

Bio - Hazard 배수처리기술

한국공기청정연구조합
 번역 : 편집위원 / 이춘삼

1. Bio - Hazard란?

Bio - Hazard는 일반적으로 생물재해(生物災害)로 칭하고 있으며, 原虫, 곰팡이, 세균, 유전자 같은 미생물 또는 핵산(核酸), 蛋白같은 미생물 구성성분 또는 미생물의 부산물을 취급하는 경우에 발생하는 재해를 의미한다.

방사선재해(Radiant Rays Hazard), 약품재해(Chemical Hazard) 등에 대비하여 언급하였다.

일반적으로 “사람”이 피해를 받는 경우를 생각해 보면, 시간적으로는 “사람” 이외의 동식물이 피해를 받는 경우에도 Bio Hazard에 대한 언급도 있어야 할 필요가 있다. Bio - Hazard는 병원균이 침투하는 환자에 접촉하는 의료종사자, 의료재료를 취급하는 검사실 근무자, 미생물을 연구하는 의학, 생물학, 농업, 응용미생물학의 연구자들이 포함된다. 미생물을 이용하는 입장에 있는 의약, 발효 같은 산업관계자에게도 문제가 된다. 또한 가축의 감염, 연구시설내의 다른 가축으로부터의 감염, 시설내의 감염동물로부터 야외의 가축으로의 감염도 당연히 문제가 된다.

2. 취급규칙의 경위

최근에 들어와서, 황열병(黃熱病), 극중간염(劇症肝炎), 보리오 감염사고등의 병원미생물의 위협으로부터 향후 밝혀내기 위하여 Bio - Hazard의 대책이 인식되기 시작되었다. 한편, 유전자 공학의 DNA 연구에 따라 자연계에 존재하는 신유전자 조합으로 세포의 연구인 기초생물학, 의학, 약학, 농학, 공학 등(Life Science)의 계열의 각분야별로 확산되고 있는 실정이다. 이러한 연구에는 종래의 병원균(病原菌)에 대한 이상으로 신중하게 처리하는 것이 필요하다.

특히, 실험실 등에서는 병원미생물을 분리 배양할 때에는, 자연에는 없는 농후한 미생물을 취급하는 것이 된다. 감염의 위험도도 일반적인 것보다 더 높다하겠다. 이러한 문제로 일찍부터 취급하여 1974년도에 완비된 체계를 가질 수 있는것은 미국 CDC(국립방역센터)가 병원체(病原體)를 위험도에 따라 Class1~4로 분류하였다. 이것을 가축전염병 예방을 위하여 농업성의 법률로 규제하게 되어 병원체를 Class 5로 별도 취급케 되었다.

여기에 따르면, 국제전염병의 등장과 유전자 DNA 연구의 급속한 진전으로 WHO도 Bio Hazard 대책을 정책의 일환으로 같음하게 되었다. 1976년 “미생물연구에 대한 안전 확보”의 국제적 합의를 도출하여 권고하게 되었다.

일본에서는 “병원체 등 안전관리규정”의 일부에 대하여, 병원체의 위험도 분류기준, 분류표, Class별 안전설비기준을 정하게 되었으며, 1980년 4월에 시행되었다. 일본안과 미국안은 기본적으로는 Class 1~4의 분류는 동일하나, 일본안은 Class 2와 3을 각부분별 a, b로 세분한 것이다.

3. Bio-Hazard 대책

실험실 내의 감염에는 연구실 밖의 병원미생물 침투등의 Bio-Hazard 위험성에 있어서, 실험실의 격리방식, 생물학적 안전캐비닛의 이용 및 사용기구, 재료의 멸균, 소독 등의 대책이 마련되어야 한다.

일본약국(제약제조기술) 처방에서의 멸균법에는

① 가열 멸균법(화염, 건열, 고압증기, 유통증기(流通蒸氣), 끓임(탕불), 간헐가열)

② 화학적멸균법(에틸렌옥사이드, 호르무아 알데비드가스, 약제)

③ 조사(照射)멸균법(방사선, 자외선, 고주파)

④ 여과 멸균법

등이 있으며, Class별 또는 실험내용에 따라 구분 사용한다.

