

지상부 사용(H3 등급) 목재의 국내 부후위험지수(Scheffer Index) 결정*1

김 태 균*2 · 나 중 범*3† · 강 승 모*4 · Jieying Wang*5

Determination of Decay Hazard Index (Scheffer Index) in Korea for Exterior Above-Ground Wood*1

Taegyun Kim*2 · Jong-Bum Ra*3† · Sung-Mo Kang*4 · Jieying Wang*5

요 약

본 연구는 지상부 사용조건에서 야외에 노출된 목재의 부후위험을 평가하기 위하여 수행되었다. 국내 72개 장소에서 10년 동안 축적된 기후자료를 활용하여 Scheffer 지수가 계산되었으며, 이에 근거하여 목재부후위험지도가 작성되었다. 제주, 서귀포, 광주, 전주 지역의 Scheffer 지수가 65 이상으로 부후위험이 높은 지역에 속하는 것으로 나타났으며, 이 지역을 제외한 나머지 지역은 Scheffer 지수가 35에서 65 사이의 값을 보여 부후위험이 중간 정도인 것으로 판명되었다. 그러나 기후조건에 따른 Scheffer 지수의 편차가 크기 때문에 부후위험이 중간정도로 판단된 지역이 기후변화에 따라 부후위험이 높은 지역으로 변할 수 있는 가능성이 높은 것으로 보인다. 특히 최근의 국내 기후가 아열대성으로 변화하는 경향을 고려할 때 국내 부후위험은 점차적으로 증가할 것으로 판단된다.

*1 접수 2011년 9월 8일, 채택 2011년 11월 21일

본 연구는 경남과학기술대학교 2011년 기성회 연구비 지원으로 수행되었음.

*2 경남과학기술대학교 건설환경공과대학 조경학과. Dept. of Landscape Architecture, Kyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

*3 경남과학기술대학교 건설환경공과대학 인테리어재료공학과. Dept. of Interior Materials Engineering, Kyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

*4 국립산림과학원 녹색자원이용부. Div. of Green Resources Utilization, Korea Forest Research Institute, 57 Hoegi-ro Dongdaemun-gu, Seoul 130-721, Korea

*5 FPInnovations-Forintek Division, Durability & Protection Group, 2665 East Mall, Vancouver, B.C. V6T 1W5

† 교신저자(corresponding author) : 나중범(email: jb@gntech.ac.kr)

ABSTRACT

This research was performed to evaluate the decay hazard for exterior above-ground wood in Korea. The Scheffer index (decay hazard index) was determined using the climate data of 72 different locations obtained from the website of Korea Meteorological Administration (KMA), and the wood decay hazard map was created. Jeju, Seogwipo, Gwangju, and Jeonju showing above 65 of Scheffer index values were considered to be high decay hazard zones. The rest showed the values in the range between 35 and 65, meaning the moderate decay hazard zones. However, the annual Scheffer indexes largely varied, which suggests that many moderate decay zones could turn into high decay regions with the climate change. Especially, considering that Korean weather tends to turn into the weather of subtropical region, the decay hazard of Korea seems to have high possibility to be gradually increased.

Keywords: scheffer index, decay hazard index, decay hazard map

1. 서 론

목재를 건축 및 조경재료로서 사용할 경우 발생하는 가장 큰 문제점은 목재의 부후이다. 목재의 부후는 주로 갈색부후균, 백색부후균 및 연부후균과 같은 목재부후균류에 의해서 발생되며, 강도감소를 초래하여 목재의 사용수명을 단축시킨다. 목재부후균류의 목재가해 능력은 부후균류 간의 차이뿐 아니라 목재가 사용되어지는 사용환경에 따라 상이하다. 특히 목재가 토양과 접할 경우 목재의 부후에 가장 큰 영향인자인 목재의 온도 및 함수율은 토양의 미세환경 변화에 많은 영향을 받게 된다. 따라서 토양과 접하게 되는 지점부 혹은 지하부에서 사용되는 목재의 부후 정도를 예측한다는 것은 매우 어렵다.

