

〔研究論文〕

津波被災地に新規造成された広葉樹林の 防潮堤「千年希望の丘」の生態学的モニタリング

佐野 哲也¹⁾, 渡辺 康太²⁾, 八島 慎吾²⁾

Ecological monitoring of the green seawalls “Millennium Hope Hills” in Iwanuma City

Tetsuya SANO¹⁾, Kota WATANABE²⁾, Shingo YASHIMA²⁾

Abstract

The “Millennium Hope Hills” is a series of hills and embankments which newly established as “green” seawalls against tsunami on the coast of Iwanuma City, Miyagi prefecture. The seawalls consist from non-organic tsunami debris, such as crushed tiles, bricks and concrete blocks, covered by mountain soils and from various kinds of trees on the surface. The seedling-planting activities started from 2013 and are supposed to continue until covering about 10 km along the coastline. In this study, we evaluated the physical characters of the planting base and the growth of planted seedlings. The planting bases were vertically divided into two parts: the upper and lower layers. The upper layers extended to a depth of 30-40 cm and showed suitable hardness and water permeability for seedling growth, while the lower were compressed and poorly drained. Most of newly-planted seedlings grew satisfactory and extended 30-70 cm in height each year.

1 背景と目的

宮城県岩沼市の沿岸部では津波に対する多重防御の一環として「千年希望の丘」事業が実施されている¹⁾。この事業では、津波被害を受けた沿岸部に15ヵ所の「避難丘」とそれらを結ぶ「防潮堤」が築造されることになっており、盛土の一部にはタイル、煉瓦、コンクリートがらなど震災廃棄物が活用され、その法面には無数の樹木苗が植栽される計画である。植樹活動は、2013年度から開始され、総延長およそ10kmの防潮堤が完成するまで多くのボランティアの手によって続けられる予定である。

「千年希望の丘」で実施される緑化は、津波防災の一環として造成される盛土上での植林事業、いわゆる「森の防潮堤」構想の全国に先駆けた実践例で、①シラカシ、アラカシといった常緑広葉樹が多く植栽されている点、②植栽基盤に破碎したコンクリートガラや津波堆積物など再生資材が使用されている点が特徴的である。前者は、植栽樹種選定に関

1) 東北工業大学工学部 環境エネルギー学科 准教授

2) 東北工業大学工学部 環境エネルギー学科 4年

わる特徴であり，東北南部が分布北限域となっている常緑広葉樹種の多くが冬の寒さや潮風に耐え順調に生育できるのかということが検証・評価の課題となっている。後者は，緑化基盤に関わる特徴であり，再生資材を起源とする高塩濃度・高アルカリ浸出水の環境中への流出と植栽木成長への影響が検証・評価の課題となっている。そこで本研究では，植栽木の成長とそれに関係する植栽基盤の物理性について調べることを目的とした。

2 手法

2.1 植栽木成長

岩沼市相野釜地区の「千年希望の丘」において，平成26年度に植栽が実施された場所に調査プロットを設置し，植栽樹木の樹勢，地際幹直径，樹高についての測定を平成28年3月に実施した。樹高については，芽鱗痕（春先に芽が付いていた部分の痕跡）をもとに，平成27年度3月，および植栽前である平成26年度3月時点での高さを推定した。

2.2 植栽基盤土壌の物理特性

樹木成長追跡プロットにて，植栽木の根系発達に影響を及ぼす環境因子として植栽基盤土壌の（1）硬さと（2）透水性の測定を実施した。いずれも，NEXCOや都市再生機構など公的機関の造園施工仕様書で指定されている以下の標準調査法に従った。

（1）土壌硬度

図1に示す長谷川式土壌貫入計（ダイトウテクノグリーン社製）²を用い試験を実施した。この試験では，2kgの落錐を50cm落下させるエネルギーでコーンを土中に貫入させ，各打撃における貫入深度の大小で深度別の土壌硬度を評価する。