4. 방류수의 법규제

昭和 46년 6월 17일부 政令 제188호에 “수질오염방지법시행령”으로 시행되었다. 昭和 49년 11월 12일부 政令 제363호에 “과학기술(인문과학기술 계열은 제외)에 관한 연구, 시험, 검사 또는 전문교육을 실시하는 사업장에 총리부령으로 정하는 바에 의하여 설치하여 업무에 사용되는 시설 및 昭和 54년 5월 8일부 政令 제132호에는 “병원(의료법〈昭和 23년 법률 제205호〉제1호의 2 제1항의 규정으로 한다. 이하 같음)에서 병상수가 300이상으로 설치하는 시설” 등으로 政令改訂을 하게 되었다. 개정 이후에는, 병원 또는 연구소에서의 Bio Hazard배수로 수질오염 방지법 시행령에서 정하는 장소의 “유해물질 및 오염물질”의 적용을 받는 경우이다. 그러나, Bio Hazard 특유의 “병원 미생물”에 관한 배수규제치는 아니다. 총리부령중에서 “대장균수·일간평균 300개/cm³ 이하”의 항목이 멸균의 대상이 되는 정도이다. 그러나, Bio Hazard 배수처리는 연구자의 자발적 처리에 의하고 있으며, 연구자의 자각이 크다 하겠다. 배수처리 계획의 책정에 있어서는 신중한 대응이 필요하다.

5. 배수처리방식의 검토

일본약국 처방에서 취급하는 멸균법은 실험상의 규정이며, 배수에 관계되는 사항에 대한 언급은 없는 실정이다. 그러나, 실험실내에서의 배수는 당연히 실험내용과 동일한 미생물에 의하여 오염이 되므로 Bio Hazard 방

지대책이 필요하다.

배수처리도 일본약국처방에서 취급할 경우에 멸균법에 준하여 할 필요가 있다. 일본약국처방으로 취급되는 방법의 내배수처리로 적용가능한 멸균법에 대해서는 확실한 처리효과가 있다. 후속 처리가 필요한 경우에도 후속처리장치에 영향이 없도록(처리에 의한 BOD, COD 등의 증가가 없는 곳) 방류지역에서의 환경보호를 목적으로 한 환경기준을 준수하는 조건이어야 한다. 이러한 조건을 전제로 하여 멸균법을 검토한다.

(1) 고압멸균법

일본약국 처방에서 정한 멸균의 용도, 목적이 다르더라도, 배수처리에 적용한 경우의 처리법에 대해서는 가장 확실한 방법이다. P₃ & P₄ 배수계에 적용이 가능하다. 처리조건은 일본약국처방 (제9개정)으로 다음조건으로 멸균을 하여야 한다.

- 115°C (0.8kg/cm² G) 30분간 유지
- 121°C (1.2kg/cm² G) 20분간 유지
- 126°C (1.4kg/cm² G) 15분간 유지

(2) 탕불(煮沸) 소독법

탕불소독법은 15분 이상 탕불하여 멸균한다. 그리고, 살균효과를 높이기 위하여 탕불수중에 Na₂CO₃를 첨가하는 것도 가능하다. 그러나, 10분 정도로 죽는것은 영양형 세균으로, 아포의 속에서는 수시간의 끓임물에서도 견디는 것들이 있다. 완전한 멸균은 안되는 것이다. 따라서, 취급세균과 실험내용을 검토하여 채용하는 것을 결정할 필요가 있다.

(3) 화학적 멸균법

화학적 멸균법의 내염소멸균법은 배수처리로 가장 많이 일반적으로 사용하는 방법이다. 약품의 구입이 용이하며, 운전경비가 싸게 들

며, 주로 P₁ & P₂ 배수계통의 배수에 적용이 가능하다. 기타 조사(照射)멸균법, 여과멸균법 등이 일본약국처방에 기록되어 있으나 배수처리에 적용하는 것은 현실적이지 못하다.

6. 배수처리법

상기의 검토를 기본으로 하여 배수처리법을 계획하는 경우, 반드시 배수를 아래와 같이 분류수집하여 처리하는 것이 경제적이다. 따라서, 확실한 처리효과를 얻기 위해서는

① 일반 배수계

② P₁ 배수계(불확실성이다. 경우에 따라서는 일반배수계와 동일하게 취급한다.)

③ P₂ & P₃ 배수계

④ P₄ 배수계

로 분류·수집한다.

일반배수계는 Bio·Hazard의 위험성이 없으나, 미처리하여 방류가 가능하다. 그러나 위생오염수 등은 건축기준법상 정화조를 설치하여야 한다. 또한, 총리부령 제35호 “배수기준을 정한 총리부령”에 정한 값을 넘어선 유해물질 또는 오염물질을 함유한 경우 적절한 처리를 한 후 방류한다.

