

赤谷川災害復旧事業における水理模型実験を用いた流木捕捉施設の検討について

北島 大基¹・中原 寛人¹・多田 幸平¹・川野 恵司¹

¹ 筑後川河川事務所 九州北部豪雨復興出張所

(〒838-1511 福岡県朝倉市杷木池田483番地1 朝倉市役所杷木支所3階)

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、赤谷川流域において土砂や流木により河道が閉塞し、甚大な被害が発生した。現在、河道整備による治水安全度の向上に加え、砂防堰堤や遊砂地の整備による流木捕捉と橋梁クリアランス確保による流下阻害解消を進めている。しかし、溪流内には未だ倒木等が残存し、特に赤谷川本川沿いの溪流から流出した流木は、保全対象の多い下流へ流下するため、さらに対策が必要であった。そのため、本研究では、赤谷川流域の乙石川合流点に整備する流木捕捉施設について、平面二次元解析及び水理模型実験により、流木を最大限捕捉可能な施設配置・諸元を設定することを目的とした。

キーワード 九州北部豪雨、流木捕捉施設、平面二次元解析、模型実験

1. はじめに

平成 29 年度 7 月 5 日の昼頃から夜にかけて、九州北部の福岡県から大分県に強い雨域がかかり、短時間に記録的な雨量を降らせ、気象庁のレーダー解析（24 時間解析雨量）では、朝倉市で約 1000mm、日田市で約 600mm の記録的な豪雨を観測した。この九州北部豪雨により、同時多発的に斜面崩壊が発生し、大量の土砂や流木（写真-1）が流下した。



写真-1 赤谷川流域で発生した土砂や流木(H29. 7)

このため、福岡県の管理河川である赤谷川流域や白木谷川流域等の筑後川右岸流域で多数の人的被害や家屋被害が生じた。特に、被害が甚大であった赤谷川及び乙石川、大山川について、福岡県知事の要請を受け、「権限代行制度」を全国で初めて適用し、福岡県に代わって河川災害復旧工事及び工事を実施するための調査設計、用

地補償をすることになった。

赤谷川流域において、平成 30 年応急復旧が完了し、現在、赤谷川の治水安全度を高めるため、川幅を広げ、急な湾曲区間をゆるやかにして流れやすくするとともに、砂防堰堤や遊砂地の整備による流木捕捉と橋梁クリアランス確保による流下阻害解消を進めている。しかし、溪流内には、未だ倒木等が残存し、特に赤谷川本川沿いの溪流から流出した流木は、保全対象が多い下流へ流下するため、さらに対策が必要である。

また、九州北部緊急治水対策プロジェクトにおいても、河道に流入した土砂・流木の流下への流出を抑制するための貯留施設の整備を行うとしている。

そのため、本論文では、複雑な流況を呈する乙石川合流点の赤谷川本川左岸に整備する流木捕捉施設について、平面二次元解析及び水理模型実験により、流木を最大可能な施設配置・諸元を求め、その有効性について報告する。

2. 対象区間

筑後川右支川である赤谷川は、図-1に示すとおり、流域面積19.9km²、河川延長9.4km（施工範囲7.8km）、河床勾配1/10～1/140程度である。

本研究では、検討対象区間を図-1に示す。流木捕捉施設を整備する赤谷川4.0km付近は、支川乙石川（河床勾配1/10～1/50）と小河内川（河床勾配1/30程度）が近接しており、射流状態で合流する湾曲部である。

5. 流木捕捉施設模型実験の流れ

(1) 実験条件

a) 対象流量

実験対象流量は、河川計画規模 $W=1/50$ のピーク流量（赤谷川 $85\text{m}^3/\text{s}$ （上流端）, 乙石川 $140\text{m}^3/\text{s}$, 小河内川 $35\text{m}^3/\text{s}$ ）とし、赤谷川合流後流量は、 $260\text{m}^3/\text{s}$ とした。

b) 対象流木と流木投入条件

- ・流木直径：0.01m程度
（平均流木直径0.25mの1/30程度）
- ・流木長：①平均0.5m平均流木長15mの1/30程度）
②半分に分けた長さ0.25m

・流木投入条件

条件1：平均長さ0.5mを118本投入

条件2：平均長さの半分0.25mを236本投入

条件3：平均長さの半分0.25mを118本投入

・流木投入時間

1時間（模型縮尺で約10分）

c) 実験ケース

本実験では、表-2に示す実験条件と実験ケースに従って実験を行った。

表-2 実験ケース

実験目的	実験ケース	実験条件					
		形状条件	流量条件	越流区間	流木の長さ	対象流木数	
原案形状の機能検証	1-0	原案形状	260m ³ /s	70m	-	-	
	1-1	・越流堤：なし ・貯留施設数高： HWL-0.5m			15m	118本	
	1-2	・流木止め間隔：2m ・流木止め本数：8本			7.5m	236本	
	1-3				15m	59本	
改良案形状の検討	2-1	貯留施設上流端変更 背割堤の全スリット	260m ³ /s	65m	7.5m	118本	
	2-2	①流木流入部を3.62k まで拡大			55m		
	2-3	②①+流木貯留エリア のスリット間隔を4m に拡大			55m		
	2-4	ケース2-3+乙石川合 流点上流落差工斜路 部の工夫			65m	15m	118本
	2-5	ケース2-4+落差工上 流右岸に巨石配置			65m		
	3-0	最終形状：2-5					-
最終形状の検証	3-1	・越流堤：なし ・貯留施設数高：HWL- 0.5m ・流木止め間隔： 3.62km上流4m、3.62km 下流2m、出口1m ・流木止め本数：20本	260m ³ /s	65m	7.5m	236本	
	3-2		400m ³ /s	65m	15m	59本	
					7.5m	118本	

※定流通水

(2) 実験概要

実験は、原案と最終案の機能検証では①流木なし、②流木条件3ケース（対象流木量を1時間で投入）を、改良案では流木基本条件（長さ15m）で実施した（流木ケースは3回実験して平均化）。流木捕捉施設の評価は、流木捕捉率と貯留可能本数、河道への影響度合いとした。

なお、原案形状の予備実験において、水位が越流堤を超えず、流木捕捉率が低かったため、原案形状は「越流堤なしHWL-0.5mの高さ（概ね $W=1/10$ 水位）」に変更し、以降の実験を行った。

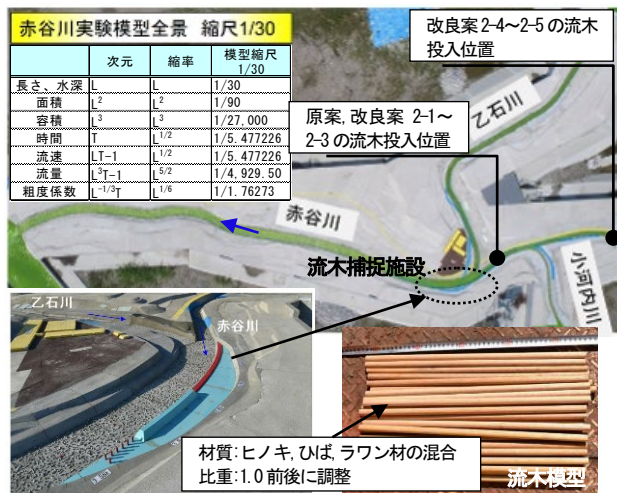


図-4 既設模型概要図と流木捕捉施設位置（模型縮尺 1/30）

6. 流木捕捉施設模型実験の結果

(1) 検討①：原案形状の機能検証

a) 原案形状の機能検証結果

原案形状の水位縦断面図（流木なし：破線、流木あり：実線）を図-5に示す。越流区間では左岸側の河道水位の方が河道中央・右岸水位よりも高いため、流木が流入しやすい位置であることが分かる。しかし、流木なし条件では施設下流部において、流木あり条件では流木止め工上流側で水位が上昇し、一部で計画堤防高を超過しており、流木貯留に加え、流木止め工・背割堤による堰上げが大きく発生している。

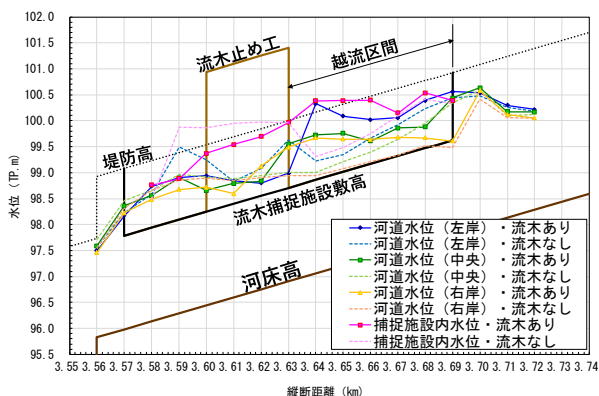


図-5 水位縦断面図（原案形状）

原案形状の流速分布図を図-6に示す。流木ありの場合、流木捕捉施設周辺の流向は、3.66～3.68 km区間で左岸捕捉施設に向かう流向を示すが、主流線は河道法線に平行となる。捕捉施設内の流れは3.69 kmから流入し、

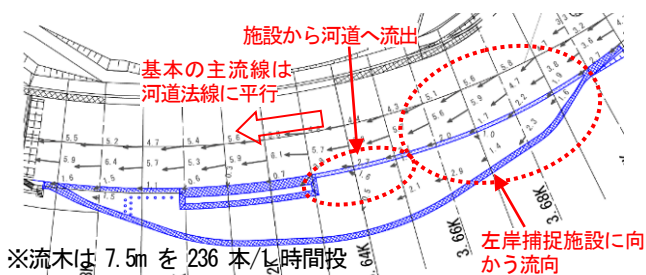


図-6 流速分布図（原案形状・流木あり）

3. 64km で河道に流出する流れが形成される。

流木捕捉率、貯留可能本数を図-7 に示す。投入する流木長の長さを変えて実験を行った結果、流木捕捉率は約 45～62%，貯留可能本数は約 250～450 本となった。

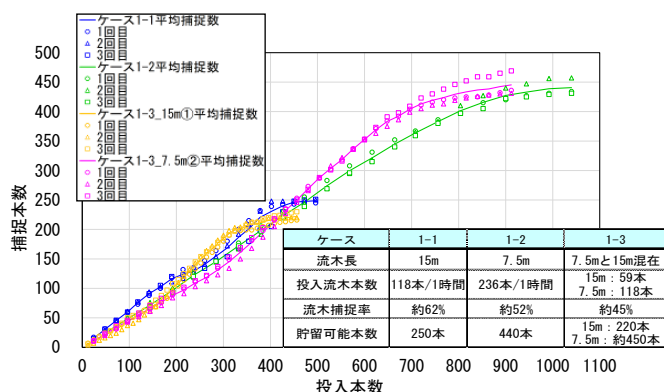


図-7 流木捕捉率（原案形状）

b) 原案形状の課題

原案形状の課題は以下のとおりである。

- ・流木なし条件でも、流木捕捉施設内の水位上昇が大きい（計画堤防高を上回る）。
- ・流木捕捉施設に設けた背割堤の上流端で剥離が発生し、流木の捕捉施設への流入阻害となる。
- ・乙石川合流点で発生する衝撃波の影響により、一旦流木捕捉施設内に流入した流木が回転することによって、再度河道に戻る現象が見られた。
- ・河道左岸側（流木捕捉施設側）を流下する流木は、施設内に流入しやすいが、河道中央を流下する流木は、施設内に流入しても流木の向きが流れに直角となり、捕捉率を低下させる。河道右岸側は、施設内に流入せず、ほとんどが下流へ流下する。

（2）検討②：改良案形状の検討

原案の効果と課題を踏まえ、改良実験を重ね、最適形状を設定する。実験ケースを表-3に、原案形状からの変更箇所を図-8に示す。ケース2-1～2-3は乙石川合流点及乙石川合流点上流とし、施設諸元確定後のケース2-4～2-5は小河内川合流等の影響も考慮できる上流とした。

表-3 実験ケース（改良案）

実験ケース	実験条件	
	形状条件	実験の狙い
2-1	貯留施設上流端変更（改良案(1)）	流木捕捉率向上
2-2	背割堤の全スリット化（改良案(2)）	
2-3	①流木流入部を3.62kmまで拡大（越流幅を55m→65mへ）（改良案(3)）	施設内水位低減抑制と捕捉流木の再流出抑制
	②①＋流木貯留エリアのスリット間隔を4mに拡大（改良案(3)）	
2-4	ケース2-3＋乙石川合流点上流落差工斜路部の工夫（改良案(4)）	施設側への流況改善
2-5	乙石川合流点上流落差工斜路部の工夫＋落差工上流右岸に巨石配置（改良案(5)）	

※290m³/sを定流通水

※流木長15mを118本/1時間流下



図-8 原案形状からの変更箇所

a) 改良案2-1（貯留施設上流端変更）の実験結果

ケース2-1の改良箇所を図-9に示す。原案形状では、捕捉施設上流端に流入した流木が赤谷川の流れにより回転し、下流に流出する現象がみられた。このため、改良案2-1では、捕捉施設上流端の位置を乙石川左岸法線に合致させ、捕捉施設に流入した流木が赤谷川より流速の速い乙石川の流れにより捕捉施設に流入することを期待した形状とした。改良の結果は図-10に示すとおりで、原案形状の捕捉率が約60%から約67%へ向上した。

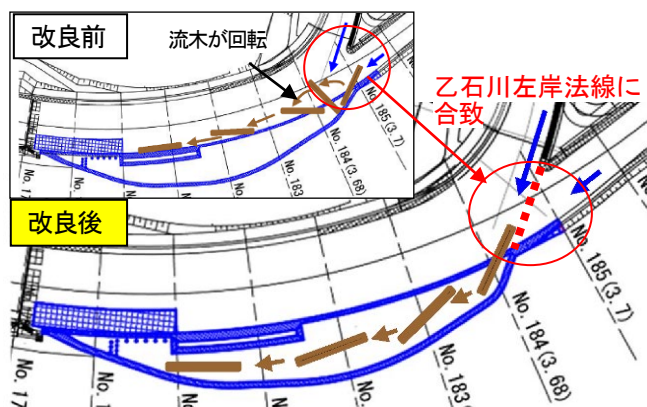


図-9 改良箇所と流木流下イメージ（ケース2-1）

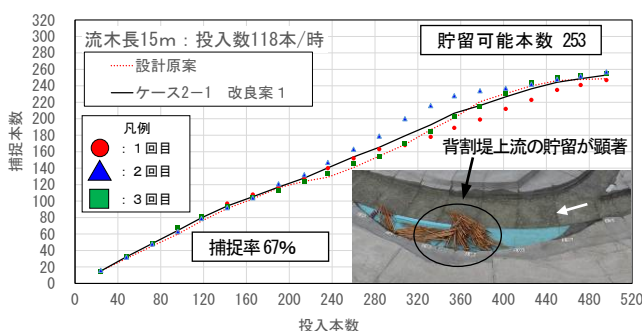


図-10 流木捕捉率・捕捉本数（ケース2-1）

b) 改良案2-2（背割堤全スリット化）の実験結果

原案形状では、背割堤内で水位が上昇し、死水域に近い流れとなるため、背割堤内に流入した流木が滞留する現象がみられた。そこで、背割堤部を流木止め工に変更し、透過性を持たせ、背割堤内側に流れ場をつくり、流木滞留を抑制することで捕捉機能を高めることとした。

改良結果は、図-11 に示すとおりで、捕捉施設内の水位上昇を抑制（流れ場を形成）できたことで、ケース2-1の捕捉率約67%から約75%へさらに向上した。

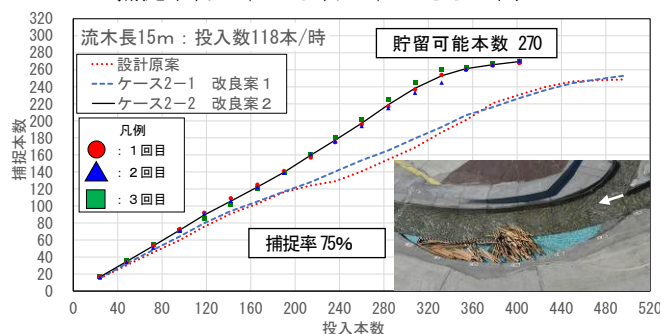


図-11 流木捕捉率・捕捉本数（ケース2-2）

c) 改良案2-3（流入部拡大）の実験結果

ケース2-2では、流木止め工の上流側は、捕捉施設内に流入する流れ場が形成されたが、流木が流木止め工上流端に衝突、停滞、下流に流下する現象がみられた。そこで、ケース2-3では、越流区間を55mから65mに延伸し、さらに、3.62 kmより上流の流木止め工の設置間隔を2mから4mに変更（流水への抵抗減）することで、流木の捕捉施設内への流入率を高めることを期待した。

改良結果は図-12 に示すように、流入部拡大によりケース2-2の捕捉率約75%から約83%へ向上した。

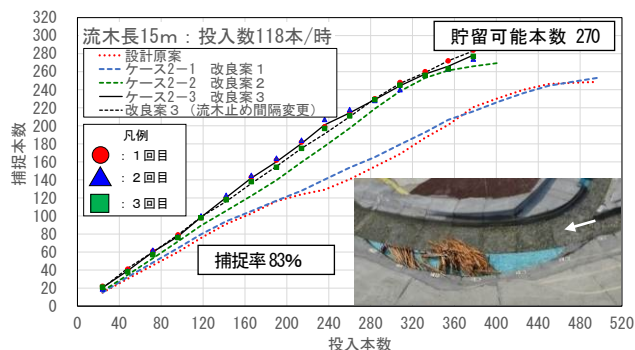


図-12 流木捕捉率・捕捉本数（ケース2-3）

d) 改良案2-4（落差工斜路部の工夫）の実験結果

乙石川合流点付近の落差工（ケース2-3までの流木投下位置）から上流は、図-4 に示すように湾曲と小河内川合流による影響で主流域が右岸に寄るため、左岸に位置する流木捕捉施設へ流木が流入しづらい。そこで、改良案2-4では、落差工斜路部を工夫して左岸側に流向を変え、流木を少しでも左岸側に寄せることで、流木の流入頻度を高めることとした。

流木投下位置を小河内川合流部上流に変更して実施した改良結果を図-13 に示す。捕捉率は1時間時点では約50%の値を示したが、急流で重力項よりも慣性項が大きい流れ場のため、落差工斜路化による改善効果は小さかった。

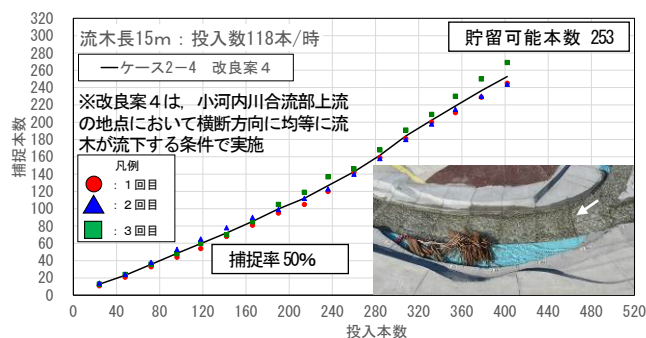


図-13 流木捕捉率・捕捉本数（ケース2-4）

e) 改良案2-5（落差工+上流河道の工夫）の実験結果

さらに改良するため、改良案2-5では、ケース2-4に加え、落差工上流右岸に洗掘抑制と減速機能を有する巨石を河床へ設置し、右岸よりの流れを抑制（河道中央～左岸へ少しでも寄せる）することとした。

改良結果は図-14 に示すとおり、ケース2-4の捕捉率約50%から約57%へ向上した（同流木投下位置の原案実験では0%）。

以上より、改良案2-5において流木捕捉率57%と高い捕捉率を確保できたことより、改良案2-5を最終案に設定した。

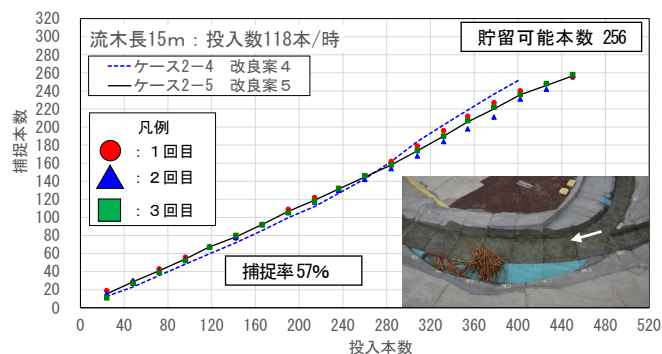


図-14 流木捕捉率・捕捉本数（ケース2-5）

(4) 検討③：最終形状の機能検証

最終流木捕捉施設を対象に、計画流量（ $260\text{m}^3/\text{s}$ ）と超過洪水流量（ $400\text{m}^3/\text{s}$ ）流下時の流木捕捉率、貯留可能本数及び水理量の計測を行った。計画流量流下時における流木パターン3ケースの流木捕捉率・捕捉本数を図-15に、超過洪水時の流木捕捉状況を図-16に示す。

計画流量時の流木捕捉率は、流木パターンを変えても約55～58%を確保している。施設周辺の水位・流速から概略の流量比を算出したところ、本川：施設＝8：2程度であり、通常、分流比と流木捕捉率が概ね同程度となることが多いことを踏まえると、効率的に流木を捕捉していると考えられる。また、超過洪水時は水位が高いため、一度流入した流木が流木捕捉工を乗り越えて河道へ流出する現象が見られたものの、流木捕捉率は約65%あり、被災流量が発生しても下流の流木被害軽減に寄与する。

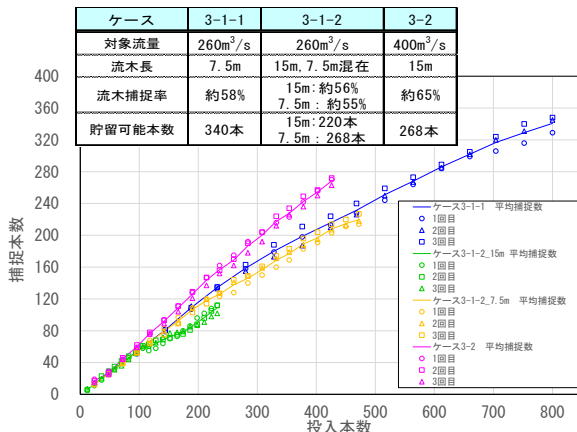


図-15 流木捕捉率・捕捉本数（最終形状）

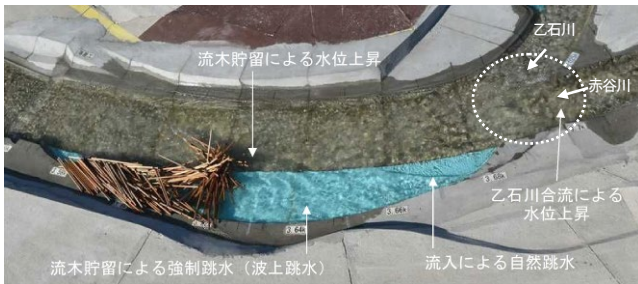


図-16 最終形状における流木貯留状況（超過洪水 400m³/s）

(5) 設計要領との比較（詳細設計への反映）

模型実験による最終施設配置・諸元や水理諸量を基に、施設高さ・配置・形状を設定し、設計要領との比較を行った。設計要領と本実験から設定した流木止め工高さの比較を表-4 に、本実験結果から設定した施設高縦断面図を図-17 に示す。

流木捕捉施設高は、実験の最大水位（計画流量流下時の河道左岸及び施設内水位の最大水位）を包絡する高さとし、流木止め工及び流木捕捉による最大水位上昇量1.4mを採用した。さらに、流木捕捉時は流木が折り重なって堆積することから、流木堆積を施設内に留めるため、余裕高として最大流木径(0.4m)の2倍である0.8m（＝河道計画の余裕高0.8mと同値）を確保し、被災流量時の水位も包絡することとした。この結果、設計要領と同値となった。また、流木集積エリアは図-18に示す3.58k～3.63kであるため、流木のせり上がり範囲を同区間とした。流木止め工の形状は、施設周辺の流入・流出の流向が様々であるため、剥離が少ない円形型とし、流木が通過しないよう下流端は2列の千鳥配置とした。

表-4 設計要領と本実験結果による設定値比較

施設諸元	土木工事設計要領より設定	実験結果より設定
①計画水深（HWL-計画河床高）	2.3m	
②流木止め工による水位上昇量	0.6m	1.4m (HWL からの水位上昇量)
③流木の堰上げ（最大流木径0.4mの2倍）	0.8m	最大値 (3.63k)
④余裕高（流木の堆積を施設内に止めるための余裕高）	0.8m（最大流木径0.4mの2倍）	
⑤施設高＝①+②+③+④（計画河床高からの高さ）	4.5m	