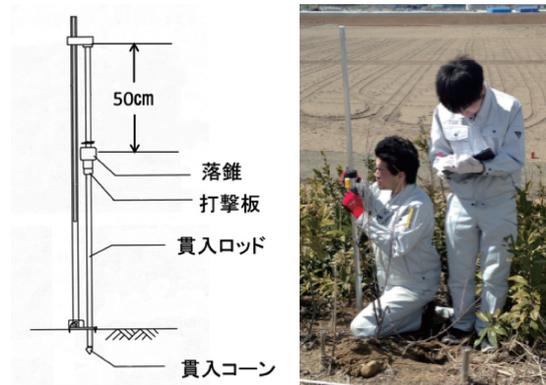


図1 長谷川式土壌貫入計²と試験の様子

（2）透水性

図2に示す長谷川式簡易現場透水試験器（ダイトウテクノグリーン社製）³を用い試験を実施した。この試験では，試験器を複式ショベルで掘った直径15cmほどの試孔に設置し，水深10cmになるまで注水した後，経過時間毎に目盛付フロートの位置変動を計測することによって減水速度を測定する。試孔の深さは20cmと40cmの2種類とした。

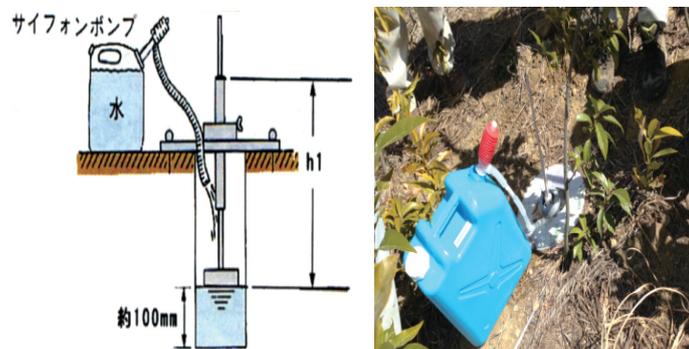


図2 長谷川式簡易現場透水試験器³と試験の様子

3 結果

3.1 植栽木の成長

図3に、「千年希望の丘」植栽地の景観変化として、植栽から約3ヶ月経過した平成26年9月と約1年10ヶ月経過した平成28年3月に撮影した2枚の写真を示す。また、図4には調査した成長追跡プロット内に生育する樹木全体の樹高階級の経年推移を示した。

平成26年に植栽された樹高40～70cm程度のポット苗は、植栽から2年が経過する頃になると2倍以上に成長し、最も背丈の高いもので175cmまで成長した。



図3 「千年希望の丘」植栽地の景観変化
左：平成26年9月に撮影 右：平成28年3月に撮影

両写真左上に存在する丘が「避難丘（3号丘）」で右下方向に広がる植栽が施されている場所が「防潮堤」にあたる。右の写真中央の構造物は温湿度測定のために新たに設置した百様箱（高さ約1.5m）。防潮堤の左側は畑となっており、平成27年に暗渠工事が実施され、平成28年度には大豆など作物が植えられた。

