

우리나라 해안별 해안방재림의 유형특성 비교

김찬범 · 박기형* · 이창우 · 윤호중 · 김정하

국립산림과학원 산림방재연구과

A Comparison on the Forest Type of Coastal Disaster Prevention Forest Between the Coastal Areas in Korea

Chan-Beom Kim, Ki-Hyung Park*, Chang-Woo Lee, Ho-Joong Youn and Kyongha Kim

Division of Forest Disaster Management, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

요약: 이 연구는 우리나라 서해안, 남해안, 동해안의 주요 해안방재림 실태조사 결과를 바탕으로 군집분석을 실시하여 각 해안별 해안방재림의 특징과 각 해안을 대표할 수 있는 해안방재림 선정에 목적으로 하였다. 해안방재림 방재효과에 영향을 주는 임분밀도와 수고, DBH, 해안방재림 폭을 기준으로 하여 각 군집의 특성을 분석한 결과, 해안별 각각 2개의 군집으로 분류되었다. 서해안은 임분밀도가 높고 DBH가 작은 특징을 갖는 충청남도 태안군 원북면 황촌리 구례포해수욕장 해안방재림과 수고가 높은 특징을 보이는 전라북도 부안군 변산면 운산리 고사포해수욕장 해안방재림이 각 군집을 대표하는 해안방재림이었다. 남해안은 수고가 낮은 특징을 보이는 경상남도 남해군 설천면 남양리 해안방재림과 DBH가 큰 전라남도 완도군 신지면 동고리해수욕장 해안방재림으로 나타났다. 동해안은 임분밀도가 낮은 경상남도 경주시 양북면 봉길리 해안방재림과 수고가 낮고 DBH가 작은 강원도 강릉시 견소동 안목해수욕장 해안방재림이 대표적이다. 이 연구는 앞으로 각 해안별 가장 적합한 해안방재림을 설정하는 데에 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

Abstract: The objective of this study was to select a representative coastal disaster prevention forest type for each coastal area. In this study, we used cluster analysis with the results obtained from investigation for density of growing stock, tree height, DBH, and forest width and length of major coastal disaster prevention forests distributed in the west, the south, and the east coasts. The results showed that the coastal disaster prevention forests for each coast were classified into two types: a forest type with small DBH and high growing stock density (W1) or with high tree height (W2) in the west coast, a forest type with small tree height (S1) or with large DBH (S2) in the south coast, and a forest type with small growing stock density (E1) or with small tree height and low DBH (E2) in the east coast. The coastal disaster prevention forests located in Gurye beach (Hwangchon-ri, Wonbuk-myeon, Taean-gun, Chungcheongnam-do) and in Gohsapo beach (Unsna-ri, Byeonsan-myeon, Buan-gun, Jeollabuk-do) were selected as the representative forests of W1 and W2, respectively. In addition, the coastal disaster prevention forests located in Namyang beach (Namyang-ri, Seolcheon-myeon, Namhae-gun, Gyeongsangnam-do) and in Donggo beach (Donggo-ri, Sinji-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do) were selected as the representative forests of S1 and S2, respectively. Last, the coastal disaster prevention forests located in Bonggil beach (Bonggil-ri, Yangbuk-myeon, Gyeongju-si, Gyeongsangbuk-do) and in Anmeok beach (Gyeonso-dong, Gangneung-si, Gangwon-do) were selected as the representative forests of E1 and E2, respectively. Our finding is expected to be used as baseline data in establishing the most appropriate coastal disaster prevention forest for each coast.

Key words: cluster analysis, tsunami, prevention effect, forest type, classification

서론

2004년 12월 인도네시아 수마트라에서 발생한 규모 9.1의 지진과 2011년 3월 일본 센다이에서 발생한 규모 9.0

의 지진은 역사상 가장 강력한 지진 3위와 4위에 기록되고 있다. 이 두 지진은 거대한 쓰나미가 내륙을 덮쳐 인명 및 재산 피해가 가중되었다는 공통점이 있다. 2004년 발생한 수마트라 지진과 그로 인한 쓰나미로 인해 남아시아와 동아프리카 14개 국가에서 총 227,898명이 죽거나 실종되었으며, 약 170만 명의 이재민이 발생하였다. 또한,

*Corresponding author
E-mail: bear1127@forest.go.kr

2011년 동일본 해저에서 발생한 지진과 그로 인한 쓰나미 역시 사망 15,703명, 실종 4,647명, 이재민 130,927명 등 많은 인명피해를 야기하였다. 당시 일본 이와테현 미야코(Miyako)에서는 쓰나미 높이가 최대 37.88m에 달했으며, 쓰나미로 인한 경제적 피해만 약 3,090억 달러에 이르렀다(United States Geological Survey Earthquake Hazards Program. <http://earthquake.usgs.gov/>).

이처럼 쓰나미는 순식간에 수많은 인명 및 재산피해를 입히는 해양성 재해이며, 1983년과 1993년 강원도 지역에서도 쓰나미 피해를 입은 것을 고려할 때 우리나라 역시 쓰나미의 안전지대는 아니다. Park and Cho(2012)의 연구에 따르면, 최근 10년간 우리나라 주변에서 관측되고 있는 해저지진 발생빈도가 점차 증가하는 경향을 나타내고 있으며 이에 따라 해안재해, 즉 쓰나미 발생 가능성이 높아지고 있다. Chun et al.(2005)은 우리나라 동해안의 일본 해역에서 규모 8.0 이상의 지진이 발생할 경우, 이로 인한 쓰나미가 우리나라 강원도 동해안에 1시간 30분 후, 경북 동해안에는 2시간 후에 도달할 것이며, 이때의 쓰나미 높이는 강원도 북부 동해안에서 2 m, 강원도 남부 동해안에서 3.5 m에 이를 것으로 예측하였다.