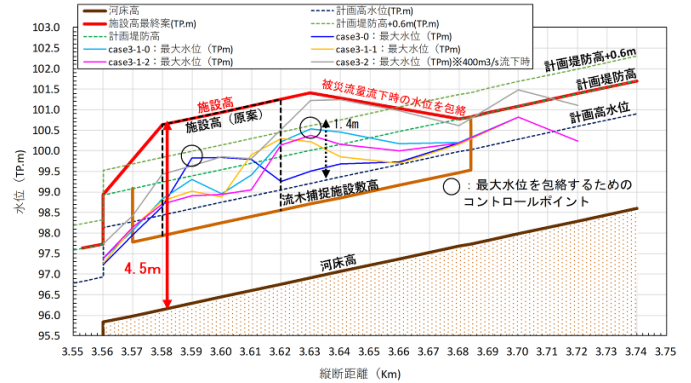


図-17 流木捕捉施設高野設定



図-18 流木のせり上がり範囲（実験ケース 3-1-2）

7. まとめ

本研究で得られた結論を示す。

(1) 乙石川合流点上流より均等流下した流木条件（湾曲・小河内川考慮なし）では、施設改良 2-1～2-3 により流木捕捉率が原案約 60%から最終案約 83%に向上した。施設改良 2-4～2-5 では、右岸側に主流域が形成された条件（湾曲・小河内川を考慮）の流木捕捉率は、原案 0%から約 60%に向上した。また、河道と流木捕捉施設の分流比が 8：2 程度であったことから、2 割程度の分流比で流木捕捉率約 60%は、効率的に捕捉していると考ええる。

(2) ①流木捕捉工の円形型鋼管採用による流水の抵抗減勢と流入流量量の増加、②背割堤スリット化による排水機能増強で施設内水位上昇抑制、③冠水頻度を抑制し、維持管理に配慮した、概ね W=1/10 程度の越流高の確保等は、今後の流木捕捉施設設計に有効な知見が得られたと考える。

今後の課題は、河床変動後においても所定の流木捕捉効果を発揮するかを確認することが必要と考えている。

参考文献

- 福岡泰斗他：数値解析と大規模水理模型実験を組合せた九州北部豪雨の河道計画立案と合意形成，土木学会河川技術論文集，第26巻，pp. 247-252，2020. 6. 10
- 土木工事設計要領 第Ⅱ編河川編 平成29年10月版 九州地方整備局
- 筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会報告書，筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会，2017. 11. 22
- 長田信寿：一般座標系を用いた平面2次元非定常流れの数値解析，水工学における計算機利用の講習会講義集，土木学会水理委員会基礎水理部会，pp. 61-76，1999. 8. 3

戦略的な人材育成の実現に向けた 技術力の解明の試み —道路橋の維持管理に着目して—

宮原 史¹

¹国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 (〒305-0804茨城県つくば市旭1)

道路橋を適切に維持管理してゆくためには、必要な技術力を有する技術者が継続的に確保できるように、目標を明確にした戦略的な人材育成を行う必要がある。しかし、各組織で行われる人材育成において、目標とする技術力の全体像や構成要素が整理されているケースは稀であると考えられる。そこで本研究では、戦略的な人材育成の実現に向け、教育分野で開発された「ブルーム・タキソノミー」の枠組を用いて、技術力の解明を試みる。さらに、具現化した技術力を活用して、既存の研修による技術力向上効果の分析を行い、本研究で具現化した技術力を用いることで実際に戦略的な人材育成を実現し得ることを示す。

キーワード 人材育成, 技術者教育, 道路橋, 維持管理, ブルーム・タキソノミー

1. はじめに

道路橋等の社会資本を適切に保全してゆくため、技術者の確保が喫緊の課題となっている。このとき、当然ながら技術者の数とともに“質”も確保する必要がある。すなわち、必要な技術力を有する技術者が継続的に確保できるように人材育成を行う必要がある。

人材育成はPDCAサイクルのシステムとして捉えることができる。ただし、このサイクルが機能するためには、道路橋の保全に携わる技術者がどのような行動をとれるようになるために、どのような力を修得させるのか、人材育成の目標が明確に設定されていることが前提条件となる。一方、道路橋の保全は暗黙知に支えられている部分も大きく、各組織で行われる研修やOJT (on-the-job training) を通じての人材育成において、目標とする技術力の全体像や構成要素が整理されているケースは稀と考えられる。このため、目標に照らした人材育成計画の立案(Plan)、効果の計測(Check)、効果を踏まえた計画の改善(Action)も困難となっている。

そこで本稿では、上述のPDCAサイクルの人材育成を「戦略的な人材育成」と捉え、その実現に向け、道路橋の保全、すなわち個々の道路橋の損傷状態を把握し、それらに対して補修等の対策を検討、判断するための技術力の解明を試みる。そして、その結果を活用して戦略的な人材育成を実現し得ることを示す。本稿では、技術力

の解明のための枠組として教育分野で開発された「ブルーム・タキソノミー」の枠組を用いることとし、同枠組で整理される「判断や検討を行うための知識と認知過程の組合せ」のことを「技術力」と称す。また、便宜上、道路橋の保全のことを「維持管理」と称す。

2. 技術力解明のための方法

(1) ブルーム・タキソノミーの枠組

本研究では、戦略的な人材育成の実現という観点から、教育分野で用いられる枠組に着眼した。具体的には、教育目標を分類し明確に記述するために開発された「ブルーム・タキソノミー」¹⁾と呼ばれる枠組を用いて、技術力の解明を試みる。なお、本研究ではアンダーソンらによって提起された2次元で構成される枠組を「ブルーム・タキソノミー」と称す。

ブルーム・タキソノミーは、表-1に示すように横軸の認知過程次元に、教える内容(知識)を類型化した縦軸の知識次元を加えて2次元で構成される。認知過程次元は、表-1に示すように「記憶する」「理解する」「応用する」「分析する」「評価する」「創造する」の6領域から構成され、表-2に示すとおりそれぞれの次元に計19の認知過程が類型化されている。なお、認知過程次元の6領域は単純なものから複雑なものの順序で配列されて

いる。知識次元は、個別・具体的な内容要素を指し示す知識である「事実的知識」、より組織化され一般化された知識である「概念的知識」、やり方についての知識である「手続的知識」、そして、自分自身の認知過程や人間一般の認知過程についての知識である「メタ認知的知識」から構成され、表-3に示すとおりそれぞれ類型化されている。知識次元の4つのカテゴリーと認知過程次元の6つのカテゴリーを組み合わせることで、合計24の目標の類型を示すことが可能である。しかし実際には、特定の知識のタイプは特定の認知過程と結びつきやすい性質をもっており、表-1に示すように、1) 事実的知識の記憶、2) 概念的知識の理解、3) 手続的知識の応用、4) さまざまなタイプの知識の複合体に支えられた「高次の認知過程(「分析する」「評価する」「創造する」にあたる)」という4つの目標の類型が考えられるとされている。

(2) 維持管理の事例に基づく技術力解明の方法

本研究では、実際の道路橋の維持管理の事例に基づき技術力の構成要素の具体化を試みる。具体的には、2016年熊本地震で被災した道路橋の復旧事例と、技術指導事

表-1 ブルーム・タキソノミー

知識次元	認知過程次元					
	1.記憶する	2.理解する	3.応用する	4.分析する	5.評価する	6.創造する
A. 事実的知識	1) 事実的知識の記憶					
B. 概念的知識		2) 概念的知識の理解		4) 高次の認知過程		
C. 手続的知識			3) 手続的知識の応用			
D. メタ認知的知識						

表-2 認知過程の類型

認知過程	類型
1.記憶する	再認する、再生する
2.理解する	解釈する、例示する、分類する、要約する、推論する、比較する、説明する
3.応用する	実行する、応用する
4.分析する	区別する、組織化する、帰属する
5.評価する	点検する、批評する
6.創造する	一般化する、計画する、生産する

表-3 知識の類型

知識	類型
A. 事実的知識	・用語の知識 ・個別的な知識
B. 概念的知識	・分類やカテゴリーの知識 ・原理や一般化の知識 ・理論、モデルや構造の知識
C. 手続的知識	・教科固有のスキルやアルゴリズムの知識 ・教科特有のテクニックや方法の知識 ・適切に手続を用いる際の判断基準の知識
D. メタ認知的知識	・方略についての知識 ・文脈と条件についての適切な知識を含む ・認知的課題に関する知識 ・自己に関する知識

例をサンプルとして、これらの事例から読み取ることができる道路橋を維持管理するための知識と認知過程の組合せを、(1)に示したブルーム・タキソノミーの枠組を用いて分類することによって、技術力の構成要素の具現化を試みる。分類にあたっては、表-2と表-3に示した類型に加え、これらの解説が示された原典を参考に、1つ1つの判断行為や検討内容がどの認知過程、知識の類型に該当するかを判断した。

(3) 対象としたサンプル

a) 熊本地震で被災した道路橋の復旧事例

熊本地震で被災した阿蘇長陽大橋（写真-1）の復旧事例³⁾をサンプルとして用いる。阿蘇長陽大橋は橋長276mの4径間連続PCラーメン橋である。熊本地震の影響によりA1橋台（直接基礎）側の斜面が崩落し、これに伴ってA1橋台に設置された支承が破壊してA1橋台自体が沈下し、箱桁端部との間に鉛直方向に2.0m程度のずれが生じる等の被災を生じた⁴⁾。本稿では、本橋の復旧のうち、大地震で斜面が崩落しても構造全体として沈下しにくい橋台形式を採用したこと（写真-2）に関する復旧の記録をサンプルとして、技術力の整理方法を例示する。

b) 道路管理者への技術指導事例

国総研では、土木研究所と連携して道路橋の不具合への対応、設計段階における疑義への対応など道路管理者からの要請に応じて技術相談に対応し、技術指導を行っている⁵⁾。技術指導では、道路管理者が行うべき判断や検討について助言を行っており、これらの技術指導の事例からも道路橋を維持管理するための知識と認知過程の組合せを分析することができる。そこで本研究では、2013～2015年度に筆者が自ら技術指導に出席し指導要旨を記録した118回分の技術指導の記録をサンプルとして用いる。これらの記録を元に道路橋を維持管理するための知識と認知過程の組合せの分類結果を重ね合わせることで、各事例が有する個別性を排除して普遍的となるよう整理し、技術力の解明を試みる。



写真-1 阿蘇長陽大橋（復旧工事中の状況）



写真-2 斜面崩落の影響を受けにくい橋台構造形式の採用

3. 熊本地震で被災した道路橋の復旧事例に基づく技術力の整理

2.(3a)に示した、大地震で斜面が崩落しても構造全体として沈下しにくい橋台形式を採用した技術的な判断や検討に用いられた知識と認知過程の組合せを分類した結果を図-1に示す。

この一連の経緯は、「斜面変状により橋台前面の支持地盤が崩落した場合でもできるだけ通行機能を確保できるようにする」という復旧における方針の設定を起点とし、「ボーリング調査結果等に基づき、採用されたRCラーメン構造の橋台の背面側をどの位置まで伸ばすか」の判断を終点としている。

起点となっている復旧における方針の設定は、ブルーム・タキソノミーでは問題を設定する認知過程は「生産する」に含まれることから、認知過程は「創造する」に分類した。また、この判断は、支持地盤が想定を超えて崩落する可能性の認知、すなわち自らの認知の限界という「自己に関する知識」に基づく認知過程と考えられることから、知識は「メタ認知的知識」に分類した。

設定した方針に基づく「RCラーメン構造により橋台を再構築する」という手段の提案も、認知過程は「創造する」に分類した。また、本事例で提案された橋台形式は一般的な形式ではなく、橋梁設計の手続的知識ではなくコンクリート工学の概念的知識まで立ち返って、方針に合致する手段を提案するに至ったと考えられることから、知識は「概念的知識」に分類した。

提案された橋台構造形式の妥当性を評価するために用いられた解析手法や、地盤の緩みの範囲を把握することを目的として開口クラックが確認された範囲を包含して行われたボーリング調査は「手続的知識」に該当するものとして整理した。

最終的になされたRCラーメン構造の橋台の背面側をどの位置まで伸ばすかの判断は、ボーリング調査結果から橋台背面の位置を判断するにあたって重要な情報を「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、認知過程は「分析する」に分類した。

また、この判断は橋梁設計の手続的知識に基づいて行われたと考えることも、地盤工学の概念的知識まで立ち返って行われたとも考えることができることから、知識は「手続的知識」と「概念的知識」の両方に跨るものとして分類した。

このように、ブルーム・タキソノミーの枠組を用いることで、維持管理における様々な判断や検討を、認知過程と知識の両方の観点から分類することができた。

4. 道路管理者への技術指導事例に基づく技術力の整理と考察

(1) 整理結果

2.(3b)に示した118回分の技術指導の記録から読み取ることができる、道路橋を維持管理するための知識と認知過程の組合せを分類した結果を図-2に示す。技術指導における個々の助言を3.と同じ方法で分類した上で、3.の整理結果も包含し普遍的に整理した結果を示している。高次の認知過程にあたる「分析する」「評価する」「創造する」に分類した指導内容は、道路橋の維持管理における「a) 方針の決定」「b) 損傷状態の把握」「c) 損傷原因の推定」「d) 既設橋の性能評価」「e) 対策の決定」という対応プロセスに沿って整理した。

技術基準における規定の有無、技術基準の改定年次に応じた規定内容の相違といった基本知識や、関連する過去の損傷事例や災害事例の存在を助言する内容は「事実に知識の記憶」に分類した。技術基準類の位置付けや、技術基準類に示されている内容の前提条件、適用範囲、根拠等の解釈を助言する内容は「事実に知識の記憶」とは差別化し、「概念的知識の理解」に分類した。橋梁の設計、施工の方法や手順に関する知識や、道路橋の状態を把握するための各種の調査・検査手法や、応力状態を推定するための各種の解析手法の応用を助言する内容は「手続的知識の応用」に分類した。また、上記の対応プロセスのような、不具合や疑義を解決するための有効な対応プロセスに関する知識、損傷原因を究明することの

知識次元	認知過程次元				
	(略)	3. 応用する	4. 分析する	5. 評価する	6. 創造する
A. 事実に知識	(略)				
B. 概念的知識			ボーリング調査結果等に基づき、橋台のRCラーメン構造を伸ばす位置を決める		RCラーメン構造により橋台を再構築することを考えつく
C. 手続的知識		ボーリング調査を行う		橋台をRCラーメン構造により再構築する案の妥当性を評価する	
D. メタ認知的知識		※矢印は、判断や検討の経緯を表す			斜面変状により橋台前面の支持地盤が崩落した場合でもできるだけ通行機能を確保できるようにする、という方針を考えつく

図-1 技術力の整理の例（斜面崩落の影響を受けにくい橋台構造形式の採用）

難しき等課題の難易度についての知識、現状における知識の限界に関する知識や自らの想定に関する知識はメタ認知的知識に分類した。

紙面の都合上1つ1つの分類過程の解説は省略するものの、上記のa)～e)の対応プロセスに関する指導内容は、内容に応じて、図-2に示すとおり、高次の認知過程にあたる「分析する」「評価する」「創造する」のいずれかに分類した。このとき、これらの指導内容は、それぞれが「事実的知识」から「メタ認知的知識」までいずれの知識に基づく場合もあった。一方、「分析する」「評価する」「創造する」のいずれもこれらの知識の組合せに基づく認知過程として整理することができた。このため、「分析する」「評価する」「創造する」は、認知過程のみ分類するとともに、前述した事実的知识、概念的知識、手続的知識、及びメタ認知的知識に基づくことを破線矢印で表した。

(2) 道路橋を維持管理する技術力に関する考察

対応プロセスに沿って整理した図-2の高次の認知過程に着目すると、道路橋を維持管理する技術力に関して以下のことが読み取れる。

- ・まず最初に「方針の決定」（「創造する」に分類）という認知過程があり、以降の対応プロセス全体に影響する重要な構成要素となっている。

・方針を決定した上での「損傷状態の把握」から「対策の決定」までの対応プロセスには、「推定する」「見立てる」といった認知過程が多くあり、合理的に目標を達成できるよう適切に推定、見立てを積み重ねる必要性が読み取れる。

・同様に、「損傷状態の把握」から「対策の決定」までの各対応プロセスには、

- 1)「仮説を立てる」「可能性を考えつく」といった認知過程（「創造する」に分類）
- 2) 1)で案出した事項から「絞り込む」「見立てる」といった認知過程（「分析する」に分類）
- 3) 2)の結果の妥当性を「評価する」認知過程（「評価する」に分類）

という横方向のサイクルが共通してみられ、各対応プロセスにおいて考えついた仮説や可能性を慎重に吟味する必要性が読み取れる。

・残存耐荷力の推定や損傷の進展の見立て等には、「不確実性がある可能性を考えつく」認知過程があり、不確実性を考慮して合理的に目標を達成可能な対策を検討する必要性が読み取れる。

・対策後の応力状態や維持管理段階に着目すべき部位や損傷に関する認知過程があり、対策施工中のみならず施工後や維持管理段階も想定して対策を検討する必要性が読み取れる。

知識次元	認知過程次元					
	1. 記憶する	2. 理解する	3. 応用する	4. 分析する	5. 評価する	6. 創造する
A. 事実的知识	- 技術基準類に関する事実的知识を知る - 過去の損傷事例等に関する事実的知识を知る - 構造力学、鋼構造、コンクリート工学、土質力学、地盤工学、振動工学に関する事実的知识を知る			b) 損傷状態の把握 ・各部位の損傷状態を推測する	b) 損傷状態の把握 ・各部位の損傷状態の推測の妥当性を評価する	a) 方針の決定 ・目標を設定する ・配慮事項を設定する ・検討手順を決定する b) 損傷状態の把握 ・各部位の損傷状態について仮説を立てる ・各部位の損傷の見落としの可能性を考えつく
B. 概念的知識	※括弧内は、直接該当する指導内容はなかったものの、高次の認知過程の前提であるため便宜上示した内容を表す	・技術基準類に関する概念的知識を理解する ・構造力学、鋼構造、コンクリート工学、土質力学、地盤工学、振動工学に関する概念的知識を理解する		c) 損傷原因の推定 ・損傷の原因である可能性のある事項を絞り込む d) 既設橋の性能評価 ・既設橋の耐荷力を推定する上で着目すべき部位を絞り込む ・着目部位の応力状態を推定する ・損傷の影響を見立て、残存耐荷力を見立てる	c) 損傷原因の推定 ・損傷原因の推定の妥当性を評価する d) 既設橋の性能評価 ・着目部位の妥当性を評価する ・応力状態の推定の妥当性を評価する ・残存耐荷力の見立ての妥当性を評価する	c) 損傷原因の推定 ・損傷の原因について仮説を立てる d) 既設橋の性能評価 ・応力状態に不確実性がある可能性を考えつく ・残存耐荷力に不確実性がある可能性を考えつく
C. 手続的知識			・橋梁設計、施工に関する手続的知識を応用する ・各種解析手法に関する手続的知識を応用する ・各種調査・検査手法に関する手続的知識を応用する	e) 対策の決定 ・損傷の進展を見立てる ・起こり得る厳しい状況を推定する ・起こり得る破壊形態を推測する ・対策が必要な部位を絞り込む ・対策方法を絞り込む ・対策施工時及び対策後の応力状態を推定する	e) 対策の決定 ・損傷の進展の見立ての妥当性を評価する ・起こり得る状況の推定の妥当性を評価する ・破壊形態の推測の妥当性を評価する ・対策部位の妥当性を評価する ・対策方法の妥当性を評価する ・対策施工時及び対策後の応力状態の推定の妥当性を評価する	e) 対策の決定 ・損傷の進展に不確実性がある可能性を考えつく ・起こり得る状況について仮説を立てる ・起こり得る破壊形態について仮説を立てる ・対策方法を考えつく ・対策施工時及び対策後の応力状態に不確実性がある可能性を考えつく
D. メタ認知的知識	- 有効な対策決定プロセスに関する知識 - 課題の難易度に関する知識 - 現状における知識の限界や自らの想定に関する知識			・維持管理段階に着目すべき部位や損傷を絞り込む	・維持管理段階に着目すべき部位や損傷の妥当性を評価する	・維持管理段階に着目すべき部位や損傷を考えつく

図-2 技術指導事例に基づく技術力の整理の例

これら対応プロセスに関する認知過程はいずれも、「手続的知識の応用」とは差別化され、「高次の認知過程」と整理される。すなわち、調査手法や解析手法を応用することのみならず、これらを対応プロセスに応じて「使いこなす」ことが必要である。

5. 整理した技術力の活用例-道路橋の定期点検に関する研修による技術力向上効果の分析-

4.で整理した技術力の構成要素を研修やOJTといった様々な人材育成手段と対応付けることができれば、ブルーム・タキソノミーの枠組を用いて設定された人材育成の目標に対して人材育成を計画し得ることから、戦略的な人材育成を実現できる可能性がある。また、技術力の構成要素との対応を整理することで、既存の研修等による技術力向上効果を評価することも可能となる。そこで以下では、整理した技術力を活用して、国土交通省が主催する道路構造物管理実務者研修（橋梁初級I）の技術力向上効果を分析する。

(1) 道路構造物管理実務者研修（橋梁初級I）の概要

本研修は、国、都道府県、市区町村の職員を対象に道路橋の定期点検に従事する者に最低限必要な知識と技能を修得させることを目的としている。全国統一のテキストを用いて、講義と現地実習で構成されるカリキュラムで行われ、研修終了時には研修内容の理解度を測るため達成度確認試験が行われる。達成度確認試験は、橋の構造の基本、損傷の特徴や原因に関する選択方式の知識問

題（学科試験）、及び、現地実習時に現地で近接目視と診断を行った結果を所見として記述する記述式問題（実技試験）から構成される。

(2) 分析方法

本研究では、達成度確認試験に正答するのに必要な知識と認知過程の組合せを、本研修による学習内容とみなすこととする。2019年度に出題された試験問題をサンプルとして、これらの問題に正答するのに必要な知識と認知過程の組合せを分類した上で、4.で整理した技術力の構成要素との対応を整理することにより、技術力向上効果を分析する。なお、実技試験については、同試験のポイントが示された資料⁹を参考に、正答するのに必要と考えられる知識と認知過程の組合せを整理した。

(3) 分析結果

図-3は、学科試験と実技試験のそれぞれに正答するのに必要な知識と認知過程の組合せを分類した結果を、ブルーム・タキソノミーの枠組で示したものである。

a) 学科試験

学科試験に正答するのに必要な知識と認知過程の組合せは、いずれの問題も図-2に示した技術力の構成要素のうち、「事实的知識の記憶」、「概念的知識の理解」、「手続的知識の応用」のいずれかに対応するものと整理することができたため、図-3にはこれらの構成要素の単位で集計した総数と内訳を示している。

例えば、「道路橋の定期点検及び健全性の診断の結果並びに措置の内容等は、記録し、当該道路橋が利用されている期間中は保存しなければならない。」という真偽法の問題は、

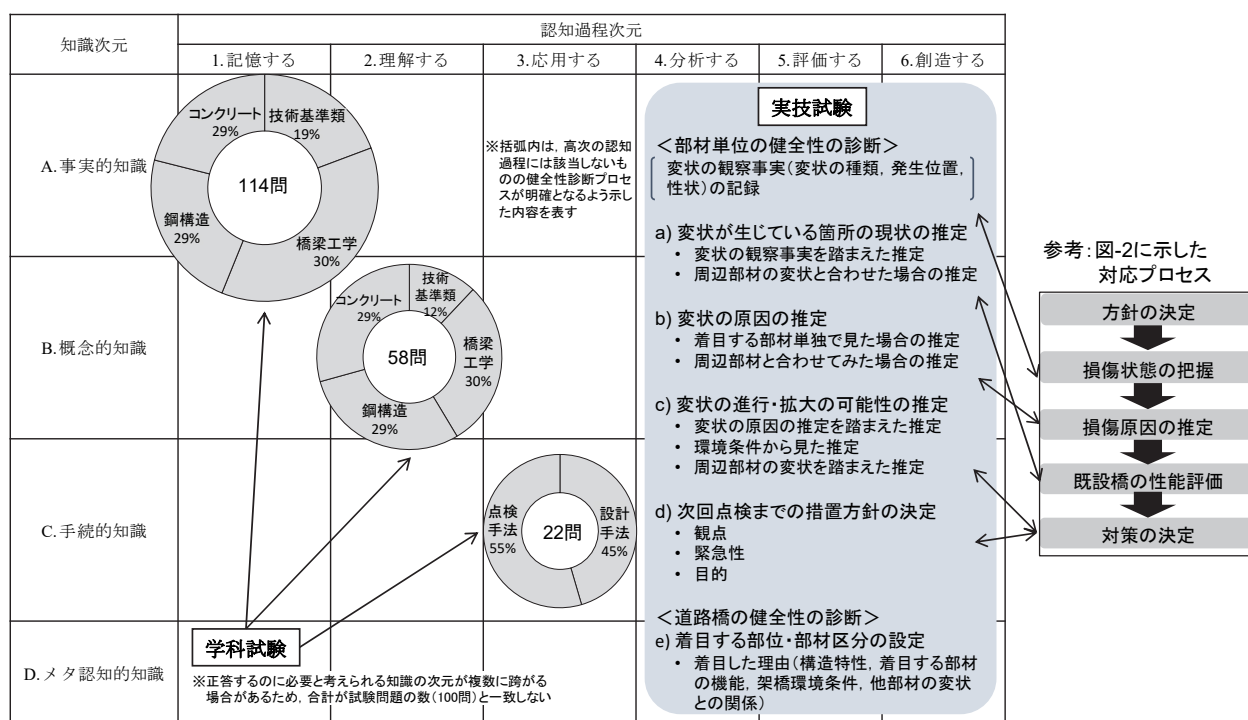


図-3 道路構造物管理実務者研修(橋梁初級I)による技術力向上効果の整理

定期点検について道路管理者が遵守すべき事項や法令を運用するにあたり最低限配慮すべき事項を記した道路橋点検要領の内容の知識があれば正答が可能であるため、「事実的知識の記憶-技術基準類」に分類した。また例えば、「定期点検において、変色、うき・剥離、ひびわれ状態等からコンクリート内部の鋼材の腐食が疑われる場合には、打音、うき・剥離のたたき落としを行ってから内部の状態について目視して、診断に必要な情報を得ることが原則である。」という真偽法の問題に正答するには、鋼構造やコンクリートの用語の知識に加え、定期点検に用いる調査手法である目視と打音を適切に用いる判断基準に関する知識があれば正答が可能である。そこで、事実的知識に加え、「手続的知識の応用-調査・検査手法」にも分類した。

b) 実技試験

前述の資料⁹⁾に示される健全性の診断に必須とされる項目は、「変状の観察事実」を除き、いずれも図-2に示した技術力の構成要素のうち、「高次の認知過程」として分類した対応プロセスのいずれかに対応するものと整理することができた。そこで、図-3には健全性の診断のプロセスに沿いつつ、図-2に示した対応プロセスとの対応も併せて示している。

