

# 바이오하자드 대책

명            현            국  
 국민대학교 기계자동차공학부  
 부            교            수

## 1. 서론

엄밀한 의미에서 바이오하자드(biohazard)는 자연감염과는 다른 양식으로 감염을 받는 것, 즉 많은 경우 알지 못하는 병원체에 폭로됨에 따라 「우발적으로 생기는 위험」을 의미한다. 따라서 알고 있는 병원체를 취급하는 도중에 발생하는 사고는 실험실내 감염 또는 실험실수로 바이오하자드가 의미하는 우발성에는 포함되지 않는다. 그러나 불명확한 병원체나 기지 병원미생물 다루는 기본적인 방법에는 큰 차이가 없다.

바이오하자드라는 새로운 단어가 의학, 생물학자는 물론 일반사회에 있어서도 강한 관심을 불러 일으켰던 것은 1970년대 초기부터 화제가 되기 시작한 치명률이 매우 높은 국제전염병(새로운 바이러스성 출혈열)의 등장, 암 바이러스의 연구 및 유전자공학의 급속한 발전으로 유전자조작에 따른 새로운 기능을 가진 미생물의 탄생, 즉 DNA 조작기술의 잠재적 위험성에 대한 염려 때문이다. 또한 1973년에 발생한 런던대학 위생열대의학부의 사망예를 일으킨 천

연두 바이러스에 의한 실험실내 감염사고를 들 수 있다.

현재 바이오하자드가 미치는 범위는 미생물 실험실은 물론이고 병원감염, 의료 폐기물, 가축 및 자연환경에 이르기까지 광범위하게 되었으며, 금후 체계화된 바이오하자드 대책이 확립되어 방사선재해(irradiation hazard) 및 화학물질재해(chemical hazard)에 버금가는 안전대책이 사회적으로 요구되어지고 있다. 여기에 덧붙여 최근에는 특히 에이즈가 유행함에 따라 에이즈 바이러스 감염자의 혈액 및 바이러스 그 자체의 취급에 관해서 소위 바이오하자드 대책의 중요성이 제창되고 있다.

여기서는 바이오하자드 대책의 기본이 되는 병원 미생물실험실을 중심으로 하여, 바이오하자드의 개념, 실태 및 발생요인, 감염경로 및 대책에 대해 개괄적으로 기술하고자 한다.

## 2. 바이오하자드와 바이오세이프티 개념

바이오하자드(biohazard)는 bio(생물)와 hazard

(위험 또는 장애)의 합성어로, 일반적으로는 「생물재해」로 번역된다. 이것이 의미하는 바는 광의로는 생물, 또는 그 독성 대사물질에 의해 일어나는 사람이나 동식물에 미치는 모든 재해를 가리키는 것이다. 그러나, 실제로 바이오하자의 원인 주체로 되는 것은 원충, 진균, 세균, 리케차(주: 세균보다 작고 바이러스보다 큰 미생물), 바이러스 병원미생물, 또는 그 핵산, 단백질 등의 구성성분 및 미생물의 2차 대사물질로서의 독소 등 미생물에 기인하는 것으로, 주로 인체의 건강장애를 일으키는 것을 의미한다. 또한, 최근에는 DNA 조작 실험의 도입에 따라 본래는 병원성이 없는 것이라도 병원성을 나타낼 가능성을 고려해서 다룰 수밖에 없게 되었다. 따라서, 이러한 바이오하자드 원인 주체로 되는 모든 것을 한 단어로 「병원체등」이라고 부른다.

바이오하자드는 멀리 19세기부터 「실험실감염」이라는 이름으로 기록되어 있으며, 1676년 레벤희이 세균을 발견하고, 이것이 분리·배양됨에 따라 현대에서 말하는 바이오하자드가 발생하고 있다. 20세기에 들어 병원미생물의 존재와 그 위세가 점차 명확하게 됨에 따라 이 병원미생물을 군사목적으로 이용하려는 연구, 즉 생물병기의 연구개발로부터 바이오하자드 실태가 점차 확실하게 밝혀지고 그 대책이 오늘날 바이오하자드 대책의 기반으로 되었다.

근년에 이르러 세계 다수의 나라가 갑자기 바이오하자드 대책에 적극적으로 임하는 자세를 나타내고, 또한 WHO도 그 강령의 하나로 내세울 정도가 된 것은 선진국에서의 감염증의 급격한 변모와 의학·생물학의 급속한 진전에

따른 바이오하자드 문제가 긴급화된 것에 기인하기 때문으로, 바이오하자드라는 단어는 이 시기에 새로운 단어로써 탄생하게 되었다.

바이오하자드 대책은 바이오하자드 발생의 예방과 발생 사후처치로 크게 구분되나, 그 대책의 주체를 차지하는 것은 전자이다. 전자는 각각에 일어날 수 있는 바이오하자드를 예측하고, 그것에 대한 방지책을 강구하는 예방조치(precaution)이고, 후자는 사고 또는 기타 어떤 원인으로 하자드가 발생한 경우 당사자 및 그 주변의 사람들에 대해서 적절한 긴급조치를 행해, 이후에 발생하는 질병 또는 장애에 대해서 의사에게 적절한 조언을 주어 효과적인 치료에 이르게 하는 것이다.

위에 기술한 같이 바이오하자드 대책의 주체를 예방조치로 설정한 이유 때문에, 최근에는 「바이오하자드 대책」이란 용어 대신에 「바이오세이프티」란 보다 넓은 개념을 가진 호칭이 국제적으로 사용되고 있다.

참고로, 바이오세이프티에 관계하는 학문영역은 1) 감염증(환경감염, 실험실내 감염, 병원내 감염, 임상검사실내 감염, 동물 사육실내 감염, 의료폐기물), 2) 종양바이러스(종양원성 바이러스에 의한 발암), 3) 중독증(미생물발생독소에 의한 중독), 4) 과민증(미생물 균체 성분에 의한 과민반응), 5) 유전자공학(DNA조작 실험의 위험성), 6) 생물학적 제제(약전, 생물활성제의 부작용) 등 넓은 영역에 걸쳐 있다.

### 3. 바이오하자드의 실태와 발생원인

최초로 병원미생물에 의한 바이오하자드의 주체를 이르는 실험실내 감염을 체계적으로 해

석하여 보고한 사람은 Meyer와 Eddie(1941년)이다. 이들은 미국에서 발생한 부르셀라증의 실험실 감염을 해석하고, 보고서에서 실험자가 실험조작 및 검체 취급 중 또는 공기중의 진애에 포함된 균을 흡입함에 따라 감염의 위험성에 폭로되어 있다는 사실과 감염원인 중에서도 감염재료의 취급부주의 및 실험기술의 미숙함에 의한 것이 많음을 지적하였다.

