

생물안전3등급 연구시설의 개요 및 설치지침

(The Outline & Installation Guideline for Biosafety Level 3 Laboratory)

○ **홍진관** | 가천대학교 설비소방공학과
교수
E-Mail : jkhong@gachon.ac.kr

1. 서론

생물안전3등급연구시설(BSL3 Laboratory)은 제3 위험군 이상의 병원체 또는 위해성이 높은 유전자 재조합 실험수행의 필수적인 요건으로 국내 의과학 연구인프라의 핵심이 되고 있다. 이에 정부에서는 2008년 “유전자변형생물체의 국가간이동등에 관한 법률 (LMO법)”을 입법제정하고, LMO를 개발하거나 사용하는 실험에 이용되는 생물안전3등급 이상 연구시설에 대한 국가허가제를 시행하고 있다. 생물안전3등급연구시설을 설치·운영하고자 하는 기관은 관련 시설의 설계 및 시공시 그 품질은 물론 운영안전성을 확보에 대한 설치지침이 필요하고 이와 같은 지침은 미국 등 선진국의 예에서와 같이 국가의 생물안전의 제고에 매우 중요한 역할을 담당하고 있으며 그 중요성 또한 높아지고 있다.

여기서는 생물안전3등급연구시설의 설치지침에 대한 외국 현황과 국내에서의 지침안을 개괄적으로 살펴보고, 2016년 5월 현재 약 60여개소에 설치되어 있는 생물안전3등급연구시설의 개요와 특징에 대해 살펴보고자 한다. 이를 통해 최근 AI, 신종 인플루엔자A 및 MERS 등 향후 예측하기 어려운 질병 발생에 대처하는 병원체의 연구를 포함하는 바이오 및 의과학분야의 기술개발을 위한 산학연 협력 및 기술발전을 위한 계기로 삼고자 한다.

2. 생물안전관리의 국내외 현황

2.1 선진외국의 현황

1) WHO 등 국제기구와 선진국에서는 생물안전을 포함한 실험실 안전을 총괄하는 전담조직이 설치되어 있어 각종 기준의 마련과 보급교육 등의 활동을 담당하고 있다.

미국 질병관리센터(CDC)는 미국국립보건원(NIH)과 함께 미생물 및 과학실험실 생물안전지침(Bio-safety of microbiological and biomedical laboratories; BMBL)을 제정하여 보급하고 있다. 그 주된 내용은 병원성 미생물을 위해도에 따라 분류한 후 병원성 미생물에 따라 필요한 생물안전등급(Biosafety level)을 권고하고 생물안전등급에 따라 안전에 필요한 실험방법, 생물안전장비와 설비등을 규정하고 있다.

2) 영국의 경우 생물안전을 담당하는 부서는 Health and Safety Executive(HSE)이며, 여기서 작업장에서 의 건강과 위험을 관리하는 것을 목적으로 하고 있다. HSE의 자문을 받고 있는 Advisory Committee on Dangerous Pathogens(ACDP)는 병원성 미생물을 그 위해도와 밀폐수준에 따라 범주화한 지침 (“Categorization of Biological agents according to

hazard and categories of containment”)을 발간하고 있는데 미생물을 박테리아, 바이러스, 기생충, 진균으로 나누어서 그룹(Hazard Group)1~4로 나누고 있으며 이에 따라 밀폐수준(Containment Level)1~4로 구분하여 이에 맞는 적절한 대비를 하도록 하고 있다.

3) 캐나다의 (“Office of Laboratory Security”) OLS에서는 “The Laboratory Biosafety Guidelines”을 연차적으로 발간하고 있으며 WHO 자문역할을 수행하고 있다고 알려져 있다. 캐나다의 지침에는 과학 및 미생물실험실에 있어서 생물안전에 관한 사항에 유전자재조합실험지침에 해당하는 사항을 첨부하여 통합하는 형태로 구성되어 있으며, 먼저 생물안전과 관련하여 미생물을 위험그룹 1~4로 분류하고 이에 따른 밀폐수준(Containment Level)1~4를 규정하고 있다. 그리고 미생물을 다루는 실험을 할 경우 일반적인 안전수칙 및 실험실 설계시 요구사항등이 포함되어 있다.

