

## 훈증소독의 효과와 과제

- 규장각 방충소독을 중심으로 -

김 종 은  
(규장각한국학연구원)

### < 목 차 >

- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| I. 서문            | VI. 규장각 서고 훈증실시 현황 |
| II. 자료피해의 구분     | VII. 살충 살균 처리 약제종류 |
| III. 생물학적 피해의 구제 | VIII. 개선방안         |
| IV. 훈증소독계획       | IX. 결론             |
| V. 훈증소독내용        |                    |

### I. 서문

규장각한국학연구원(이하 약칭 “규장각”으로 함)은 261,000여권의 고전적을 소장하고 있으며 이를 보존하는 것을 제 1의 임무로 부여 받고 있다. 보존이란 원형 그대로를 영구히 후세에 전하는 일이다. 자료의 보존 방법으로는 소독(방제), 포쇄, 채광, 향온향습, 지질의 화학약품처리 방법이 있고, 또한 이용의 증진을 위해서는 복본제작(영인복원) 및 대체매체 개발로 디지털화, 마이크로필름화가 있다. 본고에서는 소독만을 다루고자한다. 규장각은 매년 3주간씩 폐관하며 소독을 실시하고 있으나 일부 연구자들의 불만이 끊이지 않는 것이 사실이다. 따라서 1주를 줄여서 2주일(14일)간만 하였으면 한다. 그러나 충분히 검증되지 않은 약효 때문에 기간을 줄여서 실시 할 수 있을지 의문이다. 규장각 소독문제는 2006년도 핫이슈로 되었다. 다행히, 최근 천연소독약제의 개발로 상시소독이 가능하게 되어서 기간 문제는 다소 해소할 수 있게 되었다. 본고에서는 소독방법 중에서 훈증소독의 방법을 제시하고, 아울러 개선방안을 찾고자 한다.

## II. 자료 피해의 구분

자료의 피해는 물리적 피해와 화학적 피해, 생물학적 피해로 구분되며 이중에 소독은 생물학적 피해를 구제하기 위한 방법이다. 구체적으로는 목조(木造), 지류(紙類), 석조(石造), 고분벽화(古墳壁畫)의 피해로 구분할 수 있다. 이 가운데 주로 생물학적 원인에 의한 지류 피해를 중심으로 살펴본다.

### 1. 물리적 피해<sup>1)</sup>

물리적 피해란 물체의 외부 형상만 바뀔 뿐 내부적인 물질의 조성이 변하지 않는 것을 말한다. 물체의 성질은 임의성과 특유성의 두 가지로 분류할 수 있다. 임의성은 형태, 크기, 온도 등을 임의로 바꿀 수 있는 성질을 말하며, 특유성은 녹는점, 끓는점 등 물질 고유의 것으로서 임의로 바꿀 수 없는 성질을 말한다. 이 중에서 임의성만 바뀌는 변화를 물리적 변화라 한다. 즉 종이가 찢어지거나 제본이 망가지는 것, 취급자의 부주의로 복사할 때 자료에 부담을 주는 것, 바코드 읽을 때, 장비를 할 때 자료에 주는 힘, 온·습도의 변화로 일어나는 종이의 팽창 수축, 책을 비스듬히 세워 보관할 때의 변형 등의 피해는 모두 물리적인 원인으로 분류할 수 있다.

### 2. 화학적 피해

화학적 피해란 구성하고 있는 물질이 화학 반응을 일으키는 것에 의해서 일어나는 것을 말한다. 종이를 구성하는 주성분은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등이 있다. 이는 각각 열이나 빛 혹은 산화에 의해 변화하게 되는데, 이러한 화학 반응에 의해 변화 및 분해되는 것을 화학적 피해라고 말한다.

### 3. 생물학적 피해

생물학적 피해란 미생물 등 살아있는 생명체에 의해 자료의 화학적 구조, 고유의 색깔 등 자료의 재질이 약화되거나 오염되어 변색되는 현상을 말한다. 이는 달리 생물학적 열화라고 말할 수도 있다. 예를 들면 곰팡이, 해충 등에 의한 재질 파괘 및 손상, 그리고 미생물과 곤충 등의 분비물로 인한 얼룩 혹은 색소 침체 및 자료를 판독하기가 곤란한 경우를 말한다. 특히 누수 등으로 인하여 과다한 함수율(含水率)을 갖고 있는 서적이거나 고서적 등은 세계 각국에서 생물에 의한 피해가 확인되고 있으며, 홍수나 누수를 받은 서적이나

1) 김원기, 2005 「고전적 보존의 문제점과 해결방법」, 고전적 p. 105참조

문서는 사상균(絲狀菌)이 번식하여 괴상화(怪狀化)를 야기시킨다. 또 종이의 부착물에 번식하여 종이를 착색 오염시키는 미생물이 보고되고 있다. 책 권연벌레는 장기 보관된 고서의 경우 많이 나타나는 현상으로 서적에 구멍을 내거나 갉아먹어 완전히 훼손시키므로 원상 복원이 어렵고 곰팡이류는 도서를 오염시켜 변색 및 변질을 일으켜 파손에 이르며 잉크를 파괴하여 기록된 내용의 손상을 가져온다. 특히 곰팡이류는 색소를 분비하고 있어 자료를 흑, 적, 갈색, 황색 등으로 오염시킨다. 근무자의 호흡기 질환 및 피부질환을 유발시키는 미생물, 먹이나 잉크 속의 탄닌을 분해하여 잉크를 퇴색시키는 미생물 등이 있다.