P₁ 배수계는 일반적용 불활성이며, 일반배수계와 동일하게 취급하는 경우가 많다. 그러나 안전을 기하여야 할 경우에는 P₂ & P₃ 배수계와 동일하게 취급하여야 한다. P₂ & P₃ 배수계는 화학적으로 처리하는 멸균이 10분 정도 하게 되며 병원 미생물이 대상이다. 화학처리(일반적으로 염소멸균)후 일반배수와 합류시킨다. P₁ & P₂ 배수계도 “배수기준을 정한 총리부령”에서 정한 수치를 안 넘을

경우에는 일반배수계와 마찬가지로 오염물질을 적합하게 처리한 후 일반배수와 합류시킨다. 처리대상물질이 일반배수계와 동일한 경우에는 일반배수계 처리와 동시에 하는것이 좋다. P₄ 배수계의 처리가 Bio Hazard 배수처리의 가장 중요한 대상이 된다. Bio Hazard 방지대책상 가장 확실한 가열처리법을 실시한 후 일반배수계와 합류시킨다. “배수기준을 정한 수치를 안 넘을 경우에는 P₂ & P₃ 배수계와 동일하게 취급할 수 있다.

배수처리내, 염소처리법 및 “배수기준을 정한 총리부령”에 정한 유해물질 및 오염물의 처리법에 있어서 고액분리법(침하분리장치, 부상분리장치, 여과분리장치, 원심분리장치 등), 물리화학적 처리법(중화장치, 산화, 환원장치, 흡착장치 등), 생물화학적 처리법(활성오니장치, 살수여과장치, 혐기성소화장치 등) 등으로 많은 실적이 있으며, 금년에는 Bio-Hazard의 배수처리중 가장 중요한 가열처리법을 주제로 설명코자 한다.

가열처리법에서는 일본 약국처방(제9개정)에서 규정되어 있는 고압멸균법과 동일한 효과를 얻는 시스템이다. 배수처리법에서는 가장 확실한 방법으로, 일반적으로 P₄ 실험실에서 배수의 멸균에 적용한다. 또한 기업비밀을 보호하기 위하여 P₂ & P₃ 실험실에서 배수에 적용하는 경우도 있다. 가열처리법에는 연속처리방식과 Batch 처리방식이 있다. 다음은 특징과 실시예를 보여준다.

(1) 연속처리방식

연속적으로 배수를 멸균처리하여 연속적으로 방류하는 방식이다. 실험시기가 장기로 배수가 상시 배출되고, 한편 배수유량이 많은 경우를 채용하였다. Batch처리 방식으로부터

의 연속방류하기 위한 모니터링이 곤란하다. 처리수와 유입배수를 열교환하면 열의 유효이용이 가능하나, 열교환기의 누설에 의한 오염 가능성이 있다.

실시예

① Double Tube 열교환방식

국립칸써 연구소(National Cancer Institute USA) 등

② 증기 흡착유입 방식

미국 육군 생물학 연구소(US Army Laboratory) 등.

연속처리방식의 대표적 예를 그림 1에 표시하였다.

(2) Batch 처리방식

배수를 일정량 저장해 두었다가 한꺼번에 멸균하는 방식이다. 실험기간이 짧고 장기간에도 배수는 연속 배출하게 된다. 금방 배출유량이 적지 않은 경우에 채용된다.

실시예

① Heating-Coil 방식

• 국립 윌스 연구소(National Institute for Virology - 남아프리카 공화국)

② Jacket 방식

• 국립방역센터(Center for Disease Control - USA)

③ 증기흡착 유입 방식

• 미국생물학 연구소(USA)

• 東京 道立 荏原病源(東京都)

• 농림수산성 가축위생 시험장(城縣谷田町)

