

津波に対する防潮林の評価—首藤の収集資料から

羽鳥 徳太郎*

1. はじめに

防潮林は津波に対して水勢を弱め、あるいは人命を守り、後背地の集落、農地の破壊流失を予防する効果は知られている。その効用は、主として農林関係機関で調査され（例えば石川, 1988）、林帯幅が増すにつれ、波のエネルギー、流速が指数関数的に減少するという。防潮機能は森林の密度、下生えの状態などの林相で多様であり、数値実験から流速、水流圧力の低下率が定量的に議論された（原田・今村, 2003）。

一方、首藤（1985）は 1933 年三陸津波、1960 年チリ津波、1983 年日本海中部地震津波などを対象に、43 個所の防潮林の調査記録を収集し（約 8 割が三陸沿岸の事例）、浸水高に対する効果と限界を解析した。そして津波高 4m 以下が効果的であると示した（首藤, 1992）。本稿では首藤の資料をもとに、防潮林の密度と水流圧力の面から検討を加えてみる。

2. 三陸沿岸における津波例

図-1 には、岩手県沿岸における 1896 年三陸津波の山奈の調査記録（卯花・太田, 1988）から、防潮林の被害状況を拾い出し、津波高（海面上）と被害分布の関係を示す。宮古湾・大船渡湾内など、津波高 7m 以下の地点で家屋被害を軽減させた効果があり、それ以上に達したところが破壊または枯れたとある。

図-2 には、1933 年三陸津波と 1960 年チリ津波における防潮林の機能状況の分布を示す。ここで、機能の程度を 3 段階（無被害、

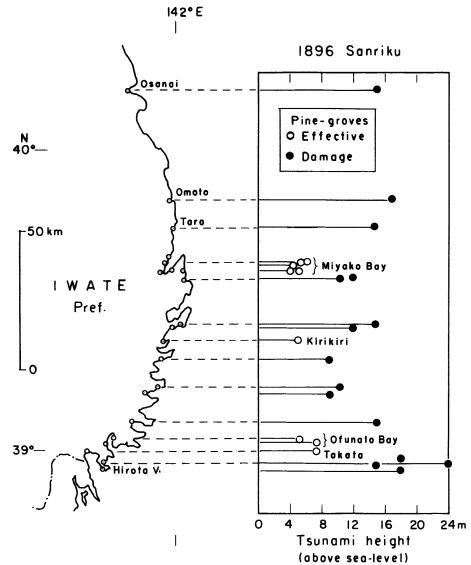


図-1 1896 年三陸津波の高さと防潮林の被害分布

流勢緩和および倒木洗掘被害) に区分してある。三陸津波では、4m 以上の浸水高（地面上）に対して、倒木洗掘を生じ、3m 以下では無被害か流勢緩和の効果が見られる。一方、チリ津波は 40-50 分の長周期波であったので、波高の減衰が小さく、浸水高 3m 以上の三陸南部沿岸で被害が出ている。ちなみに、両津波による家屋の破壊率は、いずれも津波高（平均海面上）4m 以上の岩手県南部沿岸で 30% 以上に達した（羽鳥, 1984）。

3. 被害の頻度

防林潮の形態は、胸高径 13cm の黒松あるいは赤松が 1.6m 間隔で生え、幅 23m というのが平均的な姿であるという（首藤, 1985）。同資料から浸水高（地面上）を 3 段階に分け、

