

富士山大沢川砂防樹林帯の グリーンインフラ機能評価

山内 琳太郎¹

¹中部地方整備局 富士砂防事務所 地すべり対策課 (〒418-0004 静岡県富士宮市三園平1100)

国土交通省では自然環境が有する多様な機能に注目し、グリーンインフラ推進戦略2023に基づきあらゆる分野・場面でグリーンインフラ（以下GI）を普及・ビルトインする方針を打ち出している。富士砂防事務所では、これまで大沢扇状地における砂防施設の一部として大沢川砂防樹林帯（以下樹林帯）を整備してきた。樹林帯には、砂防機能に加えて環境保全やレクリエーションといった様々な機能発揮が期待されており、まさにGIとして位置づけられる施設となっている。本稿では、樹林帯をGIの観点から評価し、機能確保に必要な樹林帯整備計画の検討を行った事例を報告する。

キーワード グリーンインフラ, 砂防樹林帯, 樹林帯管理計画, 地域連携

1. はじめに

富士砂防事務所では、直轄砂防事業に着手した1969年以来、広大な大沢扇状地に日本で最大級の砂防施設である大沢川遊砂地を整備している。大沢崩れからの発生土砂を安全に堆積させるため各種砂防施設（床固工、導流堤、砂防樹林帯 等）を整備しており、2010年に概成している。（図-1）

樹林帯は、樹林の特性を活かして遊砂地の働きを増進させることを目的に整備されてきた（図-2）。間伐などの管理を行うことにより遊砂地の土砂流出抑制・調節機能を高め、自然環境の保全などに適する樹林帯となる。

昨今、「GI」として、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある社会資本整備の取組が期待されており、樹林帯においても、砂防的機能に加えて生物の生息生育の場やレクリエーションの場といった様々な機能が期待される。

本稿では、樹林帯をGIの観点から評価し、機能確保に必要な樹林帯整備計画の検討を行った。

実施されてきた。さらに、豊かな自然環境の保全や地域社会への貢献の観点から樹林帯内に自然観察路が整備され、自然観察会や環境学習などで利用されてきた。

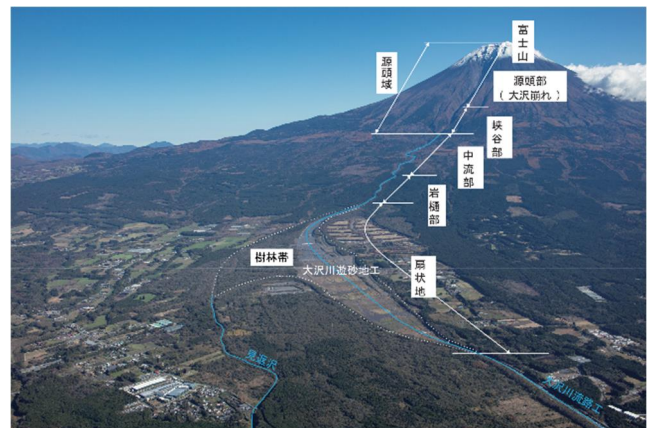


図-1 大沢川砂防樹林帯の位置



図-2 大沢川砂防樹林帯

2. 富士山大沢川砂防樹林帯について

(1) 大沢川砂防樹林帯の特徴

樹林帯は富士山の大沢崩れからの土砂流出対策の一部として計画されたものであり、一次的に土砂を堆積させて土砂や水を安全に流下させるため、1976年度より砂防施設の一環として整備が進められ、防災機能向上のためコナラ等の植樹や間伐などの整備が

(2) 現地調査による現況把握

樹林帯の現在の状況を把握するため、各種現地調査を実施した。調査概要を以下に示す。

a) 樹林（毎木調査・植生図調査・土壌・UAV計測等）

樹林帯を構成する樹林の諸元（樹高、胸高直径、樹種、本数 等）を把握するため毎木調査や植生図調査を実施した。毎木調査については、既往調査で設置されたプロットを現地で復元し、経年比較可能なデータとして取得した。また、UAVレーザ計測による高密度点群データを取得し、点群解析に基づき面的な樹林の状態を把握した。