(4) 技術力向上効果の考察

(3)で示したように、4.で道路橋を維持管理する技術力をブルーム・タキソノミーの枠組で整理したことにより、本研修の学習内容と技術力の構成要素を対応付けることができた。またその結果から同研修は、定期点検に従事する上での基礎となる事実的知識に重点を置きつつも概念的知識、手続的知識までをカバーする幅広い知識の習得を担う講義と、高次の認知過程に対応する技術力の習得を担う現地実習で構成されるカリキュラムにより、道路橋を維持管理する技術力を幅広く習得可能な研修となっていると分析することができる。

6. まとめと今後の展望

本稿では、実際の道路橋の維持管理で用いられた知識と認知過程の組合せを、教育分野で開発されたブルーム・タキソノミーの枠組を用いて分類することによって、技術力の解明を試みた。その結果、技術力の全体像と構成要素の一例を具現化して示した。さらに、具現化した技術力と、道路橋の維持管理に関する研修による学習内容との対応を整理することにより、同研修による技術力向上効果を分析した。このように、ブルーム・タキソノミーの枠組を用いて目標を設定した上で、技術力の構成要素を研修やOJTといった様々な人材育成手段と対応付けければ、人材育成を計画し得る。すなわち、戦略的な人材育成を実現できる可能性がある。

一方、4.に示した技術力の構成要素において重要な位置を占める高次の認知過程は、知識次元との対応が明確でなく、人材育成手段との対応が単純ではない。このような課題に視座を与える概念として、「適応的熟達者」⁷⁾がある。適応的熟達者は、既習の技能を柔軟に応用したり、以前の経験を新しい事態に生かしたりすることができる者を指し、図-2に示した高次の認知過程に対応する技術力を修得した技術者に該当すると考えられる。波多野⁷⁾は、適応的熟達化のプロセスについてはあまり多く分かっていないとしつつ、適応的熟達化のために不可欠な条件として以下の4点を提案している。

- 1) 絶えず新奇な問題に遭遇すること
- 2) 対話的相互作用に従事すること
- 3) 緊急（切迫した）、外的な必要性から解放されていること
- 4) 理解を重視するグループに所属していること

上記の4点の条件を踏まえると、高次の認知過程に対応する技術力の修得を目標とする場合には、幅広く知識を得ることができるカリキュラムの研修や課題研究や討議も含むカリキュラムの研修を実施したりすることが有効と考えられる。また、上記の4点を満足する手段の1つとして、道路橋の維持管理実務に携わることも挙げられる。このような背景に加え、「土木工学には経験工学の側面がある」とも言われることを踏まえると、土木技術者の技術力向上には業務上の経験が大きな役割を担っている可能性が高い。土木技術者の経験を通じた学習内容の解明と、経験を人材育成のシステムに組み込む方法論の確立は今後の課題である。

謝辞：本研究について、堤盛人先生（筑波大学）から多くの有益な助言を頂いた。ここに記して感謝する。

参考文献

- 1) Anderson, L. W., et al.: Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Longman, 2000.
- 2) 石井英真：「改訂版タキソノミー」によるブルーム・タキソノミーの再構築—知識と認知過程の二次元構成の検討を中心に—, 日本教育方法学会紀要「教育方法学研究」第28巻, 2002.
- 3) 星隈順一, 西田秀明, 瀧本耕大：熊本地震からの復旧事例に学ぶ橋の補修補強と維持管理～ビルド・バック・ベター, 補修補強, モニタリング, 維持管理, CIMの活用～, 第47回プレストレストコンクリート技術講習会—いま求められるPC技術—, 2019.
- 4) 国土技術政策総合研究所資料第967号：平成28年（2016年）熊本地震土木施設被害調査報告, 2017.
- 5) 国土技術政策総合研究所：国総研技術相談窓口。
<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/tcc-soudan/index.htm>
- 6) 国土技術政策総合研究所：橋梁初級I研修 達成度確認試験(実技)のポイント。<http://www.nilim.go.jp/lab/ubg/info/text/practice.pdf>
- 7) 波多野諄余夫：適応的熟達化の理論をめざして, 教育心理学年報, Vol.40, pp.45-47, 2001.

遠隔臨場システムを活用した掘進長の確認(試行)について ～砂防事業の生産性向上に向けた取り組み～

山崎 卓也¹

¹近畿地方整備局 六甲砂防事務所 (〒658-0052兵庫県神戸市東灘区住吉東町3-13-15)

砂防事業では堰堤設計に必要な地質調査のため、多くのボーリングが実施されており、掘進長の確認(検尺)は、共通仕様書に基づき、原則として監督職員の立会が必要とされている。しかし、山間地で移動に時間を要する場所が多く、個々の地盤条件が異なるため、検尺日時を事前に決めるのは困難であり、手待ち時間が生じることで、工期を圧迫することもある。

六甲砂防事務所では、令和2年度の既設砂防堰堤調査において、遠隔臨場システムを活用した掘進長の確認を試行的に実施し、受発注者の生産性の向上を図るとともに課題を明確にした。

キーワード 遠隔臨場システム、砂防事業、生産性向上、リモート検尺

1. はじめに

六甲砂防事務所は、昭和13年の阪神大災害を契機に開設され、砂防堰堤やグリーンベルトの整備等の砂防事業を行っている。現場は神戸市等の市街地に隣接しており、市街が山腹にまで迫っているため道路が極端に狭い等、アクセスが簡単ではない。

地質調査の機械ボーリングでは発注者による掘進長の現場立会を行うが、山地では移動に時間が取られる上に、地質の状況次第で予定が立てにくく(地盤の急な変化や掘進作業の遅れによる待ち時間が発生)、立会待ちに伴う現場作業の手待ちもしばしば発生する。

本報告は、遠隔臨場システムを活用した掘進長の確認(以下、リモート検尺と言う)の実施状況とその効果について、砂防事業の生産性向上の観点から報告するものである。

2. 地質調査における立会状況の実態

機械ボーリングによる掘削は、ボーリングの目的および予想される地盤構成をもとに事前に取り決めた掘止条件を満足する深度で終了としている。掘進長を確認する作業を検尺と言い、地質調査における主要な立会であるが、立会を予定する際の課題として以下の点が挙げられる。

a) 工程の不確実性

例えば支持層が想定より深い(または浅い)ことで、

予定の深度で掘り止めとならないことも多い。掘削時に孔内で発生する様々な事象(硬質な玉石や破碎帯を掘削する際の極端なスピード低下、孔壁崩壊等防止のための保護管挿入に時間を要する等)や天候その他の理由によっても工程が流動的となる(予定が立てにくい)。

b) 現場作業の手待ち

検尺深度立会の日時は、受発注者間で事前に予定し、掘止深度到達日時がほぼ確実になった後に最終調整を行うことが多い。しかし、発注者側に様々な予定があり、受注者側が希望する日時に検尺の立会が行えるとは限らない。そのため、作業の手待ちが多少なりとも発生し、2日程度となることもある。これは、後の工程にも影響を与えることがある。

c) 自主検尺の問題点

日程調整が難しい等の理由で発注者の立会ができない場合、受注者側のみで掘進長の確認(自主検尺)を行い、立会検尺で監督職員が現地で確認する作業(コアの確認、残尺の確認、ロッド・コアチューブの引き抜き状況の確認、掘削深度の検尺)を受注者側で責任をもって実施し、後日写真等で報告を行う。しかし、検尺は数量変更の根拠となる重要な確認作業であるとともに、発注者が各ボーリング孔の状況を現地でコア、スライム、周辺地盤の露頭や掘手へのヒアリングなどとともに確認することができる貴重な場であり、可能な限り立会して実施することが原則である。

3. 試行に至った経緯

前述の実態に加えて、リモート検尺を試行した業務は、既設砂防堰堤の健全性を確認する調査で、11堰堤で23本とボーリング本数が多い。河川区域内の調査を非出水期に行う必要があったためタイトな工程となっており、検尺に伴う待ち時間の積み重ねは現場作業の工程に大きく影響することが懸念された。そのため、最大三班体制で掘削を行ったが、効率的な管理手法が求められた。そこで、遠隔臨場システムを活用した情報共有手法が生産性を向上させる一手法と成り得る可能性に注目し、検尺を含めて実施できないかと受注者が提案し、発注者が試行として了承して、実施に至った。

4. リモート検尺

リモート検尺は、カメラと音声をネットワークで結ぶ遠隔臨場システムを活用し、事務所で在席の監督職員が現場から送られる映像をパソコンで見て、掘進長の確認を行う方法である。今回は、映像通信技術に遠隔現場支援システム（NETIS登録番号：THK-180002-A）を採用し、現場管理者による作業状況の撮影には写真-1、2に示すメガネ（以下、スマートグラスと言う）を使用した。



写真-1 リモート検尺に使用したスマートグラス



写真-2 リモート撮影器具の装備状況

5. リモート検尺の実施状況

(1) 1回目：西谷堰堤No.2で実施（12月2日）

本堰堤は、駐車場所から急な斜面を約40m下った溪流に位置する。

ボーリングの進捗および受発注者間の調整により、検尺が夕方の実施となったため、暗い（光量が弱い）通信画像となり、事務所側のパソコンでスムーズな確認が行えないという問題が生じ、現場の光量不足対策の必要があると分かった。

また、ロッド引き抜き後の残尺位置が、画質や視点の移動で分かりにくかったが、ロッドやコアチューブの対象の下に紙を敷くと事務所側の視認性向上に繋がるなど改善点も見出すことができた。

(2) 2回目：東谷堰堤No.1で実施（12月8日）

本堰堤は、駐車場所から約60mにある登山道入口から約140m足元の悪い山道を登った溪流に位置する。堰堤上へは、さらに約3mの高低差を梯子で登る必要がある。

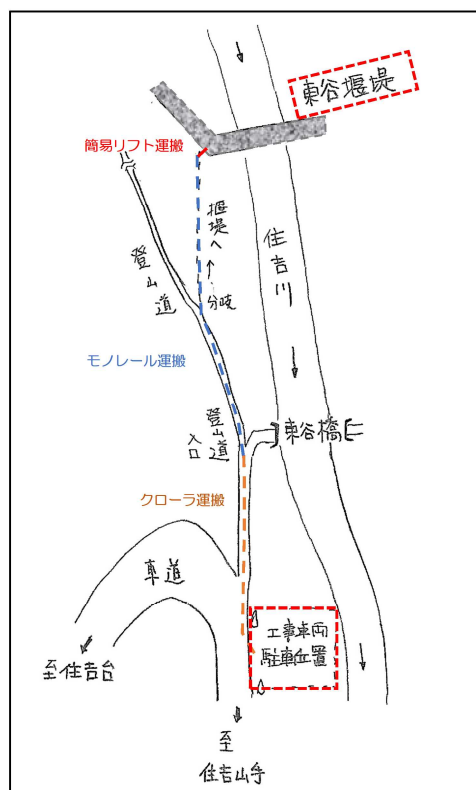


図-1 東谷堰堤へのアクセス

午前中の明るい時間帯での実施であったこともあるが、孔口部分のロッドに蛍光テープを巻き付け、用意したライトで照らすことで、光量の問題はクリアされた。

また、ロッドやコアチューブの下に用意した白い紙を敷いたところ、事務所側での視認性が向上した。

一方で、視認性の更なる向上には、リモート撮影の際にスマートグラスを着用している人が動き回らないこと（画像が揺れて事務所側の確認者の目が回るため）、

作業を行うことは作業補助者に任せ、一つ一つの作業を確認しながらゆっくりと説明することが必要と分かった。スマートグラス装着者、現場での作業員、事務所で指示を出す者、それぞれがスマートグラスの特性を理解し、丁寧に説明しながら行動するための習熟が必要と判明した。



写真3 白い紙を敷くことで通信映像の視認性が向上

(3) 3回目：東谷堰堤No.2で実施（12月10日）

東谷堰堤No.1で課題となった視認性については、リモート撮影者の立ち位置を事前に確認し、残尺～ロッド・コアチューブの引き抜き～検尺用意（ロッド・コアチューブを標尺棒と共に並べ、チョークでロッド等の長さや残尺部分を示す作業）の実施状況を、撮影位置を大きく変えないように工夫して撮影する等改善を図った。また、リモート検尺実施手順（受注者が作成）を用意し、現場からの説明を一つ一つの作業に対して、ゆっくりと丁寧に行った。メンバーの習熟により、検尺作業自体は30分程度で終了することができた。

(4) 4回目：^{かんのう}神呪堰堤No.1で実施（12月22日）

リモート検尺の実施がタ方となったが、蛍光テープをロッドに巻き付けライトで照らすことで、視認性の問題は生じなかった。

リモート検尺に使用している遠隔臨場システムは、アプリケーションのインストールが必要であり、発注者側の行政パソコンへのインストールができなかったため、前回までは受注者が持ち込むノートパソコンの画面で確認作業を行っていた。しかし、小さい画面は大人数での確認に適していないため、今回は事務所にあるモニターに接続し、モニター画面とノートパソコン画面の2映像で確認作業を行った。その結果、大きなモニターを使うことで、状況の把握が格段に容易となった。



写真4 リモート検尺の実施状況（六甲砂防事務所にて）

6. 今回の成果

一定期間に集中して複数の堰堤で次々に検尺となる中、リモート検尺を実施することで下記の成果が得られた。

a) 生産性の向上

掘り止め深度に到達して直にリモート検尺を実施できたため、通常の立会検尺で多少なりとも発生する作業の手待ちが全く発生しなかった。リモート検尺を実施して監督職員のスケジュール管理が効率的になり、検尺の度に半日を要するということが無くなった。現場側の作業予定も立て易くなり、生産性が向上するとともに、工程に余裕が生じた。

b) 現場情報の共有と意思決定の迅速化

検尺作業の可視化に加え、コアと露頭の関係の説明等をリモートで行い、現場立会時にしか知り得ない細かい情報をリアルタイムで共有できた。立会検尺では一人の監督職員へ説明を行うことになるが、リモート検尺では同時に大勢の関係者での確認や共有が可能である。そのため、設計・工事担当者の参加や意見交換まで行うことができ、同時に議論を進めて結論も出せることがある（意思決定の迅速化を図れる）という効果も分かった。

c) 安全性の向上

砂防の現場は、足元が悪い、歩く距離が長い、急登・急降下といったアップダウンがあるなど、安全性に配慮が必要である。写真-5は東谷堰堤の現場状況で、栈橋を渡り梯子を登って堰堤上へ到達する。現場検尺立会時には作業員に加えて監督職員の安全確保にも配慮する必要があるが、労働災害発生抑止にも間接的に貢献できた。



写真-5 東谷堰堤の現場状況

7. 課題と今後の展望

今回の試行によって前述の成果が得られた一方で、遠隔臨場システムを活用したリモート検尺を普及させるための課題も残った。

a) 通信機器の工夫

携帯電話の4Gのテザリング機能を使用してリモート検尺を実施したため、電波が通じない（または安定した電波が得られない）2堰堤（山脇上流、亀の滝上流）には適用できなかった。衛星電話などを利用することで解決可能と思われるが、衛星電話の利用料や速度の点が課題となる。

b) 更なる効率化

現場に2名（スマートグラスを掛けてリモート撮影を行う者とライトで照らす等の作業の補助者）と、事務所に1名（ノートパソコンで遠隔臨場システムを操作する者）を配置して、リモート検尺を実施した。同時に3名

の技術者が対応する形となり、今回の六甲砂防事務所のような利便性の良い事務所では大きな負担にはならないが、遠方の事務所の場合は工夫が必要である。現場の対応は、慣れることで1名での対応が可能になると思われる。事務所の対応として、例えばWebを利用して遠隔臨場システムを発注者側のパソコンでも利用できて監督員が操作できるようになると、通常の立会検尺と同様の人員配置でリモート検尺を実施することができ、更なる効率化が期待できる。

c) 発展性

遠隔臨場システムは、地質調査の分野の中でも、調査位置の決定や地質リスクの確認等、リモート検尺以外でも適用可能と思われる。

また、遠隔臨場システムは災害現場での活用などで有望な技術とされており、検尺をはじめとした通常業務の中で使用に習熟することは災害時の迅速性や効率性にも大きく役立つと思われる。

システム自体も日進月歩で進歩しつつ、安価になってきている。組織での採用や訓練を検討する時期ではないだろうか。

8. まとめ

リモート検尺を試行的に実施し、関係者の積極的な取り組みにより、砂防事業の生産性の向上に繋がる成果を得ることができた。もちろん、リモートだけでは現場の状況を知るには不十分であるが、コストとパフォーマンスのバランスを考慮して様々な適用方法を受発注者間で検討することで、リモート検尺の普及に繋がるものと思われる。

謝辞：リモート検尺の試行において、受注者である株式会社日本インシークの皆様にご協力いただき、短期間での改善と今後の展望に繋がりましたこと、深く御礼を申し上げます。

「新たな住宅セーフティネット制度」における 居住支援の取組み ～住宅政策の新たな展開と居住支援への期待～

木下 和彦¹

¹中部地方整備局 建政部 住宅整備課 (〒460-8514 名古屋市中区三の丸2-5-1)

我が国においては、高齢者、障がい者、子育て世帯等の住宅の確保に配慮を要する方は今後も増加する見込みである。住宅セーフティネットにおいては、公営住宅をはじめとした公的賃貸住宅がその根幹を担うこととなるが、公的賃貸住宅だけではそのすべてに対応できていないのが現状である。新たな住宅セーフティネット制度により、民間賃貸住宅を含めた住宅政策の新たな展開と福祉政策と連携した居住支援の必要性が高まっている。今回の事業研究では、中部地方整備局で行っている勉強会や地方公共団体等への個別支援などを踏まえ、住宅政策の新たな展開と居住支援への期待について報告する。

キーワード 住宅セーフティネット制度、居住支援、居住支援協議会、居住支援法人、住宅確保要配慮者、セーフティネット登録住宅

1. はじめに

近年、少子高齢化が急激に進行している。特に高齢者の単身世帯数が大幅に増加していくと考えられる。65歳以上の高齢者がいる世帯は2015年時点で約1,918万世帯あり、10年後の2025年には2,103万世帯になると推計されている。このうち単身高齢者世帯は625万世帯から751万世帯に達すると見込まれており、配偶者の死亡等による生活環境の変化や収入減少などから、新たに賃貸住宅に転居する単身高齢者が多くなることが考えられる。

また、若年層や子育て世帯においても、住宅セーフティネットの必要性が高まっている。若年層の収入をみると30歳代の給与のピーク時であった1997年と2015年の状況を比較すると1割減の約416万円となっている。また、子育て世帯では、特にひとり親世帯の収入面での問題が顕著になっており、2016年のデータによれば、子育て世帯全体の年収に対して49.2%に当たる348万円にとどまっている。今後の賃貸住宅の家賃帯の状況にもよるが、低家賃の賃貸住宅への転居や住居喪失のリスクを抱える方が増えていく状況である。

一般の新型コロナウイルス感染症による影響も、このような住居喪失リスクを更に高める一因になることは容易に推測できる。

しかし、2021年に実施された国土交通省住宅建設事業調査「住宅確保要配慮者の居住に関する実態把握及び継続的な居住支援活動等の手法に関する調査・検討業務報告書」によれば、家賃滞納、住戸内での孤独死、近隣住

民とのトラブル、生活習慣や言語への不安を理由に、高齢者、障がい者、低額所得者、外国人等に対して入居を拒む傾向が高いことが報告されている。

住宅ストックの観点から見てみると、住宅セーフティネットの根幹となる公営住宅の管理戸数は、人口減少の社会情勢下においては、その管理戸数を増やすことは難しい状況である。2005年度の219万戸をピークに減少傾向にあり、2014年度では約216万戸となっている。公営住宅のうち6割の131万戸が築後30年を経過しており、地方公共団体の財政事情からも老朽化したストックの改修や建替えが優先され、管理戸数の大幅増は見込めない状況である。

一方、民間市場を見てみると空き家等が多く存在し、今後も増加傾向にあることが予測されている。2015年から2016年にかけては、住宅確保要配慮者あんしん居住推進事業が実施され、空き家を活用して住宅を提供する取り組みが行われたが、供給実績からは公営住宅を十分に補完しているとは言えない状況である。

以上のことから、これまでの公的賃貸住宅に依存した住宅セーフティネットの取組みには限界があり、2017年に改正された「住宅確保要配慮者に対する賃貸住宅の供給の促進に関する法律（平成19年法律第112号。以下「住宅セーフティネット法」という。）」が目指す「民間賃貸住宅」の活用促進と「居住支援」体制の強化が、今後の住宅政策において重要なカギになると考えられる。

2. 新たな住宅セーフティネット制度

(1) 新たな住宅セーフティネット制度の概要

住宅セーフティネット法では、高齢者、障がい者、子育て世帯、低額所得者、被災者などの住宅の確保が困難な方を「住宅確保要配慮者」と定義し、「賃貸住宅の供給の促進を総合的かつ効果的に推進し、もって国民生活の安定向上と社会福祉の増進に寄与する」ことが目的となっている。2017年に住宅セーフティネット法が大幅に改正され、「居住支援」の充実が図られた。その内容は、大きく3つの柱で構成されている。

1つ目は、登録住宅制度の創設である。床面積、耐震性、家賃（近傍同種の住宅との均衡を失しないこと）などを条件として、要配慮者の入居を拒まない住宅について、賃貸人は都道府県知事（政令市、中核市を含む）の登録を受けることができる。

2つ目は、上記のような登録住宅に対する経済的支援である。登録住宅のうち、要配慮者への賃貸を専用にするものについては、賃貸人に対してバリアフリー化や耐震改修、間取り変更に要する改修費への補助、家賃の低廉化に対する補助、家賃債務保証業者に対する家賃債務保証料の低廉化に対する補助が可能となる。

3つ目は、要配慮者を身近で支える見守り支援の充実である。要配慮者の円滑な住まい探しや入居後の生活の安定のための情報提供、相談などを行う居住支援法人制度が創設された。2017年改正前から位置づけられていた居住支援協議会の取組みの実動性を高めるため、より重層的で多角的な取組みを促進するために制度化された。

(2) 新たな住宅セーフティネット制度の施行状況

登録住宅は2021年5月末時点での登録件数は約5.8万件、登録戸数は約43万戸となっている。住生活基本計画の国の全国計画においては2020年度までに17.5万戸の登録を目標としており、その目標は達成されている。

居住支援協議会は、2021年5月末時点では108協議会の設立となっている。各都道府県のすべてにおいて設置されているものの、市区町村レベルでの協議会の設立は61協議会にとどまっている。

居住支援法人の指定数は2021年5月末時点では410法人が指定を受けている。居住支援法人の指定状況を属性別に見ると株式会社に近いNPO法人の指定数が多い状況となっており、全体の約65%を占めている。都道府県別の指定状況では、地域によって指定数の格差が見られる。

(3) 新たな住宅セーフティネット制度の課題

住宅確保要配慮者が抱える問題は多種多様であり、その支援には様々な分野のプレイヤーが連携し対応することが求められる。そのため、居住支援協議会は行政はもとより、不動産関係者、福祉関係者など様々な分野のプレイヤーで構成され、居住支援に関する情報収集や情報発信の場となり、居住支援の取組みをコーディネートする上で大変重要なプラットフォームとなる。