### III. 생물학적 피해의 구제

#### 1. 소독의 종류

##### 1) 포쇄

포쇄는 폭서(曝書)라고도 하는데, 책을 바람에 쐬는 것을 말한다. 포쇄는 고도서에 한한 문제인데 책을 거풍(擧風)시켜서 습기를 제거하여 부식 및 충해를 방지시킴으로써 서적을 오랫동안 보존하기 위한 것이다. 조선지나 중국지는 충해나 부식이 심하여 포쇄가 필요하지만 양지로 된 도서는 정기적인 포쇄가 필요없다. 포쇄를 하려면 청명한 날씨, 넓은 공간과 많은 인원, 많은 시간이 필요하다. 포쇄를 하면 먼지 및 습기 제거도 동시에 할 수 있기 때문에 일석이조의 효과를 볼 수 있었다. 그러나 자료를 햇볕에 직접 노출시키면 자료가 비틀어지는 현상이 생기므로 그늘진 곳에서 천천히 적응할 수 있도록 시원한 바람에 자연스럽게 통풍할 수 있게 하는 것이 바람직하다. 포쇄란 이처럼 번거로운 것이어서 조선시대에도 3년에 한 번씩 포쇄를 하였다는 기록이 있다. 그러나 현대 사회에서 포쇄를 하기는 쉽지 않을 것이다. 그러므로 포쇄를 대체할 수 있는 방법으로 자료소독기(책에 붙어있는 먼지 제거)를 이용하여 소독하고 먼지 및 곰팡이를 제거한 후 바람을 쐬어 준다면 효과가 있을 것이다. 과거 약품이 없고, 향은 향습기가 없을 때는 이 방법을 하였으나 현대에는 사용하지 않는다. 오히려 햇빛 및 공기오염 접촉으로 자료의 훼손을 불러올 수 있기 때문이다.

##### 2) 벽두방(辟蠹方)

벽두방(辟蠹方)이라 함은 “좀을 허물 수 있는 방법”을 말하며, 한약재를 이용하여 좀 및 해충을 제거하는 것을 말한다. 특히 옛날 건물은 목재가 주를 이루고 있어, 좀·해충으로부터 자유로울 수가 없었기에 한약재의 방향성(芳香性) 및 향균성, 살충력의 역할을 이용하였던 것이다. 일명 피톤치드라 할 수 있다. 습기와 좀의 예방약으로는 운향(芸香), 장뇌(樟

腦), 사향(麝香), 용뇌(龍腦), 천궁(川芎), 만려어(鰻鱺魚) 등이 사용되었는데, 약효를 살펴 본바 모두 살충력이 양호한 것으로 나타났지만 천궁만은 그 자체에 벌레가 생기므로 살충에는 약하다. 그러나 향균에는 강하므로 곰팡이 방지에 효과적이다.

최근에 바이오미스트테크놀로지(Biomist technology) 사(社)에서 연구된 제품으로 천연 방충제(천연 Pyrethrin 성분) “아키퍼(Archiper)” 및 천연 허브 추출물로 된 “에어닥터(Air doctor)”가 있다. 아키퍼는 살충제, 에어닥터는 살균제로써 상시소독시스템으로 이용된다. 환경에 따라 약효가 다를 수 있으니, 작은 공간에서는 상시소독으로 효력이 있다고 보지만 큰공간에 많은 고서를 소독할 때에는 적어도 2년에 1회씩은 밀폐훈증소독과 병행함이 좋을 것이다.

### 3) 나프탈렌

나프탈렌은 서고 내에 설치가 쉽고 경제적인 면에서 비용이 절감된다. 그러나 재래 좁약에 비해 냄새가 고약하고 근무자에게 해롭다. 쯤의 예방을 위해 서고의 건립 방향도 문제가 된다. 서고의 위치를 동서향(東西向)으로 건축한다면 쯤 벌레를 생성하게 되므로 남향(南向)으로 설립해야 한다. 그리고 서고를 건축할 때 목재를 사용하는 것보다 콘크리트가 좋다고 한다. 물론 고전적용 서가는 방습 향운을 위해서 목재(화학약품 처리된 소나무 통판)나 오동나무를 사용한다. 나프탈렌은 한 선반 위에 2-3개 정도 둔다. 현대에는 냄새 및 약효가 지속적이지 못하여 사용하지 않는다.

### 4) 일반소독 및 훈증소독

「공공기관의기록물관리에관한법률시행규칙」 제29조에 의거, 주기적인 서고소독 실시 의무가 법으로 정해져 있다.

제29조(살균소독 등의 보존처리) ②보존기간이 준영구 이상인 기록물을 보존하는 전문 관리기관의 서고에 대하여는 연 1회 이상 서고 전체에 대한 살균소독을 실시하여야 한다.

③보존기간이 준영구 이상인 종이류 기록물중 산성화 정도가 pH 6.5 이하인 기록물에 대하여는 서고에 입고하기 전에 탈산처리를 실시함을 원칙으로 한다.

#### 가. 일반 소독 및 훈증소독

일반소독방식은 직접분무, 스프레이 및 훈증방식이 있다. 실내 전체에 대해 안개와 같은 상태로 분무하여 건물 내 도서관의 기둥에 서식하는 해충까지도 구제한다. 소독한 후에는 완전 밀봉하여 6-10일 이상 서고를 폐쇄하므로 이용자에게 지장을 준다. 하지만 연 1-2회(봄, 가을) 소독으로는 효과가 미흡하다. 또한 일반소독(분무식)은 살충력은 있지만 공기 중 미생물에는 효과가 미약하다. 이를 보완하기 위하여 훈증소독(강력한 약제로 가스 살

포)을 실시한다.

일반소독으로는 미생물에 대한 효과가 미흡하여 다음 조건을 갖춘 방법으로 개선하는 방안을 생각해 볼 수 있다.

