행정안전부

2021년도 재난안전 부처협력 기술개발

한국원자력학회
방사선방호연구부회 워크숍

「방사능재난 대피시설 방호기술 개발
: 방사능 방호용 마스크의 국가 표준 인증 필요성 분석」

2023.10.25

㈜유엔이 박 남 희

주관기관: 연세대학교

공동기관: 유엔이 Unique & Experience, UTEC 주식회사 유티이씨

위탁기관: 전북대학교 JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY, UNIST

참여(실증)기관: 울산광역시 울주군, 영광군 YEONGGWANG-GUN, 동남권원자력의학원

목차

CONTENTS

Ⅰ. 방호용 마스크의 필요성

Ⅱ. 방호장비로서의 마스크

Ⅲ. 마스크 시장 현황

Ⅳ. 마스크 표준 인증 방안

Ⅴ. 결론

Ⅰ. 방호용 마스크의 필요성

연구 필요성

- 원전사고로 인한 방사능복합재난 상황발생시 <행안부-지자체-원안위>간의 현장지휘체계는 혼란이 없어야 하며, **주민 대피시** 안전하게 법이 규율하고 있는 테두리내에서 **신속하게 소개작업** 이루어져야 함
- **주민 대피시** 집에서부터 전세버스(방호버스)에 탑승하여 **구호소**까지 이동하고 구호소에 머무는 동안에도 **방호용 마스크를** 착용하여 방사성물질이 호흡기를 통해 인체에 흡입되지 않도록 하는 것을 목적으로 함
- **기능적**이고 안전하고 경제적인 예산으로 구입하거나 보급이 가능한 마스크 개발중

주민

✓ 조사 지역 : 부산광역시 기장군, 울산광역시 울주군, 경상북도 경주시, 경상북도 울진군, 전라남도 영광군

✓ 조사 인원 : 150명('21년 8월)

방사능재난 시 대피소 희망 구비 물품

우선순위	항목	응답(%)
1순위	방사능 마스크	76.3
2순위	비상식량	72.6
3순위	방사능 구호물품	70.0
4순위	방사선차단복	69.3

Ⅰ. 방호용 마스크의 필요성

연구 필요성

구분		마스크
대기, 물리적 방호항목	대기환경	○
	방사성 핵종	○
	에어로졸	○
정량적 기준	현행 법령	없음
	산업 표준	없음
최소 요구성능	방호수준 및 측정범위	- 최소 산업용 마스크 1급 이상 - UNIST 연구 결과 적용
개선 대상 기능 및 요구사항		- 호흡 용이 - 편안한 착용감 - 누설률 최소화

구분		방진 마스크	방독 마스크
벤치마킹 사례	이미지		
	제조사	Wilson	SG생활안전
	국가	프랑스	한국
	상품명	5311	SG1000H
	단가	12,100원	52,000원
	포집효율 및 성능	염화나트륨에어로졸 99.98%, 파라핀오일미스트 99.89%	분진포집 효율 99.975% (HEPA 필터)
	인증 및 특이사항	FFP3 인증 (유럽)	KS 인증

방사성 유해물질 차폐 마스크

지급시기 및 지급방법

- 방사선비상계획구역 내 거주하고 있는 주민에게 3년에 한 번 1분기 내 지급
- 가급적 제조일이 1개월 내 제품을 지급하도록 함
- 비상시 집결지 및 구호소에서 한 명당 1일 1매 지급
- 대피 시나리오에 따른 소개지에서 대피지로의 이동시간이 24시간 이상인 경우, 대피차량에 탑승객 및 운전자 수에 맞춰 여분의 마스크를 탑재할 것

지역주민

단계	항목
대비	3년에 1번 1분기 내, 마스크를 사전에 지급받아 거주지 내 안전한 곳에 보관
	사전 배포된 마스크 올바른 사용법, 방사능재난 시 행동수칙 등을 숙지할 것
대응	사전 지급된 마스크를 올바르게 착용하여 집결지 또는 구호소로 이동
	지급된 마스크를 챙기지 못하였다면, 현장요원에 요청하여 마스크를 지급받아 착용
	마스크 교체 주기는 1일 1매
	귀끈을 잡아 마스크를 안면부에서 제거하며, 이때 필터에 손을 대지 않도록 주의함 제거한 마스크는 안내원의 지시에 따라 전용용기 또는 전용봉투에 모을 것