쓰나미 외에도 매년 여름철 우리나라에 많은 피해를 주는 자연재해 중 하나가 태풍이다. 기상청 자료에 의하면 연간 3개 정도의 태풍이 우리나라에 영향을 주며 주로 7~9월에 영향을 주는 것으로 나타났다. 최근 10년간 우리나라에 영향을 주는 태풍은 연간 2.5개로 줄었으나 태풍의 일일 최대풍속 및 강우량이 많은 태풍이 많아졌다(Typhoon Center. <http://typ.kma.go.kr/>). 앞으로 태풍, 쓰나미 등의 해양성 재해는 지구온난화로 인한 해수면 상승으로 인해 더욱 대형화될 것으로 예상되고 있다(IPCC, 2007). Cho et al.(2009)의 연구 결과에 따르면, 우리나라의 해안은 동해가 3.86 mm/년, 서해가 4.18 mm/년, 남해가 4.66 mm/년 정도(평균 4.02 mm/년)의 뚜렷한 해수면 상승경향을 보이고 있으며, 이는 지구평균인 3.16 mm/년에 비해 약 30% 높은 수치이다. 이러한 해수면의 상승과 더불어 해안 지역의 인위적인 간섭의 증가로 인해 앞으로 우리나라에 영향을 미치는 태풍과 쓰나미 등 해양성 재해의 규모는 더욱 대형화될 것으로 예측된다.

해양성 재해 저감을 위한 산림분야의 대책으로 해안방재림의 조성을 들 수 있다. 외국의 사례를 보면, 2004년 인도네시아 쓰나미 발생 시 맹그로브 숲 해안방재림이 조성된 마을에는 그렇지 않은 마을에 비해 상대적으로 피해의 규모가 적었으며(Kathiresan and Rajendran, 2005), 이러한 경향은 2011년 일본에서 대형 쓰나미가 발생했을 당시 역시 마찬가지로 나타났다. 경상남도 남해군 물건리에 약 300년 전 조성된 해안방재림은 현재까지 물건리 마을을 태풍이나 강풍으로부터 보호하는 역할을 하고 있다. 이

는 해안방재림이 해양성 재해로 인한 피해 저감에 매우 효과적인 것을 단적으로 보여주는 사례이다. 하지만 우리나라의 경우, 해안방재림의 관리 소홀과 무분별한 개발 등으로 인해 해안방재림 본연의 방재기능을 충분히 발휘하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 해안방재림의 방재 기능을 제고시키고, 체계적인 관리를 위해서는 해안별 해안방재림이 구조적·기능적으로 어떠한 특징을 가지고 있는지에 대한 파악이 우선되어야 한다.

해안방재림의 특성에 대한 연구는 해양성 자연재해가 자주 발생하는 일본에서 주로 연구가 진행되어 왔다(Chun et al., 2005). Harada and Imamura(2005)는 일본에서 해안방재림에 대해 연구된 자료들을 기초로 쓰나미에 대한 해안방재림의 기능을 다음과 같이 네 가지로 분류하였다.

- 쓰나미에 의해 떠밀려오는 부유물을 막아 2차 피해를 예방한다.
- 쓰나미 자체가 갖는 에너지를 감소시킨다.
- 해안사구를 조성하여 쓰나미로 인한 침수피해 감소시킨다.
- 쓰나미 발생 후 바닷물이 후퇴할 때 사람들을 잡아주는 기능을 한다.

이러한 해안방재림의 기능분류를 기초로 최근에는 2011년 동일본 대지진 이후 해안방재림의 실제 효과에 대한 연구가 진행되고 있다(Norio et al., 2013). 국내에서도 해안방재림 폭과 쓰나미 속도 저감 관계에 관한 연구(Chun, 2011), 국내 해안지역을 대상으로 유체에너지 저감효과를 구명하기 위해 연구(Korea Forest Research Institute, 2013) 등이 진행되고 있다. 과거 이루어진 연구를 살펴보면 대부분 해안방재림의 식물상 및 식생구조에 관한 연구(Lee and Chon, 1983; Jung and Kim, 2000; Kim and Choi, 2007) 및 해안방재림 조성방법에 관한 연구(Kwon et al., 2004; Park, 2008)에 집중되어 있다.

우리나라의 해안은 각기 다른 미기후를 나타내기 때문에 해안방재림의 이상적인 구조와 기능은 각 해안별로 상이하다. 동해안 지역의 해안방재림은 쓰나미 피해를 전제로 하여 에너지 저감에 효과적인 해안방재림이 이상적이며, 서해안과 남해안은 태풍과 염해 등 방풍효과가 좋은 해안방재림이 이상적이라고 할 수 있다. 이처럼 각 지역별로 상이한 해안방재림의 구조와 기능을 정확히 파악하기 위해서는 각 지역에 존재하고 있는 해안방재림의 실태조사가 선행되어야 한다. 따라서 이 연구에서는 동해안, 서해안 및 남해안에 위치하고 있는 해안방재림의 실태조사 자료를 활용하여 우리나라 각 해안을 대표할 수 있는 해안방재림을 도출하고자 하였다. 이 결과는 각 해안별 해양성 재해를 저감할 수 있는 최적의 해안방재림 조성 및 관리방안을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

연구 방법

1. 대상지 선정 및 기본 조사

이 연구에서는 서해안, 남해안, 동해안에 위치한 해안방재림을 대상으로 위성사진 및 항공사진 분석을 통해 배후에 주택, 논, 도로 등의 구체적 보호대상이 있는 해안방재림을 각 해안별로 40개소씩(총 120개소) 선정하였다(Figure 1, Table 1). 선정된 해안방재림의 실태조사를 통해 해안방재림의 폭과 길이, 임상 및 임종을 조사하였다. 각 해안방재림 임분의 주요 구성종이 대부분 포함되어 있는 곳에서