2.2 국내 현황

1) 국내에서도 많은 국가연구기관, 학계 및 민간 기관들에서 대부분 미국 및 캐나다 등 해외자료를 참고하여 생물안전3등급연구시설을 설치하여 운영하고 있으나 설치 당시 참고할 국내 설계자료도 부족하고 건축과 생물안전의 개념을 동시에 포함한다면 작성 및 설계에 생물안전을 구현할 수 있는 경험자도 많지 않아 많은 어려움이 있었다. 그러나 수년에 걸쳐서 현재까지 60여개 기관의 생물안전3등급연구시설의 검증과정을 통해서 설계 및 시공기술의 축적이 이루어지고 있으며, 최근에는 WHO의 의뢰로 한국생물안전협회(KOBSA)의 참여로 필리핀 등 외국의 생물안전3등급연구시설 검증용역에 참여하기에 이르고 있다. 2006년 질병관리본부는 개정 전염병예방법에 따라 고위험병원체 검사 이동 및 폐기 등에 관한 안전관리 규정을 마련하고 이를

근거로 실험실생물안전지침을 발간하였으며, 이 지침에 등급별 실험실의 설치 및 운영기준을 제시함으로써 향후 연구시설을 설치, 운영하고자 하는 기관에게 도움이 되도록 하였다.

2) 제시된 실험실생물안전지침에는 차압등 3등급연구시설이 반드시 갖추어야 할 기본적인 사항이 포함되어 있으나 실제 3등급연구시설의 건축 세부 사항을 규정하고 있지 않아 3등급연구시설을 설치하고자하는 기관에 보다 세부적인 정보를 제공하고 이같은 시설의 안전성을 제고하기 위해서 국내외 자료를 바탕으로 3등급연구시설 설치를 위한 지침서의 제정이 요청되었다. 이에 질병관리본부에서는 2008년 생물안전3등급연구시설설치를 위한 지침서를 제정을 위한 기본안을 마련하고 2006년에 제정된 “실험실생물안전지침”, 2007년에 제정된 “생물안전3등급연구시설 검증기술서”, 2008년 “생물안전3등급연구시설 안전관리지침”과 연계하여 활용될 수 있도록 하였다. 2007년 이후 2010년 5월에 1차 개정판, 2012년 12월에 2차 개정판, 2013년 6월에 3차 개정판이 차례로 발간되었으며, 2014년에 생물안전4등급 연구시설 검증기술서를 추가하여 생물안전3,4등급 연구시설 검증기술서로 통합제정되어 생물안전3,4등급 연구시설 검증에 활용되고 있다. 또한 2008년 “생물안전3등급연구시설 안전관리 지침은 안전관리에 필요한 핵심사항을 포함하고 2014년 개정을 통해 최신화된 Version을 제시하고 있다. 이와 함께 그간의 생물안전3등급연구시설의 설치 운용상태에서 도출된 수많은 질문과 시행착오들을 담아 설계단계에서부터 효율적으로 프로젝트가 진행될 수 있도록 사용자, 시공자, 설계사를 위한 생물안전3등급 연구시설 설치운영 해설서가 2014년에 제정되고, 동물이용 연구시설(animal biosafety level 3, ABL3)의 설치운영 해설서가 2015년 제정되어 연구시설의 설비 구축과 운영에 필요로 하는 생물안전성과 효율성을 향상시키는데 도움을 주고 있다. 2014년과 2015년에 걸쳐서 완비된 검증

기술서, 생물안전3등급연구시설의 안전관리지침, 생물안전3등급 연구시설 설치운영 해설서등은 생물안전연구시설의 설계,시공,검증 및 운영에 일익을 담당함으로써 국가 생물안전체계를 선진국 수준으로 끌어 올리는데 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다. 향후 생물안전분야의 기술발전에 따라 이와 같은 guideline은 지속적으로 update되고 생물안전을 위한 관련제도 확립에 기여할 수 있도록 노력하여야 할 것이다.

3. 생물안전3등급연구시설의 설치 지침

3.1 생물안전3등급연구시설의 개요와 특징

생물안전밀폐시설은 외부와 물리적으로 완전히 차단되어 있는 급배기 공기의 유량조절을 통한 다단계 음압설정 및 사람과 물건의 출입이 통제된 연구시설을 지칭한다. 생물안전시설은 앞서 언급한 바와 같이 생물안전 1~4등급시설이 있으며, 호흡기 전염이 가능한 물질로 치명적인 전염을 일으킬 수 있는 수준의 물질을 다루는 생물안전3등급시설과 에어로졸 루트를 통해 전이되고 백신과 치료법이 없고, 높은 단계의 위험단계로 외래 미생물들의 작업에 적용되는 생물안전4등급시설의 경우 실내 음압유지를 위한 환기제어(Ventilation Strategy)가 필요하다. 따라서, 에어로졸 발생을 수반할 수 있는

실험을 수행할 수행하는 시설의 경우에는 실압유지를 위한 환기제어의 개념과 이와 연관된 공조시스템의 기본을 잘 이해하는 것이 매우 중요하다.