그 후, 실험실내 감염의 중요성을 인식하고, 그 감염의 체계적 조사연구를 행한 것은 미국의 Sulkin과 Pike이다. 이들은 1949년부터 1976년까지의 27년간에 걸쳐 정력적으로 조사를 수행해, 총계 3921예를 집계한 해석결과를 보고하고 있다. 표 1과 표 2는 그 조사결과의 일부를 나타낸 것이다. 먼저, 표 1은 실험실내 감염의 원인을 원인별로 해석한 것으로, 표에서 사고, 동물실험 및 미생물 취급 중에 따른 감염이 많다는 것은 당연히 예상되나, 에어로졸 감염이 많다는 것이 주목된다. 다음으로 표 2는 실험실내 감염의 증상에 중에서 가장 많은 10가지를 나타낸 것이다. 이 보고서는

표 1. 실험실내 감염원인(Pick, 1979)

원 인	발생률 (3,921예)
사고	17.9
동물 및 외부 기생충	16.8
입상재료	7.3
사용이 끝난 유리기구	1.2
인체해부	1.9
고의의 감염	0.5
에어로졸	13.3
미생물 취급중	21.1
기타	0.4
불명 또는 미기록	19.6

표 2. 실험실내 감염 증상에(Pick, 1979)

질 병	감염 증상에	사망예
1. 부르셀라(brucellosis)증	426	5
2. Q 열	280	1
3. 간염	268	3
4. 티푸스열	258	20
5. 야생토끼병	225	2
6. 결핵	194	4
7. 피부진균증	162	0
8. 베네스엘라 마뇌염	146	1
9. 앵무병	116	10
10. 콕시디오데스 (coccidiodes)병	93	2
합 계	2,168	48

오늘날 바이오하자드 대책의 바이블과 같은 것으로 많은 지도서에 인용되어 크게 공헌하고 있다. Pike는 1979년에 오랜 기간에 걸친 일련의 조사연구의 결말로서 실험실내 감염의 대부분은 적절한 지식, 실험기술 및 안전기구가 있으면 방지할 수 있었다고 결론지었다.

기타 조사보고결과를 보면, 미국의 Hanson 등(1967년)은 아르보바이러스의 실험실내 감염을 해석하고, 428예의 대부분은 감염성 에어로졸의 흡입이 원인이었다고 추정하였다. 또한, 영국의 Harrington 등(1976년)은 임상검사실 스텝은 간염, 결핵 및 적리(이질의 한가지)에 대한 나환율이 일반인보다 유의의하게 높다고 발표하고 있다.

일본에서는 오오마니(1973년)가 국립예방위생연구소의 1972년까지의 과거 25년간에 걸친 실험실내 감염에 대해서 집계하였다. 이 보고서에서는 80건의 실험실내 감염예가 발생하고, 그 대부분은 실험 연구자로 현저한 증상부터

과민반응까지 여러 종류의 예가 포함되어 있다. 발생원인별로는 바이러스에 의한 것이 22건, 리케차 14, 세균과 진균류 33, 독소 11개 순이고, 원인으로 가장 많은 것이 결핵 18, 인플렌자 7, 진드기병(주: 진드기에 물려 생기는 일본 특유의 토질병) 리케차 7건을 들 수 있다.

이들 실험실내 감염의 원인은 감염성 에어로졸에 의한 것으로, 병원미생물의 취급은 충분히 설비된 실험실에서 주의 깊게 행할 필요가 있음을 지적하고 있다. 비슷한 조사는 1973년 일본 바이러스학회에서도 행하여져, 합계건수 31건 61예가 보고되어, 그 중에서 가장 많은 것이 인플렌자 바이러스, 진드기병리케차, B형 간염 바이러스였다.

위에 기술한 일련의 보고는 병원 미생물을 취급하는 실험실에서는 충분한 안전대책을 강구하지 않는 한, 실험 연구자는 항상 감염의 위협에 폭로되어 있음을 구체적으로 지적하고, 바이오하azard 대책의 필요성을 강하게 주장하는 많은 귀중한 자료를 제공하였다고 말할 수 있다.

#### 4. 바이오세이프티(바이오하azard) 기본원리

실험실내 감염도 자연계 감염과 마찬가지로 감염의 성립은 감염원, 감염경로, 감염성 숙주의 세 가지 요인이 필요하며, 감염을 방지하기 위해서는 이 세 가지 요인 중 어느 것을 제거해야 한다. 바이오세이프티의 원리는 이 세 가지 요인을 바이오하azard 방지를 목적으로 해석하고, 그 과학적 근거에 기초한 일정한 원리를 확립시켜, 이것을 각 영역에서의 바이오하azard 대책을 입안하기 위한 기반으로 하는 것이다.

바이오하azard 대책의 기본은 병원체등을 필

요 최소한의 영역에 봉입시켜, 접촉하지 않고 먹지 않고 흡입하지 않도록 하는데 있다. 이 목적을 달성하기 위해서는 작업실의 환경, 설비, 안전기구 등을 정비해야만 한다. 더욱 중요한 것은 작업자의 일상적 작업태도이다. 작업자 한사람 한사람의 작업태도를 목적에 맞추도록 하기 위해서는 교육이 무척 중요하다. 물론 안전대책을 세우기 위해서는 어느 정도의 투자와 불편을 전제로 한다. 그러나, 주의할 점은 바이오하azard 대책은 작업자의 안전을 확보하는 것이 목적이며, 작업억제를 목적으로 하는 것이 아니다라는 점이다. 많은 제한은 처음에는 불편하게 느껴지나, 훈련을 받으면 그다지 문제가 되지 않으며, 더불어 난폭한 작업태도는 무서워 행하지 않게 된다. 또한, 작업자의 감독 입장에 서서 작업자 자신에 바이오하azard 대책을 해야만 한다는 자각이 없으면 아무 소용이 없다.

각각의 작업실에서 어떠한 바이오하azard 대책을 세울 것인가는 작업내용에 따라 다르다. 원칙적으로는 각 작업에서의 병원체의 질, 양, 농도, 작업소요시간, 빈도에 따라 대책을 고려해야만 한다. 즉, 소요시간이 길고 빈도가 높은 작업에는 비용은 들더라도 작업성이 좋고, 보다 안전한 대책을 고려해야하며, 그렇지 않은 작업에는 다소 번거롭더라도 비용이 들지 않는 대책을 세울 필요가 있다.

#### 5. 위험성 평가

병원 미생물의 위험성 평가는 바이오세이프티의 방지책을 도모함에 있어 근거가 되는 것으로 이 위험성 평가는 병원 미생물의 위험도

레벨로서 정리되어 있다.

WHO 바이오세이프티 지침에서는 개개 병원 미생물의 명시는 피하고 기본 개념만이 제시되어 있다. 그것은 1) 병원체의 사람에 대한 병원성과 독극력, 2) 그 병원체의 감염에 대한 확실한 예방법 또는 치료법의 유무, 3) 연구, 의료기관이 속하는 지역사회에서의 그 병원체의 역학적 상황 등에 의해 결정되어 있다. 따라서, 취급하는 지역에 따라 어떤 병원체의 위험도 레벨은 바뀔 가능성이 있다. 또한, 취급하는 병원체의 양, 방법에 따라서도 위험성은 변화한다. 참고로 일본에서는 국립예방위생 연구소 및 동경대학 의과학연구소 등에서 독자의 병원체 위험도 레벨이 행해져 실험지침으로서 사용되고 있다.

5.1 위험도 레벨

병원체등을 다루는 경우에는 생물안전 레벨

(biosafety level)이라는 단어를 사용하고, DNA 조작을 취급하는데는 P(물리적 봉입: physical containment)를 사용하나, 일반적으로 P 레벨이 많이 사용되고 있다. 참고로, WHO가 권고하고 있는 실험실 바이오세이프티 지침에 병원체의 위험도 레벨을 제시하고 있으나, 이 기준에서는 병원체의 개인 및 지역사회를 포함한 위험성을 추정하여 다음과 같이 위험도 레벨 P1부터 최고위험도 레벨 P4로 분류하고, 여기에 이들 병원체를 취급하는 실험실을 그 설비의 정도에 따라 3가지 수준으로 나누어, 병원체의 위험도 레벨과 대비시켜 각각의 실험실 설비기준을 제시하고 있다(표 3 참조).

