

쓰나미에 對備한 海岸林 造成과 非構造物 對策
- 日本의 事例를 中心으로 -

全權雨^{1*} · 金錫宇¹ · 金旻南² · 中島幸喜³ · 江崎次夫⁴

¹江原大學校 山林科學大學, ²江原發展研究院
³日本, 山形大學 農學部, ⁴日本, 愛媛大學 農學部

Coastal Forest Construction and Non-Structural Measures
for Preventing Tsunami Damage
- In Case of Japan -

Kun-Woo Chun^{1*}, Suk-Woo Kim¹, Keong-Nam Kim², Yuhki Nakashima³ and Tsugio Ezaki⁴

¹College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

²Kangwon Development Research Institute(KDRI), Chunchon, 200-041, Korea

³Faculty of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka, Yamagata 997-8555, Japan

⁴College of Agriculture, Ehime University, Matsuyama, Ehime 790-8566, Japan

요 약: 동해에서 발생한 쓰나미가 우리나라에 미치는 영향을 파악하고, 해안림이 쓰나미의 속도와 에너지를 저감시키는 기능 및 비구조물 대책에 대하여 일본의 사례를 중심으로 분석하였다. 자료를 분석한 결과, 1983년과 1993년에 동해에서 발생한 쓰나미는 우리나라 동해안에 1시간 50분만에 도달하였으며, 이로 인해 인명, 재산 및 침수피해가 발생하였다. 또한 쓰나미에 대비하여 해안림을 폭 60m로 조성하면 속도는 30%, 에너지는 10%로 각각 저감되므로 60m 정도의 폭을 확보하도록 하고, 해안림의 임분구조는 혼효림의 복층림으로 하며, 방조시설을 함께 시공하여야 한다. 이와 함께 쓰나미에 대한 대응법과 주의점 등에 대한 적극적인 홍보와 같은 비구조물 대책을 마련하여야 할 것이다.

Abstract: This study was conducted to investigate the effect of tsunami which occurred in coastal area of the East Sea in Korea, the function of coastal forest for the reduction of tsunami's speed and energy, and the non-structural measures through the research data of tsunami in Japan. The results showed that tsunami which occurred in the East Sea in 1983 and 1993 reached coastal area of Korea one hour and fifty minutes later from Japan, and caused a loss of lives and property and flooding damage. If 60 m width of coastal forest was formed, the speed was decreased by 30%, the energy by 10%. Therefore, the width of coastal forest must be at least 60 m, of which the stand structure is the multiple-layered forest of mixed-forest, and the wave preventing measures have to be constructed together. In addition, non-structural measures as tsunami warning and survival strategies must be prepared.

Key words : tsunami, coastal forest, East Sea, wave preventing measures, non-structural measures

서 론

2004년 12월 26일 오전 6시, 인도네시아 수마트라섬 서부 해저 40 km 지점에서 리히터 규모 9.0의 강진이 발생하였고, 이로 인한 쓰나미에 의해 30만명에 육박하는 인명이 사망하는 등 막대한 재산·인명피해가 발생한 것

로 보도되고 있다. 지진은 아직 예측이 불가능하지만, 쓰나미는 예측이 가능하기 때문에 쓰나미 조기 경보시스템과 감시설비를 잘 활용하면 피해를 줄일 수 있다. 특히 우리나라에 영향을 미치는 쓰나미가 일본 홋카이도 부근에서 발생하면 동해안에는 1시간 50분 정도에 도달하기 때문에 대비가 가능하다.

아시아 지역이 휴양시설 건설과 새우 양식업을 위해 맹그

*Corresponding author
E-mail: kwchun@kangwon.ac.kr

로브 숲을 남벌하여 피해가 가중되었다」고 지적하였다. 즉 해안의 저목은 수간과 근계에 의해 파괴력을 1차적으로 흡수하고, 내륙에 조성되어 있는 교목이 2차로 저지하는 기능이 있지만, 벌채로 인해 해안림의 방재기능이 상실되었다. 특히 맹그로브 벌채지는 쓰나미 피해의 위험지역이지만 고급 호텔과 리조트 시설이 조성되어 피해가 발생하였고, 특히 완충역할을 하는 사구도 파괴되어 피해가 가중되었다.

우리나라에서는 지정학적인 원인에 의해 해안림에 관한 연구가 진행되지 못하다가 1980년대 이후에 부분적으로 진행되고 있다. 즉 해안림의 임분구조와 식생분포(崔文吉, 1986; 정용규와 김종원, 1998; 박완근, 2000; 이규송과 김선희, 2000; 정용규와 김원, 2000), 해안사구의 식생조사와 현존량 파악(이우철 등, 1982; 이우철과 전상근, 1983; 1984), GIS 및 위성자료를 이용한 해안 환경립 조사(박용진과 김응남, 2000), 해안송림의 친환경적 이용방안(심상화, 2000), 해안림의 다면적 기능과 시대적 가치변화(이경재, 2000) 및 해수욕장의 녹지조성(曹熙料, 1988)등에 대한 연구가 진행되고 있다.