생물안전시설에서 일반적인 밀폐의 목적(Biocontainment goals)으로는 실험자 보호(Protection of personnel), 환경보호(Protection of the environment) 및 연구의 통합성(Integrity of the research)을 유지하는 데 있다. 생물안전시설에서 밀폐를 위한 장벽(barrier)으로는 1차 장벽(Primary barriers)으로 실험자 보호하는 개인보호장비(작업복, 장갑, 보안경, 작업화), 생물안전작업대등이 있고, 2차 장벽(Secondary barriers)으로 실험실 외부자 보호와 동시에 실험자를 보호하고 환경보호(공기, 폐기물, 폐수, 장비 등)가 있다. 앞서 언급한 바와 같이 생물안전3등급시설은 에어로졸 루트를 통해 전이되는 미생물을 취급하므로 작업 실내 음압유지를 위한 공조시스템의 기본과 생물안전3등급시설과 일반건물의 공조시스템과의 차이를 잘 이해할 필요가 있다.

그림 1은 일반건물의 공조시스템을 보여주고 있다. 일반건물의 경우 실에 따라 차이는 있지만 보통 환기와 외기의 비율은 7 : 3정도, 필요 환기횟수는 약 5회/시간 정도이며, 보통 1일 평균 8~10시간/일 가동되고 있다. 또한, 실내 온습도 제어에 있어 상대적으로 덜 엄밀한 편으로 일정한 오차가 허용될 수 있으며, 또한 실간 차압유지 불필요하다고 볼 수 있다.

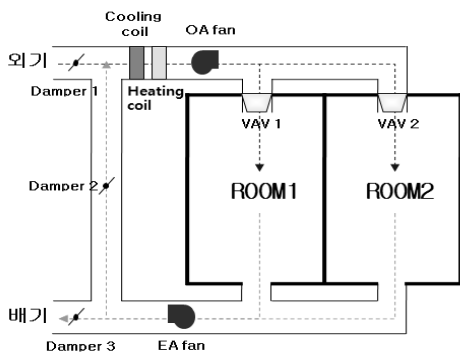


그림 1. 일반건물의 공조시스템 개념도

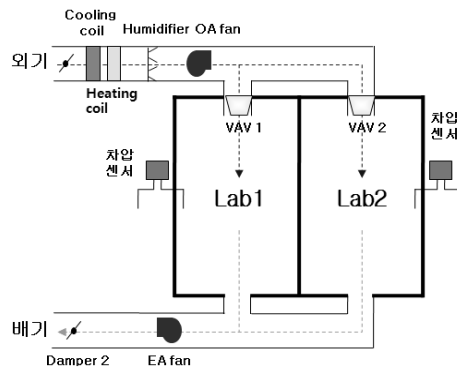


그림 2. 생물안전3등급시설의 공조시스템 개념도

이에 비해 그림 2의 생물안전3등급시설의 공조시스템의 경우 생물학적 안전성 및 신뢰성 확보를 위해서 24시간 상시 가동상태에서 100% 외기 유입, 100% 배기를 하며, 시설의 특정 공간을 음압으로 설정하고 Cascade방식의 실간 차압 유지를 하여야 하며, 10~15 회/시간 이상의 환기횟수를 필요로 한다. 또한 각실에 HEPA필터 적용으로 공조시스템의 송풍 동력이 증가하게 되며, 엄격한 온습도 제어 범위 설정이 필요하다.

3.2 생물안전3등급연구시설의 공조부하

앞서 설명한 바와같이 생물안전3등급시설의 경우 실험실 생물안전을 위해서 100% 전외기 전배기를 행하므로 환기제어와 관련된 환기부하의 비중이 40%를 상회하는 정도로 상당히 크게 된다. 그러면 생물안전시설의 실내부하(Space Load)는 어떻게 산정하는가? 이러한 물음에 대한 답은 먼저 실험실의 규모에 맞는 정확한 부하계산이 중요하다고 할 수 있다.

