

# 보존 환경 평가 지수를 이용한 종이 보존 서고 환경 모니터링 연구

신현창<sup>†</sup>, 윤만영

<sup>†</sup> (주)피엔아이 연구개발팀, 중부대학교 정보통신학과  
(2011년 5월 6일 접수, 2011년 5월 23일 최종 수정본 접수)

## Study on Environmental Monitoring in Stack Room for Paper Storage Using the Preservation Index

*Hyun-Chang Shin<sup>†</sup>, Man-Young Yoon*

<sup>†</sup> PNI Ltd., R&D Team, Dept. of Information and Communications, Joongbu University  
(Received 6 May 2011, in final from 23 May 2011)

### Abstract

Critical environmental elements for long term preservation of a paper are temperature, humidity, dust, light, contaminants in air, and mold. Especially, temperature and humidity need special care, because they can not only directly degrade paper but also affect the degradation of the other elements. Therefore methods to monitor variation of temperature and relative humidity were studied. One of the methods was to use preservation index for evaluating preservation environment. Since the evaluation for preservation environment of a stack room investigated firstly by D. K. Sebera, PI(preservation index) and TWPI(Time-Weighted Preservation Index) by IPI is made to evaluate relatively preservation environment in a stack room. T. Padfield developed method which could calculate easy PI and TWPI. In this study, the preservation environment of stack rooms for paper storage in NAK(National Archives Korea) was evaluated by PI and TWPI. PI and TWPI of stack rooms for paper storage in NAK maintained good condition but PI depended on season. Then the preservation environment of stack rooms for paper storage in

NAK was required to maintain continuously PI and TWPI regardless of season change.

Keyword: evaluating preservation environment, PI(preservation index), TWPI(Time-Weighted Preservation Index), stack room, NAK(National Archives Korea).

## 1. 서 론

현존하는 기록물 중 가장 많은 부분을 차지하고 있는 기록물이 종이로 만들어진 기록물이다. 그러나 종이는 온도가 높으면 수분이나 유해기체와 같이 종이를 열화시키는 물질과 종이 자체가 빠른 속도로 반응하여 열화가 촉진된다. 습도가 높으면 종이는 습기를 흡수하여 가수 분해 반응이 촉진되거나 곰팡이 등 미생물이 발생하기 쉽고, 반대로 습도가 낮으면 종이의 함수율이 낮아져 종이가 부서지거나, 자료를 다룰 때 종이가 파괴되고, 도서의 외피가 수축되어 보드가 휘어지는 문제를 발생시킨다.<sup>1~2)</sup> 따라서 종이 기록물을 보존하고 있는 서고는 온도와 습도의 변화에 관심을 가지고 모니터링 해야만 한다. 특히 온도와 습도는 우리 주변에 항상 존재하면서 종이 기록물과 같은 유기 기록물에 직접적인 영향을 미치거나, 다른 유해 물질이 종이를 열화시킬 때 반응을 촉진시키는 역할을 하기 때문에 보존 환경에서 온도와 습도의 관리가 중요하게 다루어지고 있다<sup>2)</sup>. 이를 효과적으로 관리하기 위하여 온·습도를 정밀하게 측정하는 센서 개발을 물론 서고의 온·습도를 일정하게 유지시키기 위한 방법들이 개발되고 있다.

종이 기록물을 보존·관리하기 위해서 서고 내 온도와 습도를 정확하게 측정하고 항온·항습을 유지하는 것도 중요하지만, “현재 온도와 습도가 종이 기록물에 어떠한 영향을 미치는지?”, “온도와 습도를 일정하게 유지할 경우 종이 기록물의 수명은 얼마나 되는지?”를 측정하는 것은 기록물을 보존·관리하는데 중요한 포인트이다. 예를 들어 국내 공공 기록물 관리에 관한 법률 시행령에 종이 기록물의 적정 보존 온·습도 범위를 20±2℃, 40~55%로 규정하고 있다<sup>3)</sup>. 만약 종이 기록물을 보존하고 있는 두 서고의 온·습도조건이 한 곳은 18℃, 55%를 유지하고 있고, 다른 한 서고는 22℃, 40%의 습도를 유지하고 있는 때 종이기록물을 장기간 보존하기 위해서는 어느 서고가 더 적합한 온·습도를 유지하고 있는지 판단하기가 어렵다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 외국의 많은 기관에서는 온·습도의 영향을 지수화하여 서고의 환경을 비교 평가할 수 있는 보존 환경 평가 지수를 사용함으로써 온도와 습도가 종이 기록물에 미치는 영향을 모니터링하고 있다<sup>4)</sup>. 본 연구에서는 온도와 습도의 변화에 따라 보존 환경을 정량적으로 비교 평가하는 보존 환경

평가 지수를 비교 분석하고, 이를 이용하여 국가기록원의 종이 문서고의 보존 환경을 모니터링 함으로써 보존 상태를 비교 평가하였다.