목재부후균류들의 목재 가해능력 차이를 고려하지 않고 목재 사용환경을 토양과 접촉하지 않는 지상부로 한정할 경우 야외에 노출되어 사용되는 목재의 부후위험 정도를 사용환경에 따라 비교하는 것은 가능하다. Scheffer (1971)는 목재가 사용되는 지역의 온도 및 강우량과 관련된 기후정보를 통하여 지상부에 사용되는 목재의 부후정도를 예측하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 지상부 사용 목재의 경우 목재의 온도와 함수율이 사용환경의 온도와 강우량에 직접

적으로 의존한다는 것에 착안한 것인데, Scheffer 지수(Scheffer index), 기후지수(climate index) 혹은 부후위험지수(decay hazard index)라고도 불리며 현재에도 사용환경에 따른 목재의 부후위험 정도를 예측하는 대표적인 방법으로 사용되고 있다(Scheffer, 1971; Larkin and Laks, 2008; Morris and Wang, 2008).

Scheffer 지수는 목재의 사용수명을 예측하기 위하여 사용되는 것은 아니며, 단지 지리적인 위치에 따른 목재의 부후위험을 비교할 수 있는 기본적인 정보를 제공한다(Carll, 2009; Morris and Wang, 2008). 이 지수에 따르면 미국 남서부 지역의 건조한 사막지역인 라스베가스 0, 플로리다주 남동부에 위치한 웨스트 팜 비치 137.5의 값을 보여준다. Scheffer는 위스콘신, 오레곤, 그리고 미시시피의 실험결과를 토대로 Scheffer 지수의 값이 35 이하인 지역의 경우 부후위험이 적으며 65 이상인 경우는 부후위험이 높은 지역이라고 제시하였다(Scheffer, 1971). 이후 Scheffer 지수가 부후위험에 대한 지표를 적절하게 반영하는 지를 판단하기 위한 연구는 꾸준히 계속되었으며, 부후위험이 높은 지역을 구분하는 기준 값을 70으로 높여야 한다는 연구결과도 보고된 바 있다(Beesley *et al.*, 1983; Degroot, 1982; Degroot and

Esenther, 1982; Foliente *et al.*, 2002; Setliff, 1986).

Scheffer 지수는 지역별 미기후(microclimate)의 영향 및 목재가 수분을 유지하는 기작을 반영하지는 못한다(Morris and Wang, 2008). Francis와 Norton (2006)은 L 조인트를 사용한 실험에서 고온건조한 지역을 배제하였을 때 부후율과 Scheffer 지수 간에 상관관계가 존재하였다고 보고하였다. Lakin과 Laks (2008)는 미국남부송의 경우 부후와 Scheffer 지수 간에 좋은 상관관계를 발견할 수 있었지만, 백양나무의 경우 상관관계가 불량한 것으로 보고하였다. Beesley 등(1983)은 페인트 칠한 목재패널을 이용한 실험결과 부후와 Scheffer 지수 간의 상관관계의 값이 0.71로 높지 않았다고 보고한 바 있다.

Scheffer 지수는 목재의 부후율이나 특정 건축물에서 사용수명을 예측하는 데 사용될 수는 없지만 지리적 위치에 따른 부후 위험을 비교할 수 있는 기본 정보를 제공하다는 것은 일반적으로 받아들여진다. 현재 캐나다, 호주, 미국, 중국 등에서 Scheffer 지수를 이용한 부후위험지도가 만들어졌으며 미국과 캐나다의 경우 부후위험지도는 목조건축가에게 목재사용의 부후위험에 대한 기본 정보를 제공하는 용도로 활용되고 있다(Carll, 2009; Setliff, 1986; Wang *et al.*, 2007). 본 연구는 국내에서의 목재부후 위험 정도를 평가하기 위하여 수행되었다. 2001년부터 2010년 동안 측정된 국내 기후자료를 활용하여 Scheffer 지수가 계산되었으며 이를 근거로 목재부후위험지도(wood decay hazard map)가 제작되었다.