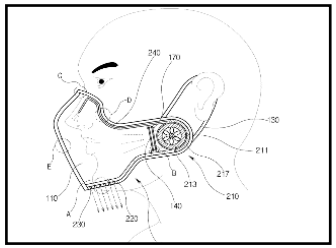
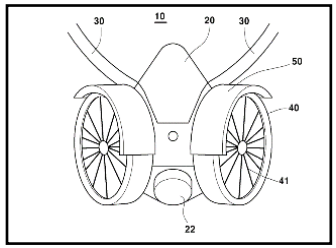
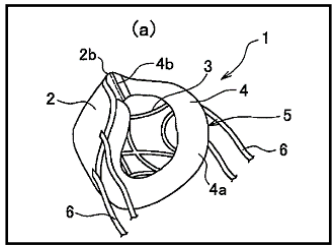
방사능방재요원

단계	항목
대비	3년에 1회 1분기 내, 방호장비 지급계획에 따라 마스크를 지급
대응	방재요원은 마스크를 착용할 것을 지속적으로 안내하며, 마스크를 미지참한 주민을 확인하여 마스크를 지급
	소개기간 내 주민에게 1일 1매의 마스크를 지급
	주민이 제거한 마스크를 전용용기 또는 전용봉투에 버릴 것을 안내하고, 장갑을 착용한 채로 전용용기 또는 전용봉투를 폐기 처분함

Ⅱ. 방호장비로서의 마스크

방호장비 요구사항 도출 - 「방호 마스크 특허현황」

- 조회 범위: 방진/방독 마스크 관련 국내 실용, 디자인 특허(2014-2022) 15 사례
- 방호 마스크 시작품 설계 및 특허출원(2차년 성과목표)을 위한 착안점 분석

구분	창의성	기능성	편의성
대표 사례 이미지			
특허명	에어커튼을 이용한 유해물질 차단형 보건 마스크	방사성물질 유입방지용 방독 마스크	일회용 방진 마스크
특허종류	등록-실용	등록-실용	등록-실용
등록일자	2018. 12. 11.	2014. 11. 25.	2019. 06. 18.
주요사항	• 필터링 된 외기 공급 • 마스크 내 공기 배출 • 소리감지센서, 진동센서, 방사선 지수 측정센서 적용 • 고글부와 연결 지원	• 방사선 작업 중 정화통 교체 지원 • 후면부, 방사성물질 오염방지커버 적용 • 방사성 물질 방지를 위한 개폐밸브 구비	• 마스크 접안부와 콧마루가 닿지 않는 구조 • 안면부와 밀착 형태

방사능 차폐물질을 포함한 "방사성 핵종 차폐 마스크" 로 특허출원 1건 진행

각 국가별 마스크 등급 기준

한국	KF80	0.6μm 분진포집율 80% 이상, 누설률 25% 이하, 황사+미세먼지용 = 방진 2급
	KF94	0.4μm 분진포집율 94% 이상, 누설률 11% 이하, 황사+미세먼지+병원체 방역용 = 방진 1급
	KF99	0.4μm 분진포집율 99% 이상, 누설률 5% 이하, 황사+미세먼지+병원체 방역용 = 방진 특급

미국	N	유분 에어로졸에 대한 차단력 없음	95	0.3μm 분진포집율 95% 이상
	R	유분 에어로졸에 대한 약간의 차단력 있음	99	0.3μm 분진포집율 99% 이상
	P	유분 에어로졸 차단력 있음	100	0.3μm 분진포집율 100%

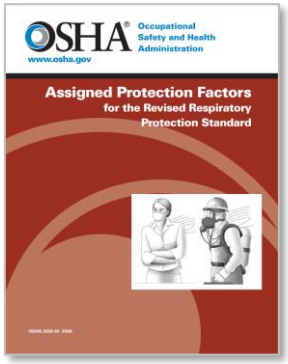
유럽	FFP1	0.6μm 분진포집율 80% 이상, 누설률 25% 이하
	FFP2	0.6μm 분진포집율 94% 이상, 누설률 11% 이하
	FFP3	0.6μm 분진포집율 99% 이상, 누설률 5% 이하