また、居住支援においては、生活支援のほとんどを市町村が担っている状況から考えても、市町村レベルでの居住支援の取組みが重要となる。

しかし、市町村レベルでの居住支援協議会の設立が進まない背景として、住宅や福祉分野の取組みは「居住支援」という共通の取組みであるものの、その言語が共通化されていないことにある。住宅分野は住まいといったハード面での視点となり、福祉分野は住宅確保要配慮者個人へのソフト面での視点となる。更に属性ごとに支援制度が縦割りになっており、それぞれが別々の支援として運用されている。

また、地域における民間賃貸住宅の需要と供給のバランスや支援者の活動状況により居住支援のリソースは異なる。教科書的な進め方が通用しないことも要因と考えられる。

住まいの確保の観点からも住宅確保要配慮者に対して単に住宅を供給するという視点だけでなく、入居後の見守りやサポートを大家や管理会社だけに頼るのではなく、安心して賃貸できるような仕組みづくりが、住宅セーフティネット機能の強化において重要な課題となっている。

3. 中部地方整備局の地方公共団体等への働きかけ

中部地方整備局では上記のような住宅セーフティネットの現状を踏まえ、2017年の住宅セーフティネット法の改正に伴い、地方公共団体等への情報提供、制度の周知などを行っている。ここでは「中部ブロック居住支援協議会に係る勉強会」「中部ブロック居住支援協議会に係る連絡調整会議（2021年度から「中部ブロック居住支援に係る勉強会」に改名）」「居住支援協議会伴走支援プロジェクト（本省主催事業への参画）」「居住支援サロン」の取組みを紹介する。

(1) 中部ブロック居住支援協議会に係る勉強会

中部地方整備局では、住宅行政と福祉行政の緊密な連携の下、住宅確保要配慮者の住まいの確保や、生活の安定、自立の促進に係るセーフティネット機能の強化を目的として「中部ブロック居住支援協議会に係る勉強会」を東海北陸厚生局と連携して開催している。2020年からは中部地方更生保護委員会、名古屋矯正管区が加わり、仮釈放者や満期出所者等への居住支援についても地方公共団体等への情報提供を強化している。

勉強会は下記の表1に示すとおり、2017年から2回/年のペースで開催しており、現時点までに計10回の勉強会を開催してきた。勉強会の内容は新たな住宅セーフティネット制度や福祉分野での関連制度の概要説明、居住支援協議会の取組み事例の紹介、不動産事業者や家賃債務保証業者を招いてのパネルディスカッション、ワークショップによるケーススタディなど、多様なプログラムとなっている。2020年度からは新型コロナウイルス対応とし

て、対面での開催からYouTubeのライブ配信を活用したオンライン勉強会として開催している。オンラインでの開催としたことで、会場の規模や場所にとらわれず、広く参加者を募集することができるようになった。最大で300名を超える参加となっており、居住支援に関する情報提供の場として機能を果たしている。

表-1 勉強会の開催状況

勉強会の開催	内 容
第1回 (2017/9/15) 参加者66名	居住支援の課題と居住支援協議会の役割について、居住支援協議会の取組事例発表、意見交換など
第2回 (2017/11/10) 参加者37名	住宅セーフティネット法の施行状況に関する情報提供、先進地域の取組事例紹介、地方公共団体の取組事例紹介など
第3回 (2018/4/27) 参加者51名	住宅セーフティネット制度及び地域包括ケアシステムについての概要説明、講師による講演、地方公共団体の取組事例紹介、意見交換など
第4回 (2018/11/1) 参加27名	制度概要の説明、ワークショップ形式によるケーススタディ、意見交換など
第5回 (2019/6/26) 参加者61名	住宅セーフティネット制度及び地域包括ケアシステムについての概要説明、地方公共団体の取組事例紹介、質疑応答など
第6回 (2019/9/13) 参加者38名	ワークショップ形式によるケーススタディ、質疑応答など
第7回 (2020/7/30) ※WEB開催 参加登録191名 視聴回数724回 ユニーク視聴者数423名	地方公共団体の取組事例紹介、さまざまな立場から居住支援について考えるためのパネルディスカッション（住宅行政、福祉行政、居住支援法人、不動産事業者）、質疑応答など
第8回 (2020/11/10) ※WEB開催 参加登録216名 視聴回数491回 ユニーク視聴者数297名	住まい探しのハードルとなる家賃債務保証や緊急連絡先等の課題への対応についてパネルディスカッション（住宅行政、市社会福祉協議会、居住支援法人、家賃債務保証業者、コーディネーター）、質疑応答など
第9回 (2021/6/29) ※WEB開催 参加登録322名 視聴回数688回	福祉支援の現場から住まいの課題を考えることをテーマにゲスト（県社会福祉協議会、市社会福祉協議会、

ユニーク視聴者数451名	コーディネーター）による鼎談、質疑応答など
第10回 (2021/10/21) ※WEB開催 参加登録197名 視聴回数、ユニーク視聴者数については集計中	貸し手と借り手の本音から考える「住まいと支援の届け方」をテーマにゲスト（不動産仲介事業者、相談支援機関、コーディネーター）による鼎談、質疑応答など
（参考）第7回～第9回勉強会に記載中の「ユニーク視聴者数」とは、各デバイス（PC・タブレット等）から視聴した回数にかかわらず「1」としてカウントしたもの	

参加者は行政（福祉部局、住宅部局）、不動産関係者、居住支援法人、福祉関係者、法務関係者など様々な職種の方が参加しており、アンケート結果によれば、勉強会の満足度は高い。

また、参加者からは以下のような居住支援に関する課題や意見が寄せられている。

<行政（住宅部局）>

- ・居住支援に対するニーズを把握できていない又は居住支援ニーズはあると認識しているがそれほど高くないと思っている。
- ・市営住宅に空き室があり、住まいの確保はできている。
- ・民間賃貸住宅の空き状況を把握していない。
- ・入居に関する情報提供はできたとしても、入居後の見守りに関するノウハウがない。
- ・公営住宅がないため、住居を提供できない。
- ・福祉部局と連携する場面がない。

<行政（福祉部局）>

- ・不動産事業者との接点がないため、住まい探しが困難である。
- ・公営住宅への入居を希望しても、入居条件が合わず断られてしまう。
- ・要配慮者の属性、相談内容は多岐にわたり、行政の対応には限界がある。
- ・要配慮者は住み慣れた地域の中で生活することを希望する方が多く、福祉サービスを受けながら、自立した生活を送れるような居住支援が必要である。
- ・不動産事業者に福祉サービスを理解してもらうだけでなく、どういったことをリスクと感じているか、どのような条件がそろえば安心して貸せるかを協議会の中で議論していくことが重要である。

<民間（不動産関係者）>

- ・大家にとっては、家賃滞納・近隣トラブル・死後対応が大きな負担となっており、入居後のリスクをすべて大家に負わせることでは、理解を得られにくい。
- ・もしもの時に相談できる連絡窓口がほしい。
- ・要配慮者は孤立する傾向があり、福祉支援を受けていることは大家としても安心感がある。
- ・今後、空き室の増加、高齢者の増加などに不動産事業

者としても対応していく必要性を感じている。

＜民間（福祉関係者）＞

- ・相談窓口には様々な問題を抱えた方からの相談が寄せられており、相談件数は増加傾向にある。
- ・民間事業者はそれぞれ専門分野があり、要配慮者の相談に応えるには、支援者同士の連携が必須である。
- ・居住支援についての相談をするにも、行政の担当部署が定まっておらずどこに相談をしてよいのか分からない。
- ・身寄りのない方の住まい探しの際に、緊急連絡先になろうとしたが法人ではだめだと言われた。

市町村レベルでは行政と現場の認識のずれや住宅部局と福祉部局の連携について課題を抱えていることが分かる。現在の地方公共団体での住宅政策は、公営住宅の供給、管理の面での視点が大部分を占めており、入居者の入居後の生活に関するソーシャルワークとしての視点は弱い。また、民間事業者も昨今の社会情勢から住宅確保要配慮者への対応が求められているという認識はあるものの、どのように対応すればよいかという答えが見つけられていない状況がうかがえる。

また、中部地方整備局としては、アンケート結果は各地域やそれぞれの現場における困り事や悩み事を把握する上で貴重な情報源となっており、必要に応じて個別支援につなげている。各地域での小さな居住支援の芽生えを丁寧に拾い上げ、意見交換の実施や居住支援関係者同士のマッチングなどに生かしている。

(2) 中部ブロック居住支援協議会に係る連絡調整会議

本連絡調整会議は、各自治体の居住支援協議会の設立後の支援を行い、取組み状況の報告や課題共有のための意見交換等を通して、各協議会の活性化を図ることを目的に開催している。

中部ブロックには現在4つの県レベルでの居住支援協議会と5つの市町村レベルでの居住支援協議会が設立されている。県の協議会と市町村の協議会ではその役割が異なることから、2部制の会議とし、それぞれの協議会の役割に応じて内容を変えている。

県の協議会を対象とした会議では、県と市町村の協議会が担う役割を整理するとともに、新たな市町村の協議会の設立に向けての支援について議論している。

市の協議会を対象とした会議では、地域の特性に沿った多種多様な「居住支援」の取組みが報告されており、それを踏まえて積極的な意見交換が行われている。昨年度は中部地方整備局管外の協議会にもお声かけさせていただき参加いただいたことで、管内の協議会との新たな交流が生まれており、本連絡調整会議外でも交流が続いている。

居住支援を進める上で、その調整役となる居住支援協議会は大変重要なポジションを担うことになる。協議会

設立後においても相談先があることは大きな安心感となる。現在は本連絡調整会議がその支援体制として機能を果たしているところである。

(3) 居住支援協議会伴走支援プロジェクト

本プロジェクトは本省住宅局安心居住推進課の事業であり、居住支援協議会の設立を検討している地方公共団体に対して、勉強会や意見交換等を行う際の講師の派遣を行い、情報提供等を行うことにより、協議会の立ち上げや運営を手助けする取組みである。2020年度は中部地方整備局管内の愛知県岡崎市と同県瀬戸市が本プロジェクトの採択を受けており、中部地方整備局も支援に参画した。

瀬戸市は、地元の居住支援法人が行政（福祉部局）を巻き込み、居住支援の仕組みづくりを実践した。既存の社会資源をうまく活用した連携体制が特徴である。各行政機関はもとより地元の不動産事業者、葬儀業者、引越業者、便利屋さんなどと連携し、実動的な体制を構築している。翌年2021年度には協議会の設立に至っており、本プロジェクトの成果を上げている。

岡崎市においては既に協議会を設立済みであったが、協議会の取組みをさらに活性化させることを目的に応募したものである。住宅部局と福祉部局の連携強化を図るため勉強会や意見交換会などを実施し、顔の見える関係づくりに成功している。また、不動産事業者・大家さんを対象としたアンケート調査において、制度に関心のある不動産事業者・大家さんに対して住宅セーフティネット制度の周知やセーフティネット住宅への登録を呼びかけるなど、きめ細やかな取組みをしており、着実にその実績を伸ばしている。2021年度には新たなサポート事業を開始するなど、本プロジェクトの成果を上げている。

両市の取組みにおいて言えることは、何か新しい事業を始めたと言うよりも、すでに地域にある社会資源をうまく繋ぎ合わせ、仕組みの中で支援の流れをつくっているところにあると考えている。

(4) 居住支援サロン

本サロンは2021年度からの新たな取り組みである。地方公共団体の職員、居住支援団体、不動産事業者など居住支援に関わる方が日々の業務の中で感じている悩み事や課題を直接言葉にできる場を提供することを目的とし、協議会設立前の支援としての「勉強会」と、協議会設立後の支援としての「連絡調整会議」の中間を補完する事業として実施している。サロンはオンラインで開催しており事前にテーマを設定し、参加者を募っている。2021年9月に第1回目のサロンを開催し、延べ23名が参加した。オンラインという慣れない環境での実施でありながら、参加者からは「他の参加者も同じ悩みを抱えていることが分かり、その存在を心強く感じた」「他の団体がどのような取組みをしているのか詳しく聞くとこができ

で参考になった」などの感想が寄せられ、居住支援に関わる仲間同士がお互いに相談し合い、次のステップに踏み出せる機会を創出することとなった。

4. 住宅政策の新たな展開と居住支援への期待

最後に、これまでの中部地方整備局の地方公共団体等への「居住支援」の働きかけを通して、住宅政策の新たな展開と居住支援への期待について述べることとする。

住宅政策と福祉政策の垣根を超えたところに「居住支援」政策があると考えている。そこに辿り着くには、

①住宅政策及び福祉政策において「居住支援」を共通言

語とした関係者同士の顔の見える関係の構築

②連携の場としての「居住支援協議会」の設立

③「居住支援」についての相談を受けるための地域のネットワークづくり

の実現が居住支援政策としての第一歩になると考えている。

新たな住宅セーフティネット制度が施行され4年が経過したところである。地方公共団体が地域の住宅確保要配慮者の状況や住宅ストックの現状、福祉現場からの居住支援ニーズをしっかりと見据え、住宅政策が転機を迎えていることに気づくことが重要であり、地域の実情に沿った「居住支援」の取組みが更に加速することを期待している。中部地方整備局としても上記のようなこれまでの取り組みがさらに効果的なものになるよう改善しながら継続し、「居住支援」の取組みの気運が高まるよう、引き続き支援を行っていく。

阿賀野川の危険箇所の解消に向けて ～ＪＲ東日本との連携～

保坂 裕¹

¹阿賀野川河川事務所 調査課 (〒956-0032 新潟市秋葉区南町14番28号)

J R 羽越本線阿賀野川橋梁と交差する阿賀野川右岸堤防は、堤防高が低く、阿賀野川において水防上最も危険な箇所となっており、平成23年7月新潟・福島豪雨や令和元年東日本台風など直近10年で3度地元水防団による水防活動が実施されている。堤防高が低いことから、水防活動を実施する頻度も多く、自治体が避難指示を発令する目安となる氾濫危険水位も低く設定されていることから、早期に対策が求められている。

橋梁管理者である J R 東日本と連携し改築に向けた検討を進め、令和2年より J R 橋梁の該当1スパンの架け替えと合わせ、堤防の嵩上げを行う工事に着手している。

キーワード JR橋梁、橋梁架け替え、水防活動、堤防高不足

1. はじめに

阿賀野川は、その源を栃木・福島県境の荒海山に発し福島県会津地方と新潟県下越地方を流れ、幹川流路延長210kmは日本10番目、流域面積7,710km²は日本8番目に位置する日本有数の大河である。

JR羽越本線阿賀野川橋梁（以下「JR阿賀野川橋梁」という）は、J R 羽越本線建設に伴い1912年（大正元年）に架橋された、橋長1,229m、69径間の当時全国最長の橋梁であり、建設後100年余り経過している。（図-1）

橋梁建設後に阿賀野川の改修工事が計画・実施されたこともあり、現在の計画に対して橋梁桁下高が低く、堤防取り付け部は切欠き状になっており、阿賀野川において水防上最も危険な箇所となっている。

洪水時には、切欠き部から洪水があふれる恐れがあり、平成23年7月新潟・福島豪雨や令和元年東日本台風などでも地元水防団による水防活動が行われており、早急な対策が求められている。



図-1 阿賀野川とJR羽越本線阿賀野川橋梁

2. 現状と課題

(1) 阿賀野川改修事業とJR阿賀野川橋梁

阿賀野川の堤防は、1913年（大正2年）の大洪水・木津切れを機に1915年～1934年に直轄事業として第一期改修工事が行われ、その時にほぼ現在の位置に形作られた。その後、管理は県に移管されたが、1946年（昭和21年）の旧安田町小浮地先の堤防決壊を機に、1947年（昭和22年）には再び直轄事業として改修を行うこととなり、計画高水流量の改定を踏まえ、堤防の嵩上げが行われてきた。

一方、JR阿賀野川橋梁は1912年（大正元年）に羽越本線の開通にあわせて建設されており、前述のとおり橋梁の建設後に阿賀野川の堤防が築堤されたため、右岸堤防内に2基の橋脚が内包されており、その堤内地側にも橋梁が続いている。（図-2）



図-2 右岸堤防と堤内地の状況

(2)堤防構造と近年の水防活動

JR阿賀野川橋梁と交差する阿賀野川右岸堤防は、橋桁の構造により、計画の高さに対し約1.8m低く、堤防幅も計画の半分程度となっている。背後には阿賀野市街地を抱えており、堤防が決壊した場合にはその被害は甚大となり、阿賀野川中下流部において水防上最も危険な箇所となっている。(図-3)

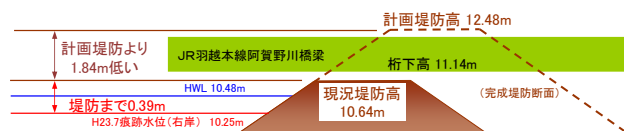


図-3 JR阿賀野川橋梁 右岸堤防部模式図

平成16年7月新潟・福島豪雨では、河川水位が堤防切欠き部まで約1.2mと迫った。当時、切欠き部はJR阿賀野川橋梁を挟む上下流約16mであったが、その区間を人力で土のう積みを行うには時間を要することから、速やかに土のう積みが行えるよう、切欠き部の延長を短くするためのコンクリート壁(特殊堤)の施工を平成22年度に行った。(図-4)

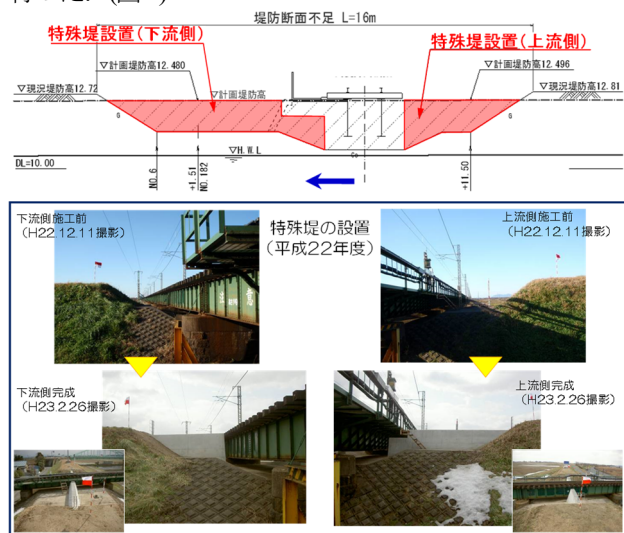


図-4 特殊堤の設置状況

設置後すぐに、阿賀野川における既往最大洪水となる平成23年7月新潟・福島豪雨が発生し、河川水位は切欠き部まで約0.4mと迫った。洪水が溢れる恐れがあり、地元水防団が約5時間半をかけ、土のう1,657袋の土のう積みが行われ、洪水氾濫を回避した。(図-5)



図-5 平成23年7月新潟・福島豪雨時の水防活動



図-6 平成23年7月新潟・福島豪雨の様子

令和元年東日本台風においても、地元水防団による土のう積みが行われるなど、近年頻繁に水防活動を必要とする洪水に見舞われており、現在では、迅速な水防活動を行うために製作済みの土のう1,700袋を常時保管し、仮設足場を準備しておくなど、水防活動を3時間で完了できるよう改善するとともに、危機管理型水位計、簡易カメラを設置して、監視体制を強化している。

	出水年	流量(m ³ /s)
第1位	平成23年7月 (2011)	9950
第2位	昭和33年9月 (1958)	8930
第3位	令和元年10月 (2019)	8670
第4位	平成16年7月 (2004)	7890
第5位	昭和53年6月 (1978)	7870
第6位	昭和31年7月 (1956)	7780
第7位	昭和56年6月 (1981)	7370
第8位	平成27年9月 (2015)	6830
第9位	昭和57年9月 (1982)	6360
第10位	昭和44年8月 (1969)	6060

表-1 阿賀野川の洪水トップ10

しかしながら、依然として切欠き部があるので洪水時には水防活動による土のう積みが必要であり、水防団の高齢化等による迅速・確実な実施が懸念される。

また、JR阿賀野川橋梁は桁下の余裕高及び橋脚間の径間長が不足している。このため、橋梁地点において流木・塵芥等により水位が堰上げられる危険が高いなど課題が残っている。(図-7)



図-7 洪水後の流木・塵芥の堆積状況

3. 対策工の検討

(1) 右岸堤防部

改築にあたっては、本来河川施設等構造令に基づき、桁下の余裕高及び橋脚間の径間長を満足する橋梁の新設を行うことが望ましいが、河道内延長が約1kmと長大橋梁であり、工事が大規模となり時間・費用を要することから、早期に右岸堤防部の高さ・幅不足を解消するため、暫定的にJR阿賀野川橋梁の1スパンのみを架け替えることにより、上下流の特殊堤を連続させることとした。

対策工として以下の4案を検討し、橋梁管理者であるJR東日本と協議・調整を行った。

- 1案：バラスト軌道内特殊堤設置案
- 2案：新設橋脚天端特殊堤設置案
- 3案：既設橋脚天端特殊堤設置案
- 4案：改良桁+特殊堤案

協議・調整の結果、営業路線における施工の実現性、河川管理者が行う特殊堤の管理、JR東日本が行う鉄道運行への影響及び管理等に問題が少なく、堤防高が約1.8m嵩上げとなり、現況から大幅に改善される4案「改良桁+特殊堤案」を採用した。その後詳細設計を実施し、

上部工の重量増に伴う橋脚補強や堤防幅不足解消のための堤防腹付けも同時に行うこととした。(表-2)(図-9)

(2) 河道掘削

右岸堤防部における対策とあわせて、洪水を安全に流下させるため、河道掘削と樹木伐採を行い洪水時の水位を下げる対策も実施する。(図-8,9)

(3) 対策工の効果

これらの対策を実施することにより、以下の効果が期待される。

- ・観測史上最高水位を記録した平成23年7月新潟・福島豪雨と同規模の洪水が発生しても安全に洪水を流すことができる。
- ・避難指示の発令の目安となる氾濫危険水位が、現在よりも高い水位に設定できることから、避難指示の回数が4割低減される(1949年～2019年実績で10回から6回に減少)。
- ・水防上必要な土のう積りは3段を行う程度となり、平成23年7月新潟・福島豪雨時の1657袋に比べ9割弱削減される。

	1案 バラスト軌道内特殊堤設置案	2案 新設橋脚天端特殊堤設置案
概略図		
河川に対する影響	△特殊堤に列車荷重が作用する。 △特殊堤が埋め殺されるため、特殊堤の管理が問題となる。 ○堤防開削は不要である。	△堤体内に橋脚を新設する必要がある。 △特殊堤が桁に挟まれるため管理が問題となる。 △橋脚が堤防機能を有することになる。
鉄道に対する影響	△1径間だけバラスト軌道となり、沈下が生じる可能性があり、軌道管理上の問題がある。	△線路下の作業工種が多く、運行停止期間が長期化する。 △橋脚と特殊堤が直結しており、財産区分や管理上の問題が多い。
	3案 既設橋脚天端特殊堤設置案	4案 改良桁+特殊堤案
概略図		
河川に対する影響	△特殊堤が桁に挟まれるため管理が問題となる。 △橋脚が堤防機能を有することになる。 ○堤防開削は不要である。	○特殊堤に列車荷重が作用しない。 ○特殊堤の管理も可能である。
鉄道に対する影響	△橋脚と特殊堤が直結しており、財産区分や管理上の問題が多い。	○橋梁管理上の問題は少ない

表-2 右岸堤防部対策工比較表



図-8 河道掘削・樹木伐採範囲

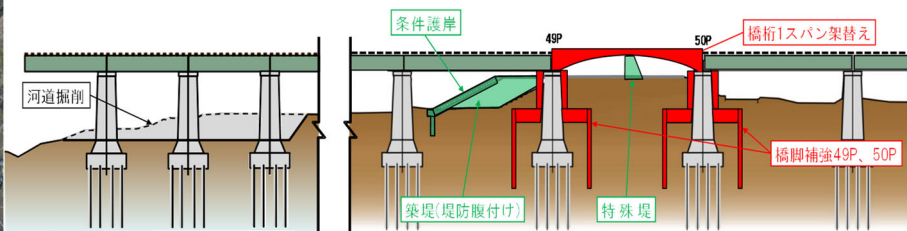


図-9 対策工のイメージ

4. JR東日本と連携した施工

(1) 施工区分

今回の事業では、河川管理施設に係る部分を国交省、鉄道施設に係る部分をJR東日本が施工することを基本とし、次の通り各工種について施工者を調整した。(図-10)