2. 재료 및 방법

2001년부터 2010년까지의 국내 기후자료를 기상청 웹사이트에서 다운받아 사용하였다. 현재 서울을 포함하여 총 80개 장소에서 기후자료가 측정되고 있으며 이 중 72 곳에서는 10년 이상 기후가 측정되었다. 본 연구에서는 10년 동안 측정된 온도와 강우량 자료를 이용하여 국내 부후위험지수(Scheffer Index)를 다음의 공식에 의해 계산하였다.

Decay Hazard Index (Scheffer Index) =

$$\sum_{Jan}^{Dec} [(T-2)(D-3)]/16.7$$

where T is mean monthly average temperature (expressed in °C), D is mean number of days per month with 0.25 mm or more of precipitation, (T - 2) ≡ 0 if T < 2 and (D - 3) ≡ 0 if D < 3.

Scheffer 지수는 월평균 온도와 월간 0.25 mm 이상의 강우일 수를 기준으로 계산된다. 그러나 기상청 자료를 활용하기 위해서 0.30 mm를 기준(0.30 mm 포함)으로 강우일 수를 기준으로 계산하였다. 월평균 온도가 2°C 이하이거나 0.30 mm 이상의 월간 강우일수가 3일이 되지 않는 경우는 목재 부후가 진행될 수 없는 조건으로 간주하여 계산 값을 0으로 간주하였다. 계산된 Scheffer 지수에 의거하여 국내부후위험지도가 작성되었다.

3. 결과 및 고찰

국내 72개 장소에서 10년 동안 측정된 기상 자료를 이용하여 계산된 Scheffer 지수는 Table 1에서 볼 수 있다. Scheffer 지수는 35 이하의 경우 부후위험이 적으며 65 이상일 경우 부후위험이 높은 지역으로 구분하고 있는데, 국내의 경우 제주시가 74.8, 서귀포시가 82.2로 제주 지역이 가장 부후위험이 높은 지역임을 알 수 있다. Scheffer 지수의 값은 월평균 온도와 월 0.3 mm 이상의 강우가 내린 일수를 기준으로 계산되었는데 제주시는 10년 평균 16.0°C, 122.7일 그리고 서귀포시는 17.2°C, 120.8일을 보여주어 국내 다른 지역에 비해서 높은 온도와 강우일 수를 보여주었다. 0.3 mm 이상의 강우량 일수가 가장 많은 곳은 울릉도로 137.8일이었으며, 그 다음으로는 대관령이 130.6일을 보여주고 있다. 그러나 울릉도와 대관령의 Scheffer 지수는 각각 54.0과 55.1로 국내 다른 지역에 비해 높지 않았으며, 이러한 결과는 울릉도와 대관령의 월평균온도가 12.5°C와 7.2°C로 낮다는 데에서 그 이유를 찾을 수 있다. 일반적으로 Scheffer 지수는 온도가 높은 여름에 강우가 많은 곳에서 높은

Table 1. Decay hazard index values calculated from weather data for the period 2001~2010