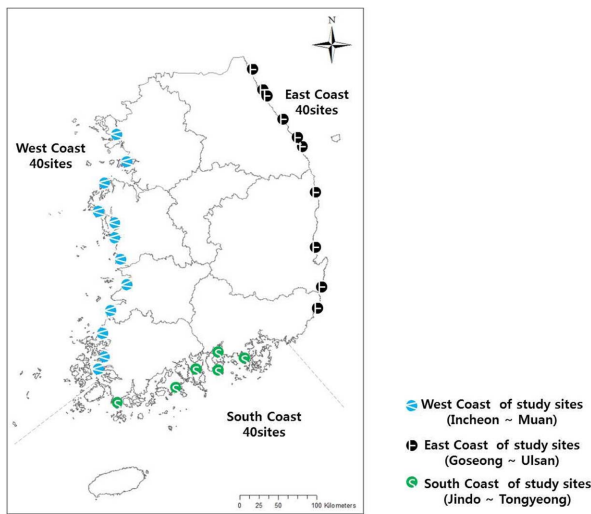


Figure 1. Location of the study sites.

Table 1. The number of study sites in the west, south, and east coasts.

Classification	Site	Number (s)
Total		120
West coast	Incheon	2
	Gyeonggi-do	1
	Chungcheongnam-do (Dangjin, Seosan, Seocheon, Boryeong, Taeon)	29
	Jeollabuk-do(Buan, Gochang)	2
	Jeollanam-do (Hampeyong, Yeonggwang, Muan)	6
	South coast	Jeollanam-do (Goheung, Yeosu, Wando, Jindo)
	Gyeongsangnam-do (Namhae, Sacheon, Hadong, Tongyeong)	9
East coast	Gangwon-do (Goseong, Sokcho, Yangyang, Gangneung, Donghae, Samcheok)	28
	Gyeongsangbuk-do (Gyeongjue, Ulijin, Pohang)	9
	Ulsan(Ulju, Buk-gu)	3

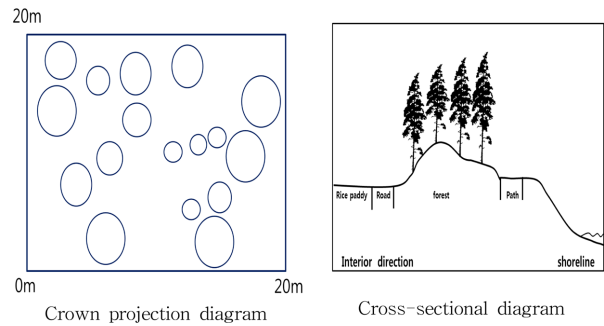


Figure 2. Mimetic diagram of coastal disaster prevention forest in plot.

0.04 ha 규모의 조사구 3개소를 설정한 후 조사구 내 임목의 DBH 및 수고와 임분밀도를 조사하였다(Figure 2).

2. 군집분석

각 해안별 40개소의 해안방재림에 대한 군집분석을 실시하기 위해 K-평균 군집분석을 이용하였다. K-평균 군집분석은 대용량 자료의 군집화 기법으로 차원의 제약이 전혀 없어 일반적으로 널리 사용되는 방법이며, 각 군집의 결과를 비교하여 군집의 특성이 가장 잘 파악되는 K개의 군집을 선택할 수 있다(Huh and Lee, 2004). 그러나 이 분석방법은 주관적으로 결정하는 군집개수에 따라 군집분석 결과가 많이 달라질 수 있다는 단점이 있다. 따라서 이를 보완하기 위하여 2단계 군집분석을 통해 타당성이 확보된 군집의 수를 결정한 후 K-평균 군집분석을 실시하였다(Lee, 2009).

1) 2단계 군집분석

군집분석은 n개의 관찰치를 대상으로 p개의 변수를 측정하였을 때 관측한 p개의 변수를 이용하여 관찰치 간의 유사성 또는 비유사성 정도를 측정하여 관찰치에 가까운 순서대로 군집화하는 통계적 분석방법이다(Lee, 2009).

이 연구에서는 각 해안별 해안방재림의 폭, 길이, DBH, 수고 및 임분밀도 등 5개 변수를 사용하여 2단계 군집분석을 시행하였다. 2단계 군집화에서는 하부군집 수가 원래 데이터 수보다 적기 때문에 전통적인 군집화 방법을 효과적으로 사용할 수 있다(Lee, 2003). 2단계 군집분석의 타당성 검증을 위해 사용되는 Cluster Quality는 -1에서 1까지 그 값이 측정되며, 0.5이상이면 타당성이 양호(Good)로 나타나고, 1에 가까울수록 타당성이 높아진다. Cluster Quality는 군집분류의 타당성을 나타내는 지표지만 그 값이 높다고 하여 적합하게 분류되었다고는 볼 수는 없다(T.Ng and Han, 1994). 따라서 이 연구에서는 2단계 군집분석을 통해서 산출된 Cluster Quality가 0.5 이상이 되는 군집수를 도출하였다(Figure 3).

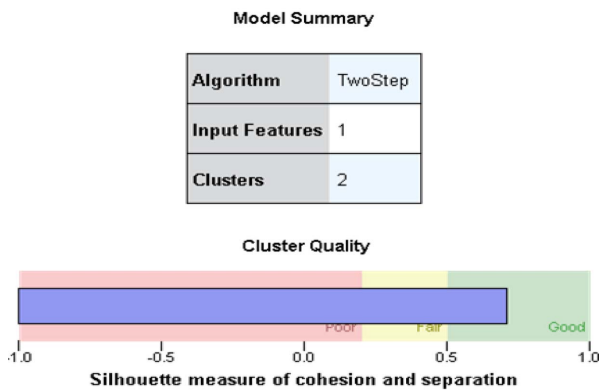


Figure 3. Example of cluster quality validation.