<JR東日本施工>

作業土工（堤防開削、基面下の作業土工）、橋脚補強、橋桁製作、橋桁撤去及び架設

<国交省施工>

鞘管設置、築堤、護岸、特殊堤設置

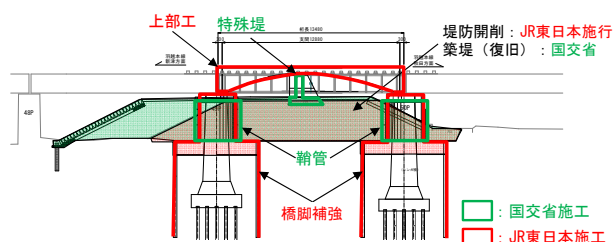


図-10 施工区分図

(2) 工事工程

施工にあたり、JR東日本と施行協定を令和2年7月に締結し、令和2年の出水期後の11月より現地の施工に着手した。橋桁の架け替えは、営業路線であることから夜間1日で既設桁の撤去と新設桁の架設を行うこととしており、輸送の繁忙期や天候等を考慮し、令和3年11月に行う予定である。

図-11のとおり、国交省とJR東日本の施工が交互に行われており、工程調整をはじめ作業ヤードの供用など密に調整・連携を図りながら工事を進めている。

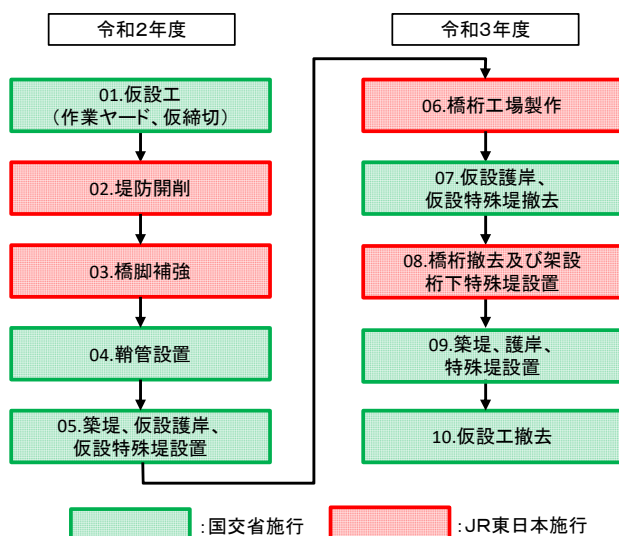


図-11 施工フロー

(3) 工事実施状況

a) 工事管理者・列車見張り員の配置

工事は線路周辺で行われることから、ちょっとしたミスで作業員や作業機械が列車に触れたり、線路上空の高圧電線で感電するなど、人命にかかわる重大な事故の危険性がある。また、線路の設備を故障させることにより、長時間列車を止めるなど大きな影響があることから、事前にJR東日本と近接工事について協議を行い、運行ダイヤから列車運行を読み取り待避の指示を行う「工事管理者」、工事箇所への列車の接近や作業機械が鉄道施設に触れるのを防ぐ「列車見張り員」等を配置し工事を実施している。(図-12)



図-12 工事管理者、列車見張り員

b) 鞘管の設置

改築後も橋脚が堤防内に残ることとなるため、河川管理施設等構造令に基づき鞘管の設置を行った。堤防と橋脚では、列車振動や地震時の振動が異なることから堤防と橋脚に隙間が出来やすくなり、漏水の原因とならないよう、橋脚を囲むように鞘管を設置することにより堤防に悪影響が及ばないようにしている。(図-13)



図-13 鞘管設置前後の状況

c) 橋桁架け替えと特殊堤の設置

橋桁の架け替えは、営業路線であり貨物列車の運行ルートにもなっていることから、長期にわたり運行停止を行うことは難しいため、650t吊トラッククレーンにて、既設桁撤去、事前に地組をした新設桁の架設を夜間1日で行う予定としている。

既設桁の撤去後には、桁下部分の特殊堤となる鋼板を設置し、その後新設桁の架設を行うこととしている。特殊堤鋼板部には、後日中詰コンクリートを打設する

ことで、特殊堤としての強度を持たせることとしている。(図-14)

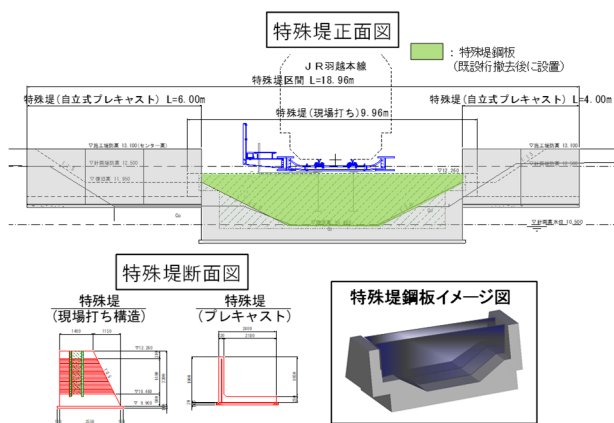


図-14 特殊堤の構造



図-15 完成イメージ

5. おわりに

本稿では、阿賀野川右岸堤防と JR 羽越本線阿賀野川橋梁の交差部における、危険箇所の解消に向けた取り組みについて報告した。河川堤防は連続した長大構造物であり、本件のようにわずか 16m ではあるが、高さが低かったり幅が足りていない弱部の 1 点から越水し堤防決壊に至った場合には、連続堤防全体の機能を失ったのと同様な状況となることから、越水させない、決壊させない対策が重要である。

近年、水害が激甚化・頻発化しており、今後も気候変動の影響により降水量が増大すること等が懸念されていることも踏まえ、抜本的なハード対策を計画的に実施していくためには、時間や費用が必要なことから、今回の JR 阿賀野川橋梁における対策のように、暫定施工による越水させない対策や、越水しても堤防が決壊しない対策を進めているところである。

令和 3 年度には、河川流域全体のあらゆる関係者が協働し、流域全体で水害を軽減させる治水対策「流域治水プロジェクト」が動き出したところであり、本件でも橋梁管理者である JR 東日本との連携により事業を進めており、引き続き阿賀野川流域の安心・安全のために、様々な取り組みを実施していきたい。

謝辞：本事業の実施にあたり、ご協力頂いた関係者の皆様に感謝の意を表します。

ヤンバルクイナと共存する道路を目指して

高良 茂宏¹・新垣 みなみ²

¹沖縄総合事務局 北部国道事務所 調査課 (〒905-0019 沖縄県名護市大北4-28-34)

²沖縄総合事務局 北部国道事務所 調査課 (〒905-0019 沖縄県名護市大北4-28-34)

ヤンバルクイナは、沖縄県北部地域のみで生息する希少動物で、絶滅危惧種に指定されている。そのヤンバルクイナが餌などを求めて道路上に飛び出し、自動車にひかれてしまう、ロードキルによる事故が過年度から問題視されている。北部国道事務所では、従来からクイナフェンスを中心としたロードキル対策を行っており、一定の効果が確認されている。しかし、クイナフェンスの老朽化、台風などの強風による損傷といった維持管理面での課題も抱えている。2021年7月のユネスコ世界自然遺産登録を機に、今後、観光需要が高まることも想定されていることから、ドライバーにも注意喚起を促し、ヤンバルクイナと共存する道路を目指した新たな取り組みを紹介する。

キーワード 世界自然遺産、ヤンバルクイナ、ロードキル、注意喚起

1. はじめに

沖縄県は日本で唯一亜熱帯海洋性気候に属しており、珍しい動植物が多く生息する。特に沖縄本島北部地域、通称「やんばる」は、沖縄本島の森林面積の約70%を占めている自然豊かな地域で、国内面積のわずか0.1%に希少な固有種が多数存在し、日本全体の約半分の鳥類、1/4のカエルなどが生息している貴重な地域である。

この貴重な自然や生物の多様性が認められ、2021年7月に世界自然遺産に登録された。しかし、「やんばる」では貴重動物のロードキルが過年度から問題視されており、特にヤンバルクイナのロードキルは、ピーク時に比べて減少しているものの、いまだに年間30件程度が発生している。今後、自然や希少動物、地域の魅力が世界中から注目を浴び、多くの来訪者が予想されることから、ロードキルを減少させる取り組みの継続や強化が求められている。



写-1 やんばるの貴重な自然の森

2. ヤンバルクイナのロードキル発生状況

(1) ヤンバルクイナとは

ヤンバルクイナは飛べない鳥として世界中で「やんばる」にのみ生息、国の天然記念物に指定されている。年々生息数が減少しており、絶滅危惧種にも指定され、絶滅の可能性が非常に高いとされていたが、近年では環境省や沖縄県などにより、マングースなどの外敵の駆除に取り組んできた結果、生息数や生息範囲が拡大している。ヤンバルクイナは普段は歩いて生活をしているため、餌を求めて道路に飛び出してしまふことがあり、その際に自動車と接触するロードキルが多く確認されている。



《ヤンバルクイナとは》

- ◆沖縄本島北部地域に生息し、国の天然記念物に指定
- ◆体長は約30cm程度
- ◆昆虫、カタツムリ、ミミズなどを食べて地上で生活し夜は木に登って眠ります

写-2 ヤンバルクイナの概要

(2) ヤンバルクイナのロードキル発生件数

ヤンバルクイナのロードキルは、2005 年頃から増加し、2012・2014 年のピーク時には 47 件発生している。近年は、地域や関係機関などの取り組みにより、減少傾向にあるものの、未だ多くの事故が発生している。北部国道事務所が管理する国道 58 号では、近年 1～6 件/年と横ばいであるが、クイナの生息数が上昇、生息範囲も拡大している中、これまで発生していなかった場所でもロードキルが確認されており、さらなる対策が求められている。



写-3 ヤンバルクイナの道路侵入 (左)・ロードキル (右)

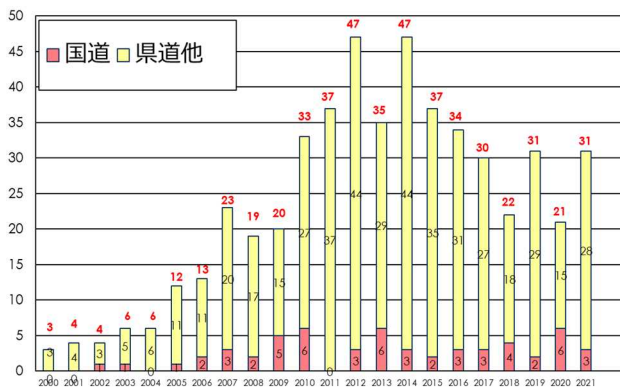


表-1 ヤンバルクイナのロードキル発生件数

※2021 は9月21日末時点

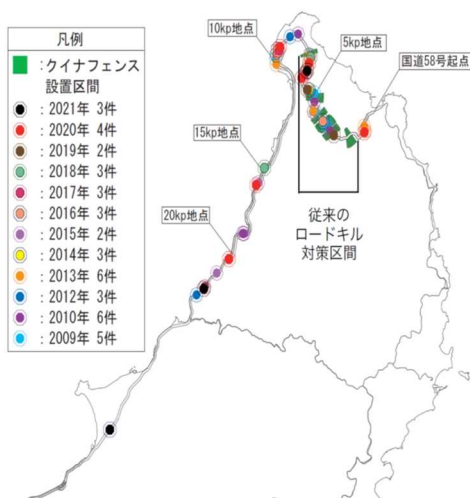
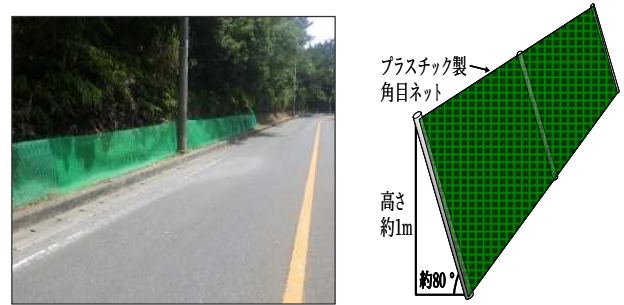


図-1 クイナのロードキル発生箇所

3. 従来のロードキル対策

(1) クイナフェンス

クイナをロードキルから守り、安全な道路を目指すべく北部国道事務所では道路と森の間に2008年からクイナフェンスを設置、クイナの道路侵入を防ぐ対策を行っている。フェンスは緑色のネットを使用、高さは約1mでクイナが飛び越えられない高さとなっている。国道 58 号国頭村奥～辺戸にかけて 400m程度の範囲で設置している。



写-4 クイナフェンス (左)・構造 (右)

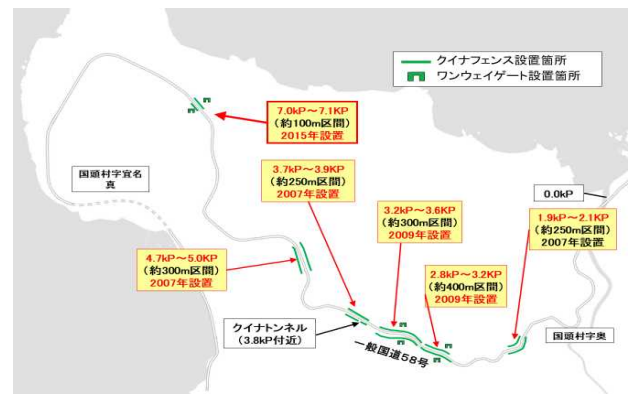


図-2 クイナフェンスの設置状況・詳細



写-5 ワンウェイゲート

しかし、フェンスでは塞ぐことが出来ない取付道路などの開口部からクイナが道路に侵入、徘徊することがあり、フェンスが障害となり、森に戻れなくなってしまう場合がある。その対策としてフェンス下部にゲート（シェルター型・横開き型・縦開き型の3種類）を設け、道路から森へ戻れる工夫も行っており、実際にクイナの利用も確認されている。



写-6 シェルター型 前（左）・後（右）



写-7 横開き型 前（左）・後（右）



写-8 縦開き型 前（左）・後（右）



写-9 クイナのワンウェイゲート利用状況

クイナフェンスを設置してから、クイナが道路に侵入する件数が大幅に減少した。このことから、クイナがロードキルに遭う機会が減少したとても効果的な対策である。

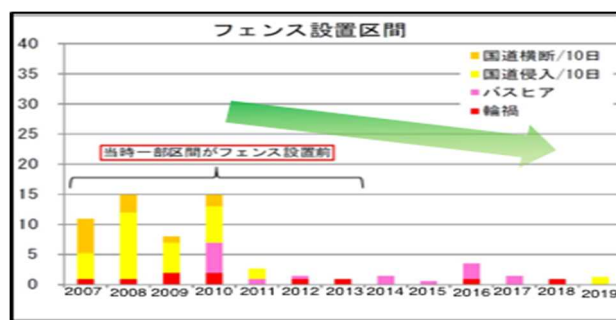


表-2 クイナフェンス設置前後の道路侵入件数

一方、クイナフェンスは、台風などの強風による破損や老朽化による損傷が確認されており、維持管理面で負担にもなっている。



写-10 クイナフェンスの破損状況

(2) クイナトンネル

クイナフェンス以外にも2010年にヤンバルクイナの道路出現やロードキルの多発地点にクイナトンネルを設置している。道路の下にトンネルを設けることで、自動車とクイナの接触を完全に避けることが出来る。実際にクイナが利用する様子も確認されており、有効な対策となっている。

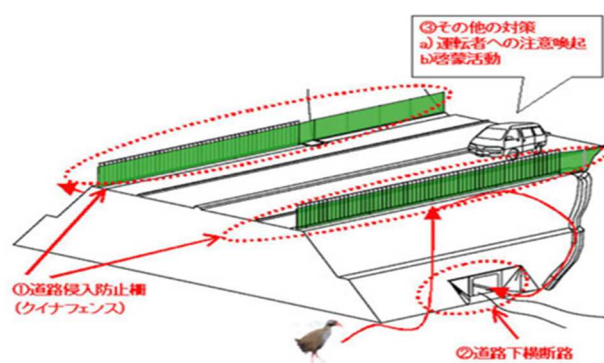


図-3 クイナフェンス・クイナトンネルの概要



写-11 クイナトンネルの写真



写-12 クイナがクイナトンネルを利用する様子

(3) クイナ標識

その他にもヤンバルクイナがよく道路へ進入する箇所に、標識を設置し、ドライバーにヤンバルクイナの道路侵入に対する注意喚起を行っている。



写-13 クイナ標識

4. 新たなロードキル対策

従来のロードキル対策は、限定された一定区間で発生していたクイナのロードキルを防ぐことを目的にクイナフェンス設置でクイナの道路侵入を抑制することを中心に対策を進めてきた。

今後はクイナの生息範囲の拡大や、沖縄県北部地域の世界遺産登録を機に増加が見込まれる来訪者に対する対策が急務となる。そこで、新たにドライバーに注意喚起を促し、安全な走行によるロードキル防止のための対策検討を進めている。

(1) 路面標示

路面標示を使ってドライバーにクイナ存在を事前に注意喚起して事故を未然に防ぐ対策である。

工夫した点は、クイナマークを表示した点、外国人にも分かるように英語表記を取り入れた点、赤い舗装で目立つようにした点である。



図-4 路面標示イメージ

(2) カーブ区間におけるカラー舗装

工夫した点は、カーブの手前で段差舗装を施し、ドライバーに振動でも注意を促す点である。車両の走行する音や振動する音でクイナが自動車の存在に気づき、道路からの退避を促し、ロードキルを未然に防ぐことを期待している。

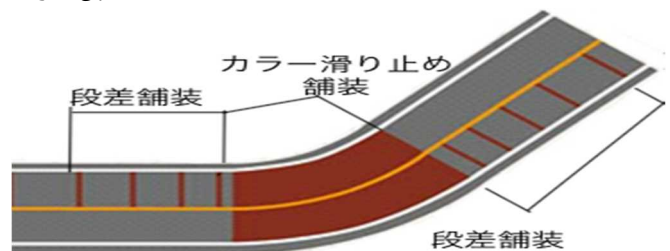


図-5 カーブ区間におけるカラー舗装イメージ

5. まとめ

新たなロードキル対策は、現在、関係機関との調整を進め、準備が整い次第、対策を行う予定である。

やんばるの森には、人間以外にもたくさんの動物たちが暮らしているため、生態系を守るためにも道路を利用するドライバーが注意を払い、ロードキルに対する意識をより持たなければならない。よって、従来のクイナに対する対策だけではなく、ドライバーに対する対策を強化することが必要不可欠と考えている。

ヤンバルクイナのロードキル対策を通じて、人とクイナが共存できる道路を目指したい。

参考文献

- 1) 環境省：やんばる国立公園ホームページ
- 2) 環境省：やんばる野生生物保護センターウフギー自然館ホームページ

厚真川水系直轄特定緊急砂防事業における砂防指定地の指定について

鎌田 麻希子¹・吉田 裕敏²・久保 徳彦³・山口 昌志⁴・下舘 巧⁵

¹北海道開発局 札幌開発建設部 札幌河川事務所（〒005-0032 北海道札幌市南区南 32 条西 8 丁目）

²北海道開発局 室蘭開発建設部 厚真川水系砂防事業所（〒059-1362 北海道苫小牧市字柏原 32-40）

³北海道開発局 建設部 河川工事課（〒060-8511 北海道札幌市北区北 8 条西 2 丁目）

⁴北海道開発局 札幌開発建設部 千歳川河川事務所（〒066-0026 北海道千歳市住吉 1 丁目 1-1）

⁵北海道開発局 建設部 河川計画課（〒060-8511 北海道札幌市北区北 8 条西 2 丁目）

平成30年北海道胆振東部地震で厚真川水系において大規模な土砂災害が発生し、直轄砂防災害関連緊急事業による緊急対策工が実施され、その後、直轄特定緊急砂防事業による恒久対策工を実施しているが、突発的な地震災害及び緊急対策という状況に鑑み、協議開始から短期間で砂防指定地を指定し、迅速な事業の実施に寄与した。本稿では、砂防指定地の指定に向けた一連の手続についてとりまとめ、今後、同様の突発的な災害が発生した際に、円滑な事業の推進に資することを目的とする。

キーワード 災害復旧、砂防指定地、北海道胆振東部地震、厚真川水系

1. はじめに

2018年9月6日に発生した平成30年北海道胆振東部地震により、北海道勇払郡厚真(あつま)町の厚真(あづま)川水系において発生した大規模土砂災害を受けて、2018年9月25日に北海道知事（以下、知事）から国土交通大臣に対し、大規模な土砂災害対策実績と高度な技術力を有する国直轄による緊急的な対策と迅速な実施体制の確保について、要請がなされた。

知事の要請を受けて、2018年10月2日に北海道開発局室蘭開発建設部厚真川水系土砂災害復旧事業所（現厚真川水系砂防事業所）が設置され、一般的には砂防指定地の指定後から工事に着手するところ、突発的な地震災害により失われた、地域の安全・安心を確保するため、砂防指定地の早期の指定を目指すとともに、砂防指定地の指定前に施工承諾を得ることによって、直轄砂防災害関連緊急事業による緊急対策工へ迅速に着手した。

2019年度からは、緊急対策工に引き続き、緊急かつ集中的、重点的に対策する必要があることから、直轄特定緊急砂防事業（以下、本事業）に着手し、並行して砂防指定地の指定について、一連の手続を進めた。

本稿では、協議開始から約半年という短期間で砂防指定地の指定を行った手続について、報告する。

2. 砂防指定地と直轄砂防工事施行区域

砂防指定地とは、砂防法（明治30（1897）年3月30日法律第29号）第2条に基づき、治水上砂防のための砂防設備を要する土地又は一定の行為を禁止し、若しくは制限すべき土地として国土交通大臣が指定した一定の土地の区域である。砂防指定地の指定については、都道府県知事が国土交通大臣に進達するが、大規模な土砂災害等により工事至難及び工費至大のため、砂防法第6条第1項に基づき、国直轄で工事を実施する場合は、地方整備局長又は北海道開発局長が砂防指定地及び直轄砂防工事施行区域の指定について、国土交通大臣に進達する。

3. 平成30年北海道胆振東部地震の概要

2018年9月6日午前3時7分、北海道胆振地方中東部を震源として、マグニチュード6.7、最大震度7を記録する平成30年北海道胆振東部地震が発生した。

この地震により、図-1に示すように厚真川流域を含む広範囲で山腹崩壊等が発生し、山腹崩壊面積は、明治以降の全国の主要な地震災害では最大規模となっている。

また、地震による死者44名のうち土砂災害による死者が36名に達するなど、地域に甚大な被害をもたらした。

4. 対象溪流の被災概要と緊急対策工

厚真川水系で発生した土砂災害のうち、特に被災規模が甚大な二級河川日高幌内川並びに普通河川であるチケッペ川、チカエツプ川及び東和川（以下、3溪流）については、前述の砂防法第6条第1項に基づき、高度な技術力を有する国直轄で工事を実施することとなった。

日高幌内川では、図-2に示すように右岸側斜面が幅約400 m、長さ約800 mにわたって崩壊し、崩壊の移動長が約350 m、約1.1 kmにわたる大規模な河道閉塞が確認され、湛水位の上昇による越流水で河道閉塞土砂が侵食されて決壊することによる土砂災害が発生し、下流域に被害を及ぼすことが懸念された。このため、図-3に示すようにまずは緊急対策工として河道閉塞土砂の一部を掘削し、安全に越流水を流下させる水路工を整備することとした。また、河道閉塞部の安定を図る基幹砂防堰堤とその下流に流出土砂を捕捉する下流砂防堰堤を整備することとした。3溪流については、大規模な山腹崩壊の発生によって河道内に不安定土砂が大量に堆積し、今後の降雨により流出して二次災害が発生するおそれがあったことから、それぞれの溪流に砂防堰堤を1基ずつ整備することとした。

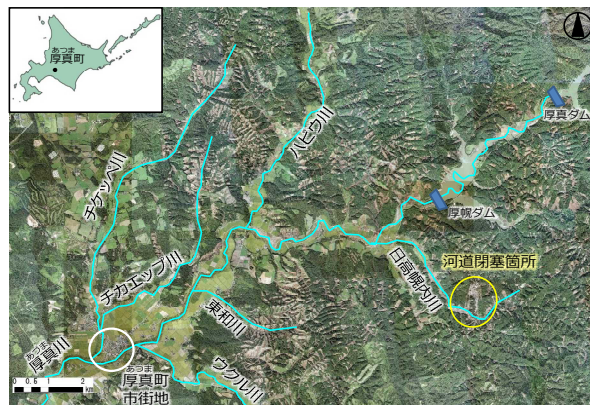


図-1 厚真川流域で発生した山腹崩壊



図-2 大規模河道閉塞（日高幌内川）

5. 事業実施に際しての地元対応

事業実施に際しては、地域に理解と協力を得る必要があったことから、図-4に示すように厚真町長同席のもと、2018年10月12日から事業地区（溪流）ごとに事業説明会を開催した。説明会への参集範囲は、厚真町の協力のもと、事業地区の住民を対象に声かけを行った。

説明会には用地部門の担当者も同席し、事業地区内の被災状況、事業概要、国直轄施工理由、砂防指定地、砂防法上の行為制限、用地取得の可能性等について説明した。緊急対策工の着手に当たり、砂防設備を設置して土地を改変する範囲の地権者に対しては、砂防指定地の指定前に借地による施工承諾をお願いした。図-5に示すように地権者への個別説明も複数回実施して施工承諾を得るとともに、各機関による義援金等の種類や条件、公共補償の考え方などについて細やかな情報提供を行い、生活再建の検討が遅滞なく進められるように努めた。