Location	Mean annual temperature (°C)	Mean annual precipitation (mm)	Mean number of days per year with precipitation (≥ 0.30 mm)	Scheffer index
Seoul	12.8 (0.4) ¹	1548.4 (279.3)	102 (12.8)	60.9 (11.1)
Baengnyeongdo	11.1 (0.5)	825.7 (201.8)	87.4 (13.2)	38.9 (9.3)
Dongducheon	11.2 (0.4)	1493.7 (237.2)	102.2 (11.6)	58.0 (8.1)
Incheon	12.6 (0.3)	1306.1 (251.9)	92.3 (14.6)	52.7 (11.5)
Suwon	12.4 (0.5)	1350.1 (147.9)	97.0 (14.3)	56.0 (12.9)
Ganghwa	11.2 (0.4)	1345.2 (215.2)	89.0 (12.6)	45.9 (10.7)
Yangpyeong	11.8 (0.4)	1524.8 (265.7)	98.0 (15.7)	57.2 (15.4)
Icheon	11.6 (0.4)	1335.7 (221.1)	95.2 (15.7)	54.3 (13.5)
Cheorwon	10.2 (0.4)	1463.6 (212.8)	104.1 (12.5)	56.3 (10.2)
Chuncheon	11.4 (0.3)	1439.6 (222.9)	101.2 (15.0)	57.3 (12.2)
Wonju	12.0 (0.4)	1396.0 (289.8)	105.0 (15.7)	61.5 (14.9)
Yeongwol	10.9 (0.5)	1250.3 (278.5)	103.4 (14.6)	56.6 (13.4)
Inje	10.4 (0.3)	1317.8 (262.4)	102.7 (11.6)	54.0 (10.5)
Hongcheon	10.7 (0.4)	1526.6 (346.0)	98.0 (17.4)	55.1 (14.1)
Gangneung	13.4 (0.5)	1545.7 (372.0)	104.2 (13.4)	65.2 (9.1)
Sokcho	12.4 (0.5)	1454.3 (213.8)	104.4 (13.0)	60.4 (9.8)
Daegwallyeong	7.2 (0.4)	1782.3 (569.8)	130.6 (10.3)	55.1 (7.5)
Donghae	12.6 (0.6)	1382.5 (356.8)	100.7 (13.9)	57.4 (10.8)
Ulleungdo	12.5 (0.4)	1665.1 (345.9)	137.8 (8.4)	54.0 (9.3)
Taebaek	9.0 (0.3)	1349.3 (347.1)	113.4 (11.9)	55.0 (6.4)
Chungju	11.7 (0.4)	1241.6 (283.2)	103.6 (13.3)	60.2 (13.1)
Chongju	13.0 (0.4)	1253.0 (287.6)	104 (12.2)	60.0 (12.5)
Chupungnyeong	11.8 (0.3)	1224.4 (317.4)	106.4 (10.5)	57.0 (7.4)
Jecheon	10.4 (0.4)	1487.8 (391.6)	102.1 (13.5)	54.9 (11.6)
Boeun	11.3 (0.3)	1316.6 (349.1)	107.6 (13.1)	59.0 (10.8)
Seosan	12.0 (0.3)	1322.1 (347.9)	102.1 (14.0)	53.5 (13.1)
Daejeon	13.1 (0.4)	1360.3 (316.3)	106.8 (12.6)	64.1 (11.7)
Cheonan	12.0 (0.4)	1230.5 (277.4)	104.1 (14.1)	55.7 (14.8)
Boryeong	12.9 (0.7)	1170.7 (251.3)	102.5 (13.7)	53.6 (13.4)
Buyeo	12.5 (0.4)	1292.8 (333.8)	100.2 (13.0)	55.5 (11.3)
Geumsan	11.8 (0.3)	1328.6 (283.8)	106.1 (11.1)	59.1 (10.8)
Gunsan	13.0 (0.3)	1251.4 (289.2)	106.7 (11.3)	58.0 (11.4)
Jeonju	13.7 (0.3)	1314.3 (264.5)	112.6 (9.5)	68.8 (9.1)
Buan	13.0 (0.5)	1335.0 (379.9)	106 (10.2)	56.3 (10.2)
Imsil	11.4 (0.3)	1408.9 (311.1)	111.2 (11.5)	59.6 (11.2)
Jeongeup	13.4 (0.4)	1223.7 (504.1)	112.9 (9.5)	63.2 (7.9)

¹ Values in parentheses represent standard deviations.