## 2. 실 험

국가기록원 종이 기록물 보존 서고의 보존 환경 상태 평가는 국가기록원에서 측정된 온도와 습도를 이용하여 보존 환경 평가 지수를 산출함으로써 서로 비교 평가하였다. 보존 환경 평가 지수는 유기물의 기대 수명을 예측하기 위해 연구된 Donald K. Sebera 이론<sup>5)</sup>, IPI(Image Permanence Institute)의 Arrhenius 이론<sup>6)</sup>, Tim Padfield 이론<sup>7)</sup> 등을 비교 분석하여 국가기록원의 종이 기록물 보존 서고를 평가하기에 가장 적합한 평가 방법을 연구하였다.

국가기록원 종이 문서고의 보존 환경을 모니터링하기 위해 국가기록원 대전 본원과 부산 역사기록관의 종이 문서고 각각 2곳을 선정하여 일정 기간 동안의 온도와 습도를 조사하였다. 보존 환경 평가 지수 산출을 위한 온·습도 데이터는 2006년 8월부터 2008년 10월까지 약 2년 동안 매달 둘째 주 수요일에 측정된 온·습도를 샘플링하여 사용하였다. 샘플링된 온도와 습도는 앞서 연구된 보존 환경 평가 지수로 만들어 4곳의 서고를 비교 분석해 보았다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 종이 보존서고의 보존 환경 평가 지수 산출 이론

종이 기록물을 보존하고 있는 서고에 대한 보존 환경을 비교 평가하기 위한 방법으로는 Donald K. Sebera 이론과 IPI에서 개발한 PI 및 TWPI, 그리고 PI 계산을 간단한 수식으로 표현한 Tim Padfield 이론 등이 있다. 이 3가지 이론을 비교·분석하여 국내 서고 보존 환경을 평가하기에 가장 적합한 평가 방법을 도출시켰다.

#### 3-1-1. Donald K. Sebera의 기대 수명 예측 이론

온도와 습도가 종이의 가수 분해에 미치는 영향을 연구함으로써 보존 환경을 정량화시킨 사람이 Donald K. Sebera이다.<sup>5)</sup> 그는 온도와 습도가 변함에 따라 종이의 주성분인 셀룰로오스의 가수 분해 속도가 달라진다는 개념을 이용하여 종이의 가수 분해 반응식을 만들었다. 이 반응식의 역수를 종이의 기대 수명이라 하였으며, 기대 수명을 통해 보존서고의 환경을 비교 평가하였다. Donald K. Sebera 모델의 기본 개념은 셀룰로오스는 상대 습도와 온도가 높을수록 가수 분해 반응 속도는 빨라지고, 그 결과 종이의 수명

이 단축된다는 것이다. 이 개념을 이용하여 서로 다른 환경에서 보존되고 있는 종이의 가수분해 속도를 예측함으로써 종이의 보존 환경을 평가하는 식을 유도하였다.

일반적으로 화학 반응 속도는 반응물의 농도에 비례하기 때문에 습도가 높으면 셀룰로오스의 가수 분해 반응이 빨리 진행되고, 습도가 낮으면 가수 분해 속도가 느려지는 현상을 이용하여 서로 다른 두 조건의 습도에서 가수 분해 반응에 대한 두 화학 반응 속도식의 비는 식 (1)과 같이 나타내었다.

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{H_2O \text{ Concentration}_2}{H_2O \text{ Concentration}_1} = \frac{[\%RH_2]}{[\%RH_1]} = \frac{P_1}{P_2} \quad (1)$$

여기서,  $r$ 은 가수 분해 반응 속도,  $[\%RH]$ 는 상대 습도,  $P$ 는 종이의 기대 수명을 나타낸다. 식 (1)에서 볼 수 있듯이 종이의 기대 수명은 습도가 낮으면 가수 분해 반응 속도가 늦어져 길어지고, 반대로 습도가 높으면 가수 분해 속도가 증가하여 종이의 기대 수명은 단축되게 된다.

가수 분해 반응 속도에 대한 온도의 영향은 전이 상태 이론<sup>8)</sup>을 기초로 식 (2)가 유도되었다.<sup>9)</sup>

$$\frac{r_2}{r_1} = \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^k e^{-\frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} \quad (2)$$

여기서,  $k$ 는 볼츠만 상수,  $h$ 는 플랑크 상수,  $T$ 는 절대 온도(K),  $\Delta H$ 는 활성화엔탈피,  $R$ 은 기체 상수를 나타낸다. 따라서 식 (1)과 식 (2)에 의해 온도와 습도가 서로 다른 두 조건에서 셀룰로오스의 가수 분해 반응 속도의 비는 식(3)과 같이 표현된다.

$$\frac{r_2}{r_1} = \left( \frac{[\%RH_2]}{[\%RH_1]} \right) \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^k e^{-\frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} = \frac{P_1}{P_2} \quad (3)$$

이 식은 셀룰로오스의 가수 분해 속도를 상대적인으로 나타낸 것으로, 이 식의 역은 두 조건에서 종이의 상대적인 기대 수명과 같다. 따라서 종이의 상대적인 기대 수명을 예측함으로써 보존 환경이 다른 두 서고의 환경 상태를 평가할 수 있다. 예를 들면 온도와 습도가 각각 35℃, 80% 조건일 때의 기대 수명은 20℃, 50% 조건에서의 기대 수명에 0.03배이다. 이것은 온 · 습도가 20℃, 50%일 때의 기대수명이 35℃, 80%일 때 보다 약

33배 좋다는 말이다. 따라서 20℃, 50%의 환경 조건에서 종이의 기대 수명이 100년이라면 35℃, 80% 환경 조건에서 종이의 기대 수명은 3년이라는 것을 의미한다.