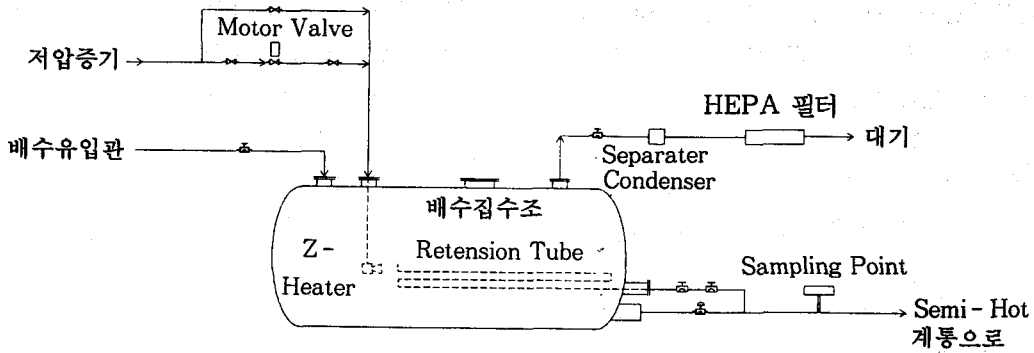


그림 1 가열멸균법 - 연속처리방식

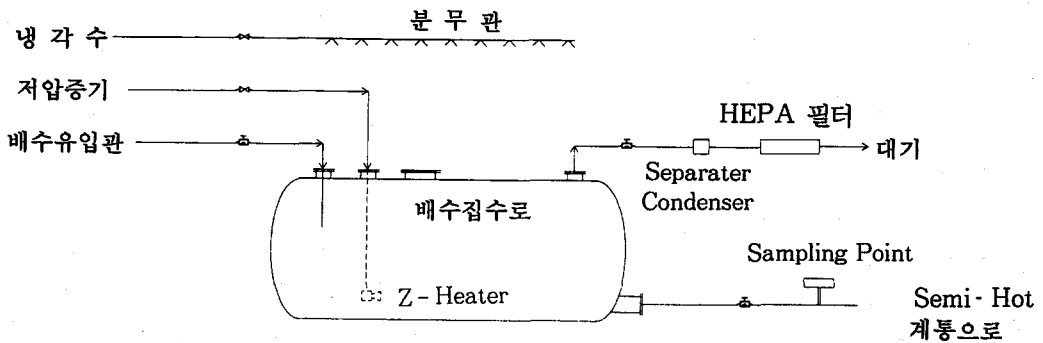


그림 2 가열멸균법 - Batch 처리방식

- 국립 예방 위생연구소(東京都)
 - Onderstepoort Foot & Mouth Disease Research Laboratory - 남아프리카 공화국
- Batch 처리방식의 대표적 예에 대하여 증기흡착유입 방식을 그림 2에 표시하였다.

7. 멸균효과의 확인

멸균효과를 확인하기 위해서는 생물학 Test법과 화학적 검지법을 이용하고 있으나 전자가 가장 확실한 방법이다.

(1) 생물학 Test법

가열멸균법에 대하여 가장 강한 저항성을 나타낸다. 그래도 병원성(病原性)이 아닌 세균의 身胞인 B. Stearothermophilus을 지표균(地標菌)으로하여 일정균량을 여과시험지도포시켜서, 세균배양을 하여 확인한다.

(2) 화학적 검지법

화학적 Indicator를 사용하여, 소정의 변색을 이용 멸균효과를 확인하는 것으로서, 생물학 Test법에 비하여 이용이 쉽고, 결과가 즉시 판명되는 이점이 있다.

8. 배수처리 설계상의 유의사항

가열처리법중 가장 대표적인 Batch처리의 증기흡착유입 방식을 예를 들어서 설계상의 유의사항을 표기한다. 다른방식을 채용하는 경우도 본사항을 참조하는게 좋겠다.

① 멸균조에서의 배수는 자연유하(自然流下)방식으로, 멸균조회전시 방수를 대비한 防水提를 설치하여야 한다.(최악의 사태에도 계통외로 유출을 방지한다.)

② 멸균실은 배수가 누수되는 경우를 고려하여 실험실과 같이 샤워실과 자외선 등을 부착하여 Air Lock에 의하여 격리시킨다. 음압이 되어야 한다. 만일 누수가 발생하는 경우에도 포르말린 등으로 소독가능한 시설을 갖추어야 한다.

③ 멸균조는 Batch식의 2조로 바꾸어가면서 할 수 있도록, 별도 1조는 예비로 대기할 수 있도록 총 3조가 되도록 한다.

④ 가열온도는 121°C로 하며, 체류시간은 20분이상으로 한다.

⑤ 운전방식은 자동운전을 원칙으로 하며, 수동운전도 겸용으로 할 수 있도록 한다.

⑥ 가열후의 모니터링이 가능하도록 하며, 이상사태가 발생하는 경우를 대처할 수 있는 시스템으로 한다.