중국	KN95	0.3μm 분진포집율 95% 이상
	KN99	0.3μm 분진포집율 99% 이상
	KN100	0.3μm 분진포집율 100%

자료: 관세청

마스크 현황 분석

- 마스크별 오염물질 누출 수준 조사
  - 미국 OSHA (Occupational Safety and Health Administration) 는 Assigned Protection Factors(이하 APF)를 토대로 방호장비별 오염물질 누출 수준을 제시
  - APF가 10인 경우 누출되는 오염물질이 1/10 이하임을 의미
  - 방진/방독 마스크는 APF 10으로 마스크 안으로 유입되는 오염물질의 양은 유사한 것으로 판단됨 (방진 마스크에 방사성 핵종이 여과된다는 조건하)



구분	Half mask/Dust mask	Half mask (Elastomeric)	Full facepiece (Elastomeric)	Loose-Fitting PoweredAir-Purifying Respirator	Hood Powered Air Purifying Respirator
대표 사례 이미지					
APF	10	10	50	25	25

* 출처: Assigned Protection Factorsfor the Revised RespiratoryProtection Standard, OSHA 3352-02 2009

- 특허 등록 사례 분석
  - 방진/방독마스크 중심의 특허등록 15사례(2014~2022) 분석 및 시제품 설계를 위한 착안점 조사
  - 필터 기능 외 외부 공기 유입 차단 및 원활한 호흡환경 제공. 방사성 유해물질 차폐 가능 마스크 레이어 구성, 장시간 착용 가능한 인체 공학적 디자인 적용이 요구됨

방호장비 개념설계 – 「방호 마스크」

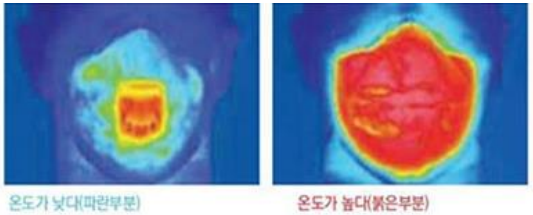
- 방진 1급(분진포집효율 94% 이상) 마스크 토대로 개념 설계 진행
- 산업표준 및 법령 기반 마스크 최소 성능 기준 적용(UNIST 제공)
- 포집효율 94%(에어로졸 평균 입경 0.6μm) / 안면부 누설률 11% 이하