일반적으로 실내부하는 외부부하(External Loads or Building Loads)와 내부부하(Internal Loads)로 구성되고, 외부부하는 실험실 위치에 따른 기후조건과

건물의 외피, 창호, 문, 침기(Penetrations)조건에 따라 많이 달라진다. 내부부하(Internal Load)는 인체, 조명, 기기 및 장비에 의한 부하를 포함한다. 내부부하 산정시 실험실에서 사용되는 장비의 비중이 크기 때문에 장비에 대한 정확한 고려가 대단히 중요하다. BSC(Biosafety Cabinet) Class II Type A2, Class II Type B1, Class II Type B2, Class III, Lab Bench, Freezers, Hand Sink, Sterilizers 등 실험실에 어떠한 장비가 필요한가? 먼저 결정을 내려야 하는데 이때, BSC의 선택은 에너지절약에 대단히 중요하다. 외기를 도입하여 사용하는 배출캐비닛을 선택한다면 실험실 운영에 소요되는 에너지 비용은 지속적으로 증가하게 된다. 미국 Boston지역에서 1 CMH(m^3/h)의 풍량을 생산하여 실험실에 공급하는데 년 3USD(약 3,400Won)의 유지비용이 소요되는 것으로 알려져 있다. 따라서 환기부하의 비중이 40%를 상회하는 실험실의 경우 에너지절약 설계기술의 도입이 필요하며, 공조시스템에 현열회수방식이나 고효율 Heat Pump방식의 채택등이 증가하고 있다.

그림 3은 생물안전 (3,4등급) 시설 공조시스템 계통도(예)를 보여주고 있으며, 표 1은 생물안전 (3,4등급)시설 공조시스템 제어(예)를 표 2는 2014년 생

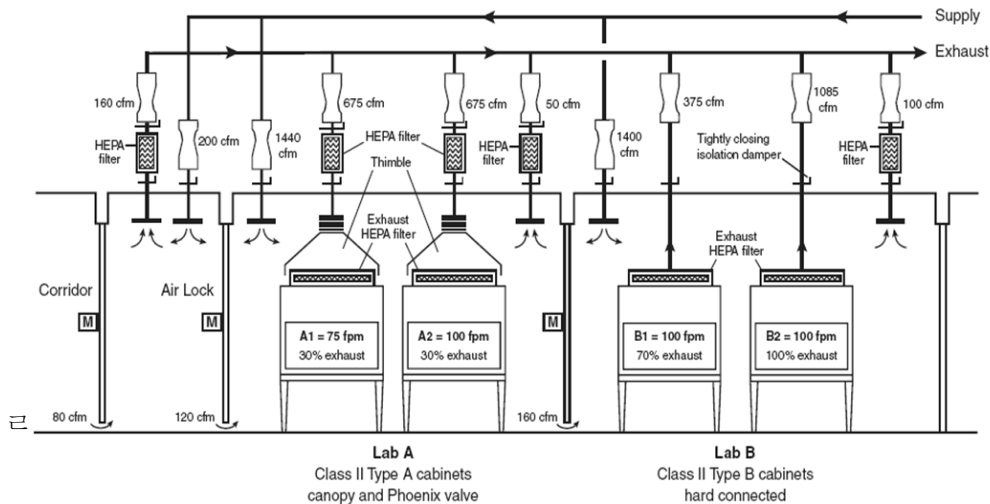


그림 3. 생물안전 (3,4등급)시설 공조시스템 계통도(예)

표 1. 생물안전 (3,4등급) 시설 공조시스템 제어(예)

공조기 절환제어	비상운전 제어	실간 압력제어	공실/야간제어	필터오염 보상제어	온습도 제어
주공조기와 보조공조기의 자동절체	급기팬 이상, 배기팬 이상시 운전제어	Direct Differential Pressure Control, Volume Flow Tracking Control	실내 재실자가 없거나 야간 운전시	필터 오염정도 감시	부하에 따라 온습도 재설정
절체중 실험실 환경 유지	절체중 실험실 환경 유지	이중화 알고리즘	운영비용 절감	차압제어와 연동	과도한 온도 제어를 통한 손실 제한

물안전3등급 연구시설 설치운영 해설서 [별표 9-1] 연구시설의 설치·운영기준(제9-2조 제2항 제1호 관련)에 있는 설치기준(관장시설과 필수시설)을 나타내고 있다. 표 2에서 나타난 바와 같이 실험실 위치 및 접근 (11)개항, 실험구역(5)개항, 공기조절(10)

개항, 실험자 안전보호(4)개항, 실험장비(4)개항, 폐기물처리(3)개항, 기타설비(6)개항등 총 43개항으로 구성되어 있는데 생물안전4등급 연구시설의 경우 전항목이 필수항목으로 되어 있다.