*元東京大学地震研究所

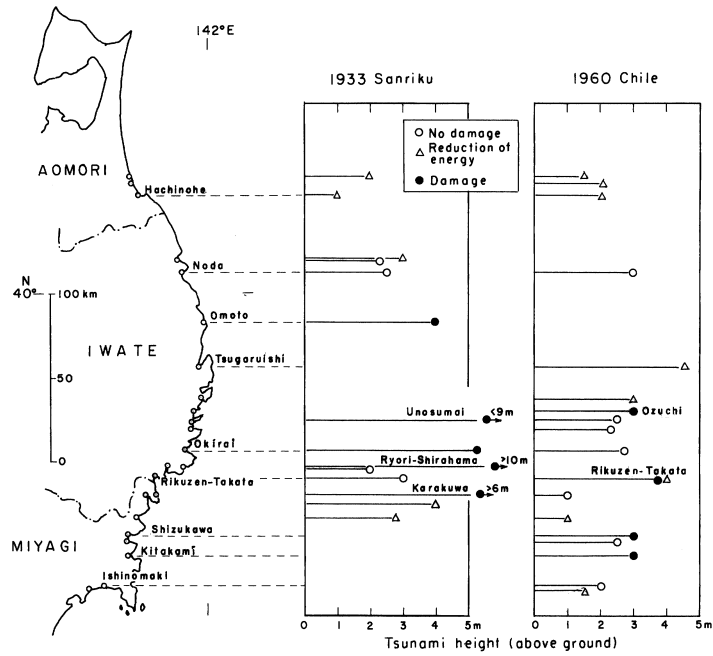


図-2 1933年三陸津波・1960年チリ津波の浸水高と防潮林の機能分布

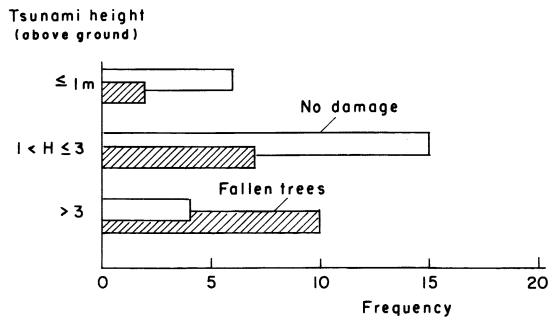


図-3 浸水高と防潮林の被害頻度

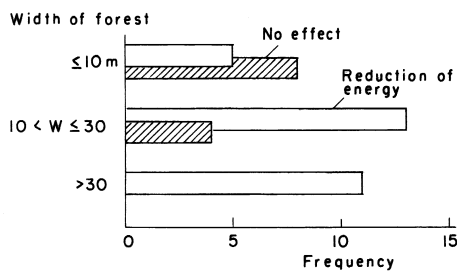


図-4 防潮林の幅と効果の頻度

防潮林被害の頻度をみると図-3のようになる。浸水高1m以下では8件のうち25%が倒木破損し、 $1\text{m} < H < 3\text{m}$ で22件の32%になり、3mを超すと14件のうち被害率は71%に達した。

流勢緩和や漂流物の阻止機能は林帯幅が広く、樹幹が太い林ほど効果が期待され、最小限70m幅が必要とされている(石川, 1988)。図-4には林帯幅を3段階に分けた効果の頻度を示す。資料は胸高径10-20cmものが多く、林帯幅は100m以内である。幅10m以下では、倒木破損などの被害率は13件のうち62%にのぼった。ただし、浸水高が3m以上に達した場合である。幅が $10\text{m} < W < 30\text{m}$ の範囲では、24%に減少する。そして30m以上の幅になると、流勢緩和や漂流物阻止に効果的になる。

4. 水流圧力に対する効果

まず防潮林の密度の効果を見ると、1ヘクタールあたりの樹木の本数と浸水高(地面上)との関係は図-5のようになる。浸水高が3m以上に達すると、倒木・洗掘などの被害は顕著に増加する。しかし、樹木が3000-5000本/haの密度になると、流勢緩和に効果的な地点が多い。