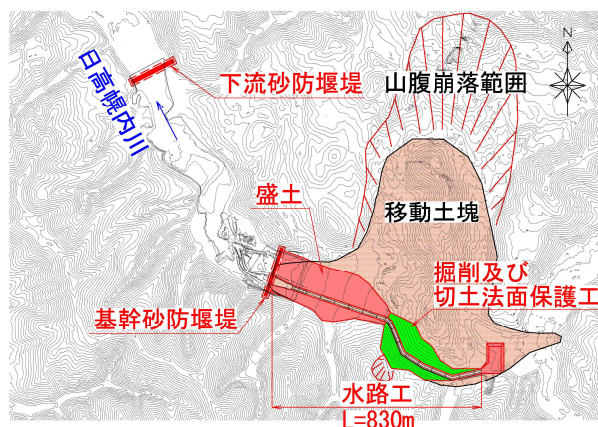


図-3 緊急対策工概要（日高幌内川）



図-4 事業説明会（チカエツプ川）

6. 砂防指定地の検討と恒久対策工

緊急対策工は応急的な施設であり、計画外力に対応す

るため、本事業により恒久化を実施する必要があった。

日高幌内川の主な恒久対策工は、図-6に示すように緊急対策工で整備した水路工を床固工群による溪流保全工への変更やブロック製の基幹砂防堰堤の約73 m下流側にコンクリート製の基幹砂防堰堤を再構築することなどである。3溪流については、緊急対策工で整備したコンクリート製の砂防堰堤を嵩上げし、計画外力に対応することとした。

緊急対策工の着手後から工事と並行して恒久対策工の調査設計を進め、砂防指定地は砂防設備敷を標柱により指定し、全地用地取得する方針で検討を進めた。

日高幌内川は、大規模河道閉塞という全国でも事象の少ない災害であることから、砂防設備の配置計画や構造物の詳細設計（以下、設計）などを試行錯誤で進め、大型模型実験による検証などにも時間を要した。3溪流については、管理用道路と町道の責任分界などの協議に時間を要した。

災害復旧事業は、農業、治山、河川及び道路の各部門が輻輳して実施されることから、関係機関が多岐にわたり、事業間調整にも時間を要することとなった。特に砂防設備敷となる土地の多くが農地として利用されていたため、農業用水の確保や農業基盤整備事業等に係る農業部門との調整が多かった。さらに、厚真町は林業が盛んであり、上流域への作業道の確保が必要であるため、砂防設備で分断されることがなく、併せて作業車両の通行可能な設計が求められた。

発局長が砂防指定地及び直轄砂防工事施行区域の指定について、国土交通大臣に進達する。

指定基準、指定方法及び進達に必要な調書は、砂防指定地指定要綱（平成元（1989）年9月12日建設省河砂発第58号）（以下、要綱）により定められている。

一般的に、砂防指定地の指定をするためには、図-7上段に示すように設計、砂防指定地の検討及び調書作成などを終えてから協議を開始する。加えて、北海道建設部



図-5 地権者への個別説明

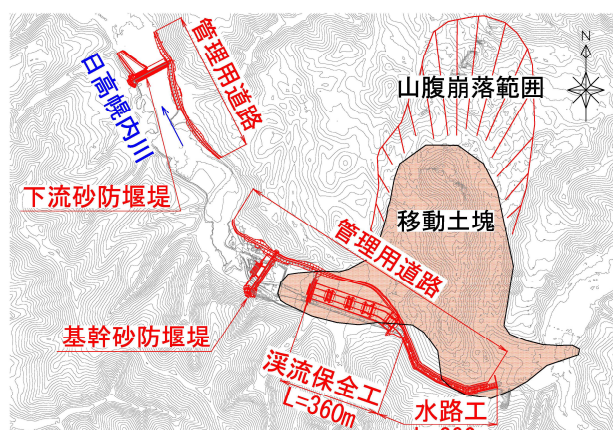


図-6 恒久対策工概要（日高幌内川）

7. 砂防指定地の指定に向けた手続等

(1) 一連の手続の流れ

本事業は国直轄で工事を実施することから、北海道開

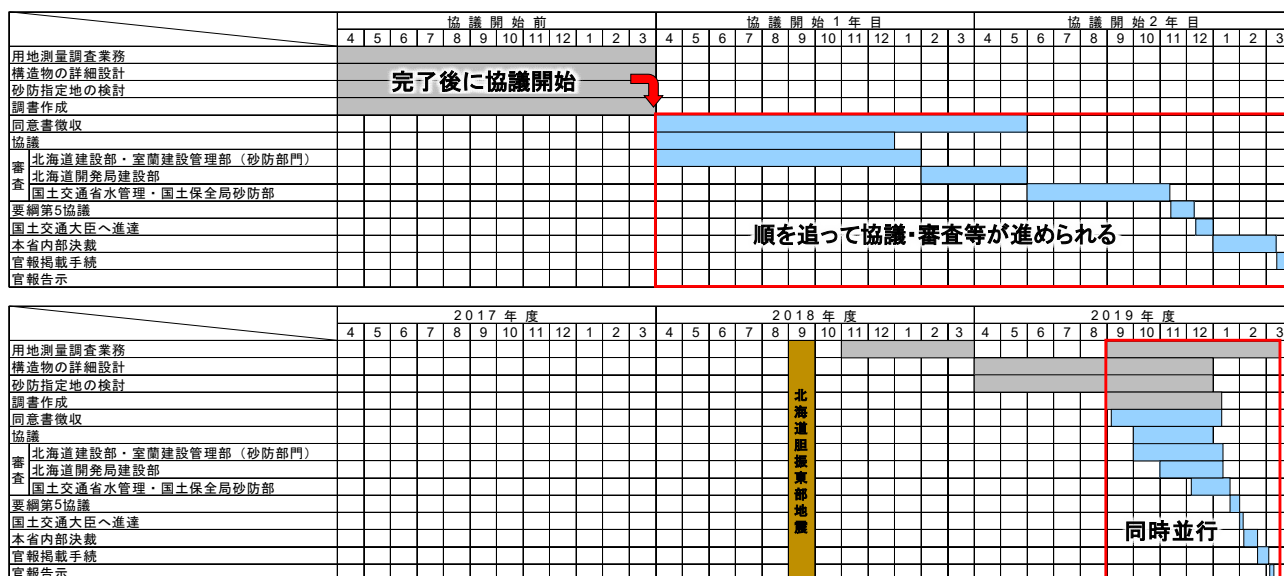


図-7 一連の手続の流れ（上段：通常 下段：本事業）

(以下、北海道)、北海道開発局建設部(以下、本局)、国土交通省水管理・国土保全局砂防部(以下、本省)と順を追って調書の審査が進められ、本省による審査が完了した後、北海道開発局長が知事と協議の上で国土交通大臣に進達、官報告示により指定という流れで一連の手続が行われる。なお、進達するにあたり砂防指定地及び直轄砂防工事施行区域の指定について、北海道開発局長が知事からの同意を得るために行う協議を要綱第5協議と呼ぶ。

本事業は関係機関の理解と協力のもと、図-7下段に示すように設計、砂防指定地の検討、調書作成、協議並びに北海道、本局及び本省による調書の審査を並行して進めることの合意形成を図り、一般的には協議開始から砂防指定地の指定まで概ね2年程度を要するところ、半年で指定することを目指して、2019年9月から協議を開始した。

(2) 用地測量調査業務

用地測量調査業務は、用地取得範囲を確定させてから図-7上段に示すように資料調査業務と用地測量業務を一括して発注することが一般的である。

本事業は緊急性を要していたことから、図-7下段に示すように2018年11月から2019年3月まで資料調査業務を先行実施し、権利者情報の顕在化と公図等転写連続図の作成を行った。その後、2019年9月から2020年3月まで進達に向けた作業と並行して用地測量業務を実施した。

(3) 管理用道路と付替町道

砂防設備の管理には管理用道路が必要となる一方、もともとある町道が砂防堰堤による分断や堆砂敷下となるため、町道を付替えて機能回復する必要がある。

一般的に、公衆用道路は堆砂敷よりも高標高の位置に付替えるが、本事業では地震による斜面崩壊が対象溪流の兩岸の至る所で発生しており、崩壊斜面上への付替町道の設置は安全対策に多大な費用を要することや、土砂災害再発の危険性が懸念された。また、地形勾配が緩いことから付替町道の延長が長大となり、多額の費用と工事期間を要するため、ルート選定が難航したが、将来、砂防指定地を管理する北海道及び町道を管理する厚真町と協議を重ねた結果、町道に管理用道路の機能を付加し、砂防指定地内に所定の高さを確保した付替町道を設置することとした。

(4) 協議

a) 北海道からの内諾

進達するにあたり行われる要綱第5協議を円滑に進めるため、事前に北海道からの内諾を得ておく必要がある。このため、北海道及び出先機関である室蘭建設管理部(以下、室建管)の砂防部門と調書の審査を含めた協議

を重ね、内諾を得た。

b) 官公庁からの同意

砂防指定地の指定を行う範囲に他の法令による規制がある場合、法令を所管する官公庁から砂防指定地の指定について同意を得る必要がある。

本事業区域には、二級河川(日高幌内川)、民有保安林、土砂災害警戒区域、普通河川(3溪流)があり、それぞれ担当の室建管の河川、治山及び土砂災害の各部門並びに厚真町と協議を重ね、同意を得た。

8. 進達図書(調書)の作成

進達図書は、要綱で定められている20種類ほどの調書を作成し、編纂する。調書ごとに体裁や作成要領が細かく定められており、専門的な知識も必要だが、緊急時や災害時であっても省略することは認められない。

本事業では用地測量業務と並行して調書の作成を行ったため、一般的には用地実測図原図から作成する指定平面図を公図等転写連続図から作成し、地積測量図から算出する分筆地の面積をCADで算出するなど、通常とは異なる手法での対応が求められた。

各調書は、図-8に示すように緊急対策工から引続く恒久対策工の実施内容が分かるように工夫して作成し、調書の作成過程で突発的に発生した課題には迅速な対応を行い、早期に問題解決を図った。

主な対応事案は、以下(1)～(3)のとおりである。

(1) 重複地における地籍の修正申出

砂防指定地に指定する土地のうち厚真町字東和A番地の筆界に疑義が生じた。

当該地は農林省名義で表題登記のみがなされており、国土調査前に登録地成図によって地番が付された後、国土調査で長狭物として処理され、現地確認不能地となっていた。当時の登録地成図に基づき、地籍図と整合させて位置を特定した結果、B番地の一部と重複しているこ



図-8 調書の一例(日高幌内川)

とが判明した。

所管確認においては、関係官公庁のいずれからでもA番地を所管していない旨の回答を得ており、土地所有者が不明であった。現状のままでは、調書に記載する砂防指定地の面積が二重計上されてしまうため、札幌法務局苫小牧支局と対応を協議し、厚真町が国土調査における地籍の修正申出を行うことでA番地が閉鎖され、問題を解決することができた。

(2) 標柱の本数削減

本事業は砂防指定地を標柱により指定しているが、一般的には土地の筆界点ごとに標柱を設置するため、土地の筆数に比例して標柱も増える傾向にある。

北海道からは将来の標柱管理に多大な労力を要することを防ぐため、標柱本数を必要最小限にすることが求められた。このため、図-9に示すように町道と民有地の筆界が砂防指定地と重複する箇所は、告示文を「標柱○号から標柱△号を町道××線の官民地境界に沿って結んだ線」と工夫することで、33本の標柱を削減することができた。

(3) 無地番地の表示

砂防指定地に指定する土地のうち脱落地、河川敷地、道路敷地などの無地番地が17筆あり、協議や打合せの際にどの土地を指しているのか、確認に手間取ることが多かった。このため、溪流ごとに規則性を持たせたアルファベットと数字の組合せを地番の代替とし、調書の図面等に統一して表記することによって、土地の判別が容易となり、誤謬を防ぐことができた。

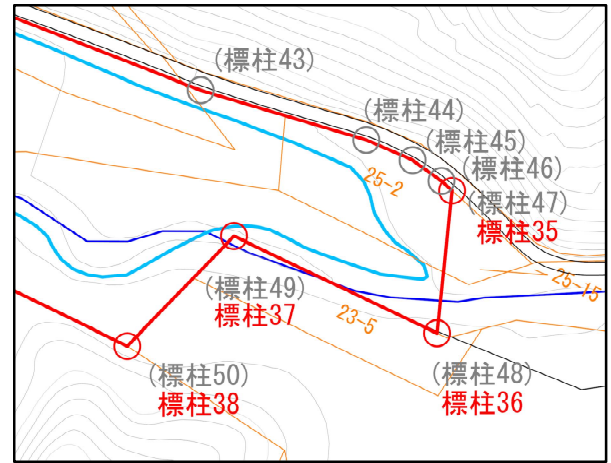


図-9 標柱の本数削減

表-1 タスク管理表（上段：カレンダー型 下段：星取表）

2020 1 JAN						
SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
		☑ 日高幌内川：暫定版図書本局審査終了	☑ 日高幌内川：暫定版図書（事前審査用）本省送付	☑ 第4回建管協議	☑ 3溪流：北海道より審査書受理	
12	13	14	15	16	17	18
		☑ 日高幌内川完成版図書：北海道、本局送付 ☑ 3溪流：審査書回答	☑ 日高幌内川：完成版図書（事前審査用）本省送付	☑ 第5回建管協議 ☑ 3溪流：本部上申文書受理 ☑ 3溪流：北海道内務（メモ確認、サイン）	☑ 3溪流：本部上申文書受理 ☑ 同意書徴収（増玉橋）	
19	20	21	22	23	24	25
	☑ 日高幌内川：北海道審査状況確認	☐ 全溪流：同意書徴収完了	☐ 全溪流：同意書リスト最終チェック ☐ 全溪流：同意書編集（PDF）	☐ 日高幌内川：北海道より審査書受理	☐ 3溪流：本省送達了解	
26	27	28	29	30	31	1
	☐ 3溪流：本局上申 ☐ 日高幌内川：審査書回答	☐ 3溪流：要綱第5協議開始	☐ 第6回建管協議 ☐ 日高幌内川：北海道内務（メモ確認、サイン）	☐ 日高幌内川：本省送達了解 ☐ 日高幌内川：本部上申文書受理	☐ 日高幌内川：本局上申 ☐ 日高幌内川：要綱第5協議開始	

	調査種別	日高幌内川		チケッパ川		チカエッパ川		東和川	
		状況	担当	状況	担当	状況	担当	状況	担当
1	指定進達書	審査中	A	完了	A	完了	A	完了	A
2	指定箇所総括表	審査中	A	完了	A	完了	A	完了	A
3	土地調査総括表	審査中	A	完了	A	完了	A	完了	A
4	官報告示文案	審査中	A	修正中	A	修正中	A	完了	A
5	指定方針	審査中	A	完了	A	完了	A	完了	A
6	指定パターン図	審査中	A	完了	A	完了	A	完了	A
7	直轄施行理由書	審査中	A	完了	A	完了	A	完了	A
8	指定理由調書	審査中	A	完了	A	完了	A	完了	A
9	土地調査（区域）	審査中	A	完了	A	完了	A	完了	A
10	土地調査（面積）	審査中	A	完了	A	完了	A	完了	A
11	位置図	審査中	B	完了	C	完了	C	完了	C
12	流域図	審査中	B	完了	C	完了	C	修正中	C
13	指定平面図	審査中	B	修正中	C	修正中	C	修正中	C
14	図面集	審査中	B	修正中	C	修正中	C	修正中	C
15	写真集	審査中	B	完了	C	完了	C	完了	C
16	全部事項証明書	審査中	A	完了	A	完了	A	完了	A
17	公園	審査中	A	修正中	A	修正中	A	完了	A
18	既指定（官報）	審査中	A	無	—	無	—	無	—
19	協議書								
関係機関	北海道（砂防）	協議中	A・B	協議中	A・C	協議中	A・C	協議中	A・C
	北海道（河川）	完了	A・B	無	—	無	—	無	—
	北海道（治山）	完了	A・B	無	—	完了	A・C	無	—
	北海道（土砂災害）	無	—	無	—	完了	A・C	無	—
	厚真町	完了	A・D	完了	A・D	完了	A・D	完了	A・D
20	同意書	更新中	D・B	更新中	D・C	更新中	D・C	完了	D・C

9. 進達に向けた作業

(1) スケジュール管理の徹底

進達に向けた作業は、限られた時間の中で無駄のない協議、調書作成、地権者対応及びその他の事務手続を行う必要があり、スケジュール管理の徹底が求められた。このため、協議開始から官報告示までの順序を示したロードマップを職員間で共有してから作業を開始した。

ロードマップ上で遅れている作業については、その要因となっている課題を抽出し、優先的に解決するなどスケジュールの適正化に努めた。特に被災規模が甚大な日高幌内川は、構造協議にも時間を要したことから、3溪流を先行して作業を進めたが、進達1か月前には全溪流の作業が輻輳し、過密スケジュールとなった。このため、表-1上段及び下段に示すように進捗状況を詳細に記したタスク管理表を作成し、随時更新しながら職員間で共有して適切なスケジュール管理に努めた。

表-2 砂防指定地に指定する土地

	日高幌内川	テケッペ川	テカエツ川	東和川	合計(筆)
民有地	48	59	79	124	310
国有地	0	5	0	3	8
町有地	39	21	40	42	142
河川敷地	1	1	3	2	7
旧法道路	2	2	1	4	9
脱落地	0	0	1	0	1
合計	90	88	124	175	477

(2) 調書の審査担当者との対応

調書の審査は、北海道、本局及び本省の担当者により並行して行われた。このため、審査が開始された当初から修正や差替え等に係る対応窓口を一本化して情報の錯綜を防ぎ、担当者が常に最新の調書を審査できる体制を維持した。

また、スケジュールが遅延しないように、期限付で審査を依頼することに努めた。

(3) 同意書の徴収

砂防指定地に指定する民有地の地権者からは、砂防指定地の指定について、同意を得ておく必要がある。

本事業では、表-2に示すように砂防指定地に指定する土地477筆のうち民有地が310筆と大半を占めており、同意書が必要な地権者は85名にも達した。

地権者は厚真町だけに限らず、シンガポール、東京都、埼玉県、札幌市、帯広市など広く国内外に居住していたが、丁寧な事業説明を心がけ、同意書の徴収を開始してから3か月で約9割、5か月で全員から同意書を徴収することができた。被災者でもある地権者から早期に同意を得られたことが、協議をより円滑に進めることを後押しした。

(4) 臨機応変な執務体制

調書は、室蘭開発建設部公物管理課（在室蘭市）と厚真川水系砂防事業所（在苫小牧市）が共同で作成する必要があったが、常に最新の協議状況やデータを反映させながら膨大な量の調書を作成することは、電話やメールのやり取りだけでは限界があり、非効率であった。

そこで、公物管理課担当者が厚真川水系砂防事業所に赴き、隣席で作業を行うことによって、最新の協議データの反映や齟齬の防止が可能となり、迅速な調書作成に大きく寄与した。

状況に応じた臨機応変な執務体制の構築は、室蘭開発建設部長を始め、関係各課の協力で実現したが、事務官

と技官それぞれの能力を最大限に発揮することができ、限られた時間を有効に活用しながら、精度の高い調書を作成することができた。

10. 知事からの同意

北海道開発局長は、2020年1月29日に3溪流、2020年2月6日に日高幌内川について要綱第5協議を行い、2020年1月31日に3溪流、2020年2月12日に日高幌内川について、知事からの同意を得た。

要綱第5協議に係る協議書や同意書は、郵送ではなく直接出向いて受渡しすることにより、スケジュールの短縮を図った。

11. 進達と官報告示

北海道開発局長は、2020年2月3日に3溪流、2020年2月13日に日高幌内川に係る砂防指定地及び直轄砂防工事施行区域の指定について、国土交通大臣に進達した。

本省内部の決裁と官報掲載手続を経て、2020年3月9日付け官報第205号国土交通省告示第262号で3溪流、同第263号で日高幌内川について、砂防指定地及び直轄砂防工事施行区域の指定を行った。

12. おわりに

砂防指定地の指定に当たり、多大なる御理解と御協力をいただいた北海道、室建管の砂防、河川、治山及び土砂災害の各部門並びに厚真町の関係者の皆様、そして何より砂防指定地の指定に同意して下さった地権者の皆様に、心よりお礼を申し上げます。

厚真川水系砂防事業所では「被災地の復興の礎となる復旧」を目標として、職員一丸となり砂防指定地の指定に向けた一連の手続を行い、協議開始から約半年で砂防指定地の指定を行うことができた。

今後も厚真町を始めとする被災地の復旧・復興が進むことを祈念して、本報告の結びとしたい。

参考文献

1) 山口昌志、久保徳彦、野呂浩生(2019)：平成30年北海道胆振東部地震による土砂災害に対する二次災害防止の取り組み、砂防学会誌, Vol72, No. 3, pp. 31-37

LP 調査を活用した新たな危険箇所の把握

萬治 太郎¹・服部 達典²・柿内 雅史³

^{1,3}四国地方整備局 土佐国道事務所 道路保全課 (〒780-0055 高知県高知市江陽町2-2)

²四国地方整備局 道路部 道路計画課 (〒760-8554 香川県高松市サンポート3番33号) .