調査の結果、コナラ、ヤシヤブシ等の落葉広葉樹が主体の高木林が成立していた。また、点群解析により、約2.8万本の樹木（胸高直径10cm以上）を識別でき、樹高（平均12.6m、最大23.6m）、胸高直径（平均21.8cm、最大73cm）や立木密度の情報を得ることができた（図-3, 4, 5）。

また、一部でナラ枯れが確認され、コナラの高木がまともって枯死し林冠ギャップ（倒木により、林冠部分に隙間ができて、光が差し込むような場所）が生じていることが確認された（図-6）。



図-3 樹林帯の状況

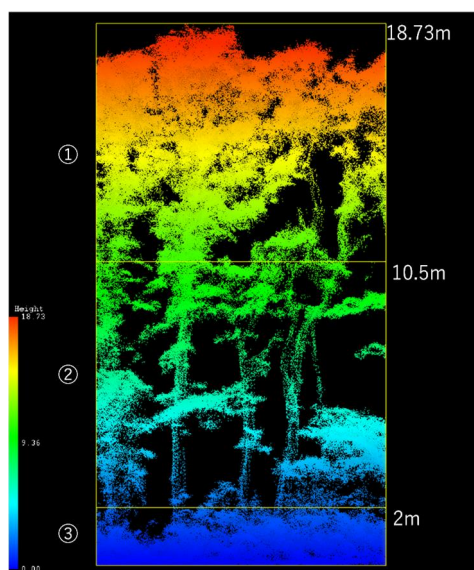


図-4 高密度点群データの取得状況例

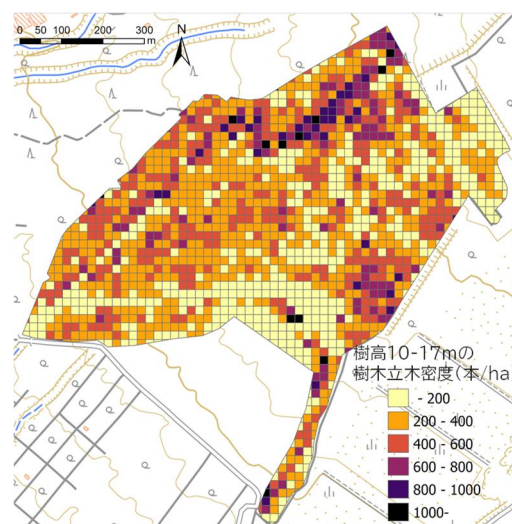


図-5 点群解析による立木密度分布図（樹高10-17mの樹木）

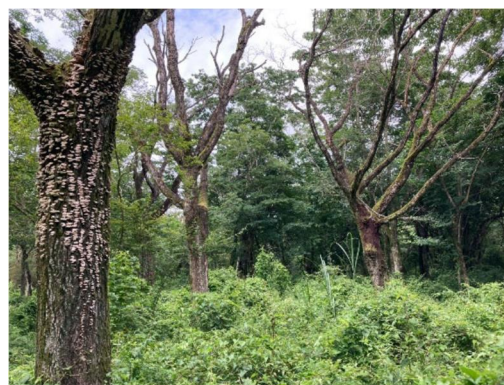


図-6 ナラ枯れにより発生した林冠ギャップの様子

b) 植物相

生育する植物種を把握するため、植物相調査を実施した。調査の結果、44目101科362種の植物種を確認し、重要種としてエビネやホソバヒカゲスゲ、特定外来生物としてアレチウリやオオキンケイギクが確認された。また、山菜や果実の利用が可能な植物種が複数確認された（表-1）。