- 서고 내 미생물 서식 및 예방을 위해서는 서고 소독작업이 정기적이고 지속적이어야 한다.
- 기존 일반 소독 방식은 연 1-2회 소독으로 미생물 및 살충에 대한 효과가 미흡하여 살충효과가 있고, 침투력이 강한 약품으로 훈증소독이 필요하다. 혼합약제 훈증으로는 메칠브로마이드와 에칠옥사이드가 혼합 사용된다. 다만, 잔류상태에서 서고에 출입할 수 없다.
- 소독 효과가 뛰어난 약제로 상시 소독을 할 수 있는 방안이 절실하다.
- 서고 담당자에게(인체) 피해를 주지 않으면서 소독 효과가 뛰어난 천연약제 사용이 필요하고 “벽두방” 한약재처럼 무독성 약제(또는 “아키퍼”처럼 천연약제)를 사용하여야 한다.
- 항상 소독할 수 있는 시스템으로 대체한다.(실내오염 측정, 자료의 해충조사 등 검증이 필요하고, 그때 그때 소독하는 방법도 연구한다)

#### 나. 훈증소독의 과제

환기가 안된곳에서 쉽게 소독 약제가 배출되는 않는다. 따라서 근무자에게 치명적인 쇼크를 줄 수도 있다. 소독 완료 후 가스배출을 위하여(약제반감기) 약 10-15일 정도 기간이 필요하다. 이 기간동안 열람을 할 수 없고 서고 출입이 불가능하다. 이용자를 위해서 기간을 단축하려면 인체에 해가 없으면서 충해방지(살충, 살균)가 강한 천연약품의 개발(조사)이 필수적이다.

#### 5) 정기적 서고청소

서고 공기중에는 미생물의 주 영양분이 되는 먼지가 많이 있다. 거기서 발생한 미생물 중에는 자료에 피해를 주는 각종 미생물 혹은 인체에 유해한 미생물이 포함되어 있기도 하다. 또 자료에는 미생물의 영양분이 되는 먼지, 풀, 아교 등이 포함되어 있으므로, 여기에 미생물이 서식하여 자료가 훼손되는 경우가 있다. 따라서 서고의 먼지를 정기적으로 처리하고, 항상 청결한 상태를 유지하여야 한다. 청소 방법으로는 진공청소기를 이용하는 방법 및 먼지털이를 사용하는 방법이 있는데, 털이 방식은 먼지를 다른 곳으로 이동시키는 효과밖에 없으므로(폐가식은 월2회 정기적인 청소가 필요하고, 개가식은 출입빈도에 따라 2-3일에 한번씩은 지속적으로 실시해야한다) 대용량의 진공청소기를 이용하는 것이 좋다. 만약 진공청소기를 사용한다면 약하게 하여 자료에 손상이 가지 않도록 조심해야한다.

## IV. 훈증소독 계획

규장각한국학연구원은 자료의 보존을 위하여 매년 정기적으로 밀폐 훈증소독을 실시한다. 훈증소독은 규장각전체를 대상으로 하되 서고에는 고농도 약제를 살포하고, 인체에 잔류 약효 피해가 없을 때 개실한다. 밀폐 훈증소독방법으로 하되 생물학적 실험이 입증된 약효로써 서고내 공기 중 부유세균도 박멸할 수 있는 것이어야 한다. 전문기관의 실험결과를 제시하여야 한다.

- 일시: 2006. 7. 29 - 8. 18(21일간)
- 소독대상: 261,045점 자료가 있는 각 서고(국보 및 보물서고, 책판서고, 한국본서고, 중국본서고, 일반고서고 등)

### 1. 훈증소독지침 및 시방서에 필요한 내용

#### 가. 훈증소독지침

규장각소장 고서류, 고문서, 책판 등의 문화재 및 자료를 해충 및 미생물에 의한 생물피해를 방지하고, 서고의 적절한 보존환경 조성을 위하여 살충·살균 훈증소독을 시행하여 문화재 및 자료를 안전하게 보존 관리한다.

#### 나. 훈증소독실시 개요

- 규장각 제 1,2,4,5 서고에 소장된 자료에 대한 살충살균 훈증소독을 실시한다.
- 훈증소독제는 혼합가스(Methyl Bromide( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) wt 86% +Ethylene Oxide( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ) wt 14%)를 사용한다.
- 훈증소독방법은 밀폐훈증법을 적용한다.
- 훈증소독 작업기간은 2006년 7월 29일부터 8월 18일까지 완료하도록 한다.

#### 다. 훈증소독시방서

##### 총칙

- 1-1. 본 훈증시방서는 서울대학교 규장각한국학연구원 소장 문화재 및 자료의 훈증소독작업에 적용한다.
- 1-2. 서울대학교 규장각한국학연구원 소장 문화재 및 자료에 대한 각종 해충, 균해 등의 생물 피해를 방지하여 소장 문화재 및 자료를 생물피해 없이 안전하게 보존 관리하기 위한 훈증소독을 시행함에 있어 시방서를 준수하여 안전하고 효과적으로 시행한다.

- 1-3. 훈증소독 방법은 수장고는 콘크리트시설로 가스보유력이 높은 보관시설에 적용하는 밀폐훈증법을 적용한다.
- 1-4. 훈증소독은 살충 살균을 목적으로 실시하며 훈증제는 M.B + E.O 혼합가스를 사용한다.
- 1-5. 훈증효과판정은 전문연구기관에 의뢰하여 실시하고 훈증효과확인서를 발급 받아 보고서에 첨부한다.

□ 일반사항

- 2-1. 훈증소독은 문화재보호법 제18조의 규정에 준하여 등록된 문화재수리업(보존 과학)자로서 훈증제의 공급제한 및 사용에 관한 규정에 의거 적법한 허가(방제업)를 득한자가 시행한다.
- 2-2. 훈증소독은 박물관 등에서 유물 훈증소독 경험이 많은 기술자, 기능자가 시행하도록 하며 문화재 및 자료 보존에 최우선을 두고 작업을 시행한다.
- 2-3. 훈증제는 국립문화재연구소에서 효과를 검증한 훈증제로 문화재의 재질에 약해를 주지 않고 살충력, 살균력, 침투력, 안정성이 우수한 M.B + E.O 혼합가스를 사용한다.
- 2-4. 훈증소독 작업 시에는 제반 위해방지규정을 준수하여 안전사고 예방에 만전을 기하도록 한다.