近年の豪雨の増加に伴い道路区域外からの災害が頻発する中、直轄国道ではLP調査を行い、新たな危険箇所を抽出し、防災対策を進めようとしている。土佐国道事務所管内では、令和元年度に直轄国道沿いでLP調査による高精度の地形データを取得した。本論文では、国道55号を対象に実施した新たな危険箇所の抽出を行った事例を示す。LP調査を活用して新たな危険箇所を抽出した結果、国道55号では、机上調査で209箇所の新たな危険箇所として調査が必要な箇所が確認された。そのうち、優先度の高い60箇所について現地調査を行い、対策が必要な新たな危険箇所として11箇所を把握することができた。

キーワード LP調査, 新たな危険箇所, 道路防災点検, 地形解析図, 優先度評価

1. はじめに

直轄国道では、平成8年、平成18年の防災総点検以後、防災カルテを用いて危険箇所の監視を行っている。防災点検で確認された要対策箇所について、順次、防災対策を進めることで、既知の要対策箇所については、危険箇所の解消が進んでいる。

一方、近年の豪雨の増加に伴い、防災カルテ点検で監視している箇所以外でも災害が発生している。特に、令和2年7月豪雨をはじめとして、道路区域内だけではなく、道路区域外からも土砂崩落や土石流等の災害が発生し、道路交通に支障を及ぼす災害が発生している。

このような災害事例を踏まえて、「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策、5か年加速化対策」により、危険箇所への対策を進めている。国土交通省では、全国の直轄国道の路線沿いにレーザプロファイラ（以下、LPと記す）調査等、高度化された手法により新たな危険箇所を抽出し、抽出された危険箇所等について防災対策を進めようとしている。各地方整備局においてもLP調査を用いて危険箇所の抽出が行われている¹⁾²⁾。ただし、まだLP調査の活用方法、危険箇所の抽出方法については確立されたものはない状況である。

土佐国道事務所管内では、令和元年度にLP調査を行い、国道沿いで高精度の地形点群データを取得した。本論文では、管内のうち事前通行規制区間を含み、急峻な斜面の裾野を通過する国道55号を対象にして、LP調査で取得した高精度の地形点群データを用いて危険箇所を把握した取り組みについて紹介する（図-1）。

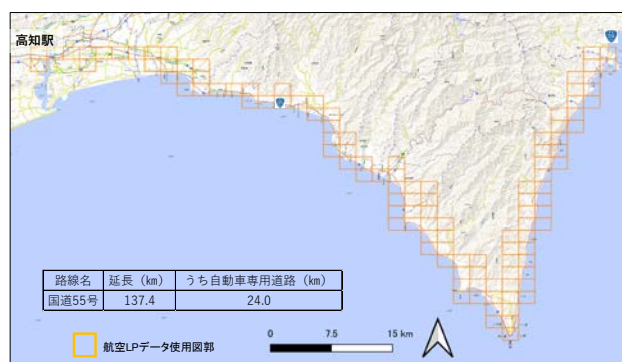


図-1 国道55号 位置図

2. 新たな危険箇所の抽出手順

新たな危険箇所の抽出の基礎データは、令和元年度に取得したLPデータを用いた。新たな危険箇所とは、防災カルテ点検で把握されていない箇所としたが、既存の防災カルテでの未確認箇所もある可能性があるため、抽出にあたっては、山地沿いの路線全体を対象としている。抽出は、道路防災点検要領³⁾に準じて実施し、下記の手順で行った。

①**既往資料收集整理**：既往の防災カルテ資料や災害履歴等を確認し、土砂災害警戒区域等の情報等とあわせてGISで整理する。

②**地形解析図の作成**：LPデータは、点群データとして取得される。点群データは、GISソフト等により解析処理することにより、等高線のコンター図の他、地形的な特徴や傾斜を視覚的に表現できる図（地形解析図）を作成することができるのが特徴である。本論文で作成した

地形解析図は、表-1 に示すとおりである。

表-1 LP図から作成した地形解析図

解析図	解析手法
傾斜量区分図	地形の傾斜を示した図。土石流の発生域、移送域、堆積域の評価や、落石や岩盤斜面の抽出に活用。グラウンドデータを使用して地形の傾斜量を計算し区分する。
CS立体図	長野県林業センターで考案された表現図。グラウンドデータを使用して傾斜図と曲率図と標高図を組み合わせる。(赤色立体図等と同等の図)
S-DEM解析図	地表面の凹凸を強調させた表現図。グラウンドデータに加えてオリジナルデータを使用して地面点から任意の距離に位置する点群だけを抜き出した下層モデル。
転石抽出図	S-DEM解析図をフィルター処理した図。グラウンドデータをオフセットすることで、小規模の凹凸を除いた図。切株等を除去し、凸部(浮石露岩)の抽出に活用。
樹高分布図	オリジナルデータとグラウンドデータの標高差を解析することで、樹高分布を表現。裸地や比較的新しい崩壊箇所の抽出に活用



図-2 地形解析図の例 (CS立体図)

③微地形判読：作成した地形解析図を用いて、「落石・崩壊」、「岩盤崩壊」、「地すべり」、「土石流」の災害要因について地形判読を実施する。従来の地形判読では、空中写真を立体視することにより、崩壊地形や地すべり地形等を抽出していた。LP データより作成した地形解析図を用いることにより、より詳細な微地形が判読できるようになる他、地形の傾斜等を視覚的に把握できることから、見落としの少ない高精度の地形判読が容易になる。

④安定度調査箇所必要箇所の選定：微地形判読により確認された斜面を道路に面する斜面単元に区分し、現地調査(安定度調査)が必要な斜面を抽出する。

⑤安定度調査、防災カルテ作成：LP データで確認された災害要因は、机上調査による評価であるため、判読された災害要因の有無や専門技術者による現地調査による確認が必要である。現地調査は防災点検要領に従い安定度調査を行い、安定度調査により「対策が必要」または「防災カルテを作成し対応する」と評価された箇所については、防災カルテの作成を行う。

3. 新たな危険箇所への LP 調査の活用

(1) 災害発生箇所での事例

新たな危険箇所の抽出にあたり、近年の災害発生箇所を例に LP 調査を活用する際の災害要因の抽出可能性について確認を行った。

対象とした災害は、令和 2 年 9 月 25 日の短時間集中豪雨により発生した室戸岬灯台の管理道脇で発生したものである。本災害は、管理道脇の斜面で崩壊が発生し、崩壊土砂は、道路脇の高エネルギー吸収柵で崩壊土砂を捕捉したが、崩壊土砂の一部が表流水とともに道路へ流出した。

LP 調査による微地形判読では、海食崖と海成段丘地形に位置し、馬蹄形の崩壊地形が複数確認される(図-3)。また、灯台管理道の道路勾配の変化点付近で馬蹄形の崩壊地形や今回の崩壊箇所が位置している(図-4)。

このことから、本崩壊の災害発生要因の 1 つとして、過去の崩壊履歴のある緩んだ斜面で、豪雨時に、斜面上方の灯台管理道を雨水が流下し、道路勾配の変曲点付近から、斜面内に雨水が供給されたことが誘因と推定された。このような、斜面内に表流水が供給されるような地形および道路構造の箇所は、同様の崩壊が発生する可能性あり留意が必要である。特に、管理国道だけではなく、管理外の道路構造についても注意する必要がある。

LP 調査の地形図は、微地形や道路の勾配を確認することができるため、同様の地形および道路構造の箇所についても新たな危険箇所の可能性のある箇所として抽出を行った。



図-3 災害発生箇所の微地形判読図

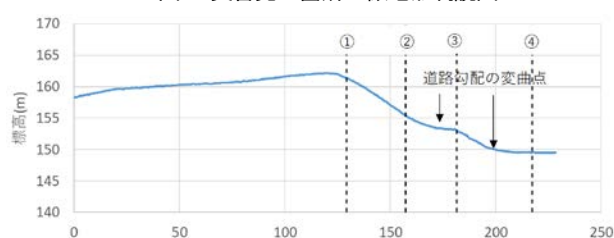


図-4 灯台管理道の道路縦断面図

(2) 既存防災カルテとの対比

既存の防災カルテは、専門技術者により、空中写真判読と現地調査が実施され、スケッチにより現地の災害要因や危険箇所（着目点）が示されている。スケッチによる図面のため点検箇所の危険のポイントが理解しやすいという特徴がある。一方、スケッチの精度は、専門技術者の力量に左右されやすく、図面スケールも様々であるため、場合によってはなかなか着目点にたどり着けないといったことがある。

LP 調査では、従来の空中写真判読による災害要因につながる微地形を判読可能であり、視覚的にも分かりやすい表現が可能である。

LP 調査を活用した微地形判読結果と既存防災カルテについて、対比を行った結果を図-5に示す。

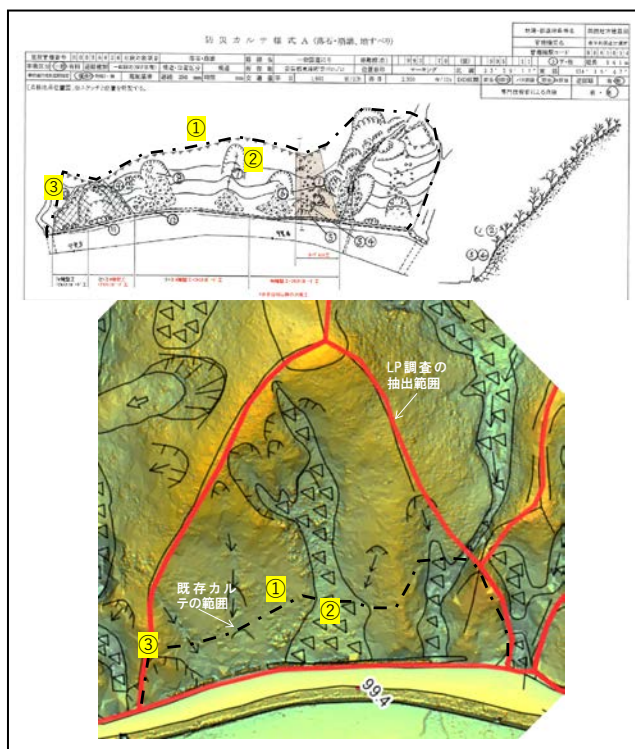


図-5 既存防災カルテ（上）とLP調査による微地形判読図（下）

既存防災カルテでは、斜面全体の末端部を対象に図化されているが（図-5①）、LP 調査による微地形判読結果では、その上方斜面にも不安定な土砂が堆積している様子が確認できる（図-5②）。既存防災カルテでは、落石対策工の記載がされているが、LP 調査では、落石対策工等、小規模な対策工は表現されていない（図-5③）。

以上より、LP 調査を活用した場合には、斜面全体の災害要因や微地形は表現しやすいが、LP 調査のみでは対策工までは確認することができない。新たな危険箇所の把握においては、資料確認、現地確認等により既設の対策工について把握した上で評価を行う必要がある。

4. 新たな危険箇所の評価

国道55号では、地形解析図を用いた微地形判読の結果、既存防災カルテ箇所も含め、544 箇所が斜面単元として抽出された。このうち、既存防災カルテ以外の新たな危険箇所の可能性がある箇所は、465 箇所であった。新たな危険箇所の可能性のある抽出された数多くの斜面から、優先的に対応し、現地調査を行っていく箇所を選定する必要がある。本検討では、リスク評価の手法を用いて、「発生しやすいさ」と「影響の大きさ」を指標としてマトリクスによる評価を行い、対応の優先度を検討した。

(1) 優先度評価の手法

優先度は、リスク評価の手法を参考に、斜面の不安定度に相当する「発生しやすいさ」と、判読した災害要因が発生した場合の道路への影響を示す「影響の大きさ」を指標とした。

「発生しやすいさ」は、安定度調査表に示される要因の項目のうち、地形要素など LP 調査の微地形判読で評価可能なものについて評価項目として設定し、点数化を行い評価した。既存カルテの点数分布から閾値を設定し、「大・中・小」の3区分に区分した。

「影響の大きさ」は、防災カルテの被災ランクを参考に、図-6に示す区分により、「大・中・小」の3区分に区分した。

	標語	概念図	状態
大	規模 1		崩落した土砂・落石、雪崩等が道路をふさぐ、もしくは路体が大きく崩落することで、道路の通行が著しく阻害される。
	規模 2		崩落した土砂・落石、雪崩等が道路の一部をふさぐ、もしくは路体の一部が崩落することで、道路の通行が一部阻害される。
中	規模 3		崩落した土砂・落石、雪崩等で、道路構造物が被害を受ける、もしくは道路盛土砂の一部が変形、崩落するが、道路の通行は可能。
小			

図-6 被災ランクの区分

「大・中・小」の3つに区分した「発生しやすいさ」と「影響の大きさ」の組み合わせから、図-7に示すようにⅠ～Ⅴの区分に区分し、優先度の高いⅠ、Ⅱ区分を対象に安定度調査を行い、現地調査により、対策の必要性を評価することとした。Ⅰ～Ⅴの区分ごとの対応については、既存防災カルテ箇所の対応を参考に、表-2に示す対応としている。

		発生のしやすさ		
		大	中	小
影響の大きさ	大	I	II	III
	中	II	III	IV
	小	IV	IV	V

図-7 リスクランク評価区分

表-2 評価区分毎の対応

評価区分	防災点検での対応イメージ	対応(案)
I II	要対策相当	・安定度調査を実施することが望ましい。 ・区分IIのうち、「大・中」に関しては、現地確認の実施
III	カルテ対応相当	・現地確認の実施 ・防災カルテの継続
IV	カルテ対応(対策済み)	道路パトロールでの監視
V	その他(道路パトロール対応)	

(2) 新たな危険箇所の評価

既存防災カルテ以外の新たな危険箇所の可能性がある465箇所について評価を行った(図-8)。安定度調査が優先的に必要な区分I、IIの斜面は、209箇所と評価され、そのうち上位60箇所について、安定度調査を実施した。60箇所のうち、要対策と評価された箇所は、11箇所であった。

		発生のしやすさ		
		大	中	小
影響の大きさ	大	48	100	9
	中	61	86	17
	小	52	63	29

図-8 新たな危険箇所の可能性がある斜面の評価結果 (N=465)
(防災カルテ箇所以外)

5. おわりに

(1) LP 調査の活用における留意点

LP 調査を活用することにより、防災カルテ点検箇所以外の、新たな危険箇所が抽出することができた。従来の空中写真判読に比べて、詳細な微地形が表現されるため、災害要因抽出の精度が向上している。特に、近年の災害事例を踏まえての管理道路、管理外道路の道路構造が誘因となり発生する災害危険箇所について把握することができた。このような道路構造が誘因となる危険箇所については、予防保全的に対応していくことが必要と考えられる。

LP 調査による微地形解析図では、小規模な対策施設(特に落石防護網やロープ掛け工等)は、精度の問題により表現できない。そのため、現時点では、対策施設の状況を現地で確認し、現地での確認結果を踏まえての評価が必要である。このような課題に対しては、ドローンや携帯型のレーザプロファイラ等、必要な情報の精度に応じたLPデータの取得が期待される。

(2) 今後のLP 調査の活用

①防災カルテの更新：LP 調査の地形解析図は、斜面全体の災害要因の把握が可能である。既存のスケッチ図をLP 調査の地形解析図に更新することで、斜面全体の災害リスク要因を把握した点検が実施できると考えられる。

②差分解析図の活用：LP データは3次元の点群データとして取得されるため、2時期のデータ間の差分を求めることにより、変動箇所を抽出できる。定期的にLP データを取得することで、広範囲の斜面や渓流において、点検を行う前に変動箇所の把握できる可能性がある。2時期の点群データの密度や検出精度の課題はあるが、今後、定期的にLP 調査を行うことにより、防災点検を効率化することが期待される。

参考文献

- 1) 小室宣孝, 蔵本直行:LP データを用いた道路防災危険箇所の抽出について, 第71回中国地方技術発表会
- 2) 山内聡:LP (レーザプロファイラ) データを活用した道路沿線斜面の潜在的災害危険箇所の把握の高度化について, 令和2年度九州国土交通研究会
- 3) 一般社団法人全国地質調査業協会連合会:道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等)および点検要領, 2019.10

ヨシによる取付護岸の 浮上り現象に関する調査報告

小林 美千代

関東地方整備局 利根川上流河川事務所 守谷出張所 (〒302-0116 茨城県守谷市大柏355-7)

[現 関東地方整備局 江戸川河川事務所 総務課]

利根川の中流部にある田中調節池内周囲堤の樋管取付護岸の補修作業中に、護岸ブロックが帯工より10cm程度浮き上がっているのが発見された。目地部分からはヨシが生えていたことから、ブロックとその下の砕石および遮水シートを剥がしたところ、ヨシの地下茎が遮水シートの下に密生しているのを確認した。本調査では、現場および机上調査を通じ護岸が浮き上がった原因がヨシの地下茎の密生にあるのかを確認した結果を報告するとともにヨシの育成が護岸を持ち上げるに至るシナリオを推定し、推定シナリオに基づいた護岸浮き上がりの再発防止策(案)を提案する。

キーワード 護岸浮き上がり、ヨシ地下茎、採取土、日常点検、河川構造物

1. 序論

河川の出張所には、管内の河川管理施設がその機能を発揮出来るよう、常時から非常時まで、施設の重要度と状態に応じた点検、修繕、改修を繰り返していくという大事な役割がある。その基本は点検や日常の巡視、観察であり、異変や異常、その手前に発生する変状や兆候を把握し、場合により重点的な監視対象としていくこととなる。

守谷出張所においても日常的な巡視、堤防点検や河川構造物点検、安全利用点検、維持業者による日常的な観察等を確実に実施してきたところではあったが、今回、全ての監視、観察の網をすり抜け、護岸ブロックの浮き上がりを見逃すという事態が発生した。(図-1)

守谷出張所の人員配置状況等は、技官は出張所長と管理第二係長の2名、事務官は管理第一係長である私1名、委託の河川巡視員が1名、委託の現場技術員が1名となっており、維持工事を担当する技術者も初見では無く、河川が初めての担当者による見逃し等が発生した訳では無い。

点検・観察等の当事者らに聞くと、「当該護岸および周辺のヨシ自生は認識していた」「ヨシが護岸浮き上が

りを引き起こすと考えたことは無い」「安全利用点検での指摘で除草はしたことがある」という話が得られた。

河川技術者や巡視経験者にとって「ヨシは護岸ブロック変状の原因とはならない」という認識が一般的であり、かつ「ヨシには護岸ブロックを変状させることがある」という事実が存在するのであれば、本調査箇所以外の河川においても本件のような見逃しは発生しうることであり、問題である。

次章以降では、「ヨシは護岸ブロックを変状させるか」に主眼をおいた調査報告と再発防止策の提案を行う。



図-1 浮き上がった護岸ブロック(隣接区画)

2. 調査計画

護岸の浮き上がりの報告後、変位が明確な護岸のみ剥がしたところ、区画全体へのヨシ地下茎が広がっている可能性があったため、護岸全体を撤去しての本格的な調査を出水期明けの11月に入ってから実施することとした。

護岸補修工事と調整し、作業効率と詳細な調査のバランスを取った結果、全体工期を1ヶ月としそのうち3日間のみを本格的な調査にあてることで、堤防に護岸の無い期間を最小限とした。なお、短期間での調査のため専門的な委託はせず、出張所にある調査器具と現場にある資材と重機を活用した項目の実施のみとし、その後に机上調査を実施することとした。

(1) 机上調査の内容

- a) 完成図調査（護岸構造）
- b) ホームページ調査（ヨシの生態）
- c) 護岸の補修履歴等調査

(2) 現地調査の内容

- a) 調査区画の1mメッシュ区分（定量化・視覚化）
- b) 地下茎等の平面分布（写真観察）
- c) 目視観察（写真併用）
- d) 地下茎断面調査（ノギス）
- e) 地下茎重量の平面分布
- f) 土壌硬度の平面分布（山中式硬度計）

(3) 調査結果のとりまとめ

調査結果をとりまとめ、シナリオを推定する。

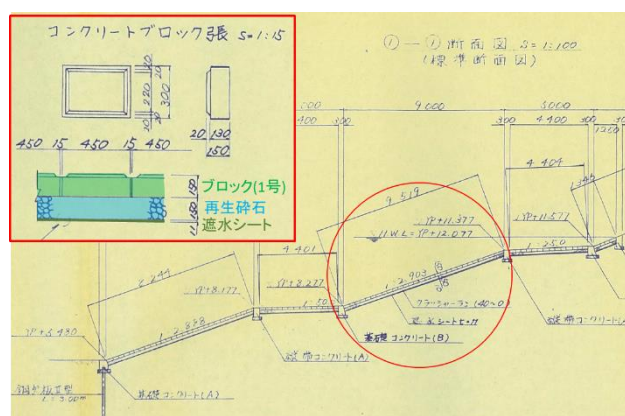


図-2 当該護岸の完成図

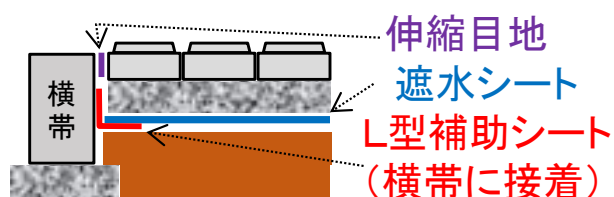


図-3 護岸構造の模式図

3. 調査の実施と結果

(1) 机上調査

a) 完成図調査

当該護岸は樋管改築の際、旧樋管撤去後の1990年に施工された。築堤土（拡幅）は近隣利根川高水敷より採取されており、現況においてもヨシが生えていることから、当該築堤土へのヨシ片の混入の可能性が推察された。また、構造は護岸ブロック(310kg/m²)モルタル目地、150mmの碎石、遮水シートが設置されており（図-2）、帯工と接着されたL型の補助シート上にラップされ、横帯と護岸ブロック間の隙間には伸縮目地が設置されている。（図-3）

b) ホームページ調査

ホームページ検索¹⁾により生態を調査した結果、ヨシには以下特性のあることがわかった。

- ・4月下旬から芽を出しはじめ、6月頃までに急激に成長し、11月頃には地上部は全て枯れる。
- ・地下の茎（地下茎）部分は生きており、夏の間に光合成で得た養分を蓄え、その養分を使って地面と平行に伸び、その先端から新しい芽が出て、次の春に成長する。
- ・地下茎の節からはひげ根がたくさん出ており、その一部は地下深く伸び水分を吸収することから乾燥に強く、茎には多数の通気管があり空気を地下に送ることができる。

c) 護岸補修履歴等調査

資料検索の結果護岸が補修された履歴は無かった。歴代の維持工事の技術者に確認したところ、最近では2020年8月および2018年5月にヨシ除草の記録がありそれ以前は記録が無い。図-4は2020年の除草前6月に撮影されていたヨシの繁茂状況の写真。



図-4 当該護岸上に繁茂するヨシ(2020年6月)

(2) 現地調査

a) 調査区画の1mメッシュ区分

計測結果の分布を定量的に視覚的に表現し、現象を理解し、説明しやすくするため、調査現場の縦帯工と横帯工と基礎ブロックで囲まれた区画を水糸により1mメッシュに分割した。(図-5)

b) 地下茎等の平面分布

地下茎は砕石上面と遮水シート下に存在しており、砕石上面では両側の横帯と上部縦帯沿いに分布していた。

遮水シート下でも同じように分布をしているが、横帯沿いは、上に向かう程増加し、縦帯沿いが最大となる。地下茎は全体的に上に向け、半円状に存在している。また、地下茎分布の下側に水跡のような茶色の染みが分布していた。(図-5)

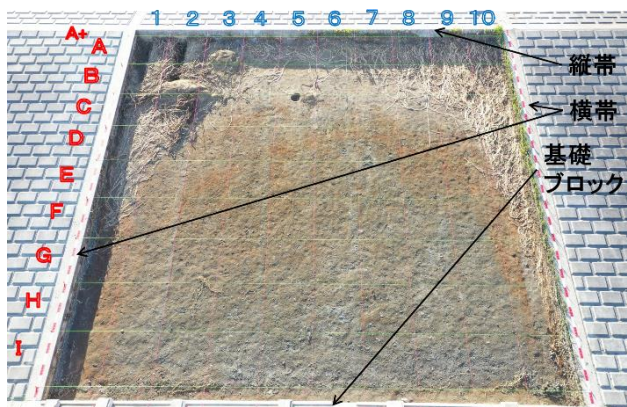


図-5 メッシュ分割と地下茎等の分布(シート下)

c) 目視観察

区画全体の土質は砂分が多めの砂質土が均一に分布している状況だった。また、横帯から伸びた地下茎は密にマット状に絡まりながら上方向、斜め方向に進んでいた(図-6)。縦帯から伸びた地下茎は一度下方向に向かった後半円を描きながら上方向に戻る傾向が見られた。

横帯部では、地下茎は遮水シート下から補助シート下を通り帯工の接着部を突き抜けて地上部へ至るのが多数であった。(図-7)

d) 地下茎断面調査

目視観察において地下茎は全てつぶれた形だったことから(図-8)、任意の21本の断面の縦横サイズをノギスにて計測した(表-1)。その結果、平均縦横比は1:2.4(扁平率0.59)となり、護岸ブロックからの強い圧力を受けながら伸長していったことが推察された。



図-6 シート下の地下茎の状況(A10 メッシュ)



図-7 遮水シートと横帯の接着部(上方向を望む)



図-8 地下茎の断面(楕円形に成長)

表-1 地下茎断面計測表(ノギス)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
タテ(mm)	6.40	5.90	5.45	5.30	6.25	8.70	4.70	9.30	8.50	6.50	6.50
ヨコ(mm)	18.50	17.80	15.10	13.50	13.45	14.55	13.00	17.85	16.70	16.45	18.05
No.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	平均
タテ(mm)	7.35	5.05	5.30	5.15	7.35	5.20	7.15	3.35	7.70	7.90	6.43
ヨコ(mm)	17.20	16.30	17.90	16.70	18.30	11.00	11.75	12.90	15.10	14.95	15.57

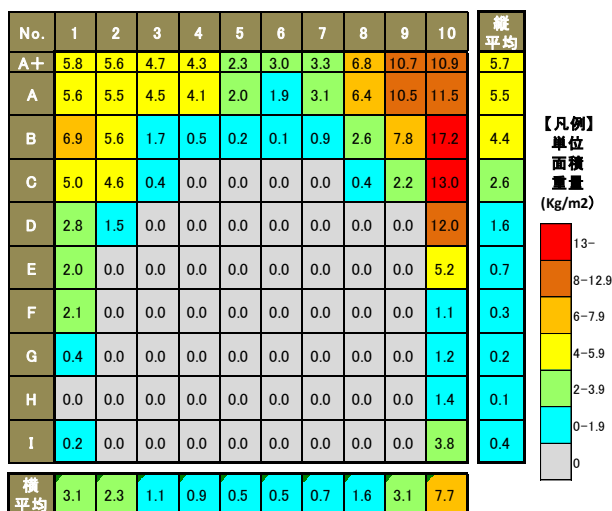


図-9 地下茎重量の平面分布 (赤>灰)

e) 地下茎重量の平面分布

メッシュ毎に地下茎を切り分けビニール袋に入れて、重量を調査した。目視観察と同じく横帯沿いは上に向かうにつれ、縦帯沿いは両側の横帯に向かうにつれ重量が増していることが明確にわかる。最大はB-10ブロックの17kg/m²であった。中央と基礎ブロック沿いには存在しない。(図-9)

f) 土壌硬度の平面分布

メッシュ毎の土壌硬度を山中式硬度計で計測した。地下茎の密生部はその下の土壌にて計測した。メッシュ毎の土壌硬度の分布を地下茎重量分布と比較すると、地下茎の密生箇所で低く、地下茎の存在しない部分で高くなり、地下茎の密生により地盤強度が低下する傾向を確認した。(図-10)

(3) 調査結果のとりまとめ

現地調査の結果より、浮き上がったブロックの下部にはヨシの地下茎がより多く密生し、それら地下茎は楕円形に変形していることがわかった。また、机上調査の結果より、ヨシの繁茂が放置されると地上部の光合成により地下茎が急激に成長することがわかった。これらより「ヨシの繁茂が護岸ブロックの変状につながった可能性」を確認した。併せて、地下茎の密生度が上がるほど地盤強度が低下することを確認した。

4. 対策の必要性の検討

ヨシの繁茂による護岸ブロックの浮き上がり現象が、河川構造物に悪影響を与える可能性について、以下のとおり整理した。河川構造物の機能を維持していくためにも、護岸の浮き上がりを防止する対策が必要である。