구분	분진포집효율(%)	누설률(%)
특급	99.0 이상	5 이하
1급	**94.0 이상**	**11 이하**
2급	80.0 이상	25 이하

〈방진 마스크 성능기준, 안면부 여과식〉

예시

〈배기밸브 적용 전 후〉

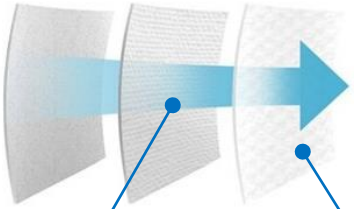


김서림 방지

착용감 개선

턱, 쉬운 착용성

〈겉면, 필터, 안면 레이어 설계〉



(중요) 필터 선정

실리콘 재질, 높은 안면 밀착률

방호마스크 적합 성능 기준 도출 후 추가 진행

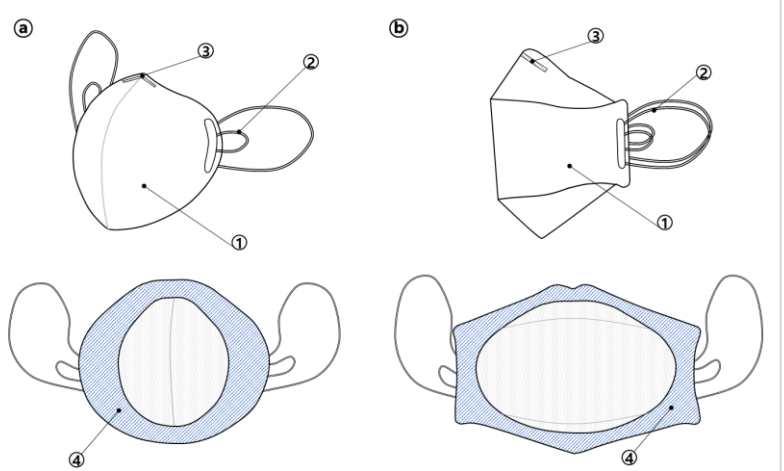
방호성능개선 장비 상세설계

방사성 유해물질 차폐 마스크

상세설계안

Project	방사능재난 대피시설 방호기술 개발	작성자	㈜유엔이
시제품명	방사성 유해물질 차폐 마스크	작성일	22.09.12

설계 이미지



Description

용도
호흡기를 통한 방사성 유해물질 체내 유입 차단

형태	
ⓐ	세로접이식
ⓑ	가로접이식

구성	
①	필터(본체)
②	귀끈
③	코편
④	페이스실

- 용도
  - 호흡기를 통한 방사성 유해물질 체내 유입 차단
- 규격
  - 영유아 등 다양한 안면부 사이즈 고려
  - 4가지 규격
- 형태
  - 세로 혹은 가로 접이식
  - 길이 조절이 가능한 귀끈
  - 내부 페이스실 상하 1cm, 좌우 3cm (콧구멍, 입이 닿지 않도록 설계)
  - 최소 0.3μm를 차폐할 수 있는 필터 레이어로 구성
- 성능기준
  - 0.3μm 크기의 방사성 유해물질 입자 차폐 가능
  - 포집효율 94% 이상
  - 누설률 5% 이하

※현행 산업용 방진마스크(안면부 여과식) 성능시험 항목 기준 1급 이상 충족

구분	분진포집효율(%)	누설률(%)
특급	99.0 이상	**5 이하**
1급	**94.0 이상**	11 이하
2급	80.0 이상	25 이하

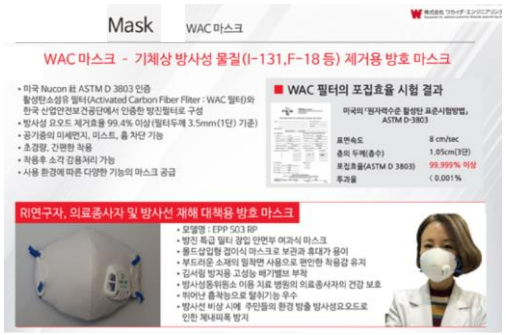
입자직경 : 0.3μm / 포집효율 94% 이상 / 누설률 5% 이하

업체 조사 진행

방사성 유해물질 차폐 마스크

1) ㈜AAAA
- KF94 마스크, 차량 필터, 정수기 필터 등 제조 및 판매 업체
- 7월 4일 업체 방문 미팅

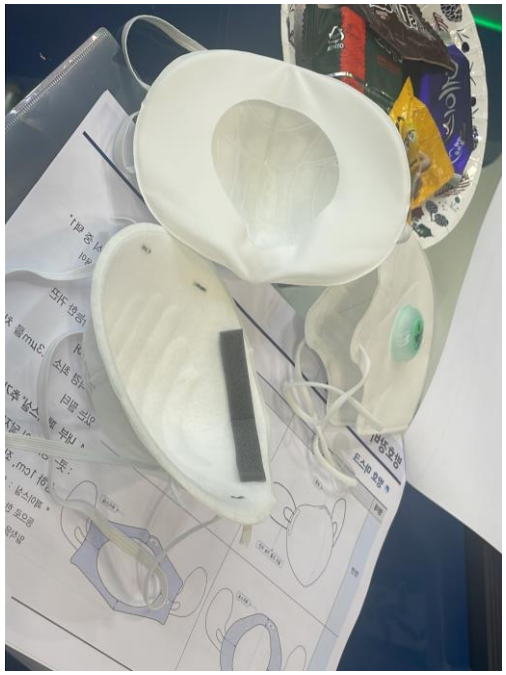
2) ㈜BBBB
- RI 연구자, 의료종사장 및 방사선 재해 대책용 방호 마스크 판매 중 → 규격 정보 공유 및 가격 문의
- 개당 가격 33,000원