2) K-평균 군집분석

2단계 군집분석으로부터 군집수 결정의 타당성 확보한 후 비계층적 군집분석방법 중 하나인 K-평균 군집분석을 실시하였다. K-평균 군집분석은 대용량 자료를 이용하여 군집분석에 활용하는 것이 용이하며, 먼저 임의로 K개의 개체를 선택하여 각각을 군집으로 설정한 후 나머지 개체들을 가장 근접한 군집에 할당하는 분석방법이다(Lee, 2009). K-평균 군집분석에서는 군집수를 임의대로 결정하여 분석하기 때문에 2단계 군집분석 방법으로 도출된 군집수를 사용하여 해안별 해안방재림을 K-평균 군집분석으로 군집을 나누었다. 이 연구에서는 여러 분석방법 중에서 군집 사이의 거리가 가장 짧은 값을 기준으로 연결하는 방법인 최단연결방법(single linkage method)을 이용하였다. 분석된 결과를 바탕으로 해안방재림 폭, 길이, 임분밀도, DBH, 수고 등을 고려하여 각 군집을 대표할 수 있는 해안방재림을 선정하였다.

결과 및 고찰

서해안, 남해안 그리고 동해안의 해안방재림의 길이, 폭, 임분밀도, 수고, DBH를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 해안방재림 평균 길이는 서해안이 남해안과 동해안보다 각각 155.9 m, 196.6 m 긴 것으로 나타났으며, 평균 폭은 각각 39.8 m, 17.1 m 넓게 나타났다. 해안방재림의 평균 수고는 서해안이 남해안과 동해안보다 각각 5.1 m와 5.6 m 높은 것으로 나타났으며, 평균 임분밀도는 남해안과 동해안보다 128.8본/ha, 375.6본/ha 높은 것으로 나타났다. 평균 DBH는 남해안과 동해안보다 0.3 cm, 3.7 cm 넓었다 (Table 2).

1. 해안방재림의 군집분류

K-평균 군집분석을 통해 분석한 우리나라 해안방재림은 해안별 2개의 군집으로 분류할 수 있었다. 군집은 서해안의 Type W1와 W2, 남해안의 Type S1과 S2, 동해안의 Type E1과 E2로 분류하였으며, 이들 6개 군집의 해안방재림 길이, 폭, 임분밀도, 수고, DBH를 살펴본 결과는 Table 3와 같다.

K-평균군집 분석에서는 군집 수 결정이 중요하다. Shin and Shin(2010)는 K-평균 군집 수 결정을 위하여 요인분석을 실시하였고, 요인분석을 통해 알아낸 속성을 토대로 군집분석을 실시하였다. 하지만 이들의 연구에서는 군집 수 결정을 주관적인 판단에 의해 결정한 경향이 있어 군집분석 결과에 대한 신뢰도가 낮았다. 따라서 본 연구에서는 군집분석 결과의 신뢰도를 확보할 수 있는 객관적인 기준을 제시하고자 하였다.

Table 2. Five explanatory variables for cluster analysis obtained from each coastal disaster prevention forest.

Coastal forest	N	Length (m)	Width (m)	Density of growing stock (trees/ha)	Tree height (m)	DBH (cm)
West	40	521.1±328.8 ²	68.7±53.3	1,016.9±464.4	14.9±4.0	21.8±5.3
South	40	365.2±199.4	28.9±16.2	888.1±230.5	9.8±2.9	24.5±11.3
East	40	324.5±199.9	51.6±45.7	641.3±312.4	9.3±2.5	21.1±6.1

²All values are expressed as means±standard deviations.

Table 3. Result of K-means cluster analysis based on DBH and tree height.

Type ^z	N	Length (m)	Width (m)	Density of Growing Stock (trees/ha)	Tree Height (m)	DBH (cm)
W1	22	539.8±379.8 ³	57.6±30.7	1,202.3±471.4	13.1±3.4	18.0±3.3
W2	18	498.2±238.8	82.2±68.4	790.3±319.8	17.1±3.4	26.4±3.1
S1	37	370.8±202.2	28.8±16.6	891.2±218.3	9.4±2.6	22.2±6.7
S2	3	295.7± 84.2	30.0± 4.1	850.0±318.9	14.7±1.5	53.0±15.4
E1	17	345.9±194.1	61.2±55.5	541.2±227.2	10.9±2.6	26.9±3.8
E2	23	308.7±198.2	44.5±33.9	715.2±338.4	8.2±1.6	16.8±3.0

^zThe type W1 and W2, type S1 and S2, and type E1 and E2 belong to the west, south, and east coasts, respectively.

³All values are expressed as means±standard deviations.

Table 4. Result of two-stage cluster analysis using the five explanatory variables obtained from the coastal disaster prevention forest.

Coastal forest	Classification	Length	Width	Density of growing stock	Tree Height	DBH	DBH X Tree height
West	Cluster	3	2	2	2	2	2
	Quality	Good (0.8)	Good (0.8)	Good (0.7)	Good (0.7)	Good (0.7)	Good (0.6)
South	Cluster	1	2	3	2	2	2
	Quality	Poor (0.0)	Good (0.9)	Good (0.7)	Good (0.7)	Good (0.9)	Good (0.7)
East	Cluster	3	2	2	2	2	2
	Quality	Good (0.7)	Good (0.8)	Good (0.6)	Good (0.8)	Good (0.7)	Good (0.6)

Cho and Hwang(2008)은 군집분석 결과의 신뢰도는 군집 수를 결정할 수 있는 객관적 기준이 제시된다면 해결할 수 있다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 군집 수 결정을 위한 객관적 기준으로 2단계 군집분석 결과 Cluster Quality를 0.5로 제시하였다. 실태조사 자료를 통해 확보된 5개 변수를 종합하여 2단계 군집분석을 실시한 결과, 군집 수는 5개로 분류되었지만, Cluster Quality가 0.5 이하로 군집수의 타당성은 결여되었다. 따라서 5개 변수가 이를 수 있는 모든 경우의 조합을 대상으로 Cluster Quality가 0.5 이상으로 분류되는 군집 수를 찾아냈다(Table 4). 그 결과, 2단계 군집분석으로 타당성이 검증된 변수(DBH, 수고)와 군집 수를 K-평균 군집분석의 변수와 군집 수로 사용하였기 때문에 본 연구에서 수행한 군집분석의 결과는 신뢰할 수 있다고 판단된다.