⑦ 멸균조 및 부대배관, 밸브등의 재료는 내식성이 우수한 스테인레스강으로 한다. 또한 고장에 대하여 자동밸브 전후에 수동밸브를 설치하여 By-Pass를 설치한다.

⑧ 배수유입 접속배관은 멸균조의 액면보다 높게 설치하고, 멸균조의 액이 역류되지 않도록 하여야 한다.

⑨ 냉각방식은 냉각수에 의한 강제냉각과 자연냉각이 있으며, 강제냉각은 설비가 복잡하다. 가능한 자연냉각이 바람직하다 하겠다.

⑩ 냉각방식의 건강상의 문제에 대하여 personal protection을 고려한다.

⑪ 배수의 통기관 말단에는 HEPA 필터를 설치하여 대기와는 차단시킨다.

⑫ 운전조작은 안전하고, 정확하게 실행되도록 설계되어야 한다.

⑬ 처리수 Check는 Sampling point를 설정하여, 멸균효과를 정기적으로 Test될 수 있도록 하여야 하며 Sampling point에는 냉각 설비를 설치하여, 열탕으로 인한 사고방지대책을 마련한다.

⑭ 소음, 진동에 대한 독립적인 멸균실을 설치한다.

⑮ 운전조작의 감시는 현장 Panel 또는 상시 사람이 중앙감시반으로부터 실행이 되도록 한다.

⑯ Ratio Isotop을 실험에 사용하는 경우에는, 냉각후 저장하여 회석, 모니터링이 가능한 설비를 설치하고, 이러한 경우 멸균실 등은 Ratio Isotop 관리구역 같은 곳으로 하며, 조건을 만족하는 시설이 되도록 하여야 한다.

실 시 예

千代田 化工建設(株)에서 기본설계를 하고 국내에서 처음으로 P₄ Level의 실험실을 설치한 국립예방위생연구소·고도안전검사실에서 배수처리 설비의 실시한 예를 설명키로 한다. 본 시설은 Bio Hazard Class 3(P₃) 및 Class (P₄)의 가장 위험성이 높은 국제감염증의 병원균을 효과적으로 안전하게 취급할 수 있는 실험·연구시설이다. 주변지역의 Bio Hazard 대책의 특징에 주의하였다. 설계조건은 아래와 같다.

(1) 배수의 구분

배수는 위험도에 따라 아래와 같이 구분하였다.