Table 1. Continued

Location	Mean annual temperature (°C)	Mean annual precipitation (mm)	Mean number of days per year with precipitation (≥ 0.30 mm)	Scheffer index
Namwon	12.5 (0.4)	1454.8 (341.8)	109.2 (9.7)	62.2 (8.4)
Jangsu	10.7 (0.3)	1507.8 (364.2)	115.6 (10.6)	59.7 (8.3)
Gwangju	14.1 (0.4)	1482.4 (288.0)	114.1 (10.7)	68.3 (8.1)
Mokpo	13.9 (0.3)	1230.5 (243.1)	110.4 (11.5)	58.8 (9.0)
Heuksando	13.3 (0.3)	1079.7 (253.7)	98.5 (8.9)	48.8 (9.2)
Wando	14.1 (0.3)	1648.2 (361.4)	107.1 (10.9)	60.4 (8.9)
Yeosu	14.5 (0.4)	1447.8 (360.0)	92.7 (10.0)	56.9 (9.6)
Suncheon	12.8 (0.4)	1603.0 (344.0)	109.4 (9.4)	62.7 (7.2)
Jangheung	13.2 (0.4)	1591.2 (375.8)	103.7 (10.4)	58.9 (9.4)
Haenam	13.5 (0.3)	1369.0 (252.8)	107.1 (11.4)	56.5 (7.7)
Goheung	13.7 (0.3)	1408.8 (435.0)	91.7 (9.9)	53.4 (9.0)
Uljin	12.9 (0.5)	1209.8 (350.3)	93.3 (16.3)	50.8 (13.3)
Andong	12.0 (0.4)	1096.1 (251.1)	90.4 (14.6)	52.8 (13.5)
Pohang	14.5 (0.4)	1226.1 (356.1)	95.6 (10.4)	59.5 (10.8)
Daegu	14.5 (0.4)	1088.0 (299.3)	88.7 (10.9)	57.7 (12.3)
Bonghwa	9.7 (0.4)	1280.2 (253.6)	97 (9.5)	51.1 (7.4)
Yeongju	11.6 (0.4)	1355.2 (327.1)	99.2 (14.4)	58.1 (13.0)
Mungyeong	11.6 (0.4)	1342.6 (315.3)	95.5 (14.4)	53.2 (10.5)
Yeongdeok	13.1 (0.6)	1153.9 (325.3)	84.5 (10.8)	44.8 (8.5)
Uiseong	11.5 (0.6)	1140.8 (369.1)	87.1 (11.3)	51.0 (10.7)
Gumi	13.1 (0.3)	1155.3 (343.7)	91.6 (11.2)	56.5 (11.5)
Yeongcheon	12.7 (0.3)	1088.6 (291.0)	88.1 (11.5)	52.3 (10.9)
Busan	14.8 (0.5)	1554.4 (390.4)	93.5 (10.8)	55.2 (10.2)
Ulsan	14.5 (0.4)	1263.1 (283.3)	91.6 (9.8)	57.2 (11.1)
Changwon	14.8 (0.4)	1614.1 (343.0)	90.6 (9.1)	58.5 (9.0)
Tongyeong	14.7 (0.5)	1461.3 (274.4)	91.9 (9.2)	55.2 (8.8)
Jinju	13.6 (0.3)	1563.9 (385.3)	91.4 (8.2)	58.2 (8.4)
Geochang	12.2 (0.5)	1391.6 (406.3)	98.5 (11.0)	58.3 (8.6)
Hapcheon	13.5 (0.5)	1320.5 (326.0)	89.3 (10.9)	58.7 (10.5)
Miryang	13.6 (0.5)	1226.6 (263.3)	86.7 (8.7)	54.4 (8.8)
Sancheong	13.1 (0.4)	1606.8 (441.4)	92.1 (12.5)	56.5 (11.0)
Geoje	14.2 (0.3)	1869.4 (501.5)	93.9 (5.7)	56.4 (4.5)
Namhae	14.2 (0.5)	1854.1 (451.1)	91.8 (9.0)	56.8 (7.2)
Jeju	16.1 (0.3)	1516.2 (367.0)	122.7 (10.4)	74.8 (10.9)
Gosan	15.7 (0.3)	1205.4 (199.2)	112.3 (8.5)	65.4 (8.2)
Seogwipo	17.2 (0.4)	1933.4 (302.6)	120.8 (9.8)	82.2 (12.1)