생물안전3등급 연구시설의 경우 실험구역(5)개

표 2. 2014년 생물안전3 등급 연구시설 설치운영 해설서

[별표 9-1] 연구시설의 설치·운영기준(제9-2조 제2항 제1호관련)에 있는 설치기준

준수사항		안전관리등급			
		1	2	3	4
실험실 위치 및 접근 (11)	실험실(실험구역): 일반 구역과 구분(분리)	권장	권장	필수	필수
	주 출입구 잠금장치 설치(카드, 지문인식시스템, 보안시스템 등)	권장	권장	필수	필수
	실험실 출입 전 개인의류 및 실험복 보관 장소 설치	권장	권장	필수	필수
	실험실 출입 현관 전실 등을 경유하도록 설치	-	권장	필수	필수
	장비 등 가져다 반출입을 위한 문 또는 구역 설치	-	권장	필수	필수
	구역 내 문 상호열림 방지장치 설치(수동조작 가능)	-	-	필수	필수
	출입문 공기평창 또는 압축밀봉이 가능한 문 설치	-	-	권장	필수
	공조기실은 밀폐구역과 인접하여 설치	-	-	권장	필수
	밀폐시설 콘크리트벽에 둘러싸여진 별도의 실험전용건물 (4등급 연구시설은 내진설계 반영)	-	-	권장	필수
	연구시설 유지보수에 필요한 공간 마련	-	-	필수	필수

준수사항		안전관리등급			
		1	2	3	4
실험구역 (5)	밀폐구역 내부 화학적 살균, 훈증소독이 가능한 재질 사용	-	-	필수	필수
	밀폐구역 내부 벽체는 콘크리트 등 밀폐를 보장하는 재질 사용			권장	필수
	밀폐구역 내의 이음새 시설의 완전밀폐가 가능한 비경화성 밀봉제 사용	-	-	필수	필수
	외부에서 공급되는 진공펌프라인 설치 시 헤파필터 장착	-	-	필수	필수
	내부벽 설계 시 설정 압력의 1.25배 압력에 뒤트림이나 손상이 없도록 설치	-	-	-	필수
공기조절 (10)	밀폐구역 내부 공기 상시 음압유지 및 재순환 방지	-	-	필수	필수
	외부와 최대 음압구역간의 압력차 -24.5Pa이상 유지(±30% 변동허용)	-	-	필수	필수
	시설 환기 시간당 최소 10회 이상(4등급 연구시설은 최소 20회 이상)	-	-	필수	필수
	배기시스템과 연동되는 급기시스템 설치	-	-	필수	필수
	급기덕트에 헤파필터 설치(동물구역은 필수)	-	-	권장	필수
	배기덕트에 헤파필터 설치(4등급 연구시설은 2단의 헤파필터 설치)	-	-	필수	필수
	예비용 배기필터박스 설치	-	-	권장	필수
	급배기덕트에 역류방지댐퍼(Back draft damper, BDD) 설치			필수	필수
실험자 안전 보호 (4)	배기 헤파필터 전단 부분은 기밀형 댐퍼 설치(4등급 연구시설은 버블타이트형 댐퍼 또는 동급 이상의 댐퍼 설치)	-	-	필수	필수
	배기 헤파필터 전단부분의 덕트 및 배기 헤파필터 박스 : 3등급 연구시설은 1,000 Pa 이상 압력 30분간 견딜(누기율 10% 이내), 4등급 연구시설은 2,500 Pa 이상 압력 30분간 견딜(누기율 1% 이내)	-	-	필수	필수
	실험구역 또는 실험실 내부에 손 소독기 및 눈 세척기(슈트형 4등급 연구시설은 눈세척기 제외) 설치	-	권장	필수	필수
	밀폐구역내 비상 샤워시설 설치 (슈트형 4등급 연구시설은 제외)	-	-	필수	필수
실험장비 (4)	오염 실험복 탈의용 화학적 샤워장치 설치	-	-	-	필수
	양압복 및 압축공기 호흡장치 설치(캐비닛형 4등급 연구시설은 제외)	-	-	-	필수
	고압멸균기 설치(3, 4등급 연구시설은 양문형 고압멸균기 설치)	필수	필수	필수	필수
	생물안전작업대 설치	-	권장	필수	필수
폐기물 처리 (3)	에어로졸의 외부 유출 방지능이 있는 원심분리기 사용	-	권장	필수	필수
	동물이용시 헤파필터 장착 급· 배기 시스템이 포함된 샤워장치 설치 (별도 덕트 연결) (4등급 연구시설은 2단의 헤파필터 처리)	-	권장	필수	필수
	고형 폐기물 고압증기멸균 또는 화학약품처리 등 생물학적 활성을 제거할 수 있는 설비 설치	권장	필수	필수	필수
실험자 안전 보호 (4)	실험폐수 고압증기멸균 또는 화학약품처리 등 생물학적 활성을 제거할 수 있는 설비 설치(4등급 연구시설은 고압증기멸균 설비 설치)	권장	필수	필수	필수
	헤파필터에 의한 배기(4등급 연구시설은 2단의 헤파필터 처리)	-	권장	필수	필수

