

令和6年能登半島地震による津波の浸水が海岸植生に与えた影響 —塩害による立木衰退と土壌塩分濃度—

小倉 晃・江崎功二郎・勝見尚也*1・萩野裕章*2・岡 浩平*3・岡田 穰*4・

佐藤亜貴夫*5・山中啓介*6・吉崎真司*7

I. はじめに

2024年1月1日に発生した令和6年能登半島地震による津波は主に内浦（能登半島富山湾側）で大規模に発生し、珠洲市～能登町で大きな被害をもたらした。津波の浸水範囲（国土地理院 2024）には海岸林や公園、緑地帯が含まれ、その被害は浸水や樹木の倒伏、流亡があった（日本海岸林学会 2024）。2011年東北地方太平洋沖地震の津波では、海岸林を構成する樹木の倒伏・折損・流亡などの被害が発生し（林野庁 2011）、浸水した地域では時間の経過とともに一見健全な林でも樹木が衰弱し、塩害により枯損した被害も多くみられた（中村ら 2012）。そこで、令和6年能登半島地震の津波浸水域でも同様に塩害が起こる可能性が高いと予想されたことから、浸水域の立木衰退度調査を行った。

なお、津波浸水域の植物の生育には土壌塩分濃度が大きく関係することから、調査地の一部では土壌塩分濃度も調べた。



図-1. 調査地位置図

II. 方法

1. 調査地の概要

珠洲市鉢ヶ崎キャンプ場周辺のクロマツ林（以下、鉢ヶ崎）、珠洲市フレッシュライン見附公園（以下、見附公園）、能登町内浦総合運動公園（以下、運動公園）の3か所を調査地とした（図-1）。各調



図-2. 鉢ヶ崎キャンプ場の浸水域と調査ライン

査地の浸水域について、2024年2月20日の漂流物の痕跡から決定した。鉢ヶ崎は、漂流物の痕跡から国土地理院（2024）の範囲より内陸側に浸水していたが（図-2）、他2箇所に大きな違いはなかった（図-3；4）。

鉢ヶ崎は、津波の浸水があった地域の中でまとまったクロマツの海岸林がある唯一の場所である。津波による物理的な被害は観察できなかったが、クロマツ立木の地際周りに空隙ができ、この空隙に海水が入り込んだと考えられたことから（日本海岸林学会 2024）、塩害が発生する可能性があった。

見附公園は、海岸に沿ってクロマツやアカマツを中心とした林帯があり、内陸部は園路に沿って、サクラやツツジを中心とした広葉樹が植栽されている。樹上の海藻の高さにより2m以上浸水したと考えられ、多樹種の樹木が浸水し、津波で運ばれて堆積した海底由来の土砂も見られた（日本海岸林学会 2024）。

運動公園は、海岸に沿ってクロマツやアカマツを中心とした林帯があり、内陸部は園路に沿って、多樹種の広葉樹が植栽されている。これらも浸水し、津波で運ばれて堆積した海底由来の土砂も見られた。ここは地下水位が高いと考えられ、樹木が津波によって根返りし、流木化も見られた（日本海岸林学会 2024）。

*1 石川県立大学, *2 森林総合研究所, *3 広島工業大学, *4 専修大学, *5 国土防災技術株式会社, *6 鳥取大学,

*7 東京都市大学名誉教授

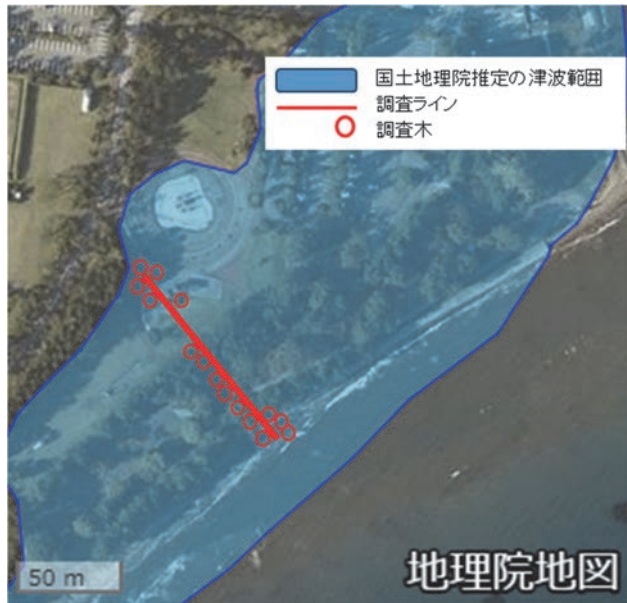


図-3. フレッシュライン見附公園の浸水域および調査ライン



図-4. 内浦総合運動公園の浸水域および調査ライン

2. 立木衰退

鉢ヶ崎の林帯の浸水域は比較的狭かったため、林縁に約 300m の調査ラインを汀線に並行に設置した (図-2)。調査はライン上のクロマツを対象とし、針葉や枝の変色や枯死について外観での観察を行った。