업체 조사 진행

방사성 유해물질 차폐 마스크

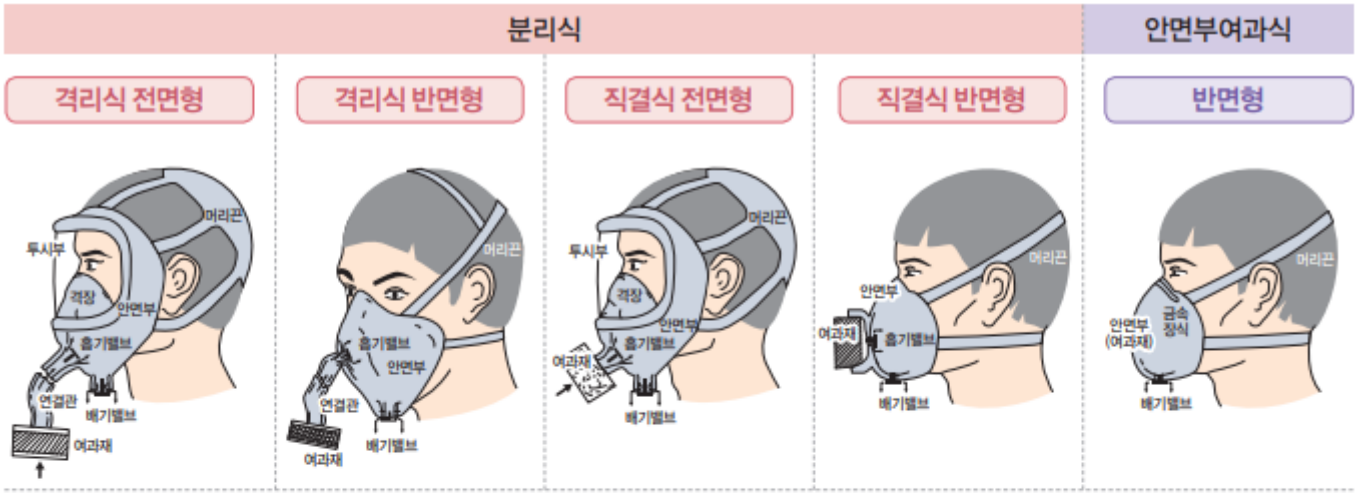
3) ㈜CCCC
- 마스크 전문 제조 업체
- 대량생산이 아니면 제작 어려움
- 방진 마스크 1급 보형물형(C650V) 가격 : 1700~1800원 / 방진마스크 2급 컵형(C250) 가격 : 약 1000원



방진 마스크

등급	제품명	제조 회사 (국가)	특징	사진	금액(원)
특급	C850V	에버그린 (한국)	- 다기능 초정전 + 고효율 정전 FIBER 필터 사용 - 접이식 - 보형물 마스크		54,350
특급	DM-47	도부라이프텍 (한국)	- 필터교환식 사각마스크 - 원터치방식의 필터 홀더		39,000
특급	3M8293	3M (미국)	- 납, 석면 등 입자상 물질이 발생하는 작업장소 특화		16,528
특급	C560V	에버그린 (한국)	- 필터를 보호하는 2-STEP 공법으로 제조하여 포집효율 향상, 호흡저항 감소, 사용시간 증대 - 컵형, 걸고리형 머리끈		3,850
특급	KX130V	듀폰 (미국)	- 고효율 HEPA 다층구조 초정전 필터 사용		3,399
1급	3M8922	3M (미국)	- 3차원 구조 초정전 필터 사용 - 페이스실 적용		21,000

방진 마스크



방진마스크 등급에 따른 사용장소

특급	• 베릴륨등과 같이 독성이 강한 물질들을 함유한 분진 등 발생장소, 석면 취급장소
1급	• 금속흄 등과 같이 열적으로 생기는 분진 등 발생장소 • 기계적으로 생기는 분진 등 발생장소 (규소 등과 같이 2급 방진마스크를 착용하여도 무방한 경우는 제외)
2급	• 특급 및 1급 마스크 착용장소를 제외한 분진 등 발생장소

※ 배기밸브가 없는 안면부여과식 마스크는 특급 및 1급 장소에 사용해서는 안됩니다.