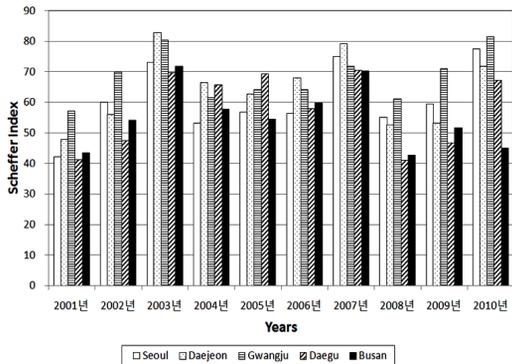


Fig. 1. Change of decay hazard index values of five metropolitan cities in Korea from 2001 to 2010.

값을 보여주며 겨울에 강우가 많을 경우는 Scheffer 지수에 큰 영향을 주지 못한다. 국내 Scheffer 지수가 65 이상인 곳은 제주를 제외하고 전주(68.8)와 광주(68.3) 두 군데인 것으로 나타났으며, 백령도가 38.9로 부후위험이 가장 낮은 것으로 나타났다. 백령도는 0.25 mm를 초과하는 연평균강우일수가 87.4일로 전국에서 가장 낮은 값을 보여준다.

제주도, 전주, 광주를 제외한 국내 전 지역의 Scheffer 지수는 35에서 65 사이에 있는 것으로 나타났는데 이는 부후위험이 중간정도인 것을 의미하며, Degroot과 Esenther (1982)가 제시한 방법인 70을 기준으로 설정하면 국내에서 고부후 위험지역은 제주도만 포함되는 것으로 보인다. 그러나 표준편차의 값은 대략 10 정도로 상당히 큰 편이었으며, 이는 부후위험이 기상조건에 따라 변화할 수 있는 여지가 높다는 것을 의미한다.

Fig. 1은 국내 5대 광역시에서 계산된 10년 동안의 Scheffer 지수 변화를 보여준다. 10년 평균값은 서울 60.9, 대전 64.1, 광주 68.3, 대구 57.7, 부산 55.2의 값을 보여주어 Degroot과 Esenther (1982)가 제시한 70을 기준으로 할 때의 부후위험이 높은 지역에는 포함되지 않는다. 그러나 서울은 2003년 73.1, 2007년 75.0, 2010년 77.4, 대전은 2007년 79.3, 2010년 71.8, 광주는 2002년 70.0, 2003년 80.5, 2007년 71.8, 2009년 71.1, 2010년 81.5, 대구는 2007년

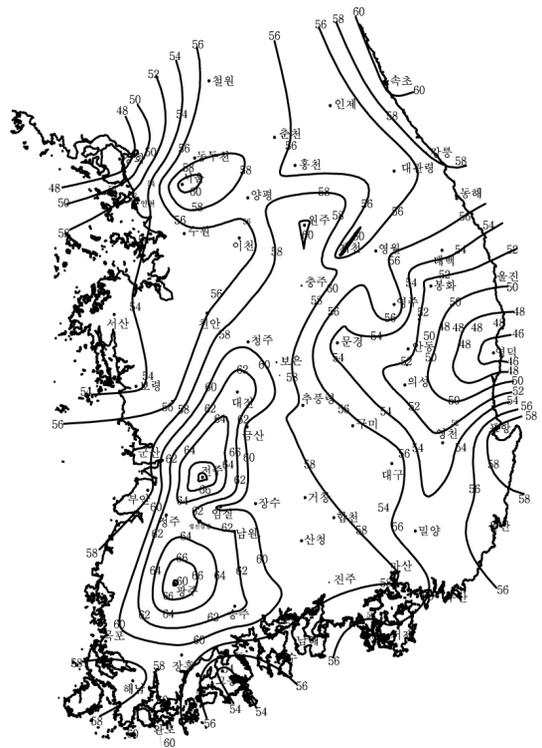


Fig. 2. Above-ground wood decay hazard map based on climate data for the period 2001~2010.