### 3-1-2. Arrhenius식

Donald K. Sebera의 종이 기록물 기대 수명 예측을 통한 서고 환경의 평가는 서로 다른 두 환경 조건을 비교·평가할 수 있어 유용하게 사용될 수 있는 모델이다. 그러나 이 방법은 서로 다른 두개의 환경을 평가할 수 있을 뿐 기록물의 기대 수명을 예측하는 데는 한계가 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 IPI에서는 온도의 변화에 따라 반응 속도를 예측할 수 있는 Arrhenius식을 이용하여 셀룰로오스아세테이트필름의 활성화 에너지를 계산하고, 이것을 이용하여 필름의 기대 수명을 예측하는 실험을 하였다.<sup>6, 9)</sup> Arrhenius식은 온도의 변화에 따른 반응 속도를 계산하는 데는 편리하나, 습도와 관련된 항이 없다. 그래서 IPI사는 20%, 50%, 60%, 80%로 각각의 조건에서 습도를 일정하게 유지시키면서 온도의 변화에 따른 셀룰로오스아세테이트 필름의 가수 분해 실험을 행하였다. 그들은 이 실험 데이터를 이용하여 셀룰로오스아세테이트 온·습도의 변화에 따른 열화 속도를 계산함으로써 셀룰로오스아세테이트의 기대 수명을 비교적 정확하게 예측하였다<sup>6)</sup>.

IPI는 여러 습도에서 가속 열화 실험을 통하여 셀룰로오스아세테이트 필름은 20℃, 45%RH 조건에서 기대 수명이 약 50년이라는 것을 계산하였고, 이 데이터를 기초로 모든 유기물의 기대 수평을 평가할 수 있는 PI(Preservation Index) 지수를 만들었다. 그러나 이 지수는 수명이 약 50년이 되는 유기 재료를 선택하여 온·습도 변화에 따른 실험 후 그 데이터를 기초로 20℃, 45%에서 PI값이 50이 되도록 만든 것이기 때문에 기대 수명이 약 50년인 재료는 온·습도 변화에 따른 PI값이 그 재료의 대략적인 기대 수명을 나타낼 수 있으나, 수명이 긴 재료에 대해서는 절대적인 수명이 아닌 서로 다른 서고 또는 서로 다른 보존 환경을 비교 평가할 때만 사용이 가능하다. 예를 들면 20℃, 45%에서의 PI값은 50년이고, 5℃, 45%에서의 PI값은 360년이다. 이것은 수명이 긴 유기물 재료의 경우 이 환경 조건에서 50년과 360년 보존될 수 있다는 의미가 아니라, 20℃, 45% 조건보다는 5℃, 45% 조건이 보존 환경이 더 우수하며, 같은 재료를 보존할 경우 그 수명이 5℃, 45%에서 약 5.2배 길다는 것을 의미한다. 따라서 긴 수명을 가지고 있는 유기 기록 매체의 PI 지수는 Donald K. Sebera의 모델로 구해진 지수와 비슷한 의미를 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 모든 유기물(종이, 직물, 염료, 플라스틱 등) 기록 매체를 저장하고 있는 서고의 환경 상태를 평가하는데 편리하고, 매우 유용하게 사용될 수 있어 미국이나 유럽의 도서관, 박물관 등에서 서고의 온·습도 변화에 따른 환경 평가를 위해 이 지수를 많이 활용하고 있다.

IPI는 서고의 환경을 평가할 때 사용되는 또 다른 보존 환경 평가 지수로 TWPI(Time-Weighted Preservation Index)를 개발하여 사용하고 있다.<sup>10)</sup> PI는 시간의 개념이

포함되지 않은 측정할 때의 온·습도 조건을 조합하여 보존 환경을 평가한 지수이다. 그러나 실제 서고에서 장시간 일정한 온·습도를 유지하는 것은 거의 불가능하다. 대부분의 서고는 시간에 따라 온·습도가 변하고, 이에 따라서 PI값도 변한다. 서고에서 장기 보존 되어야 하는 중요 기록물들은 어느 한 시점에서의 수명 평가는 의미가 없고, 장기간에 걸쳐 온·습도가 변화되었을 때 수명 평가를 통한 보존 환경 평가가 의미가 있기 때문에 TWPI가 도입되었다. TWPI는 시간에 따라 변화하는 온·습도의 변화가 기록물에 미치는 영향을 평가하기 위하여 만들어진 지수이다. TWPI를 구하는 방법은 각 시간의 구간에서 측정된 PI의 역수를 구한 후, 그 역수의 평균을 구한 다음, 다시 역수를 취함으로써 TWPI를 계산하게 된다. 이 방법을 정리하면 식 (4)과 같이 표현할 수 있다.<sup>11)</sup>

$$TWPI = \frac{n TWPI_{n-1} PI_n}{PI_n (n-1) + TWPI_{n-1}} \quad (4)$$

여기서, n은 시간 구간의 총 수이며, TWPI<sub>n-1</sub>은 구간 n-1 시간에서 TWPI, PI<sub>n</sub>은 n시간 구간에서 측정된 PI값을 나타낸다. 잦은 기록물을 반출·입 등이나 공조 시스템의 문제로 일정한 온·습도 유지가 어려운 경우에는 시간의 흐름에 따른 보존 환경 평가 지수를 나타내는 TWPI를 이용하여 서고 환경을 비교 평가하는 것이 PI를 활용하는 것 보다 정확하다.