안전인증 표시

한국산업안전보건공단 인증필

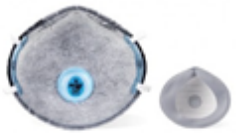
안전인증품목 : 방진마스크
형식·모델명 : XXXX
용량·등급 : XXXX
안전인증번호 : ** - AV*CT - ****
안전인증일자 : 20**. **. **.
제조일자 : 20**. **. **.
제조사명 : ㈜XXXX

KCs 인증을 꼭 확인하세요!

➡ 자세한 내용은 **산업안전보건인증원 홈페이지**에서 확인

자료: 산업안전보건공단

방진 마스크

등급	제품명	제조 회사 (국가)	특징	사진	금액(원)
1급	C336V	에버그린 (한국)	- AC 활성탄 섬유를 사용 - 마스크 테두리에 편물원형 밀착포를 부착하여 포근한 감촉, 기밀성 향상, 수분흡수, 유해물질 차단 - 컵형		2,475
1급	C135V	에버그린 (한국)	- FDA 인증 - 2단접이식 새부리형		1,099
1급	VC102V	애니가드 (한국)	- 정전필터에 의한 3중 구조 - 컵형		740
기타	EPP 503 RP	엘림글로벌 (한국)	- 방진 마스크에 활성탄소섬유 필터(흡착 필터)를 적용하여 방사성 유해물질을 필터가 흡착하여 제거하는 원리 - 미국 ASTM D 3803(원자력 등급 활성탄 표준 시험 방법) 인증을 받은 필터 - 국내 인증 x - PM2.5 기준으로 제작		33,000
기타	LG 퓨리케어 마스크	LG전자 (한국)	- 마스크의 초소형 팬이 호흡 시 압력을 감지하는 센서와 호흡 인지 알고리즘을 통해 마스크 내의 공기의 양을 조절해줌		239,900

방호성능개선 마스크 인증 - KOLAS, KC 인증, 식약처 인증

인증 종류
1. KOLAS 인증 • KOLAS 인증은 KOLAS로부터 공인기관으로 인정받은 기관에서 인증 • KOLAS 인증기관에는 교정기관, 시험기관, 검사기관, 표준물질생산기관, 메디컬시험기관, 숙련도시험 운영기관, 제품인증기관, 생물자원은행 등 8개 기관 • 위 8개 기관에서 KOLAS 인정마크가 들어가 있는 성적서 발행 **※ 방사능 시작품 관련하여 KOLAS 인증을 받을 수 있는 곳은 교정기관, 시험기관, 검사기관 3개 기관이나 시작품 인증 관련해서는 시험기관의 시험성적서를 받아야 함**
2. 1회용 마스크 인증 • 전기용품 및 생활안전관리법(전안법) 대상이나 안전기준 준수대상 생활용품이 아니어서 인증 불가 KC 인증 불가 • 산업용 방진 마스크(KCs 인증)
3. 식약처 인증 • 식약처에서 보건용 마스크, 비말차단용 마스크, 수술용 마스크에 대한 기군 규격 고시 및 신고제 전환