(1) P1 레벨(개체 및 지역사회에 대한 저 위험도)

사람에게 질병을 일으키던지 또는 동물에 치위학적으로 중요한 질병을 일으킬 가능성이 없

표 3. WHO (바이오세이프티지침)에 따른 위험도 분류와 실험실의 봉입 레벨과의 대응

위험도 레벨	실험실	실험실 용도 예	분류되는 미생물 예
I 개체 및 지역사회에 대한 저위험도	기준 실험실	기초 교육용	고초균 대장균 K12
II 개체에 대한 중정도 위험도, 지역사회에 대한 경미한 위험도	기준실험실. 필요하면 안전캐비닛, 기타 안전기구 및 안전설비를 추가한다.	기본적 위생시설: 일반 병원, 진료소, 임상검사실, 의학교육시설, 공중 위생검사실	장티푸스균 B형 간염 바이러스 LCM 바이러스
III 개체에 대한 고위험도, 지역사회에 대한 저위험도	안전 실험실	특별 검사실	부르셀라균 각종Histoplasma
IV 개체 및 지역사회에 대한 고위험도	고도 안전 실험실	특수 병원체실	Ebola 구제역바이러스

는 미생물, 즉 병원성이 완전히 없던지 거의 없는 것이 증명되어 있는 병원체 등에 적용한다. 안전하게 사용할 수 있음이 알려져 있는 특별한 계통을 나타내는 일이 많고, 건강인이 가지고 있는 대장균 등은 잠복감염에 의한 병원체로 되기 때문에 P2 레벨로 분류된다.

이런 면에서 보면 SPF 등의 동물은 별도로 하고, 통상의 실험동물 등은 불특정의 병원체 등을 보유하고 있는 경우가 많기 때문에 적어도 P2 레벨 취급으로 된다. 또한 임상 재료도 P2 레벨로 생각해야 한다.

#### (2) P2 레벨(개체에 대한 중정도 위험도, 지역사회에 대한 경미한 위험도)

사람 또는 동물에 병원성을 가지나, 실험실 직원, 지역사회, 가축, 환경 등에 대해서 중대한 재해로 되지 않는 병원체로 대다수의 병원체들은 P2레벨로 다룬다. 이것들은 실험실내에서 폭로되면 중독감염을 일으킬 가능성이 있으나, 효과적인 치료법, 예방법이 있어 전파의 가능성은 낮다.

#### (3) P3 레벨(개체에 대한 고위험도, 지역사회에 대한 저위험도)

사람에 감염되면 중독성 질병을 일으키나, 다른 곳으로의 전파가능성은 낮은 병원체로, 감염되면 죽음에 이르는 경우가 많던지, 후유증이 남기 쉽던지, 중증으로 되기 쉽던지, 장기화되기 쉬운 병원체는 모두 P3 레벨로 한다. P3 레벨 상당의 병원체에서도 예방법이 있는 것에 대해서 약전 등을 접종한 사람만이 취급하는 경우는 P2 레벨에서 행한다.

#### (4) P4 레벨(개체 및 지역사회에 대한 고위험도)

사람 또는 동물에 중독성 질병을 일으키고, 나환자보다 다른 개체로의 전파가 직접 또는 간접적으로 일어나기 쉬운 병원체는 P4 레벨로 한다. 이러한 병원체는 일반적으로 그 나라에 항상 존재하지 않는 병원체로 특히 위험하다고 여겨진다.

### 5.2 위험도 레벨과 위험성

일반적으로 바이오하자드 이야기를 할 때, 많은 사람들이 자신이 사용하고 있는 시스템은 그다지 위험하지 않으므로, 위험한 병원체를 사용하는 사람만 생각하면 된다고 여기고 있다. 또한, 바이오하자드에 관한 글을 쓸 경우에는 보다 높은 위험 레벨에 관한 부분이 중심이 되는 경우가 많으나, 이것은 단지 보다 높은 위험레벨에서는 보다 많은 항목에 대해 기술해야만 하므로 쓸 분량이 많기 때문이다. 또한 위험도 레벨이 낮은 곳에서는 특별한 기계나 설비가 필요하기보다는 일상의 작업 태도가 더 문제로 되기 때문에 작업자의 주목을 받는 일이 적다. 한편, 위험도 레벨이 높을수록 시설 등 초기투자가 필요한 부분이 보다 많아지기 때문에 기업측으로부터도 주목받는다. 그러나, 위험 레벨이 낮은 단계 쪽이 작업장 빈도, 작업인구의 빈도, 작업시간 어느 것을 생각하더라도 무척 중요하며, 위험성은 오히려 P1, P2 레벨에 있음을 주목해야만 한다.

## 6. 감염요인 및 감염경로

### 6.1 감염요인

감염요인은 1) 감염성인자(병원체 등), 2) 실험실 매개체(병원체 오염물질 등), 3) 실험실 숙주(실험 종사자, 실험 동물 등), 4) 병원체 등의 누출, 5) 병원체 등의 전파, 6) 병원체 등의 침입출입구의 6가지 요소에 의해 성립된다.

감염성인자란 감염원으로 되는 것으로 주로 실험작업에서 취급되는 병원체이나, 기타 실험 종사자, 실험동물 및 시료 중에 잠재적으로 감염되어 있는 병원체도 포함된다.

실험실 매개체는 병원체에 오염된 실험 종사자, 실험동물 및 실험기자재, 병원체를 포함한 조직배양재료 등으로 매개체 감염을 일으키는 요인이 되는 것이다.

실험실 숙주로 되는 것은 감염성 숙주의 대부분이 이에 해당하나, 이 중에서도 특히 이감염숙주(감염되기 쉬운 숙주)의 존재로 면역력이 저하된 실험실 종사자 또는 면역억제제를 투여 받고 있는 동물 등이다.

병원체의 누출에 대해서는 실험작업중의 플라스크 파손, 주사기 취급실수, 감염성 재료의 원심 및 파쇄에 따른 에어로졸 발생, 또는 감염 실험 동물로부터의 병원체 배출 등이 원인으로 된다.

병원체의 전파에는 직접전파와 간접전파가 있다. 전자는 입을 사용하는 피펫, 침천체 또는 실험동물에 따른 피부손상 등 실험실의 매개물과 실험 종사자와의 밀접한 접촉에 의해 일어나는 것이다. 후자는 매개물 및 에어로졸

또는 실험 종사자 등에 의해 병원체가 실험실 외부로 전파되는 것으로, 매개체의 표면에 부착한 병원체 또는 병원체를 함유한 에어로졸이 원인으로 된다.

침입출입구는 병원체의 생체 내 침입 최초의 부위로, 접막, 구강, 콧구멍, 피부이나, 이들 침입 출입구는 병원체의 성질에 따라 선택된다.

이상 6개의 요인이 실험실내 감염을 일으키게 되므로, 이들 요인을 바이오세이프티의 원리에 따라 안전하게 취급 또는 제거하는 것이 바이오하자드 대책의 기본에 관계됨을 알 수 있다.

### 6.2 감염경로

바이오하자드 대책의 원리를 감염경로 면에서 살펴보면 다음과 같다.