一方、流速の要素も大きく関与し、家屋の破壊率では水流圧力(浸水高と流速の2乗値との積)とかなりよく相関した(例えば相田・羽鳥, 1982; 羽鳥, 1984)。流速は地形や市街地の状態に左右され、津波高4m程度のとき2m/sec前後の流速が目撃されてきた。数値実験によれば、波高が高くなると流速は指数関数的に大きくなる(図-6)。例えば、岩手県田老において1896年三陸津波の高さは14.5mに達し流速26m/sec、1933年三陸津波では高さ10mで13m/secと計算された(相田・他, 1988)。これを裏付けるように、田老で津波に先立つ風速により家屋が倒壊した記録がある。そのほか1993年北海道南西沖津波について、数個所の流速計算例がある(松富・首藤, 1994)。

さて、防潮林の資料を整理すると、水流圧力と厚みとの関係は図-7のようになる。厚みとは、防潮林が流水に対する抵抗を考えた首藤(1985)の定義によれば、汀線沿い1mあたりの立ち木本数と樹経の積($\text{cm} \cdot \text{No}$)を表す。横軸には水流圧力をとる(汀線における津波高(平均海面上)と流速の2乗値の積)。流速は図-6から推定した。例えば、1983年日本海中部地震津波において、秋田県峰浜村海岸(波高14m)で流速16m/sec、能代(波高7m)では6.8m/secと見積もった。写真-1は、峰浜村の水沢川河口付近の防潮林の被害状況を示す。津波から2ヵ月後であったが、樹皮がはぎ取られ倒木が散乱し、激しい水流に洗い流されことを物語る。潮をかぶった林は、赤く枯れていた。津波は砂丘を乗り越え500-600m遡上し、波先が標高14.2mの地点に達した(松富, 1986)。

解析の結果、防潮林の状態は3区分される。A領域は無被害の範囲であり、水流圧力 $54\text{m}^3/\text{sec}^2$ (津波高(平均海面上)4.5m、流速3.5m/sec)以下で、防潮林の厚み($\text{cm} \cdot \text{No}$)は100以内である。厚みが100-1000のB領域では、例外もあるが流勢緩和の効果がある。しかし、水流圧力が $54\text{m}^3/\text{sec}^2$ 以上の