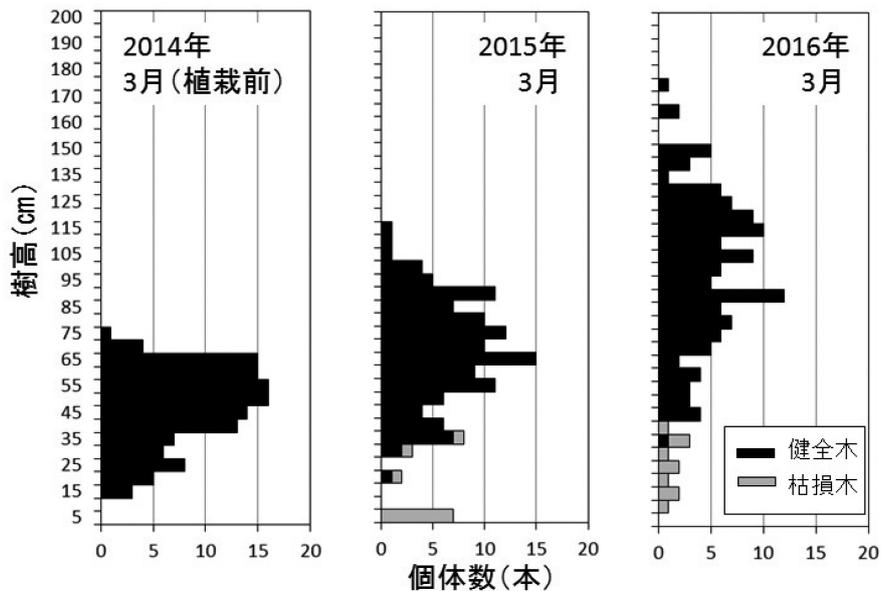


図4 植栽木の樹高階級分布の経年推移

表1に植栽樹種別の成長量を示す。枯死した個体の他に、梢や主幹すべてが枯損している個体も存在していたため、それらは別に区分して記載した。調査プロット内(40 m²)には14種136本の樹木が存在し、44本と最も本数が多いシラカシをはじめ、アカガシ、アラカシ、ウラジロガシ、スダジイおよびタブなど常緑広葉高木樹種の数が多くなっていた。このうち2015年3月末から2016年3月末にかけての平均樹高成長量が大きかった種はスダジイ(51 cm)やアカガシ(43 cm)であった。また唯一の落葉広葉樹種であるヤマザクラの平均樹高成長量は70 cmと、全体で最も大きい値を示した。植栽木全体でみた場合の平均樹高成長量は30 cmであった。植栽本数に占める枯損や枯死個体数の割合が高い樹種は、タブやヤブツバキであった。

表1 生長追跡調査プロットにおける植栽樹種の組成と2015年度の樹高成長

種名	状態	個体数 (40 m ²)	2016年3月末			2015年3月末*			平均樹高 成長量 (cm)	
			平均地際 直径 (cm)	樹高 (cm)			樹高 (cm)			
				平均	最大	最低	平均	最大	最低	
シラカシ	健全	40	6.2	102	150	43	74	113	31	28
	枯損	1	3.6	28	28	28	18	18	18	10
	枯死	3	5.4	88	100	71	73	81	61	16
タブ	健全	16	5.4	75	119	42	59	82	28	16
	枯損	4	3.2	20	25	12	2	5	1	18
アカガシ	健全	17	6.5	117	175	73	74	94	54	43
スダジイ	健全	13	5.4	97	144	46	46	81	19.5	51
アラカシ	健全	12	5.7	97	127	46	71	90	41	26
ウラジロガシ	健全	8	4.8	79	125	43	59	93	34	20
	枯損	1	1.3	10	10	10	4	4	4	6
マサキ	健全	5	4.8	74	119	43	55	97	39	19
	枯損	1	2.7	38	38	38	34	34	34	4
ヤブツバキ	健全	4	5.0	95	109	88	64	76	54	32
	枯損	2	2.9	22	31	13	1	1	0	22
ヤマザクラ	健全	3	7.9	150	161	142	80	102	49	70
ネズミモチ	健全	2	6.5	97	104	89	49	64	34	48
シロダモ	枯損	1	4.6	35	35	35	30	30	30	5
モチノキ	健全	1	8.0	116	116	116	64	64	64	52
ヤツデ	健全	1	5.6	31	31	31	—	—	—	31
ヤマモモ	健全	1	12.9	116	116	116	84	84	84	32
総計		136	5.7	92	175	10	62	113	0	30