(1) 작업실에서의 음식, 식료의 보존을 해서는 안 된다. 작업 중에 노트정리 등 사무적인 작업을 하는 방과 병원체를 취급하는 방과는 명확히 구별할 필요가 있다. 또한, 입을 사용하는 피펫 조작 등은 어느 위험도 레벨에서도 금기 사항이다.

(2) 직접접촉: 작업실에서의 병원체 등의 직접접촉의 대부분은 손을 통해서이다. 손을 잘 씻을 것, 장갑을 낄 것 등 어디에도 쓰여있는 방법으로 목적을 달성할 수 있을 것이다. 그러나, 장갑을 낀 손으로 잡았던 연필 등을 어떻게 생각해서 처치할까 등 실제적인 문제는 상당히 많다.

(3) 간접접촉: 작업중의 여러 가지 표면오염 제거에 어떻게 대처할 것인가는 중요한 문제이

다. 하루의 작업이 끝난 시점에서 안전캐비닛 내부 및 실험대 위가 정리되어 있지 않은 곳에서는 표면오염에 대한 주의가 충분하지 않음은 명확하다. 장갑에 가루가 묻어 있는 것을 사용하고 있는 곳은 방 문틈에 가루가 묻어 있는 것을 종종 발견하게 되는데, 장갑을 착용함으로써 직접접촉에는 대처하고 있어도 바이오하자드 대책으로서는 실격이라고 할 수 있다. 연구실 직원이 연구소 등의 재료를 운송하는 것에 감염된 예가 있는 것은 이 간접적인 접촉 가능성에 충분히 대처하고 있지 않다는 것을 입증하고 있다.

(4) 흡입: 지금까지 보고되고 있는 원인불명의 실험실내 감염의 대부분은 오염에어로졸의 흡입에 의한 것으로 알려져 있어, 오염에어로졸 대책이 현재의 바이오하자드 대책의 주안점으로 되었다.

에어로졸이란 공기중에 고체 또는 액체 입자로서 분산되어 안정되게 존재하는 미립자로, 입자의 크기는  $0.001\mu\text{m}$ 부터  $100\mu\text{m}$ 의 범위에 걸쳐 있으나, 사람 및 동물의 호흡기도에 침입하여 감염의 원인으로 되는 것은 직경  $2\sim 8\mu\text{m}$ 의 입자이다. 일반적으로는  $2\mu\text{m}$ 이하의 소립자는 작은 세균의 크기에 필적되며, 바이러스는 더욱 작아  $0.02\mu\text{m}$  가까운 것도 있으나, 많은 경우 물 입자 중에 함유되어 있다고 여겨진다. 이들 중에서 병원체등을 포함하는 에어로졸을 특히 오염에어로졸이라고 한다. 또한 에어로졸은 기류를 타고 어디에도 도달할 수 있으므로 그 대책으로서는 물리적 봉입 방법이 채용된다.

오염에어로졸을 대량으로 발생하기 쉬운 실험 수단을 회피하는 것은 물론이나, 에어로졸

은 방사성에 병원체를 취급하는 등, 대부분 병원체의 실험 조작 중에 반드시 발생하는 것으로 이 발생을 어떻게 적게 하고 발생원을 가능한 한 작업영역에 봉입시키는 것이 실험조작 기술에 요구되는 것이다. 이 사고방식을 1차 물리적 봉입이라고 하며, 이를 위한 기기를 안전캐비닛(safety cabinet)이라고 한다. 후술하는 안전캐비닛에 사용하는 필터는  $0.3\mu\text{m}$ 을 통과시키지 않고 통상 2중 필터로 되어 있어, 대량의 액을 필터에 보내 강하게 흡인하지 않는 한 필터를 통과할 수가 없다.

한편, 실험조작 중에 취급하는 액의 어느 정도가 에어로졸로 되어 공기 중에 부유하는가, 즉 에어로졸화률(spray factor: SF)의 값을 기준값(비산계수)으로서 에어로졸 감염의 위험성을 평가할 수 있다. 안전한 실험조작을 행하기 위해서는 이 SF가 가장 작은 값을 가지는 것을 사용하는 것이다.

에어로졸에 의한 감염, 발병 가능성은 체내에 침입한 병원체의 양에 의존하며, 병원체의 독극력과 침입구별로 최소 감염량이 존재한다. 따라서, 흡입에 의한 최소 감염량을 기준으로서 체내에 호흡에 의해 침입, 축적된 병원체 양과의 비로 감염, 발병의 확립을 계산할 수 있다. 상술한 에어로졸의 성질, 에어로졸화률, 최소 감염률 등의 에어로졸 감염의 원리를 인식하고, 봉입설비, 좋은 실험조작기술, 청결한 기구, 신중한 실험작업이 에어로졸 감염을 방지하기 위한 필수조건이 된다.

(5) 주사기: 작업실 내에서 주사기를 사용하는 것은 최대한 피해야만 한다. 경구섭취 및 흡입에 아무리 주의하여도 직접 주사해버리면



아무런 소용이 없다. 병원에서는 채혈, 주사 등에 주사기는 필수품으로 사용하지 않을 수 없으나, 원내 감염사고의 상당한 부분이 주사기에 의한 것이다. 의사가 시간외에 연구를 할 경우에는 통상 사용하는데 익숙해져 있는 주사기라고 생각하고 사용하나, 익숙함이 위험을 초래한다.

(6) 교상: 동물실험에서 동물에 물리지 않도록 하려면 어떻게 하면 좋은가? 그것은 개개 경우에 따라 다르기 때문에 각각 좋은 방법을 찾아 볼 수밖에 없다. 미생물학으로서 다루지 않을 때, 동물을 취급하는 것을 보면 무척 위험하였던 적이 많다.

## 7. 봉입 원리

바이오하azard 대책의 요점은 병원체를 한정된 구역 내에 봉입시킴으로써 실험자로서의 감염을 방지하고, 병원체의 외계로의 유출을 막는 일이다. 이를 위해서 병원체 각각의 위험도에 따라 사용되는 건물의 구조, 공조, 멸균법, 폐액법, 작업방법 등을 정한 기준이 정해져 있다.

감염성 인자(병원체)를 실험실 환경 중에 봉입시켜 안전한 실험작업을 행하기 위해서는 안전한 실험기술의 숙지, 안전실험실의 설계, 안전 기구의 적절한 이용의 3요소가 필요하다. 또한 1차 봉입으로 병원체의 누출, 전파 및 폭로를 효과적으로 감소시키기 위한 안전실험기술과 안전기구를 사용해서 실험실 환경과 실험 종사자를 보호한다. 이와 함께 2차 봉입으로 상술한 일차 봉입과 실험실 안전설비의 쌍방 조합으로서 실험실 외부환경을 직접적으로 보호하는 것이 봉입의 원리이다.

이미 기술한 Pike 및 기타 실험실 감염의 해석으로부터 병원체의 취급 중에 발생하는 감염성 에어로졸에 의한 감염 위험성이 높은 것이 인식되어, 감염성 에어로졸 대책으로서 물리적 봉입방식이 확립되었다.

물리적 봉입시스템은 에어로졸이 입자상이므로 그 포집에는 공기 흐름을 밖으로부터 안쪽 방향으로 유지하고, 분산방식을 한정시켜 밀폐 공간에 가두며, 에어로졸을 고성능 필터(HEPA 필터)로 포집·제거하는 것이다.