□ 행정사항

- 3-1. 훈증작업 착수 전 훈증소독 공정에 대하여 감독관의 승인을 득한 후 작업에 착수하여야 하며 중요한 작업공정은 감독관 입회 하에 실시하여야 한다.
- 3-2. 훈증소독 완료 후 훈증효과확인서와 훈증작업사진을 첨부한 훈증실시보고서를 2부 작성 제출하여야 한다.
- 3-3. 기타 특이한 사항이 있을 경우에는 감독관의지시를 받아 시행하도록 한다.

□ 사용 훈증제 및 훈증소독 기준

- 4-1. 훈증약제는 혼합가스(Methyl Bromide( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) wt 86% +Ethylene Oxide ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ) wt 14%)를 사용하며 사용량의 산정은 대상시설물의내부 용적을 실측하여 산출한 훈증용적에 살균처리 시에는  $100\text{gr}/\text{m}^3$ 을 기준투약량으로 하여 산정하도록 한다.
- 4-2. 훈증소독시간은 투약 시 내부온도를 기준으로 하여 살충살균처리는  $25^\circ\text{C}$ 이상에서 24시간,  $20\text{-}25^\circ\text{C}$ 에서 48시간,  $10\text{-}20^\circ\text{C}$ 이하에서는 72시간 훈증소독을

실시하며 살충처리는 15℃이상에서 24시간, 15℃이하에서는 48시간 훈증소독을 실시한다.

- 4-3. 훈증소독 중의 가스농도는 살균처리 시 60mg/ℓ 이상을 훈증처리시간 동안 유지시켜야 하며, 살충처리 시 15mg/ℓ 이상을 훈증처리시간 동안 유지시켜야 한다.

□ 훈증준비 작업

- 5-1. 훈증대상 서고의 공조설비, 전기배관, 환기구 등을 면밀히 조사하여 실리콘 및 특수테이프로 완전하게 밀폐한다.
- 5-2. 훈증대상 서고의 출입구, 창문 등에는 비닐(T0.2mm) 및 특수테이프를 사용하여 완전하게 밀폐시키도록 하며 연결된 주변 시설물에 훈증가스 유입이 예상되는 공조구 등에도 완전하게 밀폐작업을 한다.
- 5-3. 훈증대상시설물 내부에 훈증으로 인한 피해가 예상되는 물품은 외부로 반출하여 훈증으로 인한 피해가 없도록 한다.
- 5-4. 포장된 자료는 감독관 입회하에 부분적으로 포장을 해체하여 완전한 훈증소독이 될 수 있도록 하여야 한다.
- 5-5. 혼합가스는 비중이 무거우므로 밀폐된 훈증대상시설물 내부에 Fan을 설치하여 혼합가스의 확산 및 농도의 균일화를 촉진시킨다.
- 5-6. 밀폐한 시설물 내부에는 상, 중, 하단 3개소에 농도측정용 호스를 설치하여 외부에서 정기적으로 훈증 중 가스농도를 측정할 수 있도록 한다.
- 5-7. 훈증효과확인용 시료로 공시충(쌀바구미) 및 공시균(검은곰팡이) 또는 멸균방응지를 훈증대상시설물 내부에 설치하여 훈증완료 후 훈증효과를 확인할 수 있도록 한다.
- 5-8. 훈증시설물 외부에는 훈증안내문, 위험경고문, 경계줄을 설치하여 외부인의 접근을 통제하도록 한다.

□ 훈증실시

- 6-1. 혼합가스 투약 전에 밀폐부위를 면밀히 점검하여 완전한 밀폐상태를 확인한 후 훈증제를 투약하도록 하며 훈증처리 시간동안 일정 농도 이상 유지하도록 약량을 분할하여 투약하도록 한다.
- 6-2. 혼합가스는 액화상태이므로 간열기화기를 이용하여 기화시켜 투약하며 투약 작업원은 유기가스 고농도용 정화통을 연결한 전면형 방독마스크를 필히 착용하여야 한다.
- 6-3. 훈증 중에는 이연식18형간섭계형 가스검정기를 이용하여 정기적으로 내부의



가스농도를 측정하며 농도가 기준농도 이하로 저하 시에는 보충투약을 실시한다.

- 6-4. 훈증 중에는 가스누출 예상장소에 대하여 Gastec, Gas leak checker 등의 미량가스검지기를 이용하여 가스누출여부를 정기적으로 점검하며 가스누출 시에는 즉시 밀폐보완작업을 실시한다.

□ 가스배기 작업

- 7-1. 훈증종료 후에는 Fan 및 Duct를 이용하여 가스를 외부의 안전한 곳으로 배기한다.
- 7-2. 훈증가스가 흡착된 곳에는 Fan을 이용하여 가스의 탈착을 촉진시키고 24시간 이상 개방하여 가스가 완전히 탈착되도록 한다.
- 7-3. 혼합가스 잔류가스농도는 Methyl Bromide용 Gastec-tube를 사용하여 측정하고 미국 ACGIH에서 규정한 허용농도 5ppm이하를 확인한 후 훈증작업을 종료한다.

□ 훈증효과확인

- 8-1. 살충효과확인은 공시충(쌀바구미, *Sitophilus oryzae* L.)을 넣은 시료병을 훈증대상 시설물 내부에 상중하로 3조 이상 설치하고 훈증완료 후 수거하여 상온에서 2-3일간 관찰하여 살충효과를 확인한다.
- 8-2. 살균효과확인은 공시균(검은곰팡이, *Aspergillus niger* IAM 3001)을 넣은 시료병을 훈증대상시설물 내부에 상중하로 3조 이상 설치하고 훈증완료 후 수거하여 25°C에서 5-7일간 배양 실험하여 살균효과를 확인한다.  
또한, 멸균반응지(Sterilizing Indicator Paper)를 사용하여 훈증처리 후 반응시약의 색상변화상태를 확인하여 살균효과를 확인할 수 있다.
- 8-3. 살균효과확인의 공시균 배양실험은 전문연구기관에 의뢰하여 실시하고 훈증효과 확인서를 발급받아 보고서에 첨부 제출하도록 한다.