2. 각 군집간 특성 비교

군집분석을 통해 분류된 결과를 바탕으로 해안방재림의 유형 특징을 살펴본 결과, 해안방재림의 길이는 Type W1군집이 가장 긴 것으로 나타난 반면 Type S2군집이 가장 짧은 것으로 나타났다. 해안방재림의 폭은 Type W2군집이 가장 넓게 나타났으며, Type S1군집이 가장 좁게 나타났다. 임분밀도는 Type W1군집이 가장 높았고 Type E1군집이 가장 낮게 나타났다. 특히, 군집분류의 주요 요인으로 작용한 수고와 DBH를 비교한 결과, 수고는 Type W2군집이 가장 높았고 Type E2군집이 가장 낮았다. DBH는 Type S2군집이 가장 크게 나타난 반면 Type E2군집이 가장 작은 것으로 나타났다. 이상의 연구결과는 임분밀도가 낮아질수록 높은 수고값과 DBH값을 갖는다고 한 Park et al.(2009)과 An(2006)의 연구결과를 뒷받침하고 있다. 임분밀도가 높고 해안방재림 폭이 넓을수록 에너지 감소 효과가 크다는 것을 발표한 Korea Forest Research Institute(2013)의 연구결과를 본 연구결과에 대입해 보면, Type W1군집과 Type W2군집이 방재효과가 클 것으로 사

료된다. 하지만 해안방재림의 폭이 상대적으로 좁은 Type S1군집, Type S2군집과 임분밀도가 상대적으로 낮은 Type E1군집, Type E2군집은 에너지 감소효과가 낮은 것으로 판단된다.

해안별로 군집유형이 나뉜 주된 요인은 DBH와 수고였다. 각 군집 유형별 수고와 DBH는 다음 Figure 4와 같다. 해안별로 DBH와 수고 사이에 수고가 높아지면 DBH도 큰 결과가 나타났으며, 이것은 임분밀도 관련이 있는 것으로 사료된다. 해안별로 비교했을 때 수고는 Type W2군집이 17.1 m로 가장 높았고, Type E2군집이 9.6 m로 가장 낮았다. 우리나라 동해안에서는 1983년 5월 일본 아키타현 서쪽 근해에서 발생한 쓰나미로 인해 선박 81척, 실종 2명, 사망 1명의 인명·재산피해가 발생하였고, 1993년 7월 일본 홋카이도 오키리섬 북서쪽 근해에서 발생한 쓰나미로 인해 선박 35척이 파손되는 피해사태가 있어 쓰나미에 대한 피해가 다른 해안보다 클 것으로 우려된다. 하지만 본 연구 결과, 동해안 해안방재림의 수고성장이나 직경생장이 다른 해안과 비교하여 열악하여 해안방재림 신규 조성이나 확대 조성 등의 대책이 필요할 것으로 사료된다.

각 해안에 40개 해안방재림의 군집별로 나뉜 결과는 Table 5와 같다. 각 군집을 대표할 수 있는 해안방재림을 임분밀도, 해안방재림 폭, 길이, DBH, 수고 등을 고려하여 선정된 결과는 아래와 같다.

1) 서해안

Type W1군집에 속한 22개 중 대표성을 가지고 있는 해안방재림은 해안방재림 폭, 길이, 임분밀도, 수고, DBH 등을 고려하여 가장 평균에 근접한 숲으로 충청남도 태안군 원북면 황촌리 구례포해수욕장 해안방재림이었다. Type W2군집에 속한 18개 중 대표성을 가지고 있는 해안방재림은 전라북도 부안군 변사면 고사포해수욕장 해안방재림이었다(Figure 5).

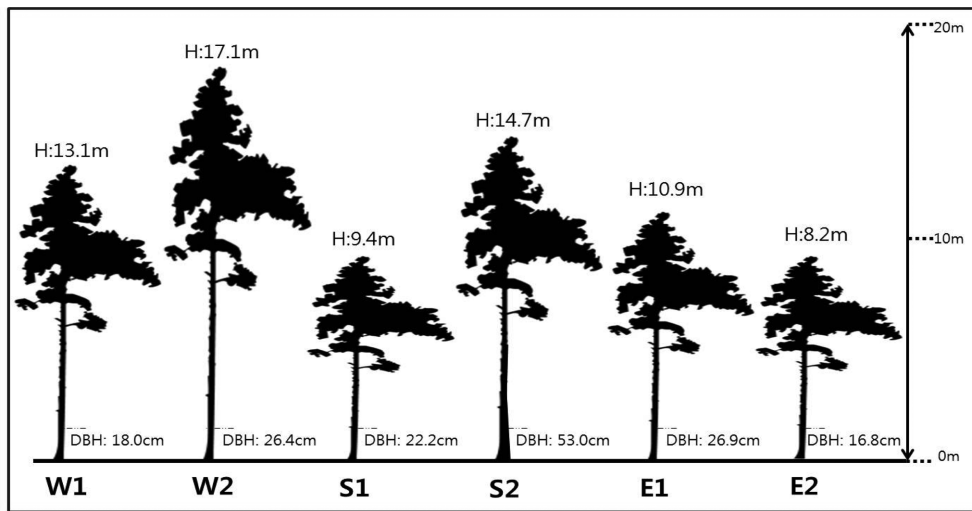
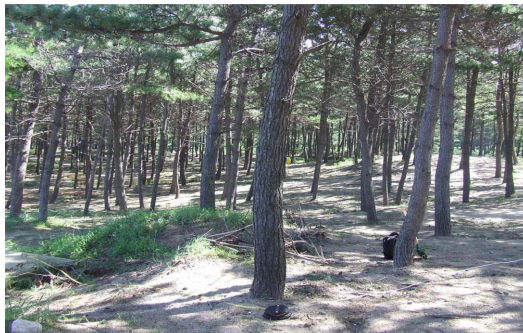


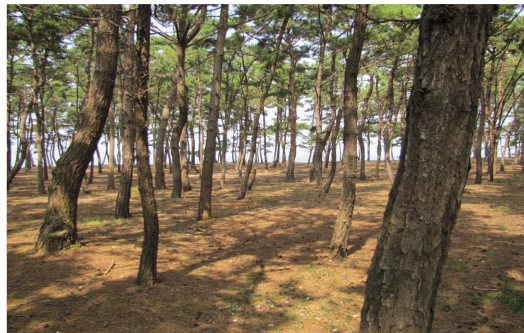
Figure 4. A compare on tree height and DBH of cluster type.

