진(Oil mist 평균 입경: 0.4 μ m, NaCl 분진 평균 입경: 0.6 μ m)을 일정농도 (8 \pm 4mg/m³)로 만들고 일정한 유속(95l/min)으로 마스크를 통과 시킬 때 마스크 통과 전·후의 분진 농도를 측정
- 분진포집효율(%) = 100-(통과 후 분진 농도/통과 전 분진농도)*100
- Paraffin Oil법(Paraffin oil mist)과 염화나트륨 법(NaCl 분진 / Hydrogen flame photometer)이 있음

3. 분진포집효율 측정 원리(염화나트륨 시험법)

○ 염화나트륨(NaCl Flame Photometer) 시험법

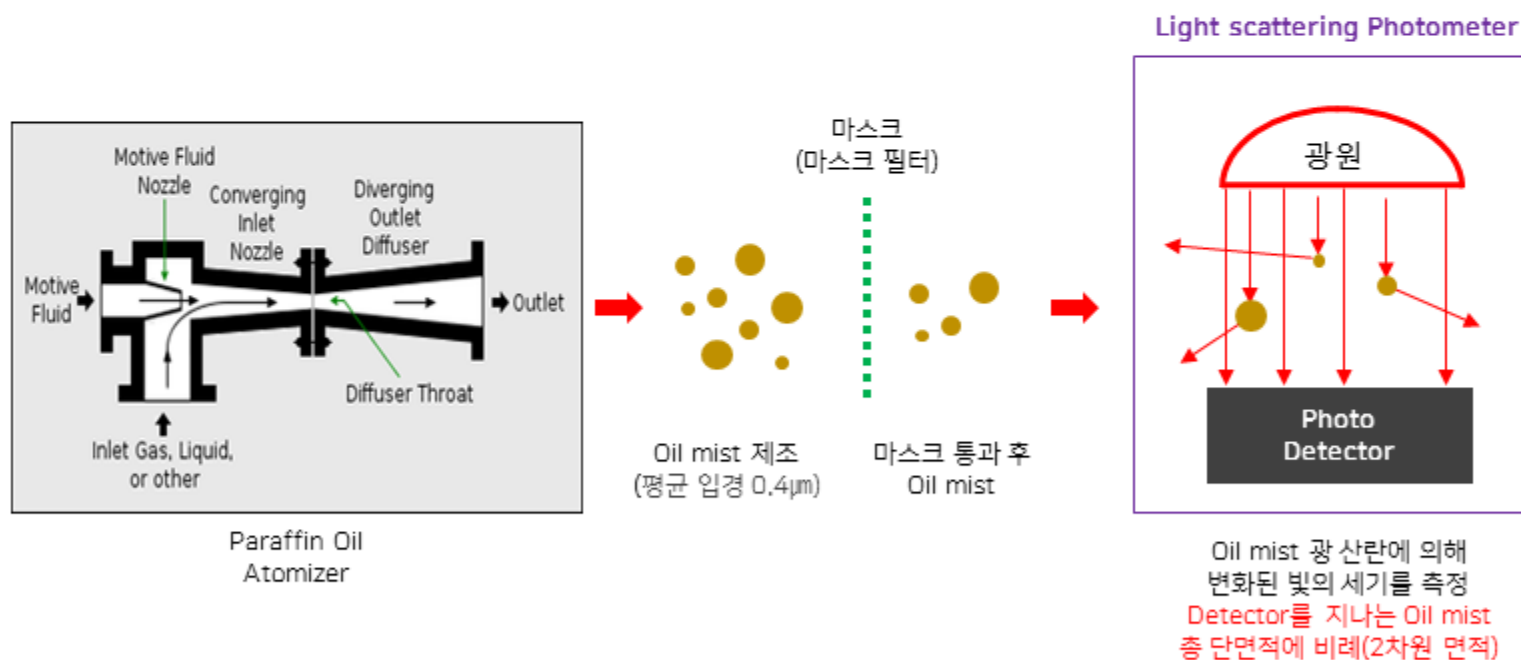
- 1% NaCl 수용액을 분무 후 미세 물방울을 건조시켜 평균 입경 $0.6\mu\text{m}$ 의 소금 분진을 만듦
- 이렇게 얻어진 NaCl 분진은 실제 자연상의 먼지와 유사한 다각형의 3차원 미세 분말이 됨
- NaCl 분진을 마스크에 통과시켜 **통과된 양(3차원적인 부피)**을 Hydrogen Flame Photometer로 측정



3. 분진포집효율 측정 원리(파라핀오일 시험법)

○ 파라핀 오일 시험법

- Jet Nozzle로 Paraffin Oil을 분사하여 작은 구형의 평균 입경 $0.4\mu\text{m}$ Oil mist를 만듦
- 이를 마스크에 분사하여 투과된 Oil mist를 광 산란(Light scattering) 분광계로 흘려 보냄
- 광 산란 분광계에서 Oil mist 입자에 의한 광 산란이 일어나고 Detector로 가는 광량에 변화가 일어나며, 이 변화를 신호로 측정함
- 이 때 광 산란 분광계의 신호는 Oil mist의 양(3차원적인 부피)에 비례치 않고 2차원적인 단면적에 비례함