□ 기타사항

- 9-1. 훈증소독 안내문을 설치하여 외부인의 공사안내와 불필요한 접근을 방지하도록 한다.
- 9-2. 작업 시에는 장비를 정리정돈하고 청소를 하여 항상 청결을 유지하도록 한다.
- 9-3. 작업장 내의 위험요소는 수시 점검 필요한 조치를 하여 안전관리에 만전을 기한다.

## V. 훈증소독의 내용

### 1. 훈증준비작업

- 가. 훈증대상 제1서고(일반서고, 신관), 제2서고(일반서고, 구관), 제4서고(책판서고), 제5서고(국보서고)의 천정위 벽체 공조배관부위, 균열부위 등에 대하여 실리콘, 비닐, 테이프를 사용하여 완전하게 밀폐보완작업을 실시하였다.
- 나. 훈증대상서고 내부에 훈증제투약호스, 훈증농도측정호스, 훈증제확산용웬을 설치하였다.
- 다. 훈증완료후 가스배기를 위하여 배기용 대형웬과 비닐덕트를 설치하였다.
- 라. 훈증효과를 확인하기 위하여 살충효과확인시료로 공시충(쌀바구미, *Sitophilus oryzae* L.)을 넣은 시료병을 각서고 내부에 상중하로 3조로 설치하고, 살균효과 확인시료로 공시균(검은곰팡이, *Aspergillus niger* IAM 3001) 디스크페이퍼 4개 1조씩을 서고 내부에 상중하로 3조씩 설치하였다.
- 마. 훈증준비가 완료된 후 내부시설 및 설치장비를 확인하고 출입문을 시건하고 외부에 비닐씨트로 밀폐작업을 완료하였다.

### 2. 훈증제 투약 및 훈증

- 가. 훈증제는 Methyl Bromide( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) wt 86% +Ethylene Oxide( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ) wt 14%의 혼합가스를 700kg(14Cyl)을 준비하였다.
- 나. 훈증제 기화용 기화기는 실내에서의 투약을 고려하여 330V 전기식기화기를 사용하였다. LP Gas 가열용 기화기는 실내에서 투약시 공기를 오염시키고, 미세 누출가스와 연소 반응하여 독성가스를 발하기 때문에 사용을 금해야 한다.
- 다. 1차 투약으로 모든서고에서 100mg/l 이상의 농도를 이연식18형검정기를 이용하여 확인하고 종료하였으며 훈증 2일차에 잔여 훈증제로 보충투약을 실시 하였다.(첨부자료에 훈증농도조사기록표를 첨부하였다)
- 라. 훈증 중에는 모든 사무실을 폐쇄하고, 공조등의 기계조작도 모두 중지하였다.
- 마. 가스누출은 1층 일반서고 통로 및 지하층 책판서고 통로에서 누출이 있었으며, 중형 배기웬을 사용하여 24시간 배기를 실시하여 안전을 도모하였다.

### 3. 훈증가스배기작업(매우중요하다)

- 가. 서고의 온도가 21-25℃를 유지하고 있어 훈증소독시간은 48시간으로 하였다.

- 나. 훈증소독시간 종료 후 미리 설치한 대형 배기팬 및 비닐덕트를 연결하여 2층 옥상의 안전한 곳으로 배기하였으며, 주간 배기시간은 09시부터 18시까지 1일 9시간씩 배기하였다.
- 다. 야간에는 서고 금고문을 시건 한 후 금고문의 훈증장치를 이용하여 소형배기팬 및 덕트를 연결하여 주간 배기 후 익일 아침 본 배기까지 보조배기방법으로 야간에도 지속적으로 배기하였다.
- 라. 배기중에는 서고의 서가 사이에 중형 및 소형팬을 설치하여 흡착된 가스가 탈착 되도록 가동하였다.
- 마. 서고의 내부 가스농도가 5ppm 이하가 되었을때 서고내의 공조흡배기구의 밀폐를 제거하고 기계실의 공조기를 이용하여 50%흡기로 공조배기를 계속 실시하였다. 공조배기는 근무시간을 고려하여 주간 근무시간에만 가동하였다.
- 바. 훈증가스배기는 서고 서가의 가스잔류농도가 허용농도 이하인 0.1ppm 상태까지 계속 배기하였으며, 이는 배기 후 책갈피 속의 흡착된 가스가 탈착되어 나오는 것에 대비하여 충분히 서고의 환경을 개선하기 위하여 실시하였다.

#### 4. 흡착가스탈착 및 배기작업

- 가. 훈증작업 기간중 충분한 강제배기와 공조배기를 실시하였으며 미세한 농도의 탈착가스 제거를 위한 조치로 가스흡착기를 서고 내에 설치 운영하였다.
- 나. 훈증가스흡착기는 활성탄(30kg)을 내장하고 흡기브로와가 설치된 가스흡착기를 서고 내부에 설치하여 주야간으로 탈착가스를 흡수하도록 하였다.  
이 훈증가스흡착기는 훈증소독작업 종료 후에도 수개월간 지속적으로 운영하여 서고내의 미세가스 제거 및 보존환경에의 영향을 분석 검토하기로 하여싸.
- 다. 주간 공조배기시 공조흡기구가 천정에 설치된 것을 감안하여 소형팬을 설치하여 지속적으로 흡착가스의 탈착을 촉진시키도록 하였다.

#### 5. 훈증효과

- 가. 훈증효과 중 살충효과 확인은 훈증전 설치한 공시충(쌀바구미, 10-20마리)를 깨끗한 실온에서 3-5일간 보관 관찰하며 공시충의 사멸여부를 확인하여 완전한 살충효과가 있었음을 확인하였다.
- 나. 훈증효과 중 살균효과확인은 공시균으로 검은곰팡이, *Aspergillus niger* IAM 3001가 접종된 디스크페이퍼 4개 1조씩 각 서고 3조 총 12조의 공시균을 숙명여자대학교 환경과학연구센터에 의뢰하여 5-7일간 배양실험을 하여 공시균

주의 생육이 없어 완전 사멸되었음을 확인하고, 훈증효과확인서를 발급받아 보고서에 첨부하였다.