그러나 일본에서는 이전부터 해안림과 해안사방에 대한 연구가 다양하게 진행되어 연혁(美浜町, 1985; 近田, 2000), 분포와 변화(村井 등, 1992; 小池, 1997), 제도와 시업방침(日本治山治水協會, 1992), 생리·생태적 특성(遠山, 1991; 荻野, 1991; 中島 등, 1997; 1998; 柳原 등, 1998), 주요 실태(東, 1975; 幸喜, 1980; 牧村 등, 1990; 林業技術編集部, 1991; 新潟縣治山課, 1991; 野掘 등, 2000), 환경보전 기능평가(金內와 中島, 1986; 中村 등, 1996), 바람직한 조성법과 관리법(中島, 1999; 2000; 金內 등, 2001; 江崎 등, 2004; 河野 등, 2004) 등의 연구결과가 발표되고 있다. 특히 2000년도에는 해안림에 관한 연구의 진보발전을 도모하고, 해안림을 둘러싼 환경의 보전, 생활환경의 개선 등에 기여하는 것을 목적으로 日本海岸林學會가 창설되어 활발히 활동하고 있으며, 우리나라의 일부 관련 연구자들이 이에 적극적으로 참여, 연구활동을 계속하고 있다(朴完根 등, 2001; 2002; Yi 등, 2001; Yi와 Song, 2002; 全權雨 등, 2001a; 2001b; 2003; 2004; 全權雨와 江崎, 2002a; 2002b; 車斗松 등, 2001; 2002a; 2002b;

2003; 2004a; 2004b; Han 등, 2003; 朴鍾旻 등, 2004; 崔寅洙 등, 2004).

그러나 쓰나미에 대한 해안림의 방재효과는 부분적으로 연구가 진행되었을 뿐(羽島, 1988; 日本治山治水協會, 1992; 小池, 1997; 岡田, 2004) 체계적인 연구는 진행되고 있지 못한 실정이다. 따라서 이 연구는 일본 홋카이도 부근에서 쓰나미가 발생할 경우, 우리나라 동해안 지역이 입을 피해특성과 해안림 조성이 쓰나미 피해경감에 미치는 영향을 파악하기 위한 기초연구의 일환으로 일본의 관련 자료를 수집하여 분석한 것이다.

연구방법

일본의 鹿兒島縣과 山形縣의 현청을 방문하여 쓰나미에 대한 방재대책과 해안림에 관한 내용이 담겨있는 日本の地震地圖(岡田, 2004), 日本の防災行政(災害對策制度研究會, 2003), 平成16年度鹿兒島縣防災計劃書(鹿兒島縣, 2004), 津波災害史(羽島, 1988), 治山技術基準解説-防災林造成編-(日本治山治水協會, 1992), 日本の海岸林(村井 등, 1992) 및 海岸林の現況と課題(中島, 2000) 등을 수집하였다. 鹿兒島大學 工學部 海洋土木工學科 淺野敏之教授와 愛媛大學 農學部 生物資源學科 江崎次夫教授의 관련분야에 대한 설명과 연구논문 등을 제공받았다. 또한 이들 각종 자료에 수록되어 있는 쓰나미와 해안림에 관한 내용을 사안별로 정리한 후, 임학적인 입장에서 해안림의 쓰나미에 대한 방재기능에 대하여 고찰하여 보았다.

결과 및 고찰

1. 쓰나미의 발생기원과 동해안 쓰나미의 특성

1) 쓰나미의 발생기원

해저에서 발생하는 대규모의 지진에 의한 해저의 지각 변동, 해저화산의 폭발, 해안의 산체붕괴, 빙하로부터 분리된 빙산의 돌입, 핵폭발 등에 의해 발생한 파도가 장파가 되어 사망으로 전파하여 해안에서 높은 파도가 형성되는 현상을 쓰나미라고 한다. 우리나라에 영향을 미치는 쓰나미는 Figure 1과 같이 주로 지진에 의해 해저가 연직변

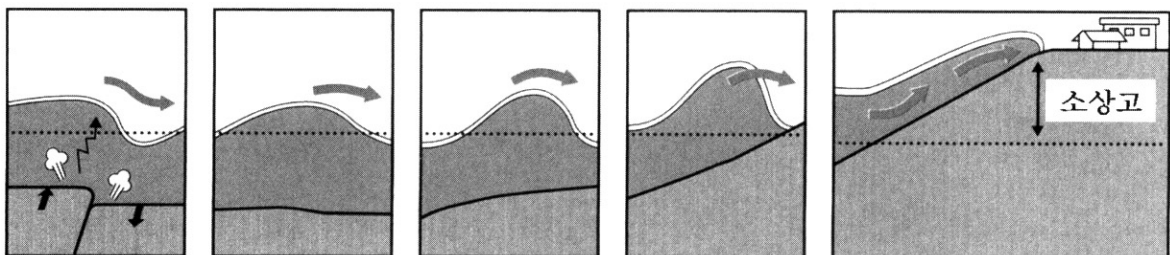


Figure 1. The mechanism of tsunami generation.

Table 1. The scale of tsunami.

Scale (m)	Wave height(H)	Degree of damage
[-1]	50 cm or lower	none
[0]	about 1 m	negligible
[1]	about 2 m	damage of coastal area and vessel
[2]	4~6 m	minor damage of inland or loss of lives
[3]	10~20 m	devastating damage on more than 400km of shoreline
[4]	30 m or higher	devastating damage on more than 500km of shoreline

위(융기 또는 침강)를 일으킬 경우 해수면이 해저의 변위와 같은 형태의 변위를 일으킬 때 발생하며, 이 해수면의 변위가 해안선에 도달하게 되면 해안지형의 영향을 받아 소상(遡上)하게 된다. 이 때 해수면의 변위를 일으킨 범위를 파원역(波源域)이라고 한다.