表-1 現地確認種のなかで山菜等に利用されうる種

主な利用	種名
山菜	スギナ(ツクシとして)、ゼンマイ、ワラビ、クサソテツ、ヤマノイモ、ヤマユリ、イタドリ、カキドオシ、キクイモ、フキ、タラノキ、オカウコギ、ヤマウコギ、ミツバ、セリ、ニワトコ
果実	アケビ、ミツバアケビ、ヤマブドウ、ナツグミ、ナワシログミ、ヒメコウゾ、ヤマグワ、ズミ、クマイチゴ、クサイチゴ、バライチゴ、ニガイチゴ、モミジイチゴ、ナワシロイチゴ、クリ、オニグルミ、サンショウ、サルナシ、マタタビ、クコ、ガマズミ、コバノガマズミ

c) 景観

富士山を背景とした眺望景観における樹林帯の位置付けや景観上望ましい状態を検討するため、周囲の主要な眺望点6点（毛無山、長者ヶ岳、天子ヶ岳、天子ヶ岳ハ

イキングコース、大沢展望台、白糸自然公園）からの景観調査（写真撮影）を実施した。

調査の結果、特に長者ヶ岳からの眺望景観において樹林帯が占める割合が大きく、樹林帯の景観に及ぼす影響の評価に適していることが明らかとなった。

d) 利用ニーズヒアリング

地域連携による樹林帯の利活用の検討に資するため、地域の自然環境等に関わる団体にヒアリングを行った。

計6団体にヒアリングを実施し、地域の利用ニーズとして地域防災教育（防災と生物多様性を一体的に学ぶ場）や野鳥観察等でのポテンシャルを有することが確認できた。

表-2 自然環境等に関わる団体へのヒアリング結果（一例）

・実施学習の一環として防災と生物多様性を一体的に学ぶ良い機会にできると考える
・調査や研究の場としての利活用、体験の場としての利活用の2種類が考えられる。

3. GI機能評価

(1) 樹林帯に期待されるGI機能の評価方法

GI機能の評価方法については、砂防樹林帯を対象とした事例は少なく、定型的な評価方法が存在しない状況であった。一方で、樹林帯では、樹林帯整備計画が策定された当時より、砂防機能に加えて利活用や環境保全機能等にも着目して整備を進めてきた経緯がある。そのため、今回の評価にあたっては、過去に検討されてきた内容を包含しつつ、最新のGIの考え方を踏まえ①防災・減災、②環境、③Well-being^{*1}の3本柱（大項目）として整理し、各大項目の下に砂防的機能等の中区分を計7つ、さらにその下に具体的な評価項目となる小区分を計21つ設定した（表-3）。次項において、各大区分における代表的な評価結果を示す。

表-3 樹林帯に期待されるGI機能の各項目

砂防施設の樹林帯に期待されるグリーンインフラの機能		
大区分	中区分	小区分
①防災・減災	1.砂防的機能	水澆し作用による土砂堆積及び小流木阻止
		堤防への衝突力の緩和
	2.安全管理機能	土石流エネルギーの吸収
		土砂・土煙の飛散防止
②環境	1.環境保全機能	不法侵入防止
		外部との遮断
		人為的破壊防止
		不法採取防止
	2.生態的維持機能	土壌侵食の防止
		大気浄化
③Well-being	1.公園的機能	光合成による有機物生成
		防音
		気候の緩和(微気象)
	2.景観保全機能	防風
		水文循環
	3.経済	レクリエーション
		教育の提供(動植物、樹林、川原)
		森林生産物利活用

(2) GI機能評価：防災・減災

防災・減災機能のうち、現状の砂防的機能の評価のため、土石流氾濫シミュレーションを段階に分けて実施した。まず、砂防基本計画上の基本計画規模の土石流に対して、樹林帯の存在を考慮せず地形のみを反映した条件で計算したところ、樹林帯へ土石流が到達するものの大きな土砂堆積が見られないことから濁水が流下するものと予測される（図-7）。これは、樹林帯の有無に関わらず見返沢への土石流の流下の可能性が低くなっていることを示している。そこで、樹林帯に流下する主要な流れのハイドログラフを取り出し、樹林帯を粗度として反映させたシミュレーションを再度実施した（図-8,9）。その結果、①樹林帯の存在により樹林帯での氾濫範囲が大きく縮小し、見返沢への濁水流出量を低減。②堤防沿いで氾濫流の流体力が大きく低減し、堤防保護に寄与。③氾濫流による外力モーメントに比べ現在の樹林帯の樹木の倒伏限界モーメントは非常に大きいこと、見返沢への流木化リスクは小さいことが明らかとなった。これら3点は、計画規模の災害に対して、現在の大沢川砂防樹林帯が発揮できる砂防機能であると評価できる。さらに、計画規模の氾濫流による外力モーメントと現在の樹林帯の樹木の倒伏限界モーメントには差が大きく余裕があるため、計画規模以上の災害が発生した場合でも樹林が直ちに流出する可能性は低く、樹林帯の砂防機能の冗長的な発揮が期待される状態にある。このように砂防施設の中にGIを組み込むことで、多重防御性を備えることができる。