### 3-1-3. Tim Padfield의 기대 수명 예측 이론

Donald K. Sebera의 이론은 서고의 상대적인 환경 비교는 가능하지만 Arrhenius 식을 이용할 때처럼 기대 수명을 수치로는 나타낼 수 없다. Arrhenius 식은 온도의 변화에 따른 반응 속도를 정확히 계산함으로써 비교적 정확한 기대 수명을 예측할 수 있다. 그러나 습도에 관한 인자가 식에 포함되어 있지 않아 습도의 변화에 따른 기대 수명을 예측하기가 어렵다는 단점을 가지고 있다. 이러한 식들의 단점을 보완하기 위해서 Tim Padfield는 평형 반응식(Donald K. Sebera의 이론)과 Arrhenius식 이용하여 식(5)을 만들었다.

$$r = [\%RH] A e^{-\frac{E}{RT}} \quad (5)$$

여기서, r은 열화 반응 속도, [%RH]는 상대 습도(%), A는 온도의 변화에 영향을 받지 않는 상수, E는 활성화 에너지, R은 기체 상수, T는 절대 온도(K)를 나타낸다. 이 식은 유기물의 활성화 에너지 정보만 있으면 온도와 습도의 변화에 따른 유기물의 열화속

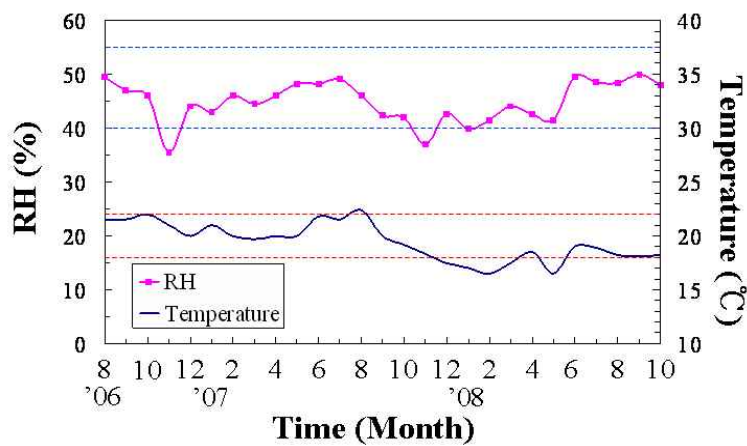
도를 구할 수 있어 기대 수명 평가는 물론 서고의 환경 조건도 정량적으로 표현이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

### 3-2. 국가기록원 종이 기록물 보존 문서고의 보존 환경 평가 지수 비교

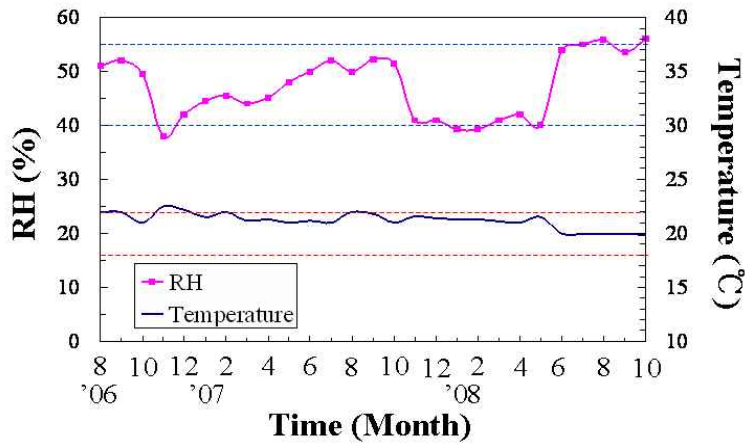
보존 환경 평가 지수를 활용하여 종이 기록물 보존 서고의 환경을 평가하기 위하여 2006년 8월부터 2008년 10월까지 약 2년 동안 국가기록원 대전 본원의 일반 문서고와 부산 역사기록관의 일반 문서고의 온도와 습도를 측정 한 후, 식 (5)를 이용하여 각 서고의 보존 환경에 따른 종이의 가수 분해 반응 속도를 산출하여 기대 수명을 예측하였다. 이 기대 수명은 서고의 보존 환경을 정량적으로 표현한 수치로서 측정된 온도와 습도에서 산출된 기대 수명을 IPI에서 개발된 개념인 PI와 TWPI의 개념과 동일시하여 평가하였다. 식 (5)를 이용하여 종이의 기대 수명을 산출할 때, 종이는 온·습도 조건이 20℃, 45%에서 기대 수명이 100년이라고 가정하였고, 종이의 가수분해 반응에 필요한 활성화 에너지는 25 kcal<sup>5, 6)</sup>로 계산하였다.