*芽鱗痕より推定した樹高

3.2 植栽基盤の物理性

(1) 土壌硬度

図5に、生長追跡プロット内2か所(A, B)で土壌貫入試験を実施した結果を示す。縦軸が土壌深度、横軸が落錐による打撃毎の貫入深度(S値: cm/drop)を示している。S値による土壌の硬さ(軟らかさ)の判定基準⁴は表2に示す通りである。両地点とも深さ35 cm前後を境に、上層はS値が1.5 cm/drop以上の柔らかめの土壌、下層は硬い土壌となっていた(図5)。上層はS値が4 cm/drop以上の膨軟すぎる部分も見られ、根系発達については問題ないが、樹体の支持や乾燥のし易さという面では懸念がある土壌であった。一方、下層はS値が1 cm/drop以下となる部分が10 cm以上続く固結層が存在し、根系発達は著しく難しいと考えられる土壌となっていた。

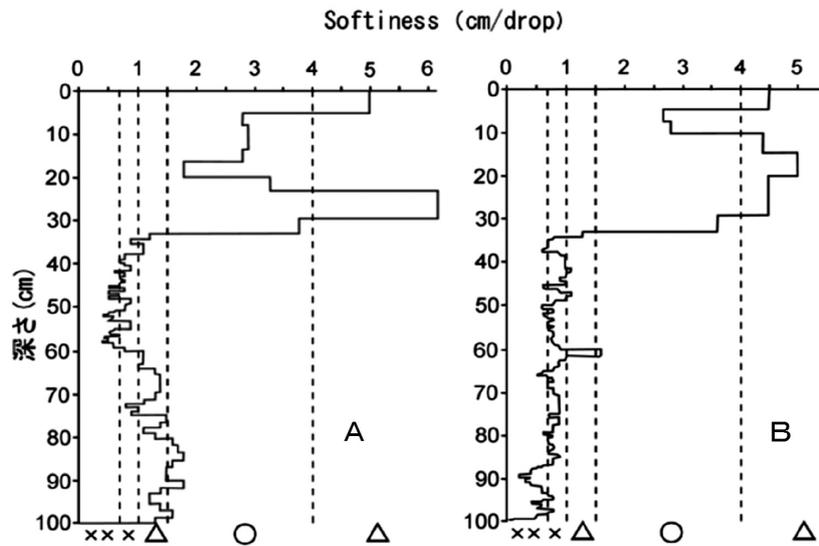


図5 深度による植栽基盤土壌硬度の変化

表2 S値による土壌硬度(柔らかさ)の判定基準⁴

S値 (cm/drop)	根系伸長の可否	硬さの表現	判定
0.7以下	多くの根系が侵入困難	固結	××
0.7～1.0	根系発達に阻害あり	硬い	×
1.0～1.5	根系発達阻害樹種あり	締まった	△
1.5×4.0	根系発達に阻害なし	柔らか	○
4.0以上	根系発達に阻害なし(低支持力 乾燥)	膨軟すぎ	△

(2) 透水性

図6に、生長追跡プロット内2か所(A, B)で簡易現場透水試験を実施した結果を示す。縦軸は水深、横軸は測定開始からの経過時間を示している。加えて、表3に減水能の評価基準⁵について示す。両地点とも深さ10～20cmの土壌(●)では3分ほどで水が無くなり、最終減水能が300mm/h以上の水はけが良好な状態を示していた。一方、深さ40cmの土壌(○)は80分経過した時点でも6cm以上の水が残存し、最終減水能が20～25mm/hと水はけがやや不良で、枝枯れなど湿害の発生が懸念される状態であった。