Table 5. Coastal disaster prevention forest classification for cluster type.

	West(40)		South(40)		East(40)	
Type	W1(22)	W2(18)	S1(37)	S2(3)	E1(17)	E2(23)



Type W1
Gurye beach, Hwangchon-ri,
Wonbuk-myeon, Taean-gun,
Chungcheongnam-do



Type W2
Gohsapo beach, Unsna-ri,
Byeonsan-myeon, Buan-gun,
Jeollabuk-do

Figure 5. The representative coastal disaster prevention forest of west coast.

서해안의 해안방재림은 임분밀도가 높고 DBH가 작은 Type W1군집과 DBH가 크고 임분밀도가 낮은 Type W2군집으로 구분되었다. Type W1군집과 Type W2군집은 임분밀도와 DBH에서 대조적인 양상을 보였다. Type W1군집의 경우, 평균 DBH가 18.0 cm로 서해안 해안방재림 평균보다도 3.8 cm 작았고, 평균 수고는 13.1 m로 서해안 해안방재림 평균 수고보다 1.8 m 작았으나, 평균 임분밀도는 1,202.3본/ha로 서해안 해안방재림 평균 임분밀도보다 185.4본/ha 높은 특징을 보였다. Type W2군집은 평균 DBH가 26.4 cm로 서해안 해안방재림 평균보다 5.6 cm 컸으며, 평균 수고는 17.1 m로 서해안 해안방재림 평균보다 2.2 m 컸다. 평균 임분밀도는 790.3본/ha로 Type W1군집의 65.7%였다

(Figure 6).

2) 남해안

Type S1군집에 속한 37개 중 대표성을 가지고 있는 해안방재림은 경상남도 남해군 설천면 남양리 인근 해안방재림이었으며, Type S2군집을 대표할 수 있는 해안방재림은 전라남도 완도군 신지면 동고리해수욕장 인근 해안방재림이었다(Figure 7).

남해안의 해안방재림은 수고가 낮고 DBH가 작은 Type S1군집과 DBH가 크고 수고가 높은 Type S2군집으로 구분되었다. Type S1군집과 Type S2군집은 DBH에서 대조적인 양상을 보였다. Type S1군집의 경우, 평균 DBH가 22.2 cm로 남해안 해안방재림 평균보다 2.3 cm 작았고, 평

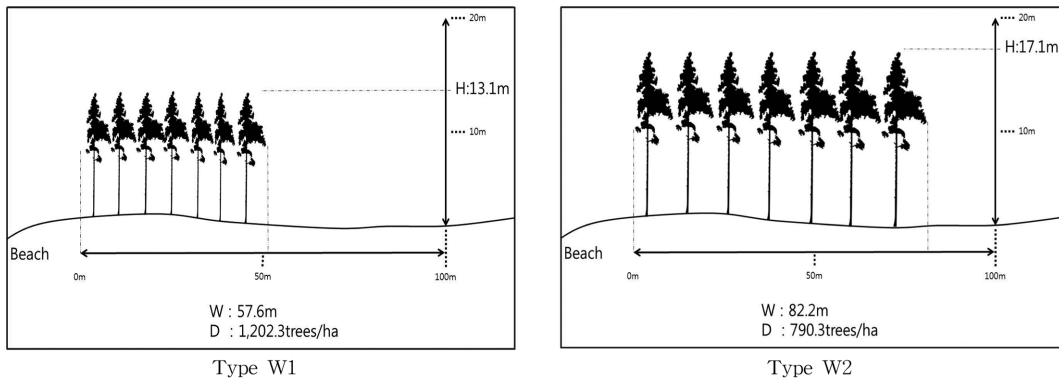


Figure 6. A comparison between coastal disaster prevention forest in cluster type of west coast; H is average tree height, W is average forest width and D is average density of growing stock.



Figure 7. The representative coastal disaster prevention forest of south coast.

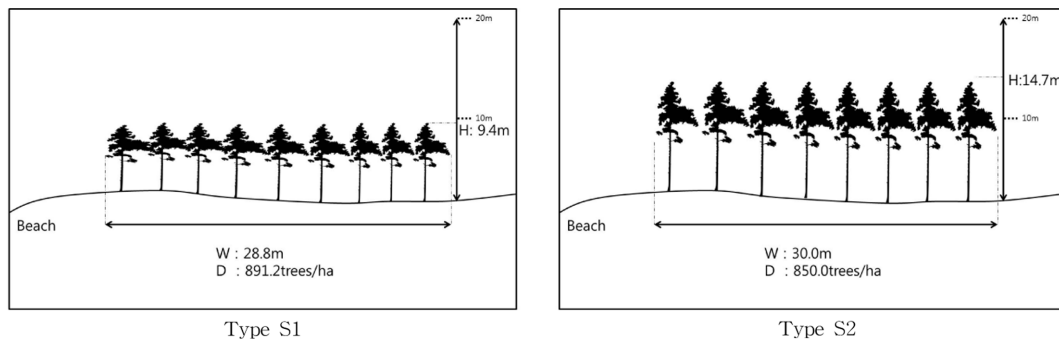


Figure 8. A comparison between coastal disaster prevention forest of south coast; H is average tree height, W is average forest width and D is average density of growing stock.