쓰나미의 크기는 지진의 규모에 영향을 받으며, 쓰나미의 마그니튜우드(규모계급, m)로 표시된다. 쓰나미의 마그니튜우드와 연안에서의 쓰나미의 최대 높이, 피해 정도의 관계는 Table 1과 같다. 즉 쓰나미의 규모계급은 주로 [-1]~[4]에 분포하며, 쓰나미의 [4]인 경우 쓰나미의 높이는 30 m에 이르러 500 km 이상의 해안에 현저한 피해가 발생하게 된다. 쓰나미의 규모 m과 지진의 리히터 규모 M과는 다음과 같은 관계가 있다(今村, 2004).

$$m = 2.61M - 18.44 \quad (1)$$

통상 쓰나미는 지진의 리히터 규모 6 이상일 경우 발생하며, 지진이 커지면 쓰나미도 커지고, 리히터 규모 7 이상이 되면 피해가 나는 쓰나미(m=1)가 발생한다(羽島, 1988).

한편, 파원역서 발생한 쓰나미는 해양의 수심에 따라 전파되며, 전파속도는 다음과 같이 계산된다(今村, 2004).

$$c = \sqrt{gh} \quad (2)$$

여기서, c: 전파속도(m/s), h: 수심(m), g: 중력가속도(9.8 m/s²)이다.

예를 들면, 수심이 4,000 m이면 전파속도는 시속 708 km이고, 수심 200 m인 대륙붕에서는 시속 158 km이다. 해저 지진에 의한 해저단층의 크기는 큰 지진인 경우에도 수 m 정도이기 때문에 이것이 수면변동이 되어 사방으로 퍼져가는 발생역·전파역에서의 쓰나미의 높이는 그다지 높지 않다. 그러나 쓰나미가 큰 재해를 일으키는 것은 연안부의 경우와 같이 수심이 감소하거나 혹은 리아스식 항만과 같이 항만 안쪽으로 갈수록 폭이 좁아지는 경우에는 에너지가 집중하기 때문이다.

2) 동해지역의 쓰나미의 특성

지금까지 일본 연안에서 발생한 쓰나미에 의한 최대피해는 지금으로부터 약 500년 전인 1498년 9월 20일 도카

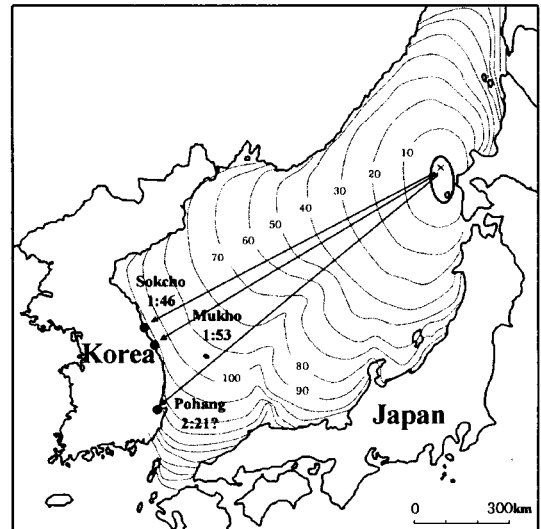


Figure 2. The propagation picture of tsunami arisen by Nanseioki earthquake in Hokkaido in 1993.

오키에서 발생한 리히터 규모 8.34에 의해 41,000여명이 사망한 것이다(今村, 2004). 또한 1933년 3월 3일에 발생한 리히터 규모 8.5의 산리쿠오키 지진에 의해서도 3,064명이 사망하였으며, 이후 거의 10년 주기로 큰 규모의 쓰나미 피해가 발생하고 있다. 최근에는 1983년 5월 26일 아키다현에서 발생한 리히터 규모 7.7의 쓰나미에 의해 104명, 1993년 7월 12일에 발생한 리히터 규모 7.8의 홋카이도 남서 쓰나미에 의해 230명이 각각 사망하였으나, 2003년 9월 26일 리히터 규모 8.0의 토카치오키 쓰나미에 의해서는 단 2명이 사망하였다(Figure 2 및 Table 2). 우리나라의 경우 1983년 5월 26일 아키다현에서 발생한 쓰나미에 의해 강원도 삼척시 임원항에서 사망 2명과 선박파손 등의 재산피해를 입었고, 1993년 7월 12일에 발생한 홋카이도 남서 쓰나미에 의해 침수피해가 각각 발생하였으나, 구체적인 피해사례는 파악되지 못한 실정이다. 따라서 해안가에 인구 및 건물 등 각종 자산이 집중되어 있는 현실에 비추어 볼 때 체계적 대응방안 마련이 시급하다고 판단된다.

2. 쓰나미 피해저감을 위한 해안림의 규모

- 1) 쓰나미 피해에 대한 경감 및 방지기능
- 일반적으로 쓰나미가 해안림을 통과할 때 수목이 쓰나

Table 2. The list of large tsunami occurring in Japan after the 1800's.