## VI. 규장각 서고 훈증실시현황

### 1. 규장각 서고 소장자료 살충살균 밀폐훈증소독 목적

규장각 소장 고전적류 등의 문화재 및 자료는 해충 및 미생물에 의한 피해를 받아 손상되기 쉬우며 이러한 생물 피해는 손상비중이 크고 원형복원이 불가능하게 되므로 자료의 생물학적 피해를 방지하고, 서고의 적절한 보존환경 조성을 위하여

살충·살균 훈증소독을 시행하여 문화재 및 자료를 안전하게 보존 관리하고자 함.

### 2. 훈증대상시설별 훈증 및 소독방법

대상시설명	자료구분	훈증목적	사용훈증제	비고
제1서고	일반서고(신관)	살충·살균	혼합가스	
제2서고	일반서고(구관)	살충·살균	혼합가스	
제4서고	책판서고	살충·살균	혼합가스	
제5서고	국보서고	살충·살균	혼합가스	
부대시설	사무실, 열람실 등	일반소독		연무소독외

### 3. 훈증대상시설 및 훈증현황

대상시설명	자료구분	면적(m <sup>2</sup> )	용적(m <sup>3</sup> )	약량(kg)	비고
제1서고	일반서고(신관)	972	4,082.4	4.9.0	혼합가스100mg/m <sup>3</sup> , 25℃ 기준 24시간훈증 h 4.2m 적용
제2서고	일반서고(구관)	483	2,028.6	203.0	
제4서고	책판서고	519	2,179.8	218.0	
제5서고	국보서고	308	1,293.6	130.0	
계		2,282	9,585.7	960.0	

#### 4. 훈증방법-밀폐훈증

서고는 콘크리트 시설로 가스 보유력이 높으므로 출입문, 환기구, 배관부위, 벽 틈 등을 비닐, 테이프 및 실리콘 등으로 밀폐하여 훈증처리하는 방법을 적용하며, 소장 자료에 대한 훈증소독효과와 함께 서고 보존환경 조성 효과도 있는 서고 훈증에 가장 효과적인 훈증방법임.

#### 5. 훈증제

혼합가스(Methyl Bromide 86% + Ethylene Oxide 14%) / 약제 설명서 별첨

#### 6. 훈증효과(살충, 살균)확인

- 가. 살충효과확인: 공시충(쌀바구미, *Sitophilus oryzae* L.)을 사용하며 훈증전 대상시설 내부에 상중하로 3조 이상 설치하고 훈증완료 후 수거하여 상온에서 2-3일간 관찰하여 살충유무를 파악하여 살충효과를 확인함.
- 나. 살균효과확인: 공시균(검은곰팡이, *Aspergillus niger* IAM 3001)을 사용하며 훈증전 대상시설 내부에 상중하로 3조 이상 설치하고 훈증완료 후 수거하여 25℃에서 5-7일간 배양 실험하여 공시균주의 살균상태를 파악하여 살균효과를 확인하며, 숙명여자대학교 환경과학연구센터에 의뢰하여 시행하고 훈증효과확인서를 발급 받음.

#### 7. 훈증일정

21일 소요/일정표 참조

#### 8. 혼합가스의 성분 및 특성

- 성분: Methyl Bromide 86% + Ethylene Oxide 14%
- 분자식: CH<sub>3</sub>Br + C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O
- 분자량: 81.71
- 비점: 760mmHg 4.6℃
- 비중: 기체 2.82 (공기=1)
- 성상: 무색무취(약간의 크로로폼 냄새)
- 특성

① 살충력이 강한 취화메틸(M.B)과 살균력이 우수한 산화에틸렌(E.O)의 혼합가스로

- 거의 모든 문화재의 훈증제로 사용되고 있다.
- ② Gas 상태로 작용하며 침투력과 확산력이 강하여 대상물의 심부까지 완벽한 살충·살균작용을 한다.
  - ③ 약해가 거의 없어 문화재의 원형과 색상등에 영향을 주지 않는다.
  - ④ 비점이 낮아 저온에서도 효과적으로 사용할 수 있다.
    - 허용농도: 3ppm(미국산업위생학자위원회 기준)
    - 이 약제의 주요 사용실적
      - 문화재청 시행 국가지정문화재 훈증
      - 국립중앙박물관 및 국립박물관 유물 훈증
      - 국립현대미술관 및 공사립미술관 미술작품 훈증
      - 이화여자대학교박물관 등 대학박물관 유물 훈증
      - 호암미술관 등 사립박물관 유물 훈증
      - 팔만대장경판전 등 목조건축물 문화재 훈증

9. 훈증작업일정표

일차	일자	작업내용		비고
		작업명	세부작업내용	
1-3일차	7/29-7/31	준비작업	장비운반 서고벽체, 배관, 출입문 밀폐작업 훈증기자재 설치	
4일차	8/01, 화	훈증실시 연무소독	훈증제 투약작업(제 1,2,4,5 서고) 사무실 등 연무소독 실시	서고출입불가 (이하계속)
5일차	8/02, 수	훈증실시	훈증1일차 점검, 보충투약	
6일차	8/03, 목	훈증실시 가스배기	훈증2일차 점검 고농도가스 배기시작	
7-9일차	8/04-8/06	가스배기	고농도가스 배기작업	
10일차	8/07, 월	가스배기	저농도가스 배기작업 흡착가스탈착작업 서고내 공조밀폐제거작업	
11-20일차	8/08-8/17	가스배기	저농도가스 배기작업 흡착가스탈착작업 공조배기 가동 환기작업	공조배기 가동
21일차	8/18, 금	작업종료	가스배기, 흡착가스 탈착작업 안전점검 및 장비철수	서고출입가능

10. 훈증실시보고서(제1서고 예시)<sup>2)</sup>

훈증이 완료되면 보고서를 제출하여 검수를 맡도록 한다.