준수사항		안전관리등급			
		1	2	3	4
기타 설비 (6)	시설외부와 연결되는 통신 시설 설치	권장	권장	필수	필수
	배관의 역류 방지 장치 설치	-	권장	필수	필수
	헤파필터 박스의 제독 및 테스트용 노즐 설치	-	-	필수	필수
	관찰 가능한 내부압력 측정 계기 및 경보장치 설치	-	-	필수	필수
	정전대비 공조용 및 필수설비에 대한 예비 전원 공급 설비 설치	-	-	필수	필수
	동물실험구역 등 냄새가 많이 발생할 수 있는 구역의 경우 배기에 카본필터 설치		권장	필수	필수

항 중 내부벽: 설계 시 설정 압력의 1.25배 압력에 뒤트림이나 손상이 없도록 설치, 실험자 안전보호 (4)개항 중 오염 실험복 탈의용 화학적 샤워장치 설치, 양압복 및 압축공기 호흡장치 설치등 3개항은 고려하고 있지 않는 것으로 되어 있다. 그 외에 실험실 위치 및 접근 (11)개항 중에서 출입문: 공기팽창 또는 압축밀봉이 가능한 문 설치, 공조기기실은 밀폐구역과 인접하여 설치, 밀폐시설: 콘크리트벽에 둘러싸여진 별도의 실험전용건물(4등급 연구시설은 내진설계 반영)등 3개항과 실험구역(5)개항 중에서 폐구역 내부 벽체는 콘크리트 등 밀폐를 보장하는 재질 사용과 공기조절(10)개항 중에서 급기덕트에 헤파필터 설치(동물구역은 필수)와 예비용 배기필터박스 설치등 2개항은 권장시설로 되어 있는 것을 알 수 있다.

3.3 생물안전3등급연구시설 설치 지침 내용

앞서 설명한 바와 같이 2008년 생물안전 3등급 연구시설 설치를 위한 지침서를 제정을 위한 기본 체계는 제 1장 총칙, 제2장 일반사항, 제3장 건축공사, 제4장 기계설비공사, 제5장 자동제어공사, 제6장 소방시설공사, 제7장 전기공사로 구성되어 있으며 각장에서 시설의 설치시 계획기준과 설계기준의 개념이 포함되도록 하고 있다. 계획기준에는 일

반적인 접근/기능적인 기준/공간계획/구역과 순환동선 등의 개념이 포함되어 있으며, 설계기준에는 일반적인 사항/건축 마감재와 재질/가구와 장치/구조적 검토/ HVAC, 배관, 전기 및 통신시스템/ 환경적 건강 및 안전성/환경적 관리/ 화재안전/ 화재방지/보안/ 통합된 시설물 관리시스템등의 개념이 포함되어 있다. 특히 제 1장 총칙의 제 1절 적용범위의 바)항에는 설계단계에서 멀티존(Multizone) 모델링에 의한 사전 시뮬레이션(pre-simulation)의 수행을 통해 고위험 미생물을 취급하는 3등급 연구시설에서의 교차오염 가능성과 운전중 설정한 실압유지등 시설의 운용안전성을 계획단계에서 제고할 것을 요구하고 있다. 또한 사)항에는 생물안전3등급연구시설 준공 후 검증을 위해서 사후 시뮬레이션 (post-simulation)을 수행하여 장비용량 선정의 효율성을 높이고 이러한 시설에서 일반적으로 발생되고 있는 공조용 에너지 사용에 따른 시설운용의 고비용 문제를 해결하기 위해 경제적인 측면에서 사후 시뮬레이션의 수행을 통한 분석을 적용범위로 권장하고 있다.