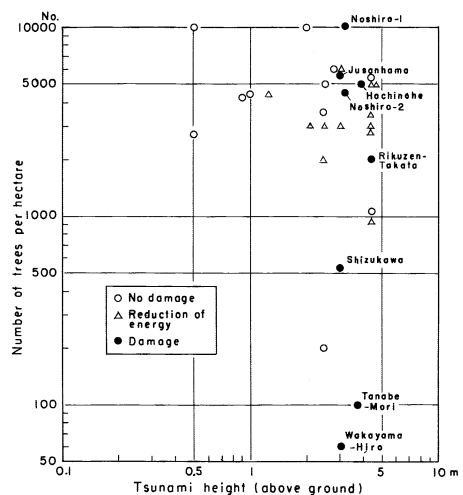


図-5 浸水高と防潮林の密度(本数/ha)の効果

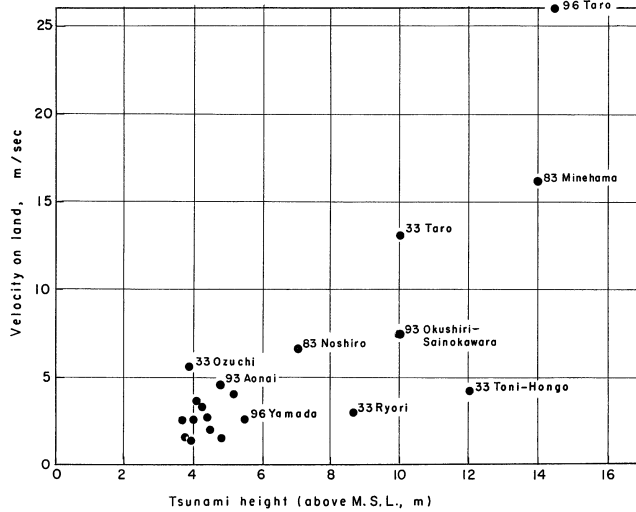


図-6 津波高と流速（計算値）との関係

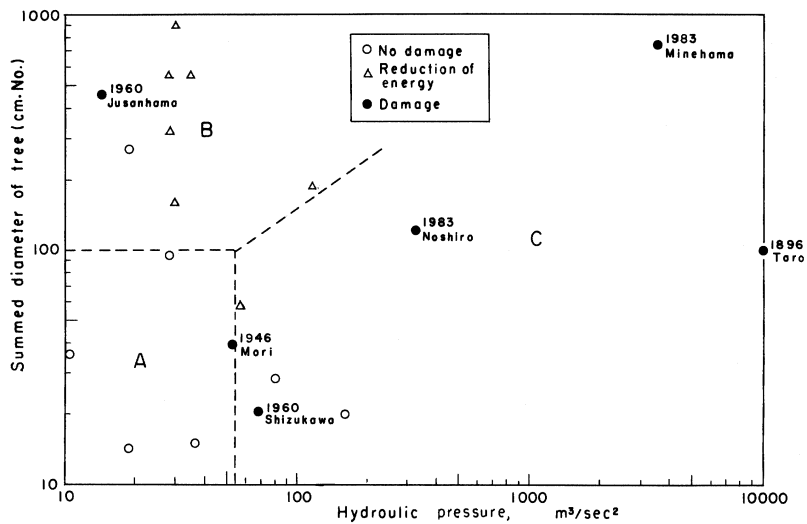


図-7 水流圧力に対する防潮林の機能区分、A：効果大、B：流勢緩和、C：効果小

C領域では、倒木・洗掘などの被害が多く出ている。

5. むすび

首藤の調査資料に新データを加え、津波に対する防潮林の機能を森林密度と水流圧力の

面から検討した。多くの場合、流水勢力の緩和、漂流物阻止の機能は林帯幅 30m 以上で、厚み 100-1000 (cm・No.) の範囲が効果的である。しかし、浸水高が地面上 3m を超えると、倒木・洗掘などの被害を受けることが多くなる。これは反面、後背地の集落・農地の破壊流失を軽減させたことを裏付ける。



写真－1 日本海中部地震津波による秋田県峰浜村の防潮林の流失・倒木 (1983年7月)

防潮林の機能は、防潮のみならず飛砂・強風から砂丘の侵食を防ぎ、塩害・防霧など効果が多岐にわたっている。加えて、自然環境の保全からも一層整備育成に務めるべきであろう。

参考文献

相田 勇・羽鳥徳太郎, 1982: 尾鷲市に遡上した津波の数値実験, 地震研究所彙報, Vol. 57, pp. 337-350.

相田 勇・坪川博彰・川口正明, 1988: 防潮堤の設計高を超える津波の挙動に関する数値実験—静岡県松崎および岩手県田老の場合, 地震2, Vol. 41, pp. 343-350.

原田賢治・今村文彦, 2003: 防潮林による津波減衰効果の検討, 津波工学研究報告, No. 20, pp. 101-110.

羽鳥徳太郎, 1984: 津波による家屋の破壊率, 地震研究所彙報, Vol. 59, pp. 433-439.

石川政幸, 1988: 森林の防霧・防潮・飛砂防止機能, (財)日本治山治水協会, 83p.

松富英夫, 1986: 日本海中部地震津波の調査—秋田県北部海岸, 津波防災実験所研究報告, No. 3, pp. 103-123.

松富英夫・首藤伸夫, 1994: 津波の浸水深と流速, 津波工学研究報告, No. 11, pp. 29-32.

首藤伸夫, 1985: 防潮林の津波に対する効果と限界—過去の事例による判定, 津波防災実験所研究報告, No. 2, pp. 1-38.

首藤伸夫, 1992: 津波強度と被害, 津波工学研究報告, No. 9, pp. 101-136.

卯花政孝・太田敬夫 (解説), 1988: 明治29年6月15日三陸沿岸大海嘯被害調査記録—山奈宗真, 津波防災実験所研究報告, No. 5, pp. 57-379.