No.	Date	Earthquake epicenter	Scale (M)	Wave height (m)	Death toll
1	December 23, 1854	Tokaioki	8.4	[3]	2,500
2	December 23, 1854	Nankaidooki	8.4	[4]	3,000
3	June 15, 1896	Sanrikuoki	8.5	[4]	27,122
4	March 3, 1933	Sanrikuoki	8.1	[3]	3,064
5	December 7, 1944	Kumanonada	7.9	[3]	1,223
6	December 21, 1946	Sionomisakioki	8.0	[3]	1,330
7	March 4, 1952	Tokachioki	8.2	[4]	33
8	May 24, 1960	Chile	8.5	[4]	142
9	May 16, 1968	Tokachioki	7.9	[2]	52
10	May 26, 1983	Akitakenoki	7.7	[2~3]	104
11	July 12, 1993	Hokkaido Nanseioki	7.8	[3]	230
12	September 26, 2003	Tokachioki	8.0	[2]	2

미에 작용하는 주요 기능은 표류물의 이동저지기능, 유속의 저감과 파괴력감소기능, 표류자의 구제기능 및 사구의 이동저지기능 등을 들 수 있다(日本治山治水協會, 1992). 즉

① 선박, 굴·김 등의 양식장 설비, 목재 등의 표류물의 이동을 저지하여 이동에 의한 2차 피해를 경감, 방지한다. 즉 수목의 직경, 침수심, 표류물의 종류에 따라 다르지만, 2~3열 혹은 단목에 의해서도 그 효과가 발휘된다.

② 수목의 형상에 의한 저항이나 수간의 마찰계수에 의해 쓰나미의 유속이나 에너지를 저감시켜 파괴력을 약화시킨다. 또한 쓰나미가 해안림을 통과하여 농경지나 택지에 유입할 때에는 유로단면이 급증하기 때문에 침수심이 낮아져 파괴력이 약화한다.

③ 쓰나미는 갑자기 내습할 뿐 아니라 속도가 빠르기 때문에 사람이 미처 대피하지 못하고 파도에 휩쓸려 익사하는 경우가 많다. 따라서 대피하는 도중에 붙잡거나, 매달릴 수 있는 작은 수목은 주민을 표류로부터 구할 수 있다.

④ 쓰나미는 해안에 도달하면 소행현상(溯行現象)에 의해 다양한 형태로 해안사면을 소상하여 피해를 가중시킨다. 따라서 해안림은 사구의 파괴·이동을 방지하여 사구의 이동에 따른 쓰나미의 간접적 피해를 방지하게 된다.

2) 쓰나미 피해저감을 위한 해안림의 규모

(1) 해안림의 폭

쓰나미에 대한 수목의 저항은 파형(波形)에 따라 크게 다르며, 수목의 배열, 지형 등과 같은 요인이 복잡하게 관계되기 때문에 이론적으로 해석하는 데에는 어려운 점이 많다. 그러나 일반적으로 쓰나미가 일정한 폭의 해안림을 통과할 때 수간의 형상저항을 받아 저감하는 속도와 해안림의 폭과는 다음과 같은 관계가 있다(日本治山治水協會, 1992). 즉,

$$L = \frac{2 \cdot 10^4}{C_x \cdot N \cdot D} \cdot \log_e \left(\frac{V_0}{V} \right) \quad (3)$$

여기서, L : 해안림의 폭

V_0 : 해안림에 도달할 때의 쓰나미 속도(m/s)

V : 해안림을 통과한 후의 쓰나미 속도(m/s)

C_x : 수간의 저항계수(통상 1.0임)

D : 평균흉고직경(m)

N : 임목의 본수(본/ha)

또한 임목의 저항에 의해 흡수되는 쓰나미의 에너지 W 는 다음 식에 의해 구할 수 있다(日本治山治水協會, 1992).

$$W = F \cdot V_{mean} \quad (4)$$

여기서, W : 쓰나미의 에너지(kg · m/s)

F : 임목에 미치는 쓰나미의 힘

$$= \Sigma \Delta F = \Sigma \frac{1}{2g} C_x \cdot \rho \cdot V_{mean}^2 \cdot \Delta N \cdot D \cdot H$$

ΔF : 해안림 전면부로부터 일정 거리에 위치하는 임목에 미치는 힘(kg)

g : 중력의 가속도(9.8 m/s²)

ρ : 해수의 밀도(1,030 kg/m³)

V_{mean} : 일정 구간내의 평균쓰나미 속도(m/s)

ΔN : 일정 구간내의 임목 본수

H : 파고(m)

$\Delta N \cdot D \cdot H$: 소구간내의 쓰나미에 대항하는 수관투영면적의 합계(m²)

상기 식에 의한 계산사례에 의하면, Figure 3에서 알 수 있듯이 쓰나미의 진입속도는 진입거리에 지수함수적으로 저감한다. 즉 폭 30m의 해안림이 조성되면 쓰나미의 속도는 60% 이하로, 그리고 에너지는 20% 이하로 저감하게 된다. 따라서 쓰나미의 유속을 저감시켜 파괴력을 상당히 저감시키기 위해서는 적어도 30m 정도의 폭이 필요하며, 우리나라의 동해안에 영향을 미칠 대규모의 쓰나미의 유속을 저감시키기 위해서는 60m 정도는 필요할 것으로 판단된다.