3.4 생물안전3등급연구시설 설치 지침 세부 체계

앞서 개요에서 설명한 바와 같이 최종적으로 마

련된 생물안전3등급연구시설의 설치지침은 총 117 페이지로 주된 체계는아래와 같이 제1장 총칙, 제2장 일반사항, 제3장 건축공사, 제4장 기계설비공사, 제5장 자동제어공사, 제6장 소방시설공사, 제7장 전기공사, 부록(멀티존 해석기법에 따른 사전,사후 시뮬레이션)으로 구성하여 기술하였으며 각장에서 시설의 설치시 계획기준과 설계기준이 포함되도록 구성되어 있다.

제1장 총 칙

- 제1 절 적용범위
- 제2 절 공사현장관리
- 제3 절 기기 및 재료
- 제4 절 시공
- 제5 절 완성검사
- 제6 절 기록
- 제7 절 공사인도
- 제8 절 정기검사
- 제9 절 용어해설

제2장 일반사항

- 제1 절 개요
- 제2 절 안전
- 제3 절 보안
- 제4 절 인테리어
- 제5 절 연구시설 보조 공간
- 제6 절 시설물 외부
- 제7 절 유지보수

제3장 건축공사

- 제1 절 건축시공 일반 건축자재
- 제2 절 판넬공사일반
- 제3 절 생물안전3등급연구시설 내부패널공사
- 제4 절 생물안전3등급연구시설 내부천정패널공사
- 제5 절 창호 및 유리공사
- 제6 절 기밀문
- 제7 절 기타 건축공사

제4장 기계 설비공사

- 제1 절 덕트 공사
- 제2 절 덕트누기시험
- 제3 절 공기조화 및 배기시스템
 - 1. 일반사항
 - 2. 공기조화기(Air Handling Unit)
 - 3. HEPA필터 유닛(HEPA Filter Unit)
 - 4. 배기필터 유닛(Exhaust Filter Unit)
 - 5. 변풍량 및 정풍량 유닛(VAV & CAV Unit)

제4절 배관공사

제5절 유틸리티 설비공사

- 1. 일반사항
- 2. 이산화탄소 설비
- 3. 압축공기 설비
- 4. 순수(RO) 제조설비
- 5. 진공(Vacuum) 설비
- 6. 액화석유가스(LPG)설비

제6절 폐수처리 설비 공사

- 1. 폐수약품처리 유닛
- 2. Sterilization reaction

제7절 실험실 장비

- 1. 공통사항
- 2. 양문형 고압 증기멸균기
- 3. 생물안전작업대(Bio Safety Cabinet)
- 4. 실험동물 사육장치
- 5. Isolation Pass Box
- 6. 눈 세척기(Eye washer)
- 7. 비상샤워시설(Emergency shower)
- 8. Sink
- 9. 세면기

제8절 생물안전3등급연구시설 실험실 멸균

제9절 TAB 공사

제5장 자동제어 공사

- 제1 절 자동제어 공사 범위
- 제2 절 자동제어공사 시공
- 제3 절 제어기기 설치 공사

- 제6장 소방시설공사
 - 제1절 법적사항
 - 제2절 청정소화약제 설비공사
 - 제3절 스프링클러설비 설치공사
 - 제4절 자동화재탐지설비 설치공사
 - 제5절 유도등설비 설치공사
 - 제6절 비상방송설비 설치공사
 - 제7절 방화구획

- 제7장 전기공사
 - 제1절 전기공사 일반
 - 제2절 장비
 - 제3절 전력 및 동력설비
 - 제4절 전기배관공사
 - 제5절 배선공사
 - 제6절 접지공사
 - 제7절 조명기구
 - 제8절 배선기구
 - 제9절 분전반
 - 제10절 플박스
- 부 록 (멀티존 해석기법에 따른 사진, 사후 시뮬레이션)
- 참고문헌