見附公園の林内に海岸線から内陸部へ約 100m の調査ラインを設置した (図-3)。ラインは海から N30



図-5. 検土杖による土壌採取

度 W の方向で、浸水した距離はコンクリートブロックの端を起点とするとおよそ内陸まで 90m あった。ライン上の 15 本の調査木 (表-1) および園路沿いの立木を対象とし、葉や枝の変色や枯死について外観での観察を行った。

運動公園の林内に海岸線から内陸部へ浸水した約 70m の調査ラインを設置した (図-4)。ラインは海側にある舗装路の側溝を起点として S74 度 W の方向とした。ライン上の 9 本の調査木 (表-2) および園路沿いの立木を対象とし、葉や枝の変色や枯死について外観での観察を行った。

調査は 2024 年 2 月 20 日、5 月 14 日、10 月 5 日、11 月 5 日の計 4 回行った。

3. 土壌塩分濃度

2024 年 2 月 20 日に見附公園および運動公園の調査ラインにおいて土壌塩分濃度を測定した (図-3 ; 4, 表-1 ; 2)。土壌は採取の許可を得て、調査木の根元付近で検土杖によりサンプリングした (図-5)。いずれの場所でも検土杖が入るところまで差し込み、採取できた土壌の厚さで 1 層から数層に分け、1 層の厚さはおおむね 10cm 程度とした。採取した土壌は密閉できる塩化ビニールの袋に入れ低温で保存した。検土杖は採取毎に蒸留水で洗浄した。土壌の含有塩分濃度は純水で抽出した後 (固液比 1 : 5), ICP 発光分析法で測定した。

Ⅲ. 結果および考察

1. 立木衰退

鉢ヶ崎のクロマツ林では、2024 年 5 月 14 日に上層を構成しているような大径木の 2 本と前線部に近い小径木の 1 本の計 3 本に葉全体の脱色が観察され衰退していた。10 月 5 日の調査でこれら 3 本は枯死していた。この 3 本の根元の空隙が特に大きいことはなかった。この経過から枯損原因が塩



図-6. 葉を茂らせた斜立したポプラ

害である可能性もあるが、直接の原因は不明である。さらに10月5日の調査ではマツ材線虫病と思われる5本の枯死木が出現した。調査を行ったライン上の立木本数は調査していないが、この地域での津波浸水による塩害を原因とした立木衰退はほぼ無かったものと推察される。

見附公園の5月14日の調査において、ライン上の立木および園路沿いの立木ともに枯損、葉の変色は認められなかった。耐塩性の低いスギでも異常は認められず、新芽は芽吹き、開花した雄花と膨らんだ球果が確認できた。その後の調査でも衰退した立木は認められなかった。

運動公園の2月20日の調査において、ライン上の立木に枯損はなく、その後の調査でも葉の変色はほぼ認められなかった。10月5日の調査において、園路沿いの津波で斜立したポプラはそのまま

表-1. 見附公園の調査木と土壌塩分濃度

距離 ^{*1, *2} (m)	調査木	DBH (cm)	深度 ^{*3} (cm)	Naイオン濃度 (mg/kg)
3.3	アカマツ	35.6	0-10	239
			10-20	181
5.5	スギ	26.8	0-10	82
			10-20	64
8.6	クロマツ	44.4	0-10	172
			10-20	155
16	ツツジ	4.6	0-10	154
20.7	ツバキ	9.9	0-7	168
25.2	ケヤキ	9.5	0-10	293
37.4	クロマツ	39.6	0-10	332
44	クロマツ	28.4	0-10	269
57.3	サクラ	12.9	0-10	282
61.8	ネムノキ	12	0-10	134
83.8	ハマヒサカキ	-	0-6	54
87.5	ケヤキ	26.5	0-10	36
93.6	クロマツ	26.7	0-10	62
96	クロマツ	28.7	0-10	48
100	クロマツ	19.8	0-10	31

^{*1}コンクリートブロックの端(図-3)からの距離を示す。

^{*2}87.5mまで浸水した。^{*3}検土杖を差し込み、10cm以上は2つに分けた。

の状態であつたと推察された。

これらのことから、この3調査地において津波で浸水した地域の植生で塩害が直接的な原因で枯れた立木はほぼなかったと判断される。

運動公園において一部の立木で倒伏・折損・流亡などがあつたことについて、日本海岸林学会(2024)の報告書によると、これらの立木は地下水が高いことや海に近いことが原因で震災以前から衰退していたと考察している。地下水が高く根鉢が十分に発達していなかった立木では、津波による直接の倒伏・折損・流亡被害があり、2011年東北地方太平洋沖地震と同様の結果であつた(山中ら2012)。