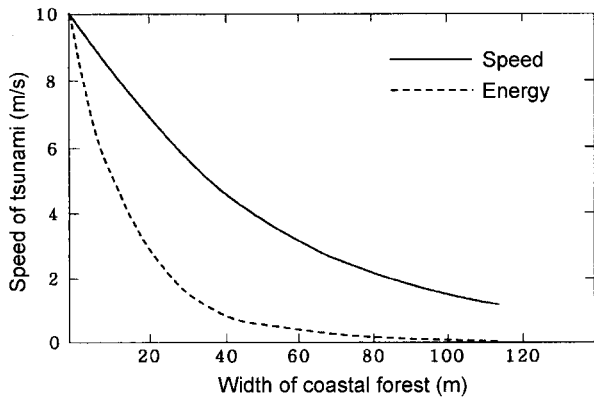


Figure 3. The speed and energy reduction of coastal forest invading tsunami (DBH is 20 cm, stand density is 2,000 trees/ha, velocity is 10 m/s and resistance factor is 1.0) (日本治山治水協會, 1992).

(2) 해안림의 구조와 배치

쓰나미의 유속을 저감시키기 위해서는 임목의 두께(흉고직경)를 증가시키고, 지하고 이하의 공간을 저목으로 밀생하도록 할 필요가 있다. 이를 위해서는 해안림의 전면에는 저목 수림대를, 그리고 후방을 교목 수림대로 구성하며, 교목 수림대에는 하층목을 도입하여 복층림으로 하는 것이 바람직하다. 해안림을 조성할 초기에 하층목을 처음부터 도입하는 경우는 드물지만, Figure 4, 5와 같이 곱솔을 주 임목으로 하는 곳의 하층에는 염해에 강한 사철나무, 우묵사스레피, 다정큼나무, 동백나무, 줄가시나무, 소귀나무, 후박나무 및 감탕나무 등의 활엽수가 밀생하는 천연복층림을 조성하면 상당히 효과적이다(中島, 1999).

그러나 곱솔 이단림 혹은 복층림을 조성하는 것은 현실적으로 어려운 점이 많다. 따라서 단층림일지라도 전선부분이 밀생상태이면 유속을 저감시키는 효과가 높기 때문에 해안림의 전선부에 가까운 20~30 m 사이에서는 가지치기와 간벌은 신중하게 생각하여야 할 것이다. 또한 해



Figure 4. The coastal forest planted in Shounai sand-dune.



Figure 5. The Machilus thunbergii growing under Pinus thunbergii.

안림이 파괴된 부분에는 쓰나미가 발생하면 해수가 침입하거나 표토가 세굴되어 도목의 원인이 되거나 각종 표류물이 유입하여 가옥이 파괴되기도 하기 때문에 후방의 해안림은 충분한 무육작업이 필요하다.

(3) 방조시설의 시공

해안림 단독으로도 쓰나미에 대한 방재효과가 있지만, 해안림만으로 쓰나미의 침입을 저지하는 데에는 한계가 있으며, 특히 평지가 좁은 해안 근처에 가옥이나 각종 시설, 농경지 등이 조성되어 있는 경우에는 해안림을 충분히 조성할 수 없다. 따라서 방조제와 같은 방조시설을 시공하게 되면 쓰나미의 강력한 파괴력에 저항할 수 있게 된다. 해안에 충분한 공간이 있는 경우에는 완충지대인 사빈을 충분한 폭으로 보존하고, 인공사구를 조성한 후, 그 후방에 해안림을 배치하며, 해안림의 전면에 호안공작물을 시설하도록 한다. 그리고 해안림 후방에 농경지를 배치하고, 취락은 가능한 한 고지대로 이전한 후, 그 전면을 방조제로 보호하는 것이 이상적이다.

그러나 실제적으로는 방조제, 방호호안을 해안 근처에 배치하여 그 후방의 해안림이나 취락을 보호하는 경우가 많으며, 해안림의 폭이 넓은 경우에는 해안림 내에 방조제를 배치하기도 한다. 또한 해안침식이 심하게 발생하거나 해안림이 파괴된 곳에서는 방조제, 호안시설 이외에 파도막이와 같이 해안침식을 방지하고 해안림을 보호하는 공사가 도입되고 있으며, 앞으로 이와 같은 노력은 더욱 필요하게 될 것이다.

3. 쓰나미에 대한 비구조물 대책

1993년 7월 12일 북해도 남서오키지진이 발생하였을 때 지진발생 후 5분만에 쓰나미경보가 발령되었지만, 진원지로부터 50 km밖에 떨어져 있지 않았던 오키시리도에서는 해저지형의 특성에 의해 지진발생 직후 쓰나미가 내습하여 큰 피해가 발생하였다. 그러나 1983년 5월 26일에 발생한 동해중부지진의 쓰나미 피해를 교훈삼아 지진발

생 직후에 산이나 고지대로 대피한 사람들은 피해를 입지 않았다. 따라서 쓰나미가 발생하였을 경우, 주민대피 등과 같은 비구조물 대책의 필요성이 강하게 대두되었으며, 일본에서는 대응법, 주의점 및 앞으로의 과제 등에 대하여 심도있는 연구가 시도되고 있다(村井 등, 1992; 鹿兒島縣, 2004).

1) 대응법

① 강한 지진이나 장기간의 진동이 감지되면 곧바로 해안으로부터 벗어나 신속하게 고지대 등의 안전한 장소로 피난한다.

② 쓰나미 경보가 발령되면, 지진을 감지하지 못하였다 해도 곧바로 해안으로부터 벗어나 신속하게 고지대 등의 안전한 장소로 대피한다. 또한 정확한 정보를 라디오나 TV 등을 통해 입수한다.