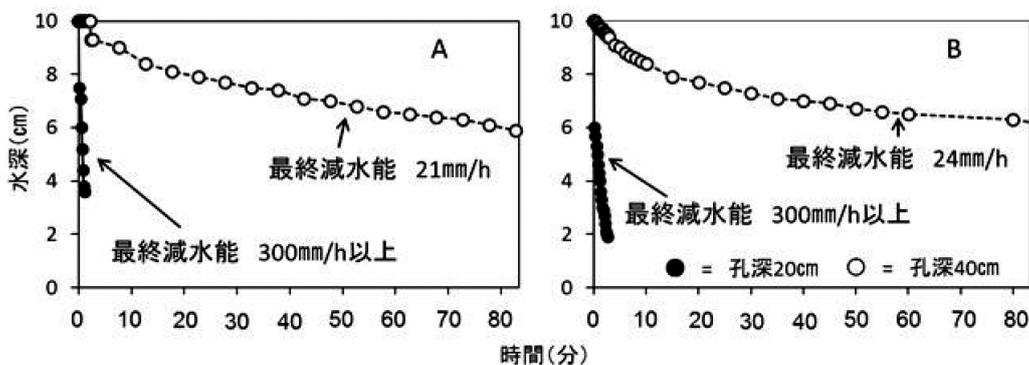


図6 深度による植栽基盤土壌透水性の違い

表3 土壤減水能の評価基準⁵

最終減水能	減水速度(cm/sec)換算	判定
10 mm/hr 以下	2.8×10^{-4} 以下	不良
10~30 mm/hr	$2.8 \times 10^{-4} \sim 8.3 \times 10^{-4}$	やや不良
30~100 mm/hr	$8.3 \times 10^{-4} \sim 2.8 \times 10^{-3}$	可
100 mm/hr 以上	2.8×10^{-3} 以上	良好

4 考察

植栽された本数に対する枯死・枯損木の数はわずかであり、植栽時に40～70cm程度だった苗は約2ヶ年の生育期で大人の背丈ほどまでに順調に生長した。初期成長の実績から評価する限り、「千年希望の丘」で採用された緑化法は、仙南の海岸域でも適用可能なものであったと言える。ただし、タブとヤブツバキについては、枝の先端が枯れていたり、葉が丸まって黄色く変色していたりと、冬の低温が影響し衰退したと考えられる個体が多く、活着率が低くなっていた。これら2種は海岸沿いに青森県まで自生し、シイ・カシ類など他の常緑広葉樹種のよりも北まで分布域が達していることから、寒さに強い樹種として植栽木に選定されている。しかし、シイ・カシ林の分布北限域である福島県のいわき市では、シラカシやウラジロガシのような樹種がタブやヤブツバキよりも標高の高いところまで分布していることも事実であり⁶、タブ・ヤブツバキが冬に枯れてしまっている要因については、現地の気温状況との対応を見るなど更なる検討が必要である。

また、現在順調な生育を見せている個体についても、この状態の継続性については植栽基盤の物理性評価から懸念が残る。現在は、深さ35cmまでの柔らかい部分を中心に根系が発達し問題が生じていないと考えられるが、今後樹体が巨大化し、地上部の発達に伴う蒸散量増加をまかなうための根系発達が必要となった際に、表層から35cm以下の硬くて透水性に劣る土壤の存在は障害になると予想される。今後は、樹勢の変化や水分ストレスなど樹木医学的な視点も取り入れて追跡調査を行う必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、岩沼市復興・都市計画課の菅原伸浩氏および一般社団法人森の防潮堤協会の日置道隆氏には大変お世話になった。また、本研究は東北工業大学地域連携センターの地域・産学連携プロジェクト研究（実用化試験研究）の助成を受け、実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1 岩沼市：津波よけ「千年希望の丘」の創造 岩沼市震災復興計画マスタープラン，(2011)，18-19
- 2 ダイトウテクノグリーン：長谷川式土壌貫入計 取扱い説明書
- 3 ダイトウテクノグリーン：長谷川式簡易現場透水試験器 取扱い説明書
- 4 日本造園学会：緑化事業における植栽基盤整備マニュアル ランドスケープ研究 63 (3)，(2000)，224-241
- 5 新潟県都市緑化センター：緑豊かな街路樹を育てる～街路樹植栽基盤整備マニュアル～ (2007)
- 6 佐野哲也・小出大：シイ林の太平洋側北限における植生の垂直分布構造と温湿度環境 - 2010年の冬から夏季にかけての直接気象観測事例 関東森林研究 62，(2011)，195-198