#### 3-2-1. 국가기록원 대전 본원 일반 문서고 보존 환경

2006년 8월부터 2008년 10월까지 국가기록원 대전 본원의 종이 기록물을 보존하고 있는 일반 문서고 2곳의 온도와 습도의 변화를 Figure 1에 나타내었다. Figure 1과 같이 두 서고의 온도와 습도는 공공 기록물 관리 법률에서 명시된 온도 18~22℃, 습도 40~55% 범위(그림에서 점선 내 범위) 내에서 잘 유지되고 있다는 것을 볼 수 있었다.



(a)



(b)

Figure 1. Variation of temperature and relative humidity at a stack room for paper storage in Daejeon National Archives of Korea.

일반 문서고 A의 온도는 16.5~22.5°C 범위에서 유지되고 있으며, 습도는 35.5~50.0% 범위 내에서 유지되고 있었다. 2007년 8월의 경우 온도의 범위가 규정 온도 범위 상한선인 22°C를 넘어가고 있지만, 그 외에는 규정 상한 온도 이상 올라간 경우는 없었다. 그러나 2007년 11월부터 규정 온도 범위 이하로 떨어지는 경우가 종종 관찰되고 있다. 낮은 온도의 경우 종이의 가수 분해 반응 속도를 늦추기 때문에 좋을 수도 있지만, 온도는 상대 습도에 영향을 미치므로 가능하면 일정한 온도로 유지하는 것이 좋다. 또한 과도하게 온도를 낮추면 냉방을 위해 들어가는 비용이 높아져 효율적인 관리가 아니라고 할 수 있다. 습도의 경우도 범위 규정 범위 내에서 잘 관리가 되어 규정 범위 이상 올라간 경우는 측정 기간 동안에는 단 한번도 없는 것이 확인되었다. 그러나 날씨가 추운 겨울철에 대체적으로 낮은 범위에서 습도가 유지되고 있는 등 계절에 따라 편차가 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 습도가 낮을 경우 가수 분해 반응 속도가 늦어지고, 곰팡이 등 미생물의 생성을 억제할 수 있다는 장점이 있으나, 종이의 경우 너무 낮은 습도에서는 종이의 흡수율을 낮아져 2차적인 문제들이 발생할 수 있다.

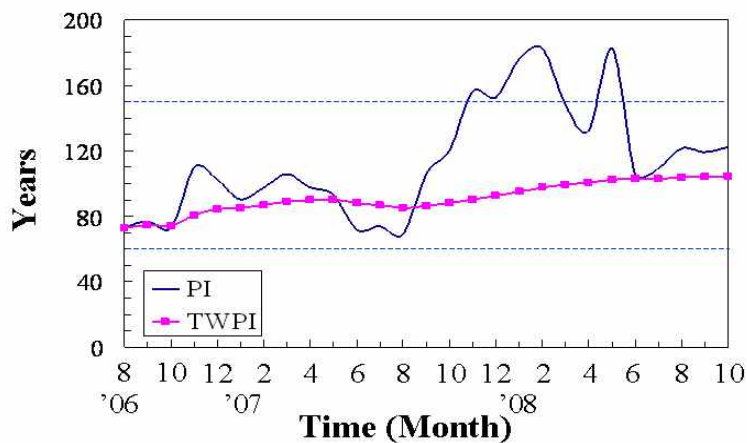
일반 문서고 B의 온도와 습도 변화는 Figure 1(b)에서 보여주고 있다. 일반 문서고 B의 경우 온도 유지 범위가 19.8~22.5°C로 일반 문서고 A에 비해 비교적 안정적인 온도가 유지되고 있었다. 다만, 평균 온도가 22°C에 가깝게 유지되고 있어 가능한 평균 온도를 20°C로 낮추어서 관리하는 것이 종이의 보존 환경에는 더 유리하다. 습도의 경우도 규정 범위 내에서는 잘 관리가 되고 있는 것으로 보인다. 그러나 국내 기록물 관리 법령에 나와 있는 습도의 유지 범위 편차는 15%나 된다. 일반적으로 습도 유지 편차를 10%



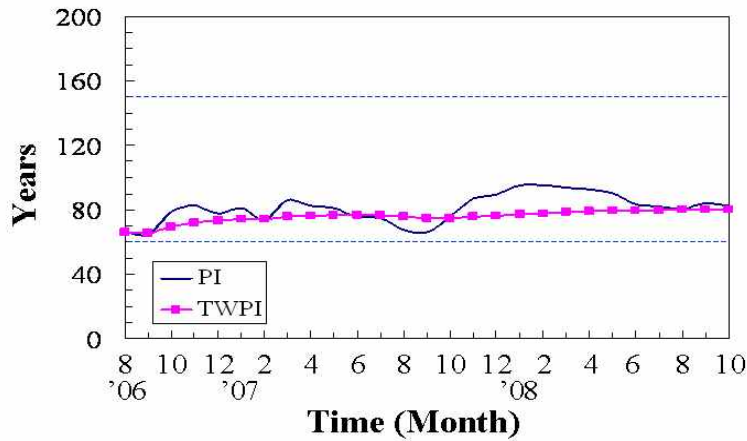
이내로 규정하는 외국에 비해 좀 넓은 편이다. 따라서 국가기록원 서고의 환경은 가능하면 10% 이내에서 편차가 형성되어야 하지만 실제 측정된 편차는 규정과 비슷한 14.3%를 나타내고 있다. 더욱이 일반 문서고 B 역시 겨울철 습도는 낮은 범위에서 유지되고 있는 것을 볼 수 있다. 습도가 낮을 경우 앞서 기술했듯이 종이 기록물의 경우 너무 낮은 습도는 종이의 함수율을 떨어뜨려 다른 문제점이 발생할 수 있다.