물리적 봉입시스템 중에서 안전 확보의 중심적 역할을 하는 것이 HEPA(high efficiency particulate air) 필터이다. 이 필터의 에어로졸 포집원리는 1) 관성효과(에어로졸 자체의 관성에 의해 기류로부터 벗어나 필터 조직과 충돌하여 포집된다), 2) 확산효과(에어로졸의 브라운운동에 의해 필터 섬유에 접촉되어 포집된다), 3) 차단효과(에어로졸 입자의 크기 때문에 필터 섬유에 접촉되어 포집된다), 4) 중력효과(입자 직경이 큰 에어로졸은 자체의 중력에 의해 필터섬유에 침강해 포집된다)의 4가지 효과로 이루어진다.

물리적 봉입의 생물학용 실험실은 1차 장벽(barrier)과 2차 장벽의 2단계로 구성된다. 1차 장벽으로 사용되는 것은 생물학용 안전캐비넷으로 이것을 이용함으로써 실험 작업 중에 발생하는 에어로졸의 봉입이 가능하게 되고, 실험 작업자가 에어로졸에 접촉되는 것을 피할 수 있게 된다. 즉 1차 장벽은 실험 종사자와 병원체를 격리시켜 실험 종사자의 안전을 확보하기 위한 것이다. 2차 장벽은 실험실과 그 설비에 의해 구성되어 실험실 외부로 병원체의

누출을 방지하기 위한 봉입 기능을 가진 것으로, 실험실의 기밀구조, 음압공조시스템, 배수열 균처리 등의 안전설비설계가 행하여진 것이다. 즉 2차 장벽은 실험실 주변 환경의 안전을 확보하기 위한 것이다.

한편, 감염동물 실험에 있어서 물리적 봉입은 생물학용 물리적 봉입을 하기 앞서 감염동물의 도망방지 및 조진봉입을 목적으로 하는 장벽이 하나 더 필요하다. 즉, 감염동물의 물리적 봉입은 도망방지 및 조진 봉입을 목적으로 하는 새장, 우리, 필터 캡, 금속 덮개 등과 같은 1차 장벽, 오염에어로졸을 목적으로 하는 감염 동물용 아이솔레이터 및 감염 동물용 안전캐비닛과 같은 2차 장벽, 그리고 외계와의 격리를 목적으로 하는 3차 장벽의 3단계로 구성된다.

## 7.1 안전기기

### 7.1.1 안전캐비닛

안전캐비닛(safety cabinet)은 생물학용과 감염동물용이 있다. 생물학용 안전캐비닛은 미생물·병원체 등을 취급할 때 생길 수 있는 오염 에어로졸을 작업공간 내에 가두어 격리시키는 안전·보호 장치를 말한다. 반면, 감염동물용 안전캐비닛은 위험성이 있는 미생물을 사용한 감염동물 시험을 하는 경우 생길 수 있는 오염 에어로졸을 사육구역 내에 가두어 격리시키는 안전·보호 장치를 말한다. 이 두 안전캐비닛은 용도에 따른 구분으로, 특별히 감염동물용에 감염동물 사육을 위한 사육장치가 추가적으로 설치되어 있는 것 외에는 크게 차이가 나지 않는다.

안전캐비닛은 미생물 실험에서 사용되는 클

린벤치와는 명확히 구별해야만 한다. 즉, 클린벤치는 실험조작을 행하는 공간을 청정하게 유지할 목적으로 만들어진 것으로, 클린벤치 작업 개구부에서 바깥쪽을 향한 기류가 흐르고 있어 작업자의 안전을 추구하기 위한 병원체의 봉입용이 아니기 때문에 바이오하자드를 위한 설비가 아니다. 따라서, 클린벤치를 생물학적 목적으로 하려고 하는 것은 테이블 위에서의 조작보다 위험하므로 사용해서는 안 된다.

안전캐비닛은 엄격한 규격이 정해져, 그것에 맞추어 만들어져 있다. 그림 1은 미국 NIH에서 사용되고 있는 분류이다. 클래스 I은 오픈방식의 부분격리로, 물리적 봉입은 행하여지나 작업영역에 오염된 외부공기가 유입되기 때문에 세포배양 등의 무균 조작에는 부적절하다. 원심분리기 등의 에어로졸을 방출하기 쉬운 실험기기의 수납에 적절하다. 클래스 II에서는 층류유동 방식의 부분 격리이나, 캐비닛 내는 HEPA필터로 여과된 청정한 공기가 사용되기 때문에 실험자만이 아니고 실험 그 자체도 오염으로부터 보호된다. 클래스 III는 이에 덧붙여 글러브 박스 방식으로 병원체는 완전히 실험자로부터 격리된다. 그러나 밀폐형이기 때문에 실험조작은 상당히 제한된다.

### 7.1.2 감염동물용 아이솔레이터

아이솔레이터란 위험성이 있는 미생물을 사용한 감염동물의 사육·급식·급수 등의 단순작업을 하는 경우 오염 에어로졸을 장치내에서 억제하는 제 2차 격리로 사용되는 것으로 바이오하자드를 최소한으로 억제하기 위한 장치를 말한다. 아이솔레이터는 크게 배기용 송풍기 밖

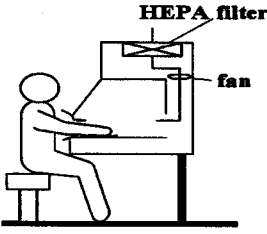
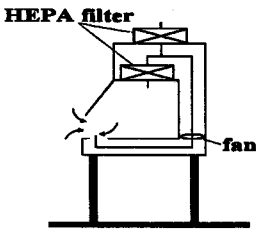
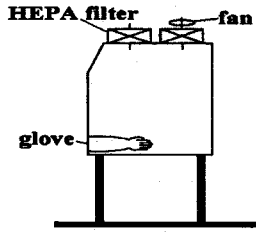
클래스	클래스 I	클래스 II	클래스 III
구조			
설비	P2, P3 레벨		P4 레벨
대상병원체 클래스	2, 3	2, 3	4
특징	부분격리, 오픈방식. 전면 개구부로부터 고속공기를 유입시킴으로써 에어로졸의 배출을 방지한다. 캐비닛 내에는 외부 잡균이 혼입하므로 무균조작을 필요로 하지 않는 실험에 적합하다.	부분격리, 총류유동 방식. 전면 개구부에 공기 차단막을 만들어 작업자의 안전을 확보한다. 캐비닛 내를 흐르는 공기를 HEPA 필터 여과로 감균함으로써 실험오염을 방지한다. 기류 방식에 따라 클래스 IIA, IIB 2종류가 있다.	완전격리, 블록박스 방식. 가스밀봉 캐비닛으로 내부는 음압을 유지하고 작업은 글러브를 통해서 행한다. 위험도가 높은 생물재료를 취급할 경우에는 신뢰성도 가장 높다. 조작이 상당히 제한된다.
방호 대상	실험자	실험자와 실험조작	특히 실험자와 실험조작

그림 1 안전캐비닛의 분류

에 없는 배기형(A형) 아이솔레이터와 급기 및 배기용 송풍기를 각각 전용으로 갖고 있는 강제급배기형(B형) 아이솔레이터로 분류되며, 배기형 아이솔레이터는 다시 밀폐도에 따라 A1형, A2형, A3형, A4형 아이솔레이터로 분류된다.