③ 쓰나미 주의보가 발령되면, 해안에 있는 사람들은 해안으로부터 벗어난다. 또한 해수욕이나 낚시는 위험하므로 중단하며, 쓰나미는 반복되므로 해제될 때까지 해안에 접근하지 말아야 한다.

2) 주의점

① 쓰나미의 속도는 해수면이 깊을수록 빠르며, 심해의 경우 체트기의 속도로 전파된다. 또한 해안에 도달하였을 때에도 초속 10 m 정도로 전파되기 때문에 쓰나미가 발견되었을 때에는 대피하기 어렵다.

② 쓰나미의 높이는 해안지형에 크게 좌우된다. 심해에서의 높이가 1 m 일지라도 근해에서의 쓰나미는 그 몇 배, 경우에 따라서는 10배 정도의 높이가 되어 큰 피해를 가져온다.

③ 일반적으로 쓰나미가 도달하기 직전에는 썰물이 발생하지만, 그렇지 않은 경우도 있다. 즉 지진의 발생형태나 진원 부근의 지형에 따라 썰물이 발생하지 않는 경우도 있다.

④ 쓰나미는 2, 3회 반복하여 내습한다. 따라서 과도가 안정될 때까지 주의하여야 하며, 쓰나미 경보나 주의보가 해제될 때까지 해안에 접근하지 않도록 한다.

3) 앞으로의 과제

① 대규모의 쓰나미(3 m 이상)가 10분 이내에 내습하는 지역에서의 표준적인 주민피난방법이 결정되어 있지 않기 때문에 이에 대한 대책이 마련되어야 한다.

② 항만도시에서의 복수 피해시나리오가 제시·확립되어 있지 않으며, 항만에 있어서의 계류선박대책이 확립되어 있지 않고 있다.

③ 쓰나미 발생에 대비한 지하공간 침수대책이 세워지지 않고 있다.

④ 쓰나미의 계속시간과 주의보에 대한 중요성이 이해되지 못하고 있다.

결론

해안림의 무분별한 파괴와 각종 리조트 시설의 조성은 쓰나미 위험지구의 확대를 가져올 뿐만 아니라 직접적인 피해를 가중시킨다. 따라서 일본에서는 해안림의 다면적 기능을 파악하고, 이를 방재림으로 활용하기 위한 연구가 폭 넓게 진행되고 있으며, 2000년에는 일본해안림학회가 창립되어 각종 연안지역의 재해를 경감시키는 연구가 진행되고 있다. 지난해 10월 8, 9일 일본 규슈 가라쓰시에서 개최된 2004년도 일본해안림학회 정기총회에서는 「2005년도 학술대회 및 정기총회」를 금년 10월 7, 8일에 우리나라에서 개최하기로 결의하였으며, 우리나라에서도 금년 중에 한국해안림연구회를 발족하기로 하였다.

따라서 이상과 같은 일련의 모임이 우리나라의 해안지대를 보전하고, 방재림으로서의 해안림의 가치를 재인식하는 중요한 계기가 될 것이며, 우리나라 해안림의 제도 및 시업방침, 환경보전기능의 증진과 평가법, 바람직한 조성법과 관리법 등에 대한 구체적인 방안을 마련할 수 있게 될 것이다. 또한 이를 위해서는 지역주민과 함께 학·연·관의 관계자들의 적극적인 관심과 참여가 있어야 하며, 이러한 관심과 참여는 재해를 미리 예방한다는 차원과 국민의 안정과 복리를 증진한다는 공감대를 전제로 출발하여야 할 것이다.

인용문헌

1. 박완근. 2000. 강원 동해안의 해안림 임분구조. 2000년도 동해안지역연구소 국제학술심포지움 논문집 : 59-72.
2. 박용진, 김응남. 2000. Landsat TM Data를 이용한 해안환경립 조사. 2000년도 동해안지역연구소 국제학술심포지움 논문집 : 46-54.
3. 심상화. 2000. 동해안지역 해안송림의 친환경적 이용방안. 2000년도 동해안지역연구소 국제학술심포지움 논문집 : 73-96.
4. 이경재. 2000. 해안림의 다면적 기능과 시대적 가치변화. 2000년도 동해안지역연구소 국제학술심포지움 논문집 : 1-12.
5. 이규송, 김선희. 2000. 생태학적 관점에서 바라본 동해안 해안 식생. 2000년도 동해안지역연구소 국제학술심포지움 논문집 : 13-45.
6. 이우철, 전상근, 김준민. 1982. 한국해안식물의 생태학적 연구 -동해안의 사구식물군락의 종조성과 현존량에 관하여-. 강원대학교 논문집 16 : 113-124.
7. 이우철, 전상근. 1983. 한국해안식물의 생태학적 연구 -남해안의 사구식물군락의 종조성과 현존량-. 한국생태학회지 6(3) : 177-186.