균 수고는 9.4 m로 남해안 해안방재림 평균 수고보다 0.4 m 작았다. 평균 임분밀도는 891.2본/ha로 남해안 해안방재림 평균 임분밀도보다 3.1본/ha 높았으며 전체적으로 40개소 해안방재림의 평균과 비슷한 특징을 보였다. Type S2군집은 평균 DBH가 53.0 cm로 남해안 해안방재림 평균보다 28.5 cm 넓었으며, 평균 수고는 14.7 m로 남해안 해안방재림 평균보다 4.9 m 컸다. 평균 임분밀도는 850.0 본/ha이었으며, Type S1군집의 95.3%로 거의 비슷한 임분밀도를 보였다(Figure 8).

3) 동해안

Type E1군집에 속한 17개 중 대표성을 가지고 있는 해안방재림은 경상북도 경주시 양북면 봉길리 해안방재림이었으며, Type E2군집에 속한 23개 중 대표성을 갖는 해안방재림은 강원도 강릉시 견소동 안목해수욕장 해안방재림이었다(Figure 9).

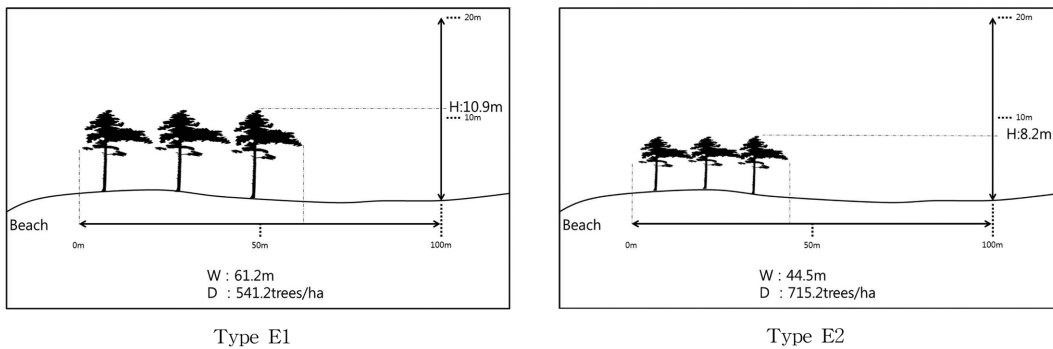
동해안의 해안방재림은 수고가 높고 DBH가 큰 Type E1군집과 DBH가 작고 수고가 낮은 Type E2군집으로 구분할 수 있다. Type E1군집과 Type E2군집은 해안방재림 길이, 폭, 수고, DBH, 임분밀도에서 차이를 보였다. 특히



Type E1
Bonggil-ri, Yangbuk-myeon, Gyeongju-si,
Gyeongsangbuk-do

Type E2
Gyeonso-dong, Gangneung-si, Gangwon-do

Figure 9. The representative coastal disaster prevention forest of east coast.



Type E1

Type E2

Figure 10. A comparison between coastal disaster prevention forest of east coast; H is average tree height, W is average forest width and D is average density of growing stock.

임분밀도와 DBH에서 대조적인 양상을 보였다. Type E1 군집의 경우, 평균 DBH가 26.9 cm로 동해안 해안방재림 평균보다 5.8 cm 넓었고 평균 수고는 10.9 m로 동해안 해안방재림 평균 수고보다 1.6 m 높았으며, 평균 임분밀도는 541.2본/ha로 동해안 해안방재림 평균 임분밀도보다 100.1본/ha 낮았다. Type E2군집은 평균 DBH가 16.8 cm로 동해안 해안방재림 평균보다 4.3 cm 작았으며, 평균 수고는 8.2 m로 동해안 해안방재림 평균보다 1.1 m 작았다. 평균 임분밀도는 715.2본/ha이었으며, Type S1군집의 132.2%로 조밀한 임분밀도를 보였다(Figure 10).

우리나라 해안방재림은 숲 후방의 주택, 도로, 논밭 등을 보호하는 공통된 역할이 있지만 해안별 지형 및 주변 자연환경에 따라 그 주된 역할에 차이가 있다. 동해안은 쓰나미 발생 시 그 에너지와 2차 피해를 감소시키기 위한 해안방재림이 필요하다. 동해안 해안방재림의 경우, 쓰나미를 효과적으로 막기 위해서 임분밀도를 높이고 임목생장을 높이기 위한 토양개량 등이 필요할 것으로 사료된다. 서해안과 남해안은 주로 태풍과 조석에 의한 방염 및 방풍효과 뛰어난 해안방재림이 필요하다. 서해안 해안방재림의 경우, Type W1군집 해안방재림의 방풍효과를 더 극

대화하기 위해서 해안방재림 폭을 늘리거나 과밀한 임분밀도를 조절하여 임목생장을 활성화해야 할 것으로 사료된다. Type W2군집은 폭이 넓고 수고가 높아, 방풍범위가 다른 곳과 비교하여 상대적으로 넓은 것으로 사료된다. 남해안 해안방재림은 폭이 다른 해안의 절반 수준으로 방재기능을 높이기 위해서 해안방재림의 폭을 넓혀야 할 것으로 사료된다.