- 1) 시행처: 서울대학교규장각한국학연구원
- 2) 계약명: 규장각 서고 살충살균 밀폐훈증소독
- 3) 훈증대상: 제 1-5서고(일반서고)자료
- 4) 실시장소: 서울시 관악구 신림동 56-1/서울대학교규장각한국학연구원
- 5) 훈증목적: 살충 및 살균
- 6) 작업기간: 2006년 07월 29일 - 08월 18일
- 7) 훈증기간: 2005년 08월 01일 - 08월 03일
- 8) 훈증방법: 밀폐훈증법
- 9) 훈증제: 혼합가스(M.B 86% + E.O 14%)
- 10) 훈증용적: 4,082.40 m<sup>3</sup>(제1서고) \*각 서고마다 훈증 용적을 기재
- 11) 사용약량: 409.0 Kg (기준투약량: 100gr/m<sup>3</sup>(제1서고) \*각 서고마다 사용약량을 기재
- 12) 훈증시간: 48 Hr's, 24°C
- 13) 투약방법: 간열기화기에 의한 투약
- 14) 공시충·균: Sitophilus oryzae L.(쌀바구미), Aspergillus niger IAM 3001(검은 곰팡이)
- 15) 시공자: 한국종합방제주식회사 (대표 이갑우)

2) 훈증실시보고서, 2006. 한국종합방제주식회사

## VII. 살충·살균처리 약제 종류

살충살균처리는 자료의 안전성과 인체, 지구환경의 영향 등 종합적으로 검사, 결정해야 한다.

### 1. 사용목적과 사용 가능한 약제

사용목적	약 제		대상
살충처리	혼증제	메틸브로마이드(Methyl bromide) 혼합가스(MB+Ethylene oxide) 불화설프릴(Sulfuryl fluoride) EO+프레온카본제제 요오드화메칠(Methyl iodide) 산화프로필렌(Propylene oxide)	문화재 시설, 자재 등
	증산성 살충제	DDVP증산제	문화재
방충처리	기피처리제	피레스로이드(엔펜스린)탄산제 피레스로이드(시페노스린)탄산제	시설 등
	증산성 방충제	DDVP증산제 피레스로이드(엔펜스린)증산제 P·D·B(Paradichlorobenzene) 장뇌(Camphor) 나프탈렌(Naphthalene)	문화재
살균처리	혼증제	혼합가스(MB+Ethylene oxide) EO+프레온카본제제 산화프로필렌(Propylene oxide) 요오드화메칠(Methyl iodide)	문화재 시설, 자재 등
	소독제	에탄올	일부문화재
방부처리	방부처리제	요오드계 탄산제	시설 등



## 2. 사용 훈증제의 훈증효과 및 재질에 대한 영향

(훈증제는 원칙으로는 약제가 잔류하면 안된다)

약제명	피해가우려재질	재질의 영향	살충	살균	방충	방부	인체독성	비고
메틸브로마이드 (MB)	유황을 함유한 물질(청사진, 모피, 피혁, 고무, 사진), 동식물자료	유황을 함유한 자료에 악취, 자료의 DNA에 영향	◎		X	X	X	메틸브로마이드가 오존층 파괴물질이므로 사용제한
혼합가스 (MB+EO)	유황을 함유한 물질(청사진, 모피, 피혁, 고무, 사진), 동식물자료	단백질, 셀룰로스, 수지 등의 화학 변화의 가능성, 유황함유 물질의 악취, 동식물자료의 DNA에 영향	◎	○	X	X	X	메틸브로마이드가 오존층 파괴물질이므로 사용제한 *규장각 사용중
불화셀프릴 (Sulfuryl fluoride)	명확한 기술이 없다	일부금속에 녹발생, 일부 시류에 pH 저하, 일부합성수지에 화학변화 발생	○	○	X	X	X	저온에서 효과저하(15°C 이상으로처리함), 침투성이 강하고, 산란력이 약하다. 중독시 해독제가 없다. 재질에 미치는 영향은 미량 함유된 산성 불순물이 원인이다.
EO+프레온카본제제	동식물질 자료	단백질, 셀룰로스, 수지 등에 화학변화의 가능성, 동식물자료의 DNA에 영향	○	○	X	X	X	EO는 대상물에 흡착성이 높고, 발암성이 있다. 훈증 후 충분한 배기가 필요함, 폭발성이 있어 취급에 주의 해야함
산화프로필렌 (Propylene oxide)	동식물 자료	종이, 명주, felt, 안료, 칠도막, 금박회화 재질에 영향은 육안식별 불가함, 동식물자료의 DNA에 영향	○	○	X	X	X	침투성이 약하여, 훈증시에 방폭형 쉘을 사용함. 대상물에 흡착성이 높고, 발암 의심 물질. 폭발성이 있어 농도관리에 주의가 필요하다
요오드화메틸 (Methyl iodide)	은제품, 발포우레탄수지, 유황함유 물질(청사진, 모피, 피혁, 고무, 사진) 동식물자료	은제품-변색, 발포우레탄수지·나이론 수지등-황변, 청사진, 피혁, 고무, 계란흰자 등에 악취가 발생한다. 동식물자료의 DNA에 영향	○	○	X	X	X	비점이 높아서 기화실 및 도입부가 필요하고 저온에서는 할수 없다.