2. 土壌塩分濃度

見附公園の浸水した地点および浸水しなかった地点のナトリウムイオン濃度は、それぞれ36-332および31-62mg/kgであつた(表-1)。また、運動公園の浸水した地点では141-557mg/kgであつた(表-2)。日本土壌肥料学会(2011)が示す除塩の対象とする土壌中の塩素濃度基準による耐塩性を超える塩素濃度基準は稲作で1,000mg/kg以上であるが、今回測定したのは土壌中のナトリウムイオン濃度であることから、ナトリウムイオンを23g/mol、塩化物イオンを35.5g/molとすると、塩素濃度1,000mg/kgに対するナトリウムイオン濃度は628mg/kgである。日本土壌肥料学会(2011)の海水の主成分のイオン濃度を考慮すると、塩素濃度1,000mg/kgに対するナトリウムイオン濃度は556mg/kgとなる。ナトリウムイオン濃度が最も高い地点で557mg/kgであることから、浸水部分の土壌は調査時には概ね除塩されていたと考えられ

表-2. 運動公園の調査木と土壌塩分濃度

距離 ^{*1} (m)	調査木	DBH (cm)	深度 (cm)	Naイオン濃度 (mg/kg)
0.7	クロマツ	18.9	0-10	557
12.4	アカマツ	27	0-10	490
18.1	サクラ	15.9	0-10	141
24.1	アカマツ	28.5	0-10	412
31.3	マテバシイ	14.7	0-10	205
42.1	アカマツ	36	0-10	123
20.1	サクラ	2	0-10	176
55.6	タブ	21	0-10	276
62.9	サツキ?	-	0-10	141

^{*1}海側にある舗装路の側溝(図-4)からの距離を示す。

る。調査地に近い珠洲市の観測点では、2024 年 1 月 1 日～2 月 21 日の期間では 230.5mm 以上、1 月 1 日～3 月 31 日の期間では 475mm 以上の降水が観測されており（気象庁 2024）、植物の活動時期には土壌は除塩された状態と考えられる。小野（2013）の報告でも降雨に伴う自然排水が除塩効果をもたらしたと報告があり、同様の現象が震災発生から植物が活動する前に起こったと考えられる。

3. 浸水が海岸林に与えた影響

津波の浸水があった地域では、津波による海岸林への物理的な被害は一部で発生したが、塩害はほぼなかったと思われる。真冬の植物の休眠期の浸水やその後の日本海側の冬の気候条件（冬季は雨や雪が連日続く）が除塩効果をもたらしたと考えられた。鉢ヶ崎のクロマツ立木の周りに地震による空隙が形成され海水が浸水し塩害が発生する懸念があったが、現時点では衰退は見られない。外観の観察のみでは把握できない生理的な障害などが生じている可能性もあることから、浸水地のモニタリングを継続していく。

この場をお借りし、このたびの地震、豪雨で被災された方々に心からお見舞い申し上げます。

引用文献

- 日本土壌肥料学会（2011）津波関連情報（1）：津波・高潮による塩害(1).
<https://jssspn.jp/info/nuclear/post-23.html> (2025. 1. 22 参照)
- 日本海岸林学会（2024）令和 6 年能登半島地震にかかる海岸林被害調査報告書（速報版）.
<https://jscf.jp/files/2024NotoEarthquake.pdf> (2025. 1. 22 参照)
- 気象庁(2024)過去の気象データ検索.
<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php> (2025. 1. 22 参照)
- 国土地理院（2024）令和 6 年(2024 年)能登半島地震に関する情報 空中写真判読による津波浸水域（推定）.
https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html (2025. 1. 22 参照)
- 中村克典・小谷英司・小野賢二（2012）津波被害を受けた海岸林における樹木の衰弱・枯死. 森林科学 66: 7-12
- 小野賢二・平井敬三（2013）東北地方太平洋沖地震による大津波を受けた三陸沿岸のスギ林土壌における塩害とその後の土壌環境の変化—降雨に伴う自然排水がもたらす除塩の効果—. 森林総合研究所研究報告 12: 41-47
- 林野庁(2011)海岸防災林の被災状況.
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/pdf/siryu3.pdf> (2025. 1.22 参照)
- 山中啓介・藤原道郎・林田光祐・後藤義明・鈴木寛・宮前崇・井上章二・坂本知己（2012）平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震で発生した津波が仙台市井土地区の海岸林に及ぼした影響—防潮堤と海岸クロマツ林の被害との関係—. 海岸林学会誌 11: 19-25