(1) A1형 아이솔레이터(사육시 개방, 작업시 개방 배기형 아이솔레이터, 그림 2a)

사육공간의 청정도는 기대할 수 없으나, 저도 및 중정도의 위험성이 있는 미생물을 사용하는 감염동물실험에 사용한다. 항상 전면 개구형 아이솔레이터에 있어서, 외기는 전면 개

구부로부터 유입시켜 아이솔레이터 내부에서 사육하는 감염 동물에 의한 오염 에어로졸을 HEPA 필터에서 포집하여 외부로 배출되지 않도록 한 배기형 아이솔레이터를 말한다.

(2) A2형 아이솔레이터(사육시 반밀폐, 작업시 개방 배기형 아이솔레이터, 그림 2b)

사육공간의 청정도는 기대할 수 없으나, 저도 및 중정도의 위험성이 있는 미생물을 사용하는 감염동물실험에 사용한다. 외기는 항상 슬릿상의 전면 개구부로부터 유입시키고 아이솔레이터 내부에서 사육하는 감염 동물에 의한

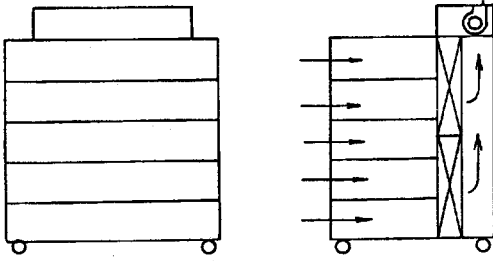


그림 2a A1형 아이슬레이터(사육시 개방, 작업시 개방)

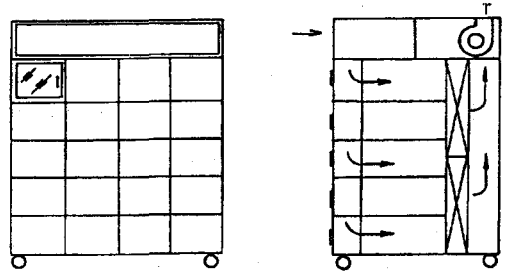


그림 2c A3형 아이슬레이터(사육시 밀폐, 작업시 개방)

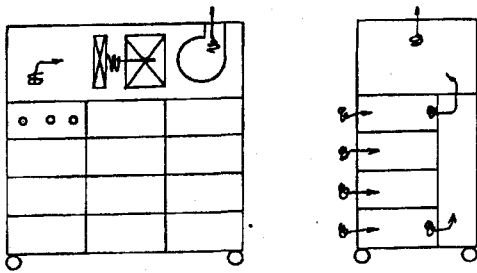


그림 2b A2형 아이슬레이터(사육시 반밀폐, 작업시 개방)

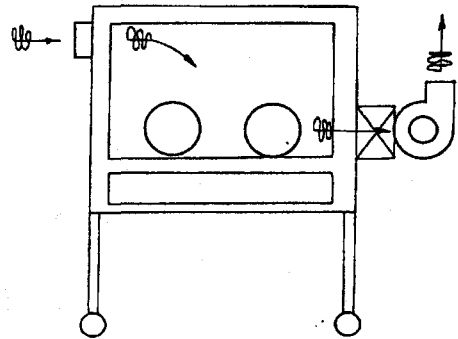


그림 2d A4형 아이슬레이터(사육시 밀폐, 작업시 밀폐)

오염 에어로졸을 HEPA 필터에서 포집하여 외부로 배출되지 않도록 한 배기형 아이슬레이터를 말한다.

(3) A3형 아이슬레이터(사육시 밀폐, 작업시 개방 배기형 아이슬레이터, 그림 2c)

사육공간의 청정도를 필요로 하며, 저도 및 중정도의 위험성이 있는 미생물을 사용하는 감염동물실험에 사용한다. 사육시 외기는 HEPA 필터로 제진한 후 유입시키고 아이슬레이터 내부에서 사육하는 감염 동물에 의한 오염 에어로졸도 HEPA 필터로 포집하여 외부로 배출되지 않도록 한 배기형 아이슬레이터를 말한다.

(4) A4형 아이슬레이터(사육시 밀폐, 작업시

밀폐 배기형 아이슬레이터, 그림 2d)

사육공간의 청정도를 필요로 하며, 저도 및 중정도의 위험성이 있는 미생물을 사용하는 감염동물실험에 사용한다. 사육시 외기는 HEPA 필터로 제진한 후 유입시키고 아이슬레이터 내부에서 사육하는 감염 동물에 의한 오염 에어로졸도 HEPA 필터로 포집하여 외부로 배출되지 않도록 한 배기형 아이슬레이터를 말한다. 사육구역 내부는 외기에 대해 항상 부압으로 되어 있고, 사육관리작업은 송풍기를 통하고 사료나 사육기자재의 출입은 트랜패스 박스를 통해 행한다. 본 아이슬레이터는 클래스 III형 안전캐비닛과 구조적으로 유사하나 배기를 실

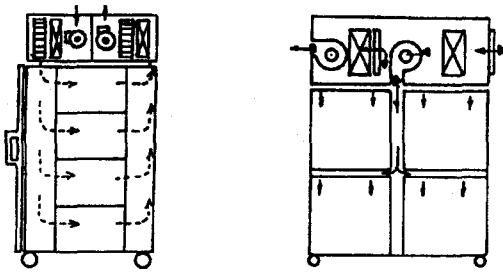


그림 2e B형 아이솔레이터(사육시 개방, 작업시 개방)

내에서 취하는 것과 밀폐도가 다르다.

(5) B형 아이솔레이터(사육시 밀폐, 작업시 개방 급배기형 아이솔레이터, 그림 2e)

사육공간의 청정도를 필요로 하며, 저도의 위험성이 있는 미생물을 사용하는 감염동물실험에 사용한다. 사육시 외기는 HEPA 필터로 제진한 후 유입시키고 아이솔레이터 내부에서 사육하는 감염 동물에 의한 오염 에어로졸도 HEPA 필터로 포집하여 외부로 배출되지 않도록 한 급배기형 아이솔레이터를 말한다. 사육구역 내부가 상압 또는 양압으로 될 우려가 있으므로 중정도의 위험성이 있는 미생물을 사용하는 감염동물 실험에는 적합하지 않다.

7.1.3 원심분리기

원심분리기는 에어로졸 발생을 일으키기 쉽다. 따라서, 원심기로부터의 에어로졸 발생을 몇 가지로 분리하여 생각해 볼 필요가 있다.

(1) 원심관의 밀폐

병원체등을 다루는 사람은 원심관은 밀폐되어 있는 것이 당연하다고 생각하고 있다. 그

러나, 원심관을 넣는 버킷 속이나 원심분리기 챔버가 오염되어 있는 것은 흔한 일이다. 즉, 밀폐는 완전하다고 말할 수 없는 경우가 많다. 따라서, 밀폐도가 높은 원심관을 사용하고, 원심관 속에 넣는 액량의 상한 및 하한을 설정한다. 또한 초원심분리기에서는 용액밀봉형 원심관을 추천한다.

(2) 원심관의 파손

원심관이 파손된 경험이 없는 작업자는 적을 것이다. 따라서, 파손될 가능성이 높은 원심관을 사용하지 않는 것이 좋다. 즉, 유리제품을 사용하지 말고 플라스틱제품을 사용한다.