국가기록원 대전 본원의 종이 기록물을 보존하고 있는 일반 문서고 2곳에 대한 온·습도 변화를 특정하여 보존 환경을 비교해 보았다. 그러나 온·습도 조건만으로는 두 서고 중 어느 서고의 보존 환경이 더 좋은지 알 수 없다. 따라서 두 서고의 환경을 비교 평가하기 위해서 3.1절에 소개한 보존 환경 평가 지수를 이용하여 두 서고의 환경 조건을 지수화시켜 그래프로 나타낸 것이 Figure 2이다. 이때 보존 환경 평가 지수는 Tim Padfield의 이론을 근거로 산출되었으며, 용어의 편의상 IPI에서 개발하여 사용하고 있는 PI(시간 개념이 포함되어 있지 않은 어느 한 환경에서의 평가 지수)와 TWPI(시간의 개념이 포함된 PI의 평균 보존 환경 평가 지수)의 개념을 도입하여 서술하였다.

앞서 온·습도 변화에서 볼 수 있었듯이 국가기록원 대전 본원의 일반 문서고 A는 온·습도 변화의 폭이 일반 문서고 B에 비해 컸다. 따라서 Figure 2에 나타난 PI역시 일반 문서고 A의 변화의 폭이 일반 문서고 B에 비해 크게 나타나고 있다. 특히 온·습도가 낮은 범위에서 형성되어 있는 2007년 10월부터 2008년 5월까지 일반 문서고 A의 PI는 낮은 온도와 습도로 인하여 수명이 크게 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 그러나 이와 같은 현상이 발생할 경우 앞서 기술한 것처럼 가수 분해 반응은 속도가 늦어져 종이의 기대 수명은 증가하지만 2차적인 다른 문제가 발생할 수 있어 그다지 좋은 현상만은 아니다.



(a)



(b)

Figure 2. Variation of PI and TWPI at a stack room for paper storage in Daejeon National Archives of Korea.

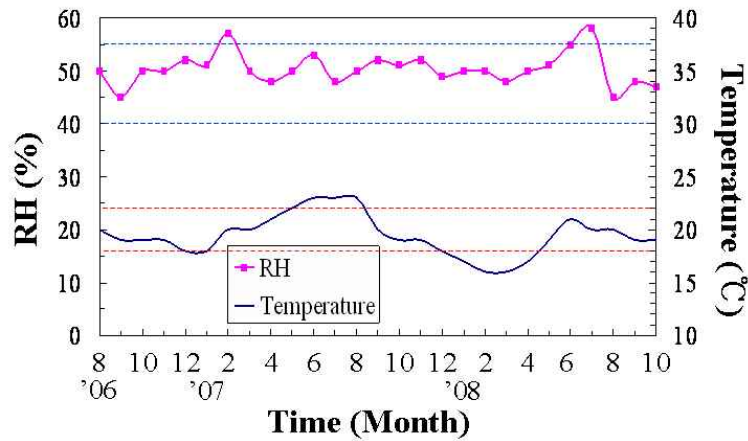
또한 2007년 5월에서 2007년 9월까지 여름철의 PI는 80 이하로 떨어져 종이의 가수분해 속도를 증가시킴으로 평균 보존 수명인 TWPI의 값이 낮아지는 것을 볼 수 있다. 온·습도가 측정된 기간 동안 일반 문서고 A의 PI 평균인 TWPI는 104년 나타내고 있다. 이것은 이 온·습도 조건과 유사한 환경으로 종이를 보관할 경우 104년 동안 보존이 가능하다는 것을 의미이다.

Figure 2(b)는 일반 문서고 B의 PI와 TWPI를 나타내고 있다. 비교적 안정적인 온도를 유지했던 일반 문서고 B는 일반 문서고 A보다 일정한 보존 환경 평가 지수(PI)를 보여주고 있다. 그러나 온도가 높은 곳에서 일정하게 유지되고 있었던 관계로 PI의 기대수명이 낮은 부분에서 일정하게 형성되고 있는 것을 볼 수 있다. 따라서 측정된 기간 동안의 PI 평균인 TWPI는 80년을 나타내고 있다. 이것은 일반 문서고 B에서 현재와 같은 온·습도 조건을 유지할 경우 종이의 기대 수명은 80년이라는 것을 알려준다.