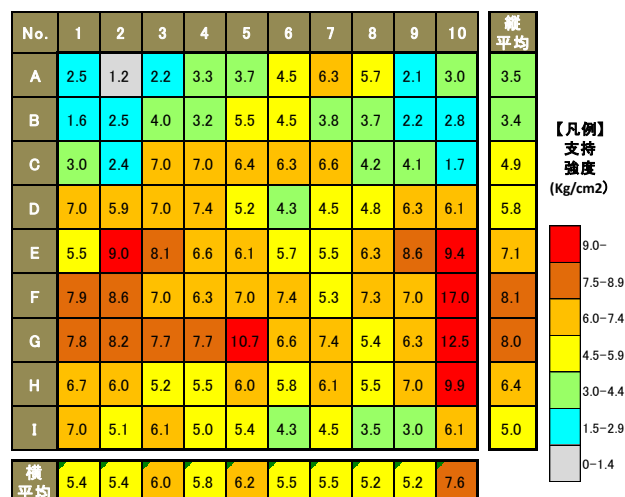


図-10 土壌硬度の平面分布 (赤>灰)

(1) 目地が抜け、ブロックが10cm程度浮き上がる現象

河道内の低水・高水護岸では乱流や堤体材料の吸出を助長する恐れがある。

(2) 鉛直方向に310kg/m²以上の揚圧力が発生する現象

設計計算、安定計算をしている河川構造物では安全度が損なわれる恐れがある。

(3) 地下茎の高密度化により地盤強度が低下する現象

地下茎の成長と枯死、衰弱の繰り返しにより緩んだと推察される地盤は、水みちの発生や構造物の沈下を引き起こす恐れがある。

5. シナリオの推定

調査結果を踏まえ、ヨシの繁茂が護岸を浮き上がらせるまでのシナリオを推定し、以下a)～h)に順番に示す。末尾の星印★は再発防止策に繋がる項目に記した。

a) 築堤土を高水敷から採取し、ヨシ片が混入(図-11)★

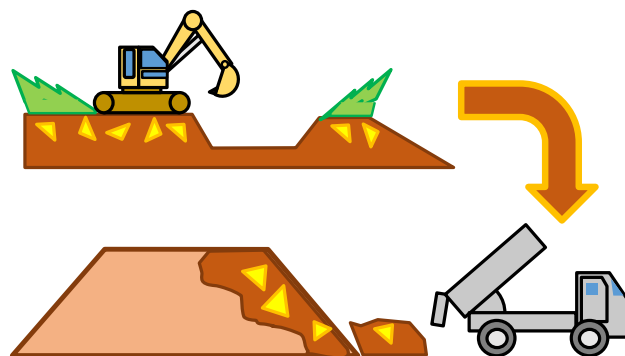


図-11 高水敷採取土から盛土へヨシ根が混入

b) 遮水シートと帯の接着面の経年劣化により、境界部の土壌に雨水が浸透(図-12)

c) 水と酸素が供給された土壌部分のヨシ片が活性化(図-12)

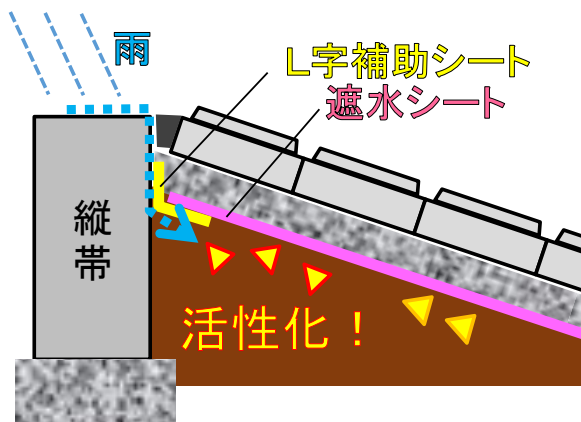


図-12 遮水シート下への雨水の浸入と活性化

f) 遮水シート下の地下茎は水と酸素を求め密度を増しながら扇状に伸長(図-15)



図-15 地下茎が上方向に扇状に伸長

d) 劣化した接着面の隙間をこじ開け、茎を伸ばし地上部が成長(図-13)★

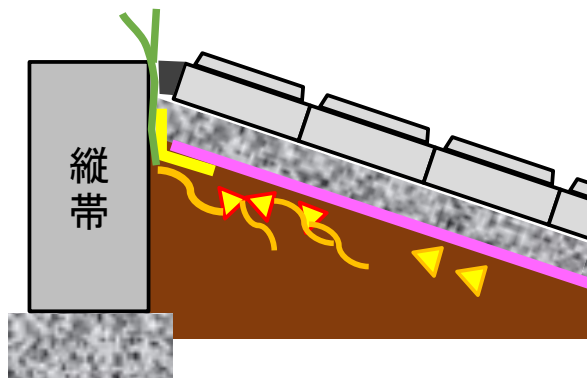


図-13 ヨシの地上部への成長

g) 地上部の成長(5月～6月)が点検時期等の事情で見過ごされ、地下茎が急激に成長(図-16)★

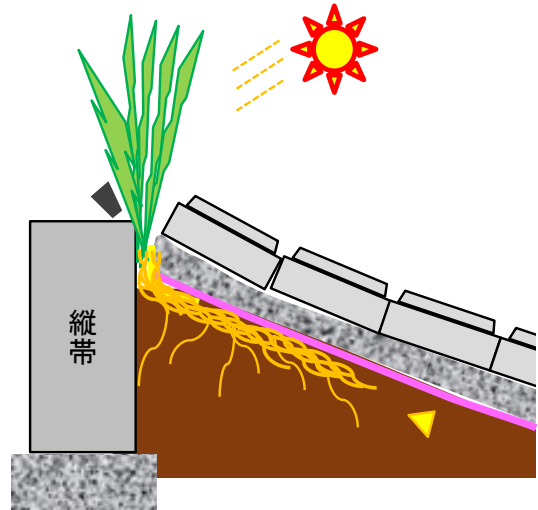


図-16 地下茎の急激な成長

e) 地上部からの光合成の養分等で地下茎が伸長(図-14)

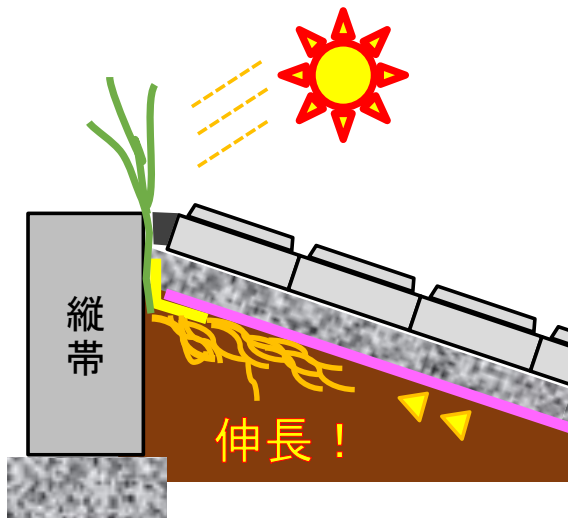


図-14 ヨシの地上部への成長と地下茎の伸長

h) 地下茎の成長は、茎断面が楕円になる程圧力を増し、ブロックが浮き上がる。(図-17)

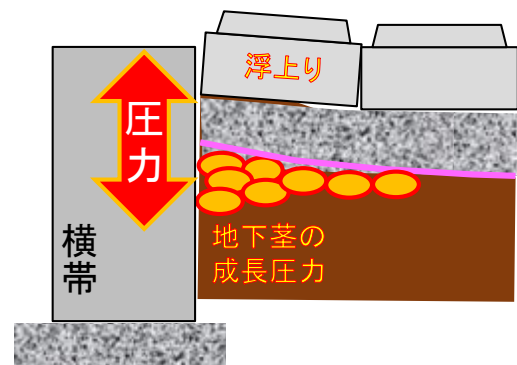


図-17 地下茎圧力によるブロック浮き上がり

6. 対策案の立案

推定したシナリオを踏まえ、護岸の浮き上がりを防ぐための対策手法を整理した。有効な対策としての要件は、第一にヨシを混入させないこと、第二に混入したヨシを成長させないこと、第三にヨシの地下茎を密生化、肥大化させないこととした。それらを満足する対策案として、以下a)～d)の案を提案する。

- a) 構造物の埋戻し、護岸の設置部にはヨシが自生する箇所の土砂を使用しない。（受入土の内容、用土採取箇所を事前に入念に確認し、地下茎による構造物の浮き上がりの原因を除去）
- b) 遮水シートの補助シートとコンクリート面の接着面部分に押え金具を追加（接着面の劣化による水の浸入を防ぎ活性化を防ぐとともに、地上部へのヨシの伸長を防止）（図-18）
- c) 隙間からのヨシ地上部を発見した場合は、コンスタントに除去、目地補修を徹底（光合成による地下茎肥大化の防止）（図-19）
- d) 構造物点検は時期と慣れに注意する。（複数の目によるクロスチェック、問題事例の情報共有、地上部が成長する段階での早期発見を確実なものにする仕組みづくり）

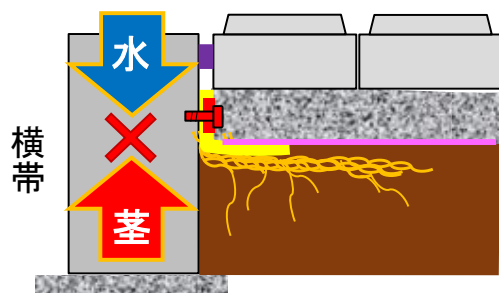


図-18 押え金具による伸長防止

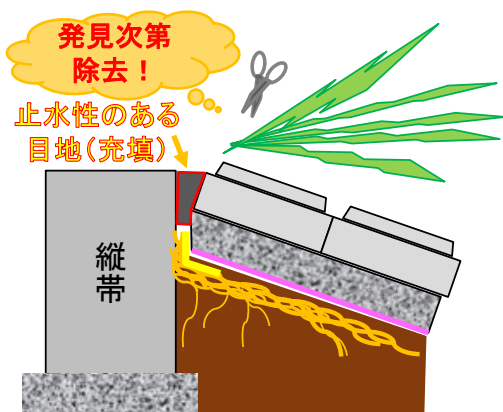


図-19 コンスタントな除去と目地補修

7. 結論

限られた時間の中で簡易な測定器具等を使用し調査を行い、多くの写真撮影や定量的に現状を把握する工夫をすることで、ヨシが護岸ブロックを浮き上がらせる原因となっている可能性を提示した。

調査結果によりヨシの混入や成長、護岸の浮き上がりに至るシナリオを推定し、シナリオに対応する具体的な再発防止策となる対策を立案した。

調査や観察については出来るだけシンプルに実施したので、同じような事象が発生した現場での課題解決に向けた検討材料として、役に立てたと思う。

当時は河川構造物の技術的な知識が無い中、出張所長の強力な指導のもと、未経験の測定も含め突貫で現地調査をこなし報告としてまとめた。一連の作業の中で知ることの出来た河川管理の実情を踏まえ、以下に感想を述べる。

私が本調査を任された理由は、河川管理という仕事が好きだったこともあるが、事務所も含め現場における技術系職員の不足が大きかったのではないかなと思う。

最近の河川管理の現場を巡る動きをみると、順応的で効率的な河川管理を目指した取り組みがなされるとともに、特にIoT技術やAI、ドローン等を活用した状態監視、診断、点検、河川巡視等の現場管理のDXが積極的に進められると聞いている。ただ、現場の事務系職員の立場では、そのような技術革新が数年先に起こる兆候は感じられなかった。

当時、出張所長と「今後の河川管理のDXによりきっと技術系の人手不足は解消される。だがそれまでの間、発生し続ける課題に迫られる現場はどうすれば良いか」と話したことがある。例えば河川管理に興味のある事務系職員が訓練等を受け、現場管理に貢献することも可能なのでは無いだろうか。一つの考え方として提案しておく。

今後また河川管理を担当する際には、今回の経験を活かし、技術的側面も踏まえた効率的できめ細やかな河川管理を実現していきたい。

謝辞：現地調査の実施にあたり、工事監督の合間に多くの作業補助とアドバイスを頂いた工事技術者の渡邊氏、現場技術員の土田氏、資料作成員の石井氏、論文の指導・添削を頂いた作田出張所長に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 京都市青少年科学センター：「ヨシの生態」
<http://www.edu.city.kyoto.jp/science/online/story/22/index.html>（参照2021-03-23）

管内のアスファルト舗装修繕に関する一考察

本川 国博¹・渡部 千弥¹

¹東北地方整備局 秋田河川国道事務所 道路管理第二課 (〒010-0951 秋田県秋田市山王1丁目10-29)。

秋田河川国道事務所では、4路線で全長「556km」(1車線換算)の管理を行っており、そのうち約9割がアスファルト舗装となっている。管内の舗装状況を踏まえ、アスファルト舗装を適切に維持管理をすることが、維持修繕事業の重要事項と考え、修繕方針について検討を行ったものである。

本論では、舗装定期診断結果と過年度の修繕履歴を基に検討区間の抽出を行い、舗装の損傷原因の究明と、その解決方法について検討した舗装修繕計画について報告する。

キーワード 維持修繕、アスファルト舗装、コスト削減、ライフサイクルコスト

1. はじめに

秋田河川国道管内では、国道7号、国道13号、国道46号、日本海沿岸東北自動車道の4路線で全長「556km」(1車線換算)の管理をしている。そのうち「509km」の約9割がアスファルト舗装となっている。(図-1)

こうしたことから、管内においてはアスファルト舗装のマネジメントを適切にすることが、維持修繕事業にとっての重要事項であると考え、管内の舗装の現状を調査し、修繕計画等について検討を行ったものである。

調査にあたっては、早期損傷箇所に着目し、原因の抜本的解決をすべく現地調査を実施し、その結果を基に舗装修繕設計を行った事例を紹介する。

られる。東北地方整備局では目標年数を「13年」としており、定期点検要領の区分を踏まえ、管内の状況についてまとめ、分析をした。

初めに舗装定期診断結果について取りまとめを行った。今回は秋田河川国道事務所管内の結果と、東北地方整備局管内全体との比較を行った。国道46号(角館地区)の「ひび割れ率」が高い結果となったが、「わだち掘れ量」「IRI値」ともに概ね同程度の結果となった。(図-2)

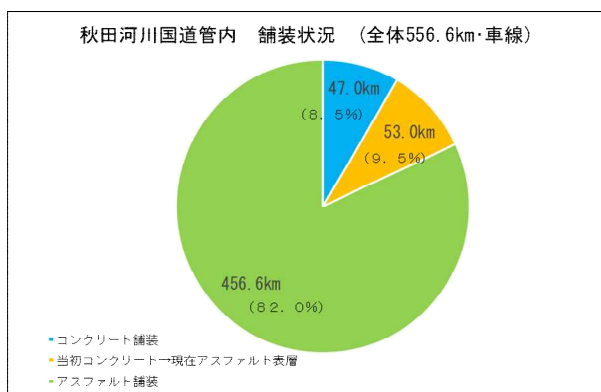


図-1 舗装状況図

2. 管内のアスファルト舗装状況について

(1) 舗装点検結果

定期点検の診断結果を基に、現況舗装状況について取りまとめを行った。点検要領では区分が3つ設定されており、区分Ⅲでは修繕段階となる。区分Ⅲの中でも分類があり「Ⅲ-1」は表層の供用年数が使用目標年数を超える場合、「Ⅲ-2」は使用目標年数未満の場合と分け

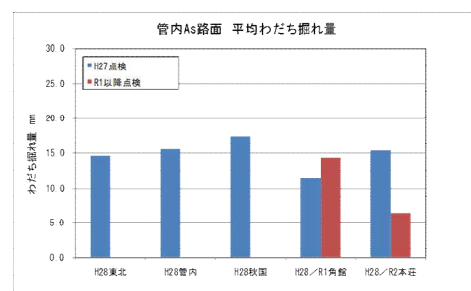
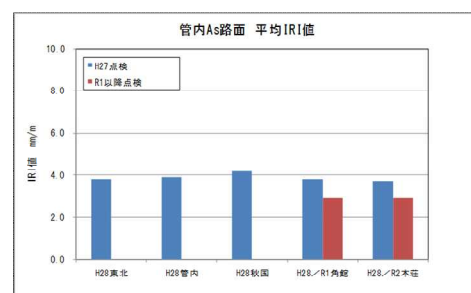
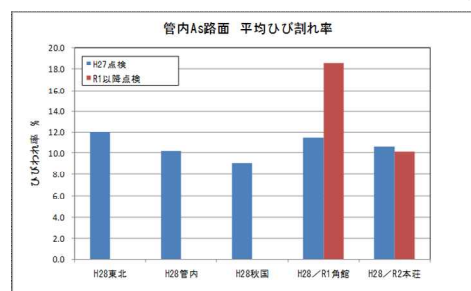


図-2 舗装定期診断結果

続いて、国道7号（本荘地区）の舗装定期診断結果を基に、舗装経過年数と診断判定の取りまとめを行った。概ね使用目標年数13年を中心に、「Ⅲ判定」が分布しているが、13年に満たない区間も多く、早期劣化やその予備群があると推測された。（図-3）

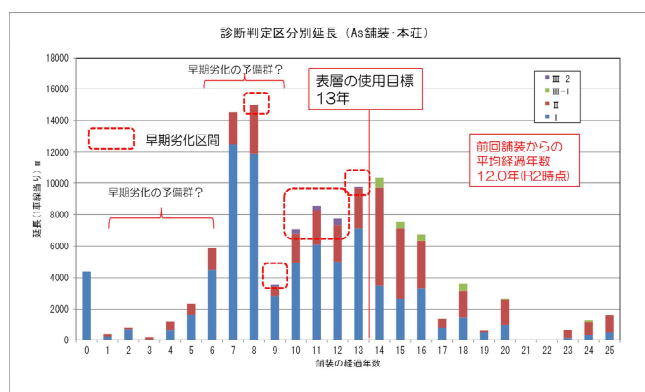


図-3 診断判定区分延長 国道7号（本荘地区）

(2) 損傷分析の結果

続いて国道7号の点検結果を用いて、Ⅲ判定舗装はどのような損傷が多いのか分析を行った。Ⅲ判定となる舗装については、ひび割れ率による判定が最も多い結果となった。（図-4）この結果を受け、ひび割れ率に着目し早期劣化と因果関係を確認した。

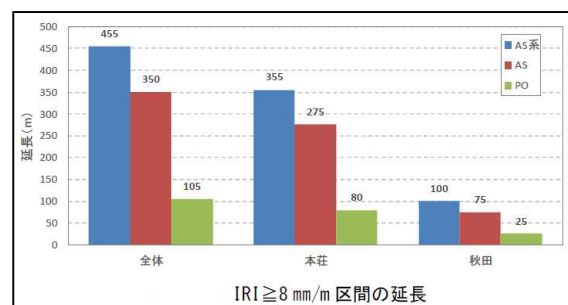
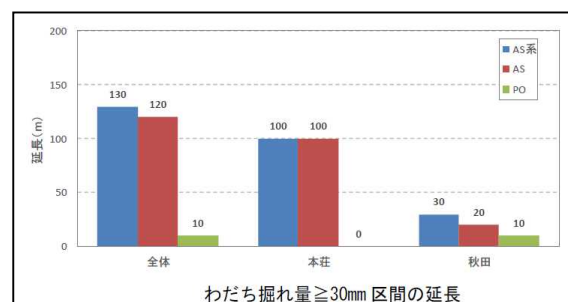
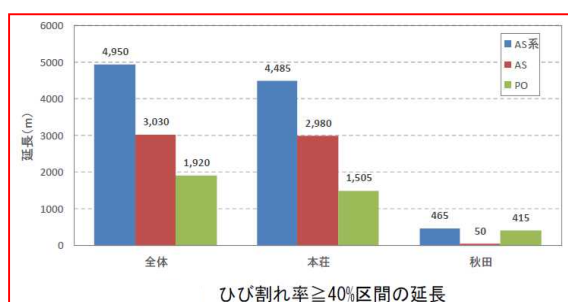


図-4 Ⅲ判定損傷項目一覧

修繕回数とひび割れ率において、過去30年間の修繕回数とひび割れ率から分析を行った。過去30年の修繕回数が3回以上の箇所は、修繕後からのひび割れ発生・進行が早い傾向にあり、過去に修繕を短期間で繰り返している区間については、従前の表層切削オーバーレイを行っても、早期再劣化を繰り返すものと考えられた。（図-5）

上記の結果から、表層を中心とした修繕で再劣化(特にひび割れ)を繰り返す箇所は、表層より下の部分(基層、路盤、路床)の劣化により耐荷力が不足し、使用目標年数未満での修繕を行っていると考えられる。表層においては、地盤・構造物の上に載った薄皮構造であり、直接荷重を受けるため、下の部分の健全性が重要となる。抜本的な解決を行うため、表層より下の部分の現地調査と調査結果を受けて、舗装構成の検討を行った。

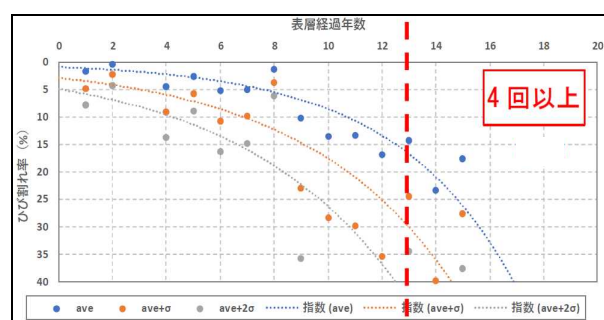
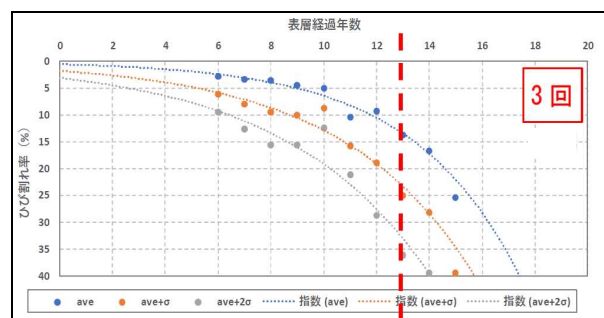
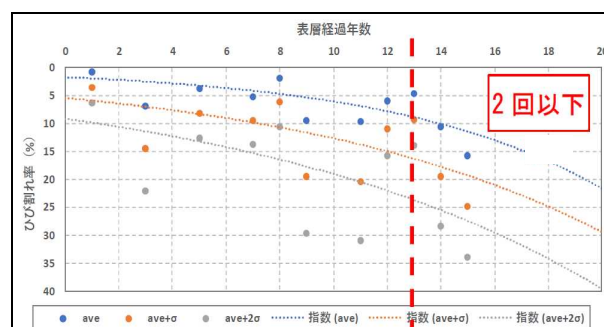


図-5 修繕回数とひび割れ率の関係

3. 早期劣化箇所の現地調査

舗装定期診断、補修履歴に基づき、早期劣化が見込まれる区間の現地調査を行った。調査箇所は点検によりひび割れ率でⅢ判定を受け、短期間で修繕を繰り返している「国道7号 にかほ市象潟大砂川 地内」である。その調査結果について報告する。現地調査は「FWD調査」「コア採取」「開削調査」等を実施した。



写真-1 現況写真 (国道7号にかほ市象潟大砂川地内)

距離標	199.2 kP ~ 200.2 kP
交通量	7386 台/日 (H27)
うち大型車	2465 台/日 (H27)
交通区分	N6

R2点検結果	現状	基準値	判定	診断結果
ひび割れ	45.8%	40.0%	超過	Ⅲ
わだち量	11mm	40mm	基準内	
IRI値	4.0mm/m	8.0mm/m	基準内	

主な修繕経歴	経過年数	表層	局部打換
H7修繕	4年	表層: 密粒G20F	
(路面補修記録無)	—		
H13修繕	6年	表層: 密粒20改質	無(シート系補強)
H17~	—	パッチング補修	
H21修繕	10年	表層: 密粒20改質	無(シート系補強)
H23~	—	パッチング補修	
R2点検時	11年		

図-7 道路諸元・点検結果・修繕履歴

(1)FWD調査

「FWD調査」とは、舗装版のたわみ量を測定し、舗装の支持力を確認する事ができる調査である。

結果、上下線ともに許容たわみ量を超えており、使用目標年数未満の箇所では、大きなたわみ量が計測された。(図-8)残存TAも目標TAを下回る結果となり、表層より下の層で損傷が起こっていることが確認できた。(図-9)

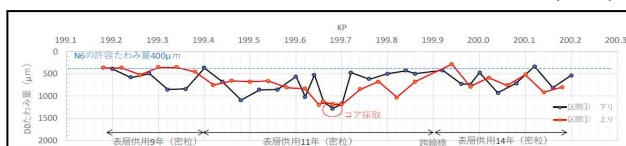


図-8 たわみ量測定値