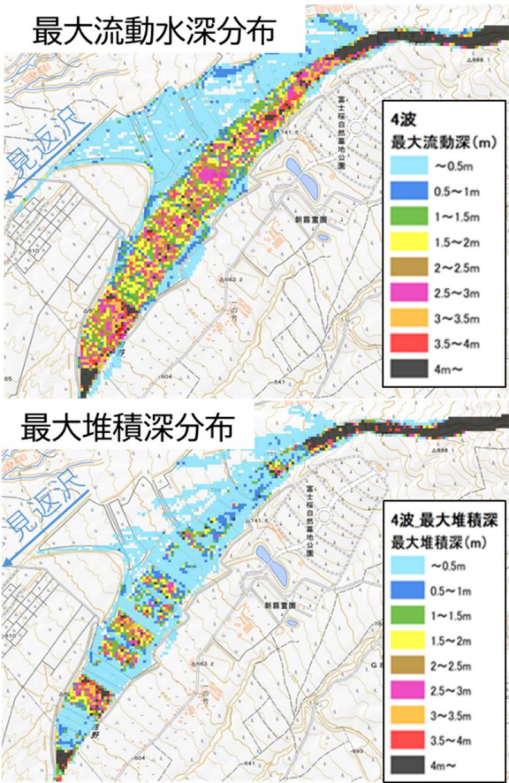


図-7 土石流氾濫シミュレーションの結果

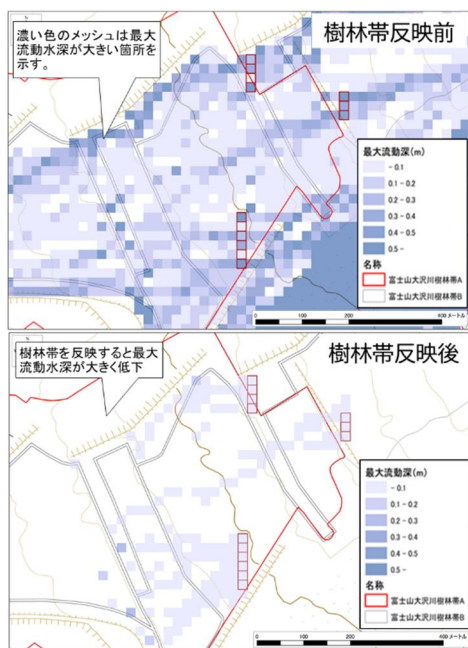


図-8 樹林帯を考慮したシミュレーションの再計算結果

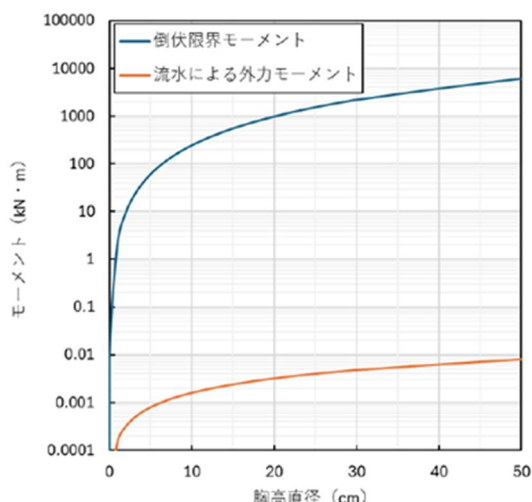


図-9 氾濫時の流水による外力モーメントと倒伏限界モーメントの比較結果

(3) GI機能評価：環境

環境機能のうち、生態的維持機能については、これまでの現地調査により多くの生物種の生息・生育が確認されている（表-4）。特に、低山地の樹林（明るい森林）周辺といった里山的な環境を好む種が多く確認されている。富士山山麓ではスギ・ヒノキ等の人工林が多くを占める中、本地域においては生態系ネットワークの観点からも落葉広葉樹林で構成される樹林帯の里山的環境は重要であると考えらる。