(3) 버킷, 로터의 밀폐도

버킷은 개방형 제품이 많다. 초원심분리기의 수평 로터의 버킷 밀폐도는 매우 높다. 사용하기 용이한 밀폐형 버킷을 개발하면 좋다. 앵글형 로터는 덮개를 비틀어 막는 것이 많으나, 실체는 로터 덮개 높이 위치에서 원심챔버의 안쪽을 닦아내면 상당히 더럽혀져 있음을 알 수 있다. 이것은 시료가 원심관으로부터 나와 버킷 내에 머물지 않고 로터로부터도 누출한 것을 나타내고 있어, 작업실내에 대량의 에어로졸이 방출되고 있음을 나타내고 있다. 따라서, 원심분리기를 사용하는 경우에는 안전성 면에서 말하면 수평로터를 사용하는 것이 좋다.

(4) 챔버의 밀폐도

초원심분리기를 제외하면 원심챔버의 밀폐도는 만족스럽지 못하다. 즉, 생물학용 안전캐비닛에 수용된 원심분리기 이외는 에어로졸 대책

은 거의 되어 있지 않다. 현재 P1, P2 레벨에서 만족스럽게 사용할 수 있는 원심분리기는 아직 없다고 보는 것이 좋다.

7.2 외계 격리

연구실 건물 구조면을 중심으로 해서 실험실과 외계의 격리를 행한다. 기본적으로는 1)벽, 바닥 및 천장이 소독 가능한 것으로 만들어져 있을 것, 2) 기밀구조, 실내 부압공조, 에어로졸 등의 병원체 유출대책, 3) 자외선 살균 등, 배

기, 배수의 멸균대책을 들 수 있다. 이들 장벽은 병원체의 위험도에 따라 P1-P4로 나누어진 다(그림 3 참조).

(1) P1 레벨

P1 레벨의 실험은 통상의미생물학 연구실에서 행해도 좋다. 그러나 실험 중에는 문을 닫고, 외부와 쓸데없는 교류는 피하는 것이 좋다.

(2) P2 레벨

P2 레벨의 실험은 보통의 미생물학 실험실을

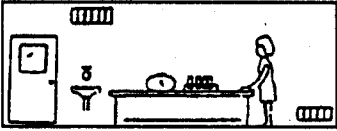

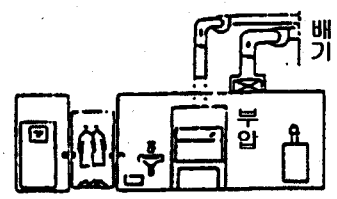
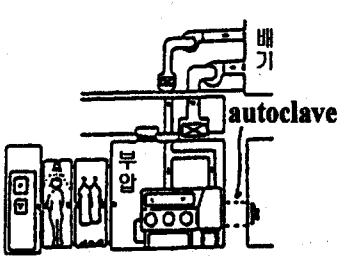
레벨	설비	물리적 격리	대상병원체 위험도
P1		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 실험중에는 문을 닫는다.</li> <li>● 통상의 미생물 실험에 준한다.</li> </ul>	1
P2		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 보통 실험실을 구역 한정해서 사용한다.</li> <li>● 안전캐비닛을 사용한다.</li> <li>● 에어로졸 발생방지 등 예방조치를 취한다.</li> <li>● Autoclave를 갖춘다.</li> </ul>	2
P3		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 동시에 개폐될 수 없는 전실을 만든다(에어록 등).</li> <li>● 반출물은 autoclave에서 멸균한다.</li> <li>● 실험실내 전체를 부압으로 하고, 실외로부터 실내로 향하는 기류로 한다.</li> <li>● 배기는 HEPA 필터를 통과시킨다.</li> <li>● 안전캐비닛을 사용한다.</li> <li>● 실험실을 손쉽게 멸균할 수 있는 구조 및 재질로 한다.</li> </ul>	3
P4		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 독립된 건물 또는 다른 구역과 지원영역으로 격리된 구획으로 한다.</li> <li>● 실험실내 내수성 및 기밀구조로 한다.</li> <li>● 실험실내 전체를 부압으로 하고, 실외로부터 실내로 향하는 기류로 한다.</li> <li>● 배기는 HEPA 필터를 통과시킨다.</li> <li>● 클래스 III 안전캐비닛을 사용한다.</li> <li>● 공기차단장치 및 샤워실을 설치하고 방호복 등을 착용한다.</li> <li>● 배수는 120℃ 가열멸균한다.</li> </ul>	4

그림 3 물리적 외계격리의 레벨 분류

구역 한정시켜서 사용한다. 실험 중에는 관계자 이외의 출입을 제한한다. 또한, 실험실에는 자동클레이브(autoclave)를 준비하고, 에어로졸 발생이 많은 실험조작은 클래스 I 또는 클래스 II 안전캐비닛을 사용한다.

### (3) P3 레벨

P3 레벨의 실험은 실내의 오염공기가 외계로 누출되지 않도록 방지책이 취해진다. 문은 동시에 열리지 않는 2중문 또는 에어록식으로 한다.

실험실내를 부압으로 하여 실 바깥으로부터 안쪽으로 향하는 기류로 한다. 실내로부터의 배기는 HEPA 필터를 통해서 미생물을 여과한 후에 행한다. 실험은 클래스 I 또는 클래스 II 안전캐비닛 내에서 행한다. 실험 후의 오염은 자동클레이브에서 멸균시킨 후에 반출한다. 이 때문에 자동클레이브를 반드시 준비한다.

### (4) P4 레벨

P4 레벨의 실험은 P3 레벨에 덧붙여 엄격한 물리적 격리를 행할 수 있는 설비에서 수행한다. 실험실은 독립된 건물 또는 다른 구역과 지원(support) 영역으로 격리된 구획에 설치한다. 실험실내는 내수성 및 기밀구조로 하고, P3와 마찬가지로 부압으로 한다. 실험실의 구조, 즉 급기 및 배기는 HEPA 필터를 통해서 행한다. 에어록 구조의 문을 설치하고, 갱의실 및 샤워실을 설치한다. 실험 조작은 클래스 III 안전캐비닛에서 수행한다. 벽면에 양면형 자동클레이브를 설치하고, 실험실내의 반출물은 반드시 멸균한다. 배수는 120℃ 가열멸균 후 행해야 한다.

## 8. 안전관리와 운영

### 8.1 안전관리 체제

병원체의 안전관리에 대해서는 방사성물질 및 DNA 실험 경우와 같이 법적 규제 또는 강제력을 가진 지침은 없고, 각 기관 및 사업소가 독자적으로 안전관리 시스템을 제정하여 자주적으로 운영하는 방법이 행해지고 있다. 행정 단계에서의 안전관리 시스템의 제정은 현재 되어있지 않다.

안전관리 시스템의 작성은 각 기관 및 사업소의 조직구성, 실험내용 등의 상황으로 내용은 다소 다르지만, 안전관리 시스템을 제정하는 목적이 인체에 위해를 미치는 요인의 실험적 취급에 대해서 기준을 설정하고, 병원체의 보관 및 취급을 안전하게 수행시키는 것이기 때문에 이 목적을 충분히 달성할 수 있는 것이어야 한다.

안전관리 시스템의 참고로서 일본의 대표적인 안전관리 시스템으로서 많은 기관에서 참고하고 있는 국립예방위생연구소의 병원체등 안전관리규정의 항목을 아래에 소개한다.