8. 이우철, 전상근. 1984. 한국해안식물의 생태학적 연구 -서해안의 사구식생에 관하여-. 한국생태학회지 7(2): 74-84.
9. 全權雨, 李在善, 車斗松, 朴完根, 中島勇喜, 江崎次夫. 2002. 日本의 海岸砂防에 관한 연구(I) -山形縣 庄内海岸林을 중심으로-. 森林科學研究 18: 31-44.
10. 全權雨, 李在善, 朴完根, 幸喜善福, 中島勇喜, 江崎次夫. 2004. 日本의 海岸砂防에 관한 연구(II) -沖繩縣의 海岸保安林을 중심으로-. 森林科學研究 20: 69-81.
11. 정용규, 김원. 2000. 한반도 해안임연군락의 분포특성. 한국생태학회지 23(3): 193-199.
12. 정용규, 김종원. 1998. 경북의 해안사구식생. 한국생태학회지 21(3): 257-262.
13. 曹熙科. 1988. 桶里 海水浴場 綠地帶 造成에 관한 연구 (II) -곰솔 海岸防災林의 樹冠量 및 土壤分析, 植栽基盤 評價 및 綠地帶計劃-. 韓國林學會誌 77(3): 303-314.
14. 崔文吉. 1986. 樹種間의 耐鹽力 特性에 관한 연구(I) -東海岸林의 樹種分布와 鹽分濃度와의 關係. 韓國林學會誌 73: 1-8.
15. 江崎次夫, 河野修一, 藤久正文, 岩本徹, 中島勇喜, 井上章二, 朴完根, 車斗松, 金南永, 金永雪, 金錫宇, 全權雨. 2004. 海岸砂丘地の綠化(III) -韓國新斗砂丘地のチガヤの生育-. 日本海岸林學會平成16年度研究發表會要旨集 : 28-29.
16. 岡田義光. 2004. 日本の地震地圖. 東京書籍株式會社. 東京. pp. 191.
17. 近田文弘. 2000. 海岸林が消える. 大日本圖書. 東京. pp. 189.
18. 今村遼平. 2004. 地震タテ横ななめ. 電氣書院. 東京. pp. 286.
19. 金內英司, 中島勇喜. 1986. 庄内海岸砂丘地における海岸砂防と海岸林. 水利科學 168: 62-63.
20. 金內英司, 中島勇喜, 橫倉肇, 布施和則. 2001. 過密海岸クロマツ林の間伐試驗 -山形縣遊佐町の事例-. 東北森林科學誌 6(1): 7-16.
21. 東三郎. 1975. 環境林をつくる. 北方林業會. 札幌. pp. 205.
22. 鹿兒島縣. 2004. 平成16年度鹿兒島縣水防計劃書. pp. 256.
23. 牧村光晃, 梶山健治, 前田二三男. 1990. 海岸防風保安林の現況と今後の取り組みについて. 旭川營林支局業務研究發表集錄 37: 53-56.
24. 美浜町. 1985. 大松原の歴史. 美浜町誌 5(6): 779-786.
25. 朴完根, 李明鐘, 全權雨, 江崎次夫. 2001. 韓國, 東海岸におけるクロマツ林の林分構造と植生. 日本海岸林學會第2回研究發表會要旨集 : 21-22.
26. 朴完根, 李明鐘, 全權雨, 江崎次夫. 2002. 韓國, 東海岸クロマツ林の植生構造. 日本海岸林學會誌 1(2): 13-18.
27. 朴鍾旻, 車斗松, 全權雨, 吳宰憲, 崔炳九, 李峻雨, 崔潤鎬, 江崎次夫. 2004. 韓國, 西海岸의 泰安海岸國立公園内の海岸砂丘に關する研究(III) -三峰, 機池浦および白沙場海水浴場における海岸クロマツ林の成長特性-. 日本海岸林學會平成16年度研究發表會要旨集 : 8-9.
28. 小池一之. 1997. 海岸とつきあう. 岩波書店. 東京. pp. 131.
29. 新潟縣治山課. 1991. 海岸保安林高度利用計劃樹立調査(上越, 大潟, 柿崎地區)報告書. pp. 134.
30. 野堀嘉裕, 林田光祐, 中島勇喜. 2000. 日本海沿岸北部における海岸林の特徵と現況. 東北森林科學會誌 5(2): 71-78.
31. 羽島徳太郎. 1988. 津波災害史 -沿岸災害の豫知と防災-. 白亞書房. 東京. 10-40.
32. 猿山枉雄. 1991. 海岸砂地での植物の生育と水. 林業技術 593: 11-13.
33. 日本治山治水協會. 1992. 治山技術基準解説 -防災林造成編-. 新和印刷株式會社. 東京. pp. 299.
34. 林業技術編集部. 1991. 神奈川縣湘南海岸の砂防林. 林業技術 593: 17-20.
35. 災害對策制度研究會. 2003. 圖解 日本の防災行政. 株式會社 きょうせい. 東京. pp. 235.
36. 荻野和彦. 1991. マングローブ, その分布と生態. 林業技術 596: 13-16.
37. 全權雨, 車斗松, 朴完根, 金玖植, 李在善, 江崎次夫. 2001a. 韓國, 江原道東海岸地域における海岸林に關する研究(I) -孟芳海岸林の林分構造と土の物理的な性質-. 日本海岸林學會誌 1(1): 5-10.
38. 全權雨, 車斗松, 朴完根, 金玖植, 李在善, 江崎次夫. 2001b. 韓國, 孟芳海岸林の林分構造と土の物理的な性質. 日本海岸林學會第2回研究發表會要旨集 : 17-18.
39. 全權雨, 江崎次夫. 2002a. 韓國の海岸砂防. 海岸林學會平成14年度研究發表會要旨集 : 7-8.
40. 全權雨, 江崎次夫. 2002b. 韓國の海岸砂防に關する研究 (I) -主な経緯および工種を中心に-. 海岸林學會誌 2(1): 1-4.
41. 全權雨, 朴完根, 徐正一, 金仁洙, 芮縉榮, 金錫宇, 李天龍, 江崎次夫. 2003. 韓國, 西海岸の大青島における海岸林と海岸砂防. 日本海岸林學會平成15年度研究發表會要旨集 : 19-20.
42. 全權雨, 朴完根, 李鎔奎, 金南永, 金永雪, 金錫宇, 金旻南, 江崎次夫. 2004. 韓國, 泰安海岸新斗砂丘の地形分類と植生の特性. 日本海岸林學會平成16年度研究發表會要旨集 : 2-3.
43. 中島勇喜, 中村路, 柳原敦, 鈴木政昭. 1997. 庄内砂丘地におけるクロマツ林前線部の樹形について -I. 地形, 風速, 土壤條件, 根系分布との關係-. 日本砂丘學會第44回全國大會講演要旨集 : 14-15.
44. 中島勇喜, 柳原敦, 上田岳史. 1998. クロマツ海岸防災林の樹形について(I) -庄内海岸における前線部の事例-. 日本砂丘學會第45回全國大會講演要旨集 : 6-7.
45. 中島勇喜. 1999. 日本海沿岸北部海岸林の潜在植生導入による保全技術. 平成8-10年度文部省科學研究補助金 基盤研究(B)(2) 研究成果報告書. pp. 218.
46. 中島勇喜. 2000. 海岸林の現況と課題. 日本砂丘學會誌 47(2): 128-135.
47. 中村路, 中島勇喜, 柳原敦, 藤原滉一郎. 1996. 庄内空港緩衝綠地におけるクロマツの根系と土壤環境. 日本砂丘學會第43回全國大會講演要旨集 : 26-27.
48. 車斗松, 全權雨, 吳在憲, 江崎次夫. 2001. 韓國, 孟芳海岸林におけるクロマツ林の根系分布. 日本海岸林學會第2回研究發表會要旨集 : 19-20.
49. 車斗松, 崔炳九, 全權雨, 池炳潤, 江崎次夫. 2002a. 韓國,