결론

이 연구는 우리나라 서해안, 남해안, 동해안 주요 해안방재림 실태조사 결과를 바탕으로 각 해안을 대표할 수 있는 해안방재림 선정을 목표로 실시하였다. 군집분석을 통해 해안별 대표 해안방재림을 선정한 결과, 서해안은 충청남도 태안군 원북면 황촌리 구례포 해수욕장 해안방재림과 전라북도 부안군 변산면 운산리 고사포해수욕장 해안방재림이 해안을 대표하는 해안방재림이었다. 남해안을 대표하는 해안방재림은 경상남도 남해군 설천면 남양리 해안방재림과 전라남도 완도군 신지면 동고리 해수욕장 해안방재림이었다. 동해안을 대표하는 해안방재림으로는

경상남도 경주시 양북면 봉길리 해안방재림과 강원도 강릉시 견소동 안목 해수욕장 해안방재림이었다. 이 연구는 군집분석을 통해 현재 우리나라의 각 해안별 대표 해안방재림을 객관적으로 선정하였다는데 의의가 있다. 하지만 이 연구에서 선정된 해안방재림이 각 해안에 적합한 방재효과를 발휘하고 있는지에 대해서는 아직 검증이 이루어지지 않았다는 한계성이 있다.

해안방재림의 목적은 방재효과를 최대화하여 해안재해로부터 인명과 재산피해를 최소화하는 것이다. 따라서 앞으로의 연구에서는 분석된 군집별 해안방재림의 방풍 효과 및 쓰나미 저감 효과 등 방재효과에 대한 모의 및 검증이 필요할 것으로 사료된다. 모의된 결과를 바탕으로 해안방재림의 방재효과 모델을 도출하여 각 해안별 가장 효과적인 해안방재림으로 조성할 수 있을 것이다. 또한 기존의 해안방재림은 폭과 길이, 수고 및 임분 조절 등을 통해 방재효과를 모니터링하고 건강성을 유지하도록 관리가 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2012년도 국립산림과학원 리서치 펠로우십의 지원에 의해 이루어졌습니다. 논문을 세심하게 검토해주신 익명의 심사자분들과 함께 연구하고 고민했던 연구진께 깊은 감사를 드립니다.

References

- An, J.H. 2006. A study on the growth characteristics of coastal windbreak forests. Master's thesis, Chonbuk National University. pp. 55.
- Cho, K.W., Kim, K.J., Jung, J.C., Park, W.K., and Kang, T.S. 2009. Vulnerability assessment of the Korean coast due to sea-level rise and appropriate response strategies I -Assessment of shoreline retreat. Korea Environment Institute. pp. 155.
- Cho, E.S. and Hwang, I.S. 2008. The effective criteria for determining the number of clusters: An application with SPSS and Microsoft excel. Journal of Commodity Science and Technology 1: 1-9.
- Chun, K.W., Kim, S.W., Kim, K.N., Nakashima, Y., and Ezaki, T. 2005. Coastal forest construction and Non-structural Measures for preventing Tsunami damage - In case of Japan-. Journal of Korean Forest Society 94(3): 197-204.
- Harada, K., and Imamura, F. 2005. Effect of coastal forest on tsunami hazard mitigation- A preliminary investigation. pp. 279-292. In: Satake, K.(Ed). Tsunamis: case studies and recent developments. Springer. Netherlands.
- Huh, M.H., and Lee, Y.G. 2004. Reproducibility assessment of K-Means clustering and applications. The Korean Journal of Applied Statistics 17(1): 135-144.
- IPCC. 2007. Climate change 2007: The physical science basis. contribution of working group to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, United Kingdom and New York, USA. pp. 989.
- Jung, Y.K. and Kim, W. 2000. Distribution characteristics of coastal mantle communities in Korean Peninsula. Journal of Ecology and Environment 23(3): 193-199.
- Kathiresan, K and Rajendran, N. 2005. Coastal mangrove forests mitigated tsunami. Estuarine, Coastal and Shelf Science 65: 601-606.
- Kim, S.H. and Choi, S.H. 2007. The structure and ecological characteristics of coastal forest in Busan metropolitan city. Korean Journal of Environment and Ecology 21(1): 67-73.
- Korea Forest Research Institute. 2013. Development of the numerical model and proper arrangement model for composition analysis on the effect of the coastal forest for damage prevention. Contract research project report of Korea Forest Research Institute. pp. 70.
- Kwon, J.O., Lee, K.J., and Jang, S.H. 2004. The planting models of maritime forest by the plant community structure analysis in the seaside, Incheon -A case study on *Pinus thunbergii* community and *Pinus densiflora* community-. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 31(6): 53-63.
- Lee, M.Y. 2009. A theoretical review and application method of twostep cluster analysis. Master's thesis, Chung-Ang University. pp. 56.
- Lee, W.C. 2003. A study for twostep cluster method. Chung-Ang University. pp. 39.
- Lee, W.T., and Chon, S.K. 1983. Ecological studies on the coastal plants in Korea -Floristic composition and standing crop of the sand dune on the southern coast-. Journal of Ecology and Environment 6(3): 74-84.
- Park, C.M., Kim, S.W., Park, S.H. 2009. Study on growth characteristics of *pinus thunbergii* windbreak forests around Goosipo beach, Gochang-gun. Korean Journal of Environment and Ecology 23(4): 365-375.
- Park, J.S. 2008. A study on the coastal disaster prevention forest. Master's thesis, Chonnam National University. pp. 66.
- Park, K.W. and Cho, Y.S. 2012. Hazard map with probable maximum tsunamis. Journal of Korea Society of Hazard Mitigation 12(2): 263-270.
- Shin, H.K. and Shin, H.C. 2010. Market segmentation on recreational forest visitors by cluster analysis. The Journal of Korea Contents Association 10(3): 364-372.
- T.Ng, Raymond and Han, Jiawei. 1994. Efficient and effective clustering methods for spatial data mining. Proceedings of the international conference on very large data bases 20: 144-155.

Typhoon Center. http://typ.kma.go.kr/TYPHOON/statistics/statistics_02_1.jsp(2014. 10. 28).

USGS(United States Geological Survey) Earthquake Hazards Program. 2013. Magnitude 9.0 -Near the east coast of Hon-

shu, Japan. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthe-news/2011/usc0001xgp/usc0001xgp.php> (2014. 1. 20).

(2014년 5월 7일 접수; 2014년 11월 11일 채택)