その他、樹林帯における年間のCO2吸収量と蓄積量を算定したところ、年間218-492t/年、蓄積量7095-7838tと評価された。なお、これは貨幣価値換算で年間200-500万円程度の試算となる。

表-4 樹林帯で確認されている生物種

分類群	確認状況
哺乳類	6目11科17種 ※ノウサギ、ニホンリス、キツネ、タヌキ、イノシシ、ニホンジカ等の小型～中大型の哺乳類を確認
両生類	1目3科3種 ※ニホンヒキガエル等を確認
爬虫類	1目3科5種 ※ニホントカゲ等を確認
鳥類	13目37科92種 ※オオタカ、サシバ、サンコウチョウ、ノジコ等の繁殖期に樹林を利用する鳥類、またヨタカ、サンショウクイ等の広葉樹を好んで利用する鳥類を確認
昆虫類	17目160科637種 ※クロマルハナバチ等、明るい林、その周囲の林縁・草地を好む種を確認
植物	44目101科362種 ※サイハイラン等の樹林内を好む種を確認

※植物は今回調査の樹林帯での確認結果よりその他は既往調査結果より参照。

(4) GI機能評価：Well-being^{※1}

Well-being^{※1}のうち、景観機能については樹林帯による修景効果により、大沢川遊砂地に存在する床固工等で使用されているコンクリートブロック等の人工物を見えにくくし、周辺景観との調和に寄与している。

また、公園的機能として環境教育等での大沢川遊砂地の利用状況を整理したところ、過去20年間には数百件の利用が見られていたが、近年は減少傾向である（図-11）。利活用のポテンシャルは高いと考えられるため、自然観察路の再整備等、利活用促進に向けた取組が重要であることが示唆された。



図-10 景観に関する評価結果

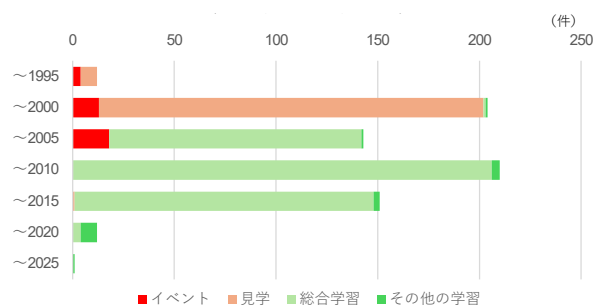


図-11 大沢扇状地における環境教育等での活動記録

(5) GI機能評価：まとめ

樹林帯のGI機能評価結果のまとめを表-5に示す。樹林帯の各機能については概ね良好な状態となっているが、ナラ枯れや更新不良による高木林の衰退のリスクがあるため林冠ギャップの動向に今後注視が必要となる。また、利活用に関する課題やポテンシャルを整理した。(表-5)

4. 樹林帯整備計画の検討

GIの評価結果を踏まえ、樹林帯整備計画を検討し、従前の計画の見直しを行った。

まず、樹林帯の範囲において、砂防施設上の観点も踏まえたゾーニングを行い、整備区分を定義した。次にそれぞれの区分に対して、求めるGI機能と目標樹林型を示し、現況の樹林・植生の状態を比較することで、求めるGI機能の発揮に必要な樹林帯の整備方針を整理し

た(表-6,図-12)。

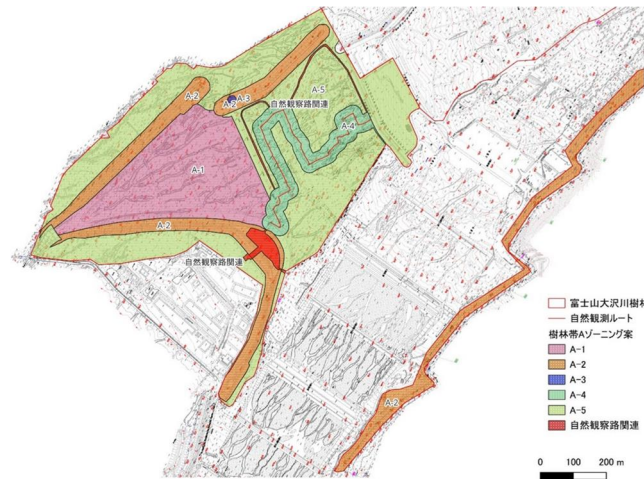
従前の樹林帯整備計画(平成14年度)では、強度間伐を含むハイコストな整備内容が示されており、現状の樹林帯の整備実態と齟齬が生じていた。