4. 결론

앞서 살펴본 바와 같이 생물안전3등급연구시설의 설치지침은 초창기 생물안전3등급연구시설설치시 참고할 국내 건축자료도 부족하고 일반건축 및 기계설비와 생물안전의 개념을 동시에 갖고 도면 및 설계에 구현할 수 있는 경험자도 많지 않은 상황에서 생물안전3등급연구시설의 Grade를 결정하고 현실적으로 참조가 될 수 있는 Guideline을 마련한다는 측면에서 제시되었다. 설치지침에서 언급하지 않는 사항은 국토해양부가 제정한 건축공사 표준시방서, 건축기계설비 표준시방서, 건축전기설비 표준시방서를 일반적으로 준용할 수 있을 것이다 또

한, 특정한 장비사양은 발주자의 여건과 사정에 따라 특수시방에서 반영할 수 있을 것으로 판단된다. 이상 생물안전관리의 국내외 현황, 생물안전3등급 연구시설의 개요와 특징 및 생물안전3등급연구시설 설치 지침 내용에 대해서 간략히 살펴보았다. 2008년 “유전자변형생물체의 국가간이동등에 관한 법률 (LMO법)”이 제정되고, LMO를 개발하거나 사용하는 실험에 이용되는 생물안전3등급 이상 연구시설에 대한 국가허가제를 시행한 이후 현재까지 국내에서 60개소의 생물안전3등급 이상 연구시설이 허가를 받아 운영되고 있으며, 현재까지 완비된 검증기술서, 생물안전3등급연구시설의 안전관리지침, 생물안전3등급 연구시설 설치운영 해설서등을 잘 활용한다면 생물안전연구시설의 설계,시공,검증 및 운영표준화에 도움이 될 것으로 생각된다.

수년간 많은 연구시설의 검증과정에서 제기된 하나의 사례로서 향후 심도있게 검토가 필요한 사항으로는 생물안전3등급연구시설의 격리 유지등의 생물안전성 유지를 위한 제반 규정과 화재시 소방법에서의 대피관련 규정에서의 서로 상충되는 부분에 대한 통합된 절차수립이라 할 수 있다. 화재등 비상상황 발생시 이에 대처하기 위한 안전관련 통합규정에 대한 공동연구가 관련부처의 참여하에 필요할 것으로 생각되며, 앞서 제정되어 운영중인 생물안전 Guideline들도 생물안전분야의 기술발전예 따라 지속적으로 update되어야 할 것이다. 또한 이와동시에 생물안전 3등급연구시설을 효율적으로 운전하기 위한 에너지절약 운전방안등에 대해서도 계속적인 관심을 가져야 할 것으로 판단된다.

- 참고문헌 -

1. 클래스II (층류)생물안전 작업대 (KS M 10103), 한국표준협회, 2005.
2. 실험실생물안전지침, 질병관리본부, 2015.
3. 생물안전3,4등급연구시설 검증기술서, 질병관리본부, 2014.

4. 생물안전3등급연구시설 안전관리지침, 질병관리본부, 2015.
5. 생물안전 3등급 연구시설 설치운영해설서, 질병관리본부, 2015.
6. 동물이용 생물안전 3등급 연구시설 설치운영해설서, 질병관리본부, 2015.
7. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, National Research Council, 1996.
8. Biotechnology Performance criteria for micro-biological safety cabinets, EN12469, 2000.
9. Class II (laminar flow) biosafety cabinetry, NSF/ANSI 49, 2004.
10. Perspectives on Laboratory Design, American Biological Safety Association, 1999.
11. Facility Design Considerations, American Biological Safety Association, 2000.
12. Application of Principles, American Biological Safety Association, 2000.
13. Biosafety Level 3, American Biological Safety Association, 2004.
14. Evolving Issues in Containment, American Biological Safety Association, 2005.
15. Biological Safety 4th Edition, ASM Press, 2006.
16. Advanced BSL3 and BSL4 Biocontainment Design Colloquium, Eagleson Institute, 2007.
17. Guideline for Gloveboxes 3rd Edition, American Glovebox Society, 2007.
18. Applied Biosafety, Journal of the American Biological Safety Association, 2005~2008.
19. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories(미국 CDC)
20. 미국 국립보건원(NIH) 실험실설치 가이드라인.
21. 세계보건기구(WHO) 실험실 안전매뉴얼(Laboratory Biosafety Manual)
22. 건축공사, 기계설비, 전기설비 표준시방서, 국토해양부
23. IQ/OP 멸균기 프로토콜(PRIMUS Sterilizer Company, LLC)
24. 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률, 소방방재청, 2008
25. The Laboratory Biosafety Guidelines, CANADA, 2005
26. 생물안전시설 기초이론, 홍진관, 한국생물안전협회, 2014