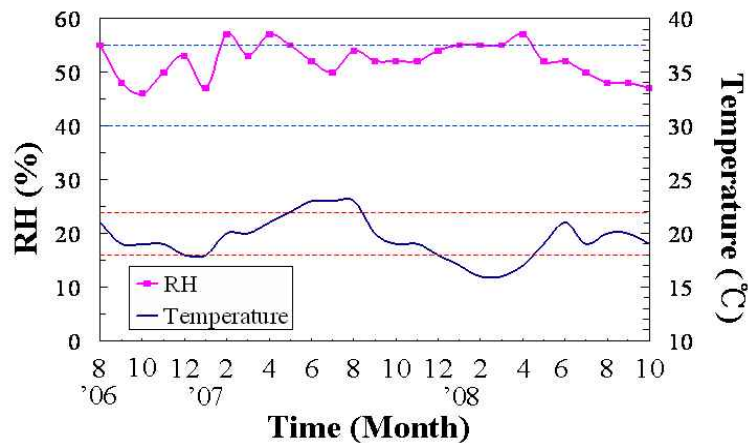
따라서 TWPI 값을 통하여 일반 문서고 A의 보존 환경이 일반 문서고 B의 보존 환경보다 20년 이상 더 우수하다는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 일반 문서고 A가 겨울철 온도 및 습도를 과도하게 낮추어 나타난 현상이기도 하지만 여름철을 제외하고 전반적으로 서고 A의 PI지수가 높은 것을 볼 수 있다. 따라서 서고의 보존 환경은 서고 A가 서고 B보다 우수하다고 볼 수 있다. 다만 서고 A의 경우 앞서 언급한 것처럼 여름철과 겨울철의 지수 변화 폭이 너무 크므로 두 계절이 좀 더 철저한 서고 관리가 필요하다.

3-2-2. 국가기록원 부산 역사기록관 일반 문서고 보존 환경

부산 역사기록관의 종이 기록물을 보존하고 있는 일반 문서고 2곳의 온·습도를 조사한 결과를 Figure 3에 나타내었다. 부산 역사기록관의 두 일반 문서고는 온도가 변하는 패턴이 거의 유사하며, 여름철과 겨울철의 온도의 변화폭이 상당히 큰 것을 볼 수 있다.



(a)



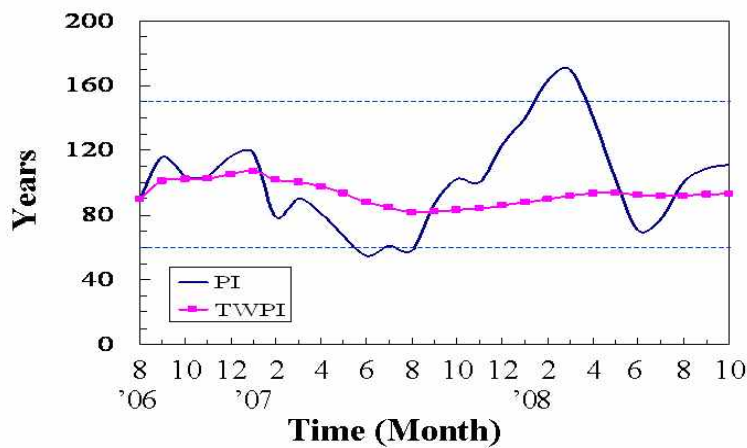
(b)

Figure 3. Variation of Temperature and relative humidity at a stack room for paper storage in Busan National Archives of Korea.

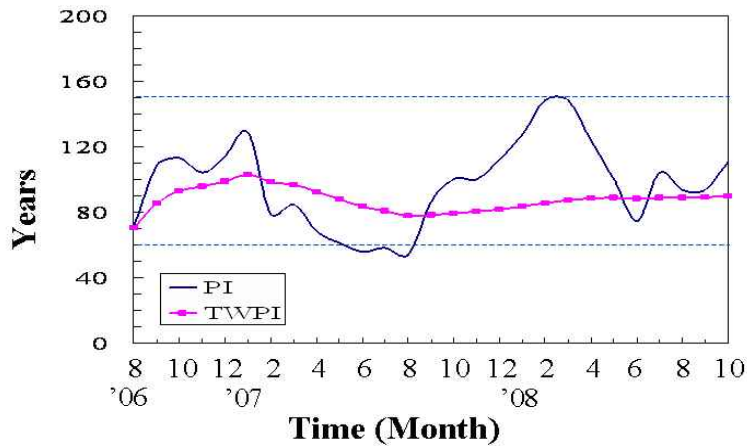
특히 2007년 5월부터 8월까지 여름철 온도가 22°C를 넘는 반면, 2007년 12월부터 2008년 5월까지의 온도가 18°C이하로 내려가 여름철과 겨울철 온도차가 7°C로 비교적 크게

나타나고 있다. 따라서 여름철이나 겨울철 온도에 철저한 관리가 요구되고 있다. 이에 반하여 습도는 두 문서고 모두 큰 폭으로 변하지 않고 거의 일정한 수준을 유지하고 있는 것을 볼 수 있다. 다만 일반 문서고 A의 경우 2007년 2월과 2008년 7월에 습도가 55%를 초과하고 있으며, 일반 문서고 B의 경우는 2007년부터 2008년 4월까지 높은 습도가 일정하게 유지하고 있는 것으로 확인되어 습도 관리가 필요한 것으로 나타났다.