今回の検討では、コナラ等の落葉広葉樹が成長・成熟し安定した高木林が成立していること等を踏まえ、定期的な伐採等の積極的な管理は行わず自然の遷移による植生変化を基本とした。一方で、ナラ枯れの進行やその後の更新不良による高木林の衰退リスクが懸念されること、景観や安全管理の観点から一部ゾーンでは樹林再生が望ましいこと、地域連携に資するためには自然観察路の再整備が必要であること等を踏まえると、定期的なモニタリングによって樹林帯の状況を把握するとともに、課題が見られた場合には適宜必要な対応を行う方針とした。また、今後、新たな利用ニーズ等の要請に応じて、樹林帯整備計画も適宜見直していく必要がある。

表-5 樹林帯のGI機能評価結果のまとめ

大項目	目指す機能	評価	総合評価
①砂防的機能	①-1水こし作用、堤防への衝突力の緩和、土石流エネルギーの吸収などの砂防的機能をもっている ①-2目標とする「砂防的強度」をもつこと、永続的に安定していること	・樹林帯では予測された流動水に対して水こし作用、堤防への衝突の緩和、土石流エネルギーの吸収の砂防的機能を保持している ・ギャップ箇所については今後も注視	・樹林帯については、求められる砂防樹林帯としての機能を有しており、環境・景観・生態的にも目指す生態的複層林になっている
②公園的機能	②-1富士山がもつ垂直的な多様性の恩恵を受け、野鳥や小動物、昆虫が豊富で、人と交流する場となる	・レクリエーションや教育を提供する場として、高いポテンシャルを持っている ・レクリエーション、教育提供の機会については地域市民のウェルビーイングや防災・自然教育への貢献は大きい	・一方で、遷移が進んでいない箇所やナラ枯れ等の箇所は今後も注視していく必要がある
③環境保全機能	③-1土壌侵食の防止、大気の浄化、防音、微気象のコントロール(夏は涼しく、冬は暖かい)などの機能をもっている	・土壌侵食防止、大気の浄化、防音、微気象のコントロール等の機能を維持している ・土壌侵食防止については今後も変化していくため今後も注視	・森林の利活用については、高いポテンシャルをもっており、利活用に向けた整備や促進の意義は大きい
④景観機能	④-1荒々しい扇状地の自然景観を和ませ、土木的砂防施設の修景となる	・砂防施設を修景し荒々しい扇状地の自然環境を和ませている ・樹林帯の樹林化によりさらなる修景の効果が発揮される可能性がある	
⑤生態的維持機能	⑤-1動物達の安全な隠れ家であり、人間を始め、動物たちは、植物を餌とし排出される酸素を呼吸して生きている。 ⑤-2森に住む生き物の種類が豊富になる	・里山的な環境を好む多様な動植物が生息・生育し、生物多様性のゆりかごとして機能 ・重要な種の生息・生育環境として機能	
⑥安全管理機能	⑥-1砂防設備及び樹林帯が外部と遮断され、人為的な破壊や不法行為がないこと	・樹林帯Bの南側に隣接する敷地外の車道では、樹林が無い場合侵入が容易な状況であり、安全管理機能が発揮されていない。	
⑦経済	⑦-1森林林産物が利活用されていること	・森林生産物ではレクリエーション等に活用可能な資源が豊富にあり、自然観察や防災教育において森林生産物を活用することで多彩で魅力のあるメニューを提供できる	