방호성능개선 마스크 인증을 위한 기술기준 조사

마스크 품목

품목명	인증제도	기술기준
방연마스크	선박용 물건의 형식 승인 및 검정(의무)	선박용 물건의 형식 승인 및 검정에 관한 기준(해양수산부고시 제2023-78호)
	어선용품의 형식승인 제도	어선용품의 형식승인 시험 및 검정 등에 관한 기준
방진마스크	유해·위험한 기계·기구·설비 등 안전인증(의무)	보호구 안전인증 고시(고용노동부 고시)(제2020-35호)
송기마스크	유해·위험한 기계·기구·설비 등 안전인증(의무)	보호구 안전인증 고시(고용노동부 고시)(제2020-35호)
승객용산소마스크	항공기 기술표준품 형식승인(의무)	항공기 기술표준품 형식승인 기준
승무원용산소마스크	항공기 기술표준품 형식승인(의무)	항공기 기술표준품 형식승인 기준
연속공급식산소마스크	항공기 기술표준품 형식승인(의무)	항공기 기술표준품 형식승인 기준
호흡기용마스크	의료기기 허가(의무)	의료기기 허가·신고·심사 등에 관한 규정(식품의약품안전처고시 제2022-52호)
에어로졸마스크	의료기기 허가(의무)	의료기기 허가·신고·심사 등에 관한 규정(식품의약품안전처고시 제2022-52호)
부분재호흡마스크	의료기기 허가(의무)	의료기기 허가·신고·심사 등에 관한 규정(식품의약품안전처고시 제2022-52호)
비재호흡마스크	의료기기 허가(의무)	의료기기 허가·신고·심사 등에 관한 규정(식품의약품안전처고시 제2022-52호)
가스혼합마스크	의료기기 허가(의무)	의료기기 허가·신고·심사 등에 관한 규정(식품의약품안전처고시 제2022-52호)
구급소생마스크	의료기기 허가(의무)	의료기기 허가·신고·심사 등에 관한 규정(식품의약품안전처고시 제2022-52호)
방독마스크	KS 표시 인증제도 유해·위험한 기계·기구·설비 등 안전인증(의무)	
화재용긴급대피마스크	KS 표시 인증제도	

방호장비 시작품 제작 관리 지원

▶ **[한국건설생활환경시험연구원(KCL)], [FITI시험연구원], [KOTITI시험연구원], [KTCC] 등**

(업체 공통)

- 방호성능을 측정할 수 있도록 규정되어 있는 공인인증 기준은 없음
- 기관별로 KOLAS 인증을 진행할 수 있는 시험 항목은 상이함
- 기준이 없을 시, 의뢰자가 제시한 시험 조건을 토대로 일반적인 성적서 발급 가능
  - 의뢰자가 구체적인 시험 조건 및 방법 제시 후, 성능 시험 진행

■ 인증 불가능

※ 마스크의 성능기준 및 시험 방법은 보호구 안전인증 고시

(고용노동부 고시)(제2020-35호)를 따르며, 질량유량직경 0.3㎛, 포집효율 94% 이상,

누설율 5% 이하의 조건으로 변경하여 진행할 예정(**방진마스크의 경우 흡배기구 포함**)

마스크 인증 획득 절차

마스크 인증 획득 절차

① 마스크 성능기준 요구도 및 명세서 개발

② 규격서 및 설명서 개발(방진 기준 – KOLAS 인증 규격, **방사능 방호기준 – 일반 성적서 기준)**

③ 시작품 제작

④ 규격서 개발 및 시험평가(KOLAS 인정기구)

⑤ 인증획득 – KOLAS 공인성적서와 일반성적서 획득

마스크를 예정대로 개발하여 인증을 받으려면 방진 기준(코라스), 방호 기준(연구진)

→ **방진마스크 기준(흡배기구 필터부착) 혹은 신규 방호용마스크 규격 기준 제정**

Ⅴ. 결론

연구 결과 기반의 결론

1. 방호용 마스크 필요

- 방사능재난 발생시 주민 및 관계자 지급용 안전 마스크 필요
- 안전성, 기능성, 경제성 확보한 마스크 필요
- 교체 주기 및 보관성 고려한 마스크 필요

2. 안전 마스크 인증

- 안전성이 입증된 국가 표준의 인증 획득 필요
- 기존의 안전 표준은 산업용 방진/방독 마스크 기준
- 1회용 마스크에 대한 확대된 마스크 인증 기준 마련 필요

3. 인증 방안 마련

- 기존에 인증 방안이 없다면 신규 규정 마련에 대한 검토 필요
- 인증 방안을 마련하고 이에 따른 방호용 마스크 안전성 확보 및 마스크 관련 업체 등의 산업화 촉진

방사능재난 대피시설 방호기술 개발

감사합니다.

THANK YOU FOR KIND ATTENTION