Figure 4는 부산 역사기록관의 일반 문서고 PI 및 TWPI를 나타낸 것이다.



(a)



(b)

Figure 4. Variation of PI and TWPI at a stack room for paper storage in Busan National Archives of Korea.

Figure 4와 같이 부산 역사기록관 일반 문서고 보존 환경의 특징은 두 서고의 PI가 거의 유사한 패턴으로 거동을 하고 있다는 것이다. 또한 여름철과 겨울철의 PI 변화의 폭이 크게 나타나고 있다. 이러한 패턴이 나타난 이유는 Figure 3에서 온도의 변화를 보면 알 수 있다. 부산 역사기록관의 두 일반 문서고는 거의 일정하게 유지되던 습도와는 다르게 온도는 여름철과 겨울철의 온도 변화가 크게 나타났기 때문에 PI역시 여름철과 겨울철의 변화의 폭이 크게 나타나고 있다. 특히 두 문서고 모두 규정 온도 범위를 넘어간 2007년 5월부터 2007년 8월까지 두 서고 모두 PI값이 최저인 것을 볼 수 있다. 따라서 역사기록관의 경우 서고 보존을 위해서는 계절에 따라 크게 온도가 변하지 않도록 서고 관리에 각별한 주의가 요구된다.

비슷한 패턴으로 온·습도가 변하고 있지만 TWPI를 통하여 비교한 결과는 일반 문서고 A가 일반 문서고 B보다 보존 환경이 조금 좋다는 것을 알 수 있다. 일반 문서고 A의 TWPI는 93년이 나온 반면, 일반 문서고 B는 89년이 산출되어 일반 문서고 A의 보존 환경이 약 4.5% 수명이 더 길게 나타났다. 이와 같이 일반 문서고 A의 기대 수명이 조금 높게 나타난 것은 2007년 12월부터 2008년 5월까지 일반 문서고 A의 습도가 일반 문서고 B의 습도 보다 낮아 높은 PI값을 가질 수 있었기 때문이다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 환경 보존 평가 지수인 PI와 TWPI의 개념을 이용하여 2006년 8월부터 2008년 10월까지 약 2년 동안 국가기록원 종이 기록물 서고 환경에 대한 보존 평가를 수행하였다. 그 결과 4개의 서고 중 3개의 서고(대전 일반 문서고 A, 부산 일반 문서고 A, B)에서 여름철과 겨울철의 환경 보존 평가 지수의 차이가 심하게 나타났으며, 특히 여름철에는 대체로 환경 보존 평가 지수가 낮아 철저한 서고 관리가 필요한 것으로 나타났다. TWPI로 평가한 서고의 환경은 대전 본원 일반 문서고 A가 104년, 부산 역사기록관 일반 문서고 A가 93년, 부산 역사기록관 일반 문서고 B가 89년, 대전 본원 일반 문서고 B가 80년으로 산출되어 대전 본원의 일반 문서고 A가 가장 좋은 환경을 유지하고 있는 것으로 나타났다.

환경 보존 평가 지수인 PI나 TWPI는 종이 기록물의 가수 분해 반응을 이용하여 기대 수명을 예측함으로써 서고의 환경을 비교 평가하는 것이기 때문에 이 지수만 가지고 서고의 모든 보존 환경을 판단하는 것은 무리가 있다. 그러나 이러한 지수를 활용함으로써 현재 서고가 유지하고 있는 온·습도 조건이 기록물에 미치는 영향을 쉽게 관찰할 수 있으며, 이에 대한 적절한 대응 조치가 가능하므로 서고 환경을 모니터링할 수 있는 하나의 도구로 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

1. 박지선, 종이 기록물의 보존 관리, 기록 보존과 관리, **4**(1), pp. 43~62(1999).
2. 신중순, 운대현, 장인애, 남성운, 보존과학개론, 세시, 대전, pp. 97~126(2002).
3. 공공 기록물 관리에 관한 법률 시행령 제60조 제1항
4. Yale University Library Preservation Department 35th Annual Report July 2005-June 2006, pp. 24~26(2006).
5. Sebera, Donald K. Isoperms: An Environmental management Tool, The Commission on Preservation and Access, Washington DC(1994).
6. Reilly, J. M., Nishimura, D. W., and Zinn, E., New Tools for Preservation: Assessing Long-Term Environmental Effects on Library and Archives Collections, The Commission on Preservation and Access, Washington DC(1995).
7. [http://www.padfield.org/tim/cfys/twpi/twpi\\_02.php](http://www.padfield.org/tim/cfys/twpi/twpi_02.php).
8. G. W. Castellan, 안운선 역, “물리화학”, 탐구당, 서울, pp. 824~827(1987).
9. I. A. Leenson, “The Arrhenius Law and Storage of Food in a Freezer”, *J. Chem. Educ.*, **76**, pp. 504~512(1999).
10. Image Permanence Institute, Step-by-Step Workbook: Achieving a Preservation Environment for Collections, NY(2005).
11. [http://www.climatenotebook.org/tfp/text/Calc\\_TWPI.pdf](http://www.climatenotebook.org/tfp/text/Calc_TWPI.pdf).