図-12 樹林帯におけるゾーニング



区分	求めるG.I.の機能※						特記すべき課題	目指す樹林型	現況の主な植生	樹林帯整備の基本方針	
	防災減災		環境	Well-being							
	砂防的機能	安全管理機能	環境保全機能	生態的維持機能	公園的機能	景観機能					経済
A-1	◎	○	◎	○	△	○	△	・流水化した立木の下流への流出防止	・高木林	・(高木林) ・コナラ群落 ・先駆性落葉広葉樹群落	・自然の植生遷移による維持 ・モニタリングによる定期的な現況把握 ・モニタリングにより把握された樹木更新状況に応じ、枯損木の伐採等の追加対応を検討
A-2	◎	○	○	○	△	○	△	・樹木の倒伏等による堤防損壊、機能低下の防止	・草地・低木林・高木林	・右岸：(高木林) ・先駆性落葉広葉樹群落 ・コナラ群落 ・左岸：(低木林) ・低木群落 ・ススキ群団	・自然の植生遷移による維持 ・大規模な台風等で風倒木の発生の恐れがある場合は、UAVの活用も含めた緊急点検・モニタリングを実施
A-3	△	△	△	△	△	△	△	・倒木・落枝による施設の破損防止	・草地・低木林	・(高木林) ・コナラ群落 ・先駆性落葉広葉樹群落	・施設周辺の支障木の定期的な伐採
A-4	○	○	○	○	◎	○	△	・自然観察路上への倒木・落枝の発生防止 ・自然観察路の歩行時の支障・利用性低下の防止	・管理された高木林	・(高木林) ・コナラ群落 ・先駆性落葉広葉樹群落	・定期的な低木や高径草本の伐採、除草の実施
A-5	○	○	○	○	○	○	△	・複層化した落葉広葉樹林の維持	・高木林	・(高木林) ・コナラ群落 ・先駆性落葉広葉樹群落 ・(一部に低木林等) ・低木群落	・自然の植生遷移による維持 ・モニタリングによる定期的な現況把握 ・モニタリングにより把握された樹木更新状況に応じ、補植、下刈り等の追加対応を検討
自然観察路関連								・自然観察路の活用のための整備	・低茎草地	・(A-2区分内) ・造成地 ・(A-5区分内)(高木の疎林) ・先駆性落葉広葉樹群落	・広場、および広場への階段の定期的な低木や高径草本の伐採、除草の実施 ・管理道上の定期的な低木や高径草本の伐採、除草の実施

※求めるG.I.の機能 凡例 ◎:強く求める ○:求める △:可能な限り求める -:求めない

※求めるG.I.の機能 凡例 ◎:強く求める ○:求める △:可能ならば求める -:求めない

表-6 樹林帯における整備方針

が確保された現在においては、環境やWell-beingのさらなる機能発揮が求められる。特にWell-beingに関しては、利活用のポテンシャルやニーズが把握できたため、これから地域連携に向けた検討や関係者協議を進めていく予定である。一方、気候変動による災害規模の増大が懸念されている中、冗長的なリスク低減対策として大沢川砂防樹林帯の砂防機能は今後も引き続き重要な要素になると考えられる。

謝辞：GI機能の評価方法等について指導・助言をいただいた、石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科 上野准教授、国土総合政策研究所 緑化生態研究室 金研究官、森岡交流研究員そして、論文作成にご協力いただいた日本工営（株）井上様、富士砂防事務所の職員の皆様に心より感謝申し上げます。

付録

※IWell-being とは、幸福、社会的に良好な状態、暮らしの豊かさとして用いられている。

参考文献

- 1) 国土交通省, 2023, グリーンインフラ推進戦略 2023.
- 2) 国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所, 平成14年度 大沢扇状地樹林帯整備計画検討業務 報告書
- 3) 2023年3月31日閣議決定, 生物多様性国家戦略 2023-2030.

5. おわりに

大沢川砂防樹林帯は、「グリーンインフラ」という用語が使われる以前より、樹林が有する多様な機能を活用した社会資本整備の取組であった。今回、改めてGIの観点から評価を行い、現在の樹林帯が有する機能や必要な整備内容について整理することができた。

GIである大沢川樹林帯は多機能であるため、これまで社会的情勢やニーズの変化に応じて柔軟に機能を発揮することができた。砂防施設が概成し砂防計画上の安全性