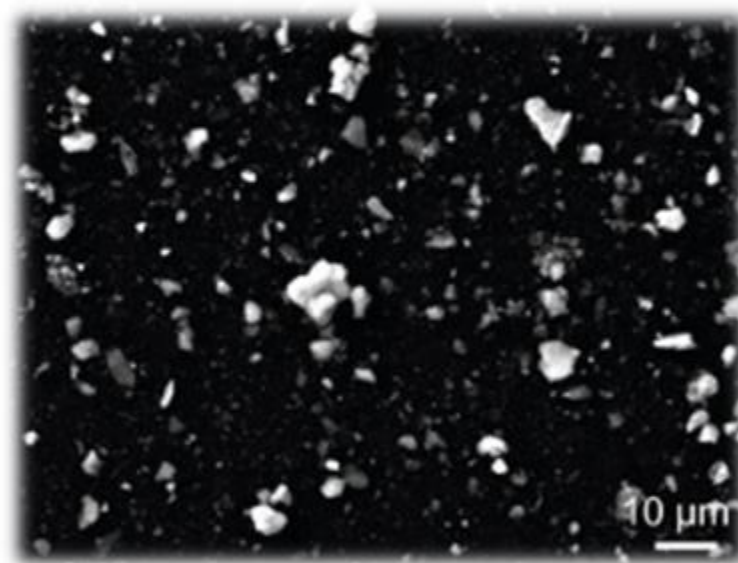
4. 분진포집효율 시험법 비교(1)

파라핀 오일 시험법



재채기, 침 방울 등의 액체 입자

염화나트륨 시험법



황사, 먼지 등의 고체 입자

4. 분진포집효율 시험법 비교(2)

- 두 시험법은 기본적인 측정 원리가 달라서 두 방법 간 데이터를 직접 matching 할 수는 없음 (두 방법이 별개로 존재하는 이유)
- 고가의 Hydrogen Flame Photometer 대신 저가의 Propane Flame Photometer를 사용할 경우 불꽃 온도가 낮아 NaCl의 고체 분진 측정에는 사용할 수 없고 원자화된 저 농도의 NaCl 수용액 측정에만 사용할 수 있음 (*수소/공기 불꽃 = 2254℃, 프로판/공기 불꽃 = 1980℃)

	파라핀오일 시험법	염화나트륨 시험법	비고
측정 분진	· 액상의 파라핀 오일 에어로졸	· 고체상의 소금 분말	· 상태가 다름(액체, 고체)
분진 형태	· 완전 구형 (평균 입경 0.4μm)	· 다각 육면체 (평균 입경 0.6μm)	· 평균 입경이 다름
측정 필터 특성	· 마스크 필터의 pore size에 의존 · 필터 소재와의 흡착 등 필터 효과 외의 특성에 의존	· 마스크 필터의 pore size, pore shape 등 물리적 필터 효과에만 의존	· 파라핀 오일 측정법은 같은 pore size라도 마스크 소재에 따른 오차 발생 가능성이 있음
검출기	· 광 산란 광도계 · 분진 양에 따른 빛 산란 양으로 분진의 개수를 측정 · 구형이 아닌 다각형의 <u>NaCl 분진 측정으로는 적합하지 않음</u>	· 수소 불꽃 광도계 · 수소 불꽃의 Na 발광 양을 측정하여 NaCl 분진의 무게 양을 측정 · <u>다각형의 NaCl 분진 측정으로 적합함</u>	· <u>광 산란 측정 방식</u> 은 2차원적인 면적 측정이라 <u>분진 모양이 구형이어야만 함</u> · <u>수소 불꽃 측정 방식</u> 은 3차원적인 부피를 측정하기 때문에 <u>분진의 형태에 무관함</u>
특징	· 기침, 재채기 등을 할 경우 세균에 오염된 비산되는 침 방울은 구형의 액체로 Paraffin oil mist와 유사한 형태를 보임 · <u>침 방울, 액상 에어로졸의 차폐 효과 측정에 적합함</u> · <u>고체 분진인 황사용으로는 적합하지 않음</u>	· <u>다각형의 NaCl 분진은 실제 황사나 대기 중 고체 분진과 유사하여 황사 및 산업용으로 적합함</u> · 세균에 1차 오염된 침 방울은 기화되거나 고체 먼지에 흡착되는데 이 고체 먼지에 대한 차폐 효과를 측정할 수 있어 방역용으로 필요함	· Oil mist: <u>액상 오염물 차폐 특성 평가용</u> · NaCl 분진: <u>고체나 액상 오염물이 흡착된 고체 오염물의 차폐 특성 평가용</u>
적용 범위	· KF94, KF99 마스크	KF80, KF94, KF99 마스크	