- 東海岸地域のアカマツ林の根系強度の變化(I) -山火事發生から2年目を中心に-. 海岸林學會平成14年度研究發表會要旨集 : 11-12.
50. 車斗松, 全權雨, 江崎次夫. 2002b. 韓國, 江原道東海岸地域における海岸林に関する研究(II) -孟芳海岸林におけるクロマツ林の根系特性-. 海岸林學會誌 2(1) : 13-18.
51. 車斗松, 崔炳九, 全權雨, 李相龍, 李俊雨, 江崎次夫. 2003. 韓國, 東海岸地域のアカマツ林の根系強度の變化(II) -山火事發生から3年目を中心に-. 日本海岸林學會平成15年度研究發表會要旨集 : 21-22.
52. 車斗松, 池炳閔, 崔炳九, 崔麟和, 全權雨, 江崎次夫. 2004a. 韓國, 東海岸地域のアカマツ林の根系強度の變化(III) -山火事の被害木を中心に-. 海岸林學會誌 3(2) : 7-12.
53. 車斗松, 全權雨, 吳宰憲, 崔炳九, 李峻雨, 崔潤鎬, 朴鍾旻, 江崎次夫. 2004b. 韓國, 西海岸の泰安海岸國立公園内の海岸砂丘に関する研究(I) -三峰, 機池浦および白沙場海水浴場における海岸砂丘の地形の特性-. 日本海岸林學會平成16年度研究發表會要旨集 : 4-5.
54. 村井宏, 石川政幸, 遠藤治郎, 只木良也. 1992. 日本の海岸林 -多面的な環境機能とその活用-. 株式會社ソフトサイエンス社. 東京. pp. 513.
55. 崔寅洙, 車斗松, 吳宰憲, 全權雨, 崔炳九, 李峻雨, 崔潤鎬, 朴鍾旻, 江崎次夫. 2004. 韓國, 西海岸の泰安海岸國立公園内の海岸砂丘に関する研究(II) -捕捉器による飛砂移動の特性把握-. 日本海岸林學會平成16年度研究發表會要旨集 : 6-7.
56. 河野修一, 藤久正文, 岩本徹, 江崎次夫, 中島勇喜, 車斗松, 全權雨. 2004. 海岸砂丘地の綠化(I) -チガヤの植栽密度と現存量-. 日本海岸林學會平成16年度研究發表會要旨集 : 24- 25.
57. 幸喜善福. 1980. 沖繩縣における防風・防潮林に関する研究(1). 日本林學會九州支部研究論文集 33 : 293-294.
58. Han, Sang-Sup, Jaw-Seon Yi, Yong-Kyu Lee and Cul-Woo Kim. 2003. Biomass Comparison of Four *Pinus densiflora* Stands in Kangwon-do, Korea. 日本海岸林學會平成15年度研究發表會要旨集 : 25-26.
59. Yi, Jae-Seon, Wan-Geun Park and Jeong-Ho Song. 2001. Genetic variation of *Pinus densiflora* and *P. thunbergii* using molecular markers(I) -RAPD variation of *P. densiflora* in Kangwon province of Korea-. 日本海岸林學會第2回研究發表會要旨集 : 23-24.
60. Yi, Jae-Seon and Jeong-Ho Song. 2002. Natural variation of needle and cone of *Pinus densiflora* S. et Z. in Kangwon province. 日本海岸林學會平成14年度研究發表會要旨集 : 9-10.

(2005년 3월 25일 접수; 2005년 4월 7일 채택)