### 3. 사용 혼증제의 허용농도

물질명 (주용도)	Methyl bromide (살충혼증제)	Methyl iodide (살균·살충혼증제)	Ethylene oxide (살균·살충혼증제)	Propylene oxide (살균·살충혼증제)	Sulfuryl fluoride (살충혼증제)
허용농도	20ppm(1997)	5ppm(1997)	1ppm(1997)	20ppm(1997)	5ppm(1997)
분자식 (분자량)	20ppm(94.94)	CH3I(141.94)	(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O(44.5)	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O(58.08)	SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub> (102.07)
비점	45	42.5	10.7	33.9	-55.2
특징	살충력이 강함 침투력 좋음 약해가 거의없음	살충·살란 및 살균력이 있음.	살균력이 우수함 약해가 거의없음 물에 무한대로 용해	살균력이 우수함 침투력이 약함	살충력은 있으나 살란력이 약함 침투력이 우수 하고, 흡착력이 낮음

### 4. 사용 혼증제의 표준투약량

M·B(Methyl bromide): 살충 상품명: 메틸브로마이드

혼증방법	온도(°C)	혼증시간(hr)	표준투약량(g/m <sup>3</sup> )	비고
피복혼증	25-30	24	35-50	
밀폐혼증	25-30	24	30-40	
혼증고혼증	25-30	24	25-30	
포장혼증	25-30	24	25-30	

## VIII. 개선방안

### 1. 과제

너무 장기간(21일간) 규장각 문을 닫아두고 혼증소독을 하고 있어서 자료이용에 불편을 초래하고 있다. 일반도서관은 길게 잡아 7일정도(서울대 중앙도서관5일)이나, 규장각은 21일로 약 2주간을 더 실시하고 있다. 이에 관련한 대책이 필요하다.

소독의 중요성은 필요하지만 소독 때문에 기관 전체를 장기간 폐쇄하면서 실시해야 하는지에 대한 이용자들의 불만은 계속 될 것이다.

## 2. 개선방안

- 1년에 한번만 실시하지 않고 상시 소독체제로 운영함으로써 약효를 지속시키고, 충해방제는 물론 상쾌한 서고 실내를 유지시켜야 한다. 기존의 1년에 1회 실시 방법으로는 계속 약효를 보장하기 어렵다는 것이 전문가들의 견해이다.
- 최근 인체 무해한 친환경 문화재 및 기록물 소독 장비와 약제가 연구되고 있다. 서고 근무자들을 위해서 인체 무해한 친환경 물질이 필수적이다.

### 가. 바이오마스터(Biomaster) 소독장비

기록물 관리장소의 생물학적 피해를 예방하기 위한 이동식 소독장비이다. 이 소독장비에 인체에 무해한 천연 소독약제(BM솔루션, 허브오일)를 넣어 살균 살충한다. 가격이 대당 1억5천만원 정도하며, 약제는 1ℓ 당 30만원정도 하며, 소량의 장서(500-1000권 내외)에 적합하다고 본다. 서고 내에 이동시켜서 연간 몇 번에 걸쳐 살포 할 수 있으며, 별도 소독실을 두고 장서를 이곳으로 이동하여 소독할 수도 있다. 큰 서고 전체 공간인 경우 밀폐 훈증소독을 할 경우 약 3일 정도 기간이 소요되고, 근무자에게 피해가 없다는 점이 장점이다.<sup>3)</sup>

### 나. 「아키퍼」, 「에어닥터」의 상시소독기구

방충 및 항균제로 Biomist 사가 개발한 아키퍼(Archiper) 및 에어닥터(Air Doctor)가 있다. 국화꽃에서 추출한 100% 천연 Pyrethrin 성분으로 무독성, 무자극성으로 인체에 무해하다. 해충들에게 내성을 주지 않고 살충되며, 에어닥터는 100% 천연 허브추출물질로 세균 및 곰팡이, 바이러스 등 유해미생물에 강력한 살균효과를 나타낸다. 또한, 강력한 항산화작용으로 기록물의 산성화를 방지한다. 이 경우도 매년 1회 고서 및 실내 공기중 세균 잔류유무를 검사해야 한다(살균 제제용은 좀더 시험이 필요하다고 함).

현 재	개 선
• 밀폐 훈증소독(살균 살충 겸)	• 상시소독(살균 살충)
• 약제 CH <sub>3</sub> Br <sub>2</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	• 천연물질(허브액)
• 독성	• 무독성
• 매년 1회 실시(21일간)	• 2년 1회 저독성 훈증소독병행
• 예산 연간 3,000만원	• 예산 연간 2,500만원(2년 평균)

3) <http://www.biomist.co.kr>

다. 규장각에 아키퍼 및 에어닥터(내추럴닥터)를 설치할 경우 소요비용

서고	제품명	설치대수	단가	연간유지비(원)
제1서고	아키퍼항균제	14	44,000	3,696,000
제2서고	아키퍼항균제	8	44,000	2,112,000
제3서고	아키퍼항균제	6	44,000	1,584,000
제4서고	아키퍼항균제	7	44,000	1,848,000
제5서고	아키퍼항균제	6	44,000	1,584,000
서고(소계)		41		10,824,000
구분	제품명	수량	단가	연간유지비(원)
유리진열장1	내추럴닥터	26	11,000	1,144,000
유리진열장2	내추럴닥터	12	11,000	528,000
전시실(소계)		38		1,672,000
합계				12,496,000

\* 2006년도 밀폐 훈증소독비용은 약 3,000만원

## IX. 결론

규장각은 일시소독을 보완, 상시 소독체제를 갖추기 위하여 아키퍼 및 에어닥터 사용을 검토하며 2년 1회의 훈증소독을 병행함으로써 장기폐관의 불편을 해소하고 소독효과는 강화되는 방향으로 개선할 필요가 있다. 규장각에서 실시한 훈증소독 약제는 공인기관에서 뛰어난 효과를 입증하고 있어서 이를 버리기는 어렵다고 본다. 상시소독체제는 적은 비용으로 이용의 불편을 해소하고 소독효과는 배가시키는 효과를 거둘 수 있다.

개선안에서 언급했던 “아키퍼”나 “내추럴닥터”등 천연약제 용기를 사용 했을 때에는 상시 방제 효과를 얻을 수 있다. 이 경우에도 살균능력은 떨어진다고 하니 공기 중 부유세균을 포함하여 침투력이 강한 현재의 방법을 병행하되, 훈증소독 연1회를 2년마다 1회로 늘리고 약제 농도도 낮추면 그 기간도 상당히 짧아 질수 있다고 본다. 연간 투입된 비용은 큰 차이가 없으나 기간은 단축되고, 1년간은 아예 별도 소독기간이 없다고 본다.