* 이와 같은 이유로 파라핀오일 시험법은 방역용 마스크 평가에만, 염화나트륨 시험법은 방역용, 황사, 산업용에 모두 적용함

5. 안면부 누설률 시험법

○ 개요

- 마스크 디자인 상의 문제점에 의해 안면과 마스크 사이의 밀착도가 떨어져 그 사이로 새어 들어오는 정도를 평가
- 2%의 염화나트륨 용액(평균 입경 $0.6\mu\text{m}$)의 분진이 $8\pm 4\text{mg}/\text{m}^3$ 의 농도, 최소 $0.12\text{m}/\text{s}$ 의 속도로 챔버 상부에서 유입되어야 함
- 챔버 내에 피시험자가 마스크를 착용하고 런닝머신 위에서 $6\text{km}/\text{h}$ 의 속도로 일정시간(5동작*2분=10분)동안 걸으며 측정
- 측정시간 동안의 들숨과 날숨의 누설률 값을 측정하여 각 동작의 평균 값과 전체 평균으로 계산되어야 하기 때문에, 들숨/날숨을 감지하는 호흡센서 (*최소 0.05mbar 의 압력 변화 감지, 0.1초 이하의 반응속도)가 꼭 있어야 하며, PC와 센서가 연동하여 호흡을 감지하고 가이드라인의 계산식에 따라 계산 되어야 함
- 누설률(%) = $(C2/C1) * ((T\text{흡기}+T\text{배기})/T\text{흡기}) * 100$ ($C1$: 챔버 내 평균 농도, $C2$: 측정 된 평균 농도, $T\text{흡기}$: 흡기 전체 시간, $T\text{배기}$: 배기 전체 시간)
- 10명의 피시험자*각 5가지 운동 결과인 총 50번의 누설률 시험 값 중 46번 이상이 기준 값 이상이어야 함

○ 주의 사항

- Hydrogen flame photometer(분진포집효율 염화나트륨법과 동일한 광도계)로 측정되어야 함(4p. 6p참고)
- 측정 챔버 내의 NaCl 분진 농도 및 평균 입경이 유지되어야 한다. (입경분포 $0.02\sim 2\mu\text{m}$, 평균 입경 $0.6\mu\text{m}$, $8\pm 4\text{mg}/\text{m}^3$ 의 농도)
*농도 및 입경을 확인하기 위해 직접 측정하거나(챔버 자체의 NaCl 농도 및 입경 측정) 이를 보장할 수 있는 누설률용 NaCl Atomizer의 검량용 엔지니어링 back data sheet가 있어야 한다.

○ 동작 및 측정 과정

- Venturi Aspirator가 $2\text{l}/\text{min}$ 으로 항상 공기를 빨아들임
- 버너 내부에서 수소와 공기를 이용하여 수소 불꽃을 연소시키며, 연소물인 CO_2 , H_2O 는 외부로 Vent 됨
- 수소 불꽃에 NaCl 분진이 유입되면 고온의 수소 불꽃에서 원자화되며 Na 고유의 발광 파장(589.29nm)이 나타남
- 유입되는 NaCl에 따라 발광량이 달라져 누설되어 들어오는 NaCl을 정량 할 수 있음
- 해당 발광 파장만 통과 시켜 고감도 detector를 통해 전기 신호로 전환 됨

6. 제품 사진(1)

● 염화나트륨 누설률 측정장치 (Model: Type1300)



NaCl Hydrogen Flame Photometer & Chamber



NaCl 누설률 용
Aerosol Generator



Chamber 내부
런닝머신 & 피시험자

6. 제품 사진(2)

○ 염화나트륨 누설 및 분진포집효율 측정장치 (Model: Type1300S)



NaCl Hydrogen Flame Photometer & Chamber



NaCl 분진포집효율 용
Test Jig



NaCl 분진포집효율 용
Aerosol Generator

6. 제품 사진(3)

○ 파라핀오일 분진포집효율 측정장치 (Model: FMP03+FH)



Automatic measuring set FMP03 + FH

○ 안면부 흡기저항 측정기 (Model: BRA-1)



Breathing resistance Analyzer & Vacuum pump
(자사 제품)

6. 제품 사진(4)

○ 파라핀오일, NaCl 분진포집효율 측정장치 (Model: FP100, FN100)



Paraffin Oil, NaCl 분진포집효율 장비
(자사제품)

분진 포집 효율 측정기

■ 측정 일 2019년 03월 13일 10시

■ 에어로졸 종류 Default

■ 시료명 Default

■ 의회처 KNR

■ 시험기관 KNR

■ 측정시간 30 초

■ Delay Time 3 초

통신연결

COM 포트를 선택한 후 연결 버튼을 클릭하세요!

측정시작

블러오기

연쇄

시료명	Up stream(mg/m3)	Down stream(mg/m3)	포집 효율(%)

실시간 측정값 00

소프트웨어 화면