① Hot 계통

- P₄ Level 실험실 배수 및 Auto Clave 배수

② Semi-Hot

- P₃ 및 P₂ Level 실험실 배수, 세포배양실 및 세정실 배수

③ Cold 계통

- 관리실, 화장실, 기계실 잡배수

(2) 방류수질

- BOD : 25mg/l 이하
- SS : 90mg/l 이하
- PH : 5.8~8.6

(3) 방류선

- 구보의 川 3호 우수(雨水)간선
- 공굴川 2호 우수(雨水)간선

(4) 적용규정

- 수질오염방지법
- 동경도 공해방지조례
- 수질규칙, 보일러 및 압력용기 안전규칙

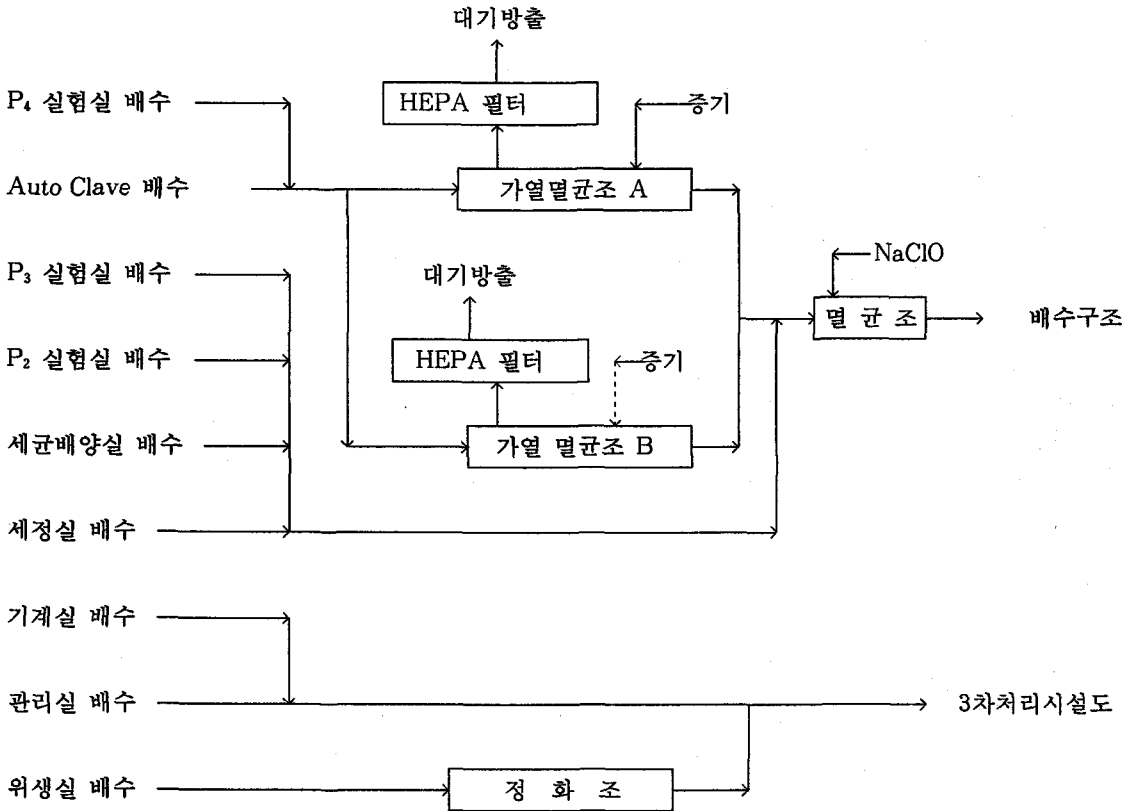


그림 3 Bio-Hazard 배수처리 시설 Block Flow Sheet

(5) 처리방식

• 그림 3 배수처리 Flowsheet 참조

① Hot 계통의 배수는 가열멸균조에 유입시켜, 소정량(약 1주간)을 저장한 후 증기로 가열 멸균시킨다. 가열멸균조는 2기로 상호운전하며, 가열멸균후의 배수는 6일간의 자연냉각후 Semi-Hot 계통으로 흘러(流下)보낸다.

Hot계통의 통기는 전부 Hepa Filter를 설치하여 통기를 통과시켜 대기에 개방한다. 필터는 완전밀폐형이어야 하며, 필터 교환시에도 비닐팩등으로 안전하게 오염이 되지 않도록 한 후 교환한다.

설계조건

- 처리량 : 6.5m³/주
- 가열온도 : 120°C (2kg/cm² G)
- 가열시간 : 40분
- 냉각 : 6일간 자연냉각으로 30°C 이하로

• 멸균조 : 2기(상호운전)

② Simi-Hot 계통(Hot 계통포함)

염소멸균조에 약 40분간 체류시킨 후 방류한다.

설계조건

- 처리량 : 2.0m³/hr(최대)
- 멸균제 : 차아염소산소다
- 주입량 : 20mg/ℓ
- 체류시간 : 멸균조에서 40분간

③ Cold 계통중 화장실의 오염수는 단독처리정화조로 처리한 후에 잡배수와 합류시킨다. Cold 계통에서의 잡배수는 기존

설치된 3차 처리설비에도 처리후 방류시킨다.

9. 맺음말

Bio-Hazard 배수처리기술에 대하여 실시예를 설명하였으나, 현재 가장 확실시 되고 있는 가열처리법은 세계적인 것은 아니나 설계기준도 명확치 않고 있다. 따라서, 금후 Bio-Hazard 배수처리설비의 건설시에는 본고를 참조하여서 기설치된 설비의 조사를 충분히 검토하여 계획하는 것이 바람직하다 하겠다.

- 참고 문헌 -

1. 大谷 明, 内田久雄, 北村 敬, 山内-也 : Bio-Hazard 대책, Handbook, 近代出版.
2. 유전자 DNA 실험지침 해설, Q & A, 第1法規.
3. 유전자 공학의 추진방책의 기본에 대하여 : 과학기술회의 라이프사이언스부회, (昭和 54년 6월 15일).
4. 유전자 공학 연구시설/설계조사보고서 : 千代田化工建設(株)(昭和 56년 3월).
5. 국립예방위생연구소/고도안전검사실/기본설계 : 千代田化工建設(株)(昭和 54년 9월).
6. U.S Army Biological Laboratories for Fort Detrick, Frederic. Maryland/Design Criteria for Micro Biological Facilities at Fort Detrick by Associated Engineers & Consultants, INC.