70.5, 부산은 2003년 71.8, 2007년 70.3의 값을 보여주어 기후의 변화에 따라 부후위험이 높은 지역으로 변한다는 것을 알 수 있다. 다른 지역과는 달리 부산의 경우 2010년 Scheffer 지수가 45.1로 감소하는 것으로 나타났다. 이는 5월, 6월, 7월 동안 0.25 mm를 초과하는 강우일 수가 적은 것에 기인한다. 온도가 높은 시기에 강우일 수가 적을 경우 Scheffer 지수의 값은 크게 감소하게 된다.

계산된 Scheffer 지수에 근거하여 작성된 국내 부후위험지도는 Fig. 2에서 볼 수 있다. 부후위험지도를 통해서 국내의 대략적인 부후위험정도가 중상 정도인 것을 알 수 있다. 일반적으로 기상관련 통계는 30년 자료를 근거로 하여 제시되지만 본 연구에서는 최근 10년 동안의 기후자료가 활용되었다. 최근 국내 기후가 변화하고 있다는 것을 가정하면 10년 동안의

기후자료로 계산된 Scheffer 지수가 30년 자료로 계산된 Scheffer 지수보다 기후변화를 더 반영한 부후지수를 제시할 수 있을 것이라고 판단된다.

3. 결 론

국내 72개 장소에서 10년 동안의 기후자료를 바탕으로 Scheffer 지수가 계산되었다. 제주가 74.8, 서귀포가 82.2로 제주 지역이 가장 부후위험이 높은 지역으로 판명되었다. 제주를 제외하고 전주와 광주의 Scheffer 지수가 각각 68.8과 68.3으로 부후위험이 높은 지역으로 나타났으며, 백령도가 38.9로 부후위험이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 Scheffer 지수 값의 변이가 크다는 것을 고려할 때 부후위험지역이 중간 정도인 지역이 기후변화에 따라 부후위험이 높은 곳으로 변할 수 있는 가능성이 있는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Beesley, J., J. W. Creffield, and I. W. Saunders. 1983. An Australian test for decay in painted timbers exposed to the weather. *Forest Products Journal* 33(5): 57~63.
2. Carl, C. G. 2009. Decay hazard (Scheffer) index values calculated from 1971-2000 climate normal data. General Technical Report FPL-GTR-179 Madison, WI: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
3. Degroot, R. C. 1982. An assessment of climate index in predicting wood decay in houses. *Durability of Building Materials 1*. Elsevier, Amsterdam.
4. Degroot R. C. and G. R. Esenther. 1982. Microbial and entomological stresses on the structural use of wood. Pages 219-245 in RW Mayer and RM Kellog, eds. *Structural use of wood in adverse environments*. Van Nostrand and Reinhold Co., New York.
5. Foliente, G., R. H. Leicester, C. H. Wang, C. Mackenzie, and I. Cole. 2002. Durability design for wood construction. *Forest Products Journal* 52(1): 10~19.
6. Francis, L. P. and J. Norton. 2006. Predicting the decay resistance of timber above ground. 1: climate effects. International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 06-20330, IRG Secretariat, Stockholm, Sweden.
7. Larkin, G. M. and P. E. Laks. 2008. To decay or not to decay: An accelerated field test of the validity of the Scheffer index. International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 08-20392, IRG Secretariat, Stockholm, Sweden.
8. Morris, P. I. and J. Wang. 2008. A new decay hazard map for north America using the Scheffer index. International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 08-10672, IRG Secretariat, Stockholm, Sweden.
9. Scheffer, T. C. 1971. A Climate index for estimating potential for decay in wooden structures above ground. *Forest Products Journal* 21(10): 25~31.
10. Setliff, E. C. 1986. Wood decay hazard in Canada based on Scheffer's climate index formula. *Forestry Chronicle*, October 1986: 456~459.
11. Wang, J., X. Wu, M. Jiang, and P. I. Morris. 2007. Decay hazard classifications in China for Exterior Above-Ground Wood. International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 07-20357, IRG Secretariat, Stockholm, Sweden.