제1장 총칙: 목적, 정의, 적용 범위

제2장 안전관리체제: 위원회 설치, 바이오세이프티 위원회, 병원체 등 취급안전감시위원회, 위해방지 주임자

제3장 안전관리기준: 병원체 등의 위험도를 정하는 기준 및 위험도, 실험실 안전운영규칙, 실험실 안전기준, 안전설비의 정비점검, 병원체 등의 취급 수속 및 승인, 지정 실험실 표시, 병원체 등을 다루는 직원 등, 병원체의 멸균 및 오염제거, 사고, 긴급사태, 긴급대책본부, 병원

## 체의 이동

제4장 건강관리: 정기 건강진단, 임시 건강진단, 건강진단 후의 조치, 병가 신청, 건강관리 수첩

이상 4장, 23조, 24항목으로 구성되어 있다.

이 규정 중에서 관리 운영의 증추가 되는 제 2장에 관계되는 바이오세이프티 위원회, 병원체 등 안전관리위원회 및 신규정 제정에 관계되는 바이오세이프티 관리실의 업무내용을 간단히 소개한다.

바이오세이프티 위원회는 병원체의 위험도분류, 안전설비 기준 등 안전관리에 관한 이론적, 기술적 문제의 검토를 행한다. 병원체 안전감시위원회는 시행되고 있는 안전관리에 대한 제 규정의 준수를 감시함과 함께 지정실험자의 정기 및 임시사찰, 사고조사 및 사고처리의 지휘 등을 주된 업무로 한다. 바이오세이프티 관리실은 안전관리에 관한 각 위원회와의 연락조정을 행함과 동시에 실험시설의 일상적 안전관리 및 병원체등의 신규관리 또는 신규 실험 또는 연구소 밖으로의 이동 승인신청서 내용을 점검하는 등의 임무를 진다.

## 8.2 교육과 훈련

바이오세이프티에 관한 교육과 훈련은 바이오하자드 대책을 수행하는데 있어 가장 중요시 되는 것 중의 하나이다. 실험 종사자 및 실험 보조자가 이 대상의 중심에 놓이나, 실험실과의 관계가 깊은 경우는 기계보수기술자 및 실험실 사무직원도 그 대상이 된다.

이 교육과 훈련의 목적은 본인과 환경의 안전을 확보하기 위한 것으로, 대상자에 대해 안전확보에 관한 지식과 기술을 확실하게 습득시

킴과 동시에 실험지침 및 안전관리에 관한 규정 등을 숙지시켜, 그 요령을 철저히 주지시키기 위해서이다.

이를 위해서는 일정한 기준에 적합한 교육과 훈련이 행해지고, 그 내용과 정도는 대상자에 따라 바이오세이프티의 기초적인 것부터 하드면까지 다루는 높은 레벨까지 망라할 수 있어야 한다. 그 내용의 주된 것을 항목으로서 열거하면, 1) 미생물학의 기본기술, 2) 위험도에 따른 병원체의 안전취급기술, 3) 물리적 및 생물학적 봉입에 관한 지식과 기술, 4) 실시하려고 하는 실험의 위험성에 관한 지식, 5) 멸균, 소독 등 오염제거에 관한 지식과 기술, 6) 사고 발생시의 조치에 관한 지식 및 기술 등이다.

## 9. 바이오하자드 대책이 필요한 장소

### (1) 병원체를 사용하는 연구시설

일반적으로 병원체를 취급하고 있는 많은 작업자가 잘못 인식하고 있는 것은 자신이 취급하고 있는 병원체가 바이오하자드를 문제삼을 정도로 위험하지 않다고 생각하고 있는 점이다. 대략 사람에게는 병원성을 나타내지 않는 것은 P1 레벨로 분류되나, 가벼운 병밖에 일으키지 않는다고 여기고 있는 병원체의 거의 전부는 P2 레벨로 분류된다. 또한, P3, P4 레벨로 분류되는 병원체는 그 수가 적으나, P2레벨에서 해야만 하는 바이오하자드 대책을 위한 조작은 무척 많다.

### (2) 병원체를 사용하지 않는 연구시설

동물이나 임상재료를 취급하고 있는 작업자의 대부분은 자신이 병원체를 취급하고 있지 않다고 여기고 있으나, 이것은 잘못된 생각이



다. 즉, 실험동물에는 병원체가 없다고 여기고 있는 사람이 많으나, 대부분의 실험동물에는 병원체가 있다고 생각해야 한다. 또한, 임상재료 중에도 병원체가 있다고 여기고 취급하는 편이 좋으며, 위험 레벨은 P2를 전제로 생각하는 것이 적당하다..

### (3) 병원

병원, 의원에서의 작업은 병원체와의 싸움이다. 외과 의사 중 10%가 B형 간염 바이러스에 감염되어 있으며, 상당한 원내 감염이 일어나고 있는 현상에서 보면, 병원에서의 바이오하azard는 경시할 수 없다. 감염증 환자를 다룰 경우, 감염증환자로부터 유래된 임상재료를 취급할 경우에는 상당한 주의를 하나, 어느 환자로부터 나온 것인지 모르는 임상재료를 다룰 경우에는 주의를 기울이지 않는 경우가 많다. 따라서, 모든 임상재료에 대해서 P2 레벨로 생각해야만 한다. 혈액, 변, 뇨 등 보아서 알 수 있는 경우는 취급에 비교적 신중을 기하나, 병원체의 감염성을 고려하는 경우에는 1 ml의 1/100,000,000도 문제가 된다. 따라서, 의사는 물론이고, 간호사, 검사기사 등을 충분히 교육시킬 필요가 있다.

### (4) DNA조작

DNA조작 연구를 수행하고 있는 시설에서의 바이오하azard 대책은 각각의 규칙이 있으므로 그것에 따르는 것이 좋다.

## 10. 맺음말

과학의 진보에 발맞춰 바이오하azard 문제가 발생하는 것은 역사가 증명하고 있다. 근년의 의학생물학의 급속한 진전은 동시에 바이오하

azard 연구의 추진과 연결되고, 최근에는 지구 환경보전 등의 새로운 문제와의 관계로써 바이오하azard 대책의 필요성이 과학자는 물론이고 일반사회, 행정을 포함한 넓은 분야에서 인식이 높아지고 있다.

따라서, 이에 보조를 맞추기 위해서는 학문적으로 체계화된 바이오세이프티를 기반으로 한, 여러 분야에 걸친 바이오하azard 대책을 확립시켜 나가야만 한다.

마지막으로 국내에서도 본 특집과 같이 바이오하azard 문제에 대해 적극적으로 대처하려는 경향을 나타내고 있어 뒤늦은 감은 있지만 매우 반가운 현상이며, 바이오하azard 대책의 기본을 집약하면 좋은 실험습관에 힘쓰기, 정비된 실험설비, 안전관리규정의 준수 3요소가 일정 수준이상으로 유지되는 것이라고 할 수 있으므로, 국내에서도 이에 대한 관심을 높일 필요가 있다.

### - 참고문헌 -

1. 小松俊彦, “바이오하azard 대책の基本”, クリーンテクノロジー, 1993. 1. pp. 15-18.
2. 原田信志, “바이오하azard 대책の施設設備 - 微生物實驗室と検査室-”, 1993. 1. pp. 23-26.
3. 日野茂男, “바이오하azard 대책の現状”, クリーンテクノロジー, 1993. 1. pp. 11-14.
4. 日本空氣清淨協會, クラスII 生物學用安全キャビネット規格, JACA Std. No. 16c.
5. 日本空氣清淨協會, 感染動物用クラスII 安全キャビネット規格, JACA Std. No. 20.
6. 日本空氣清淨協會, 感染動物用アイソレータ規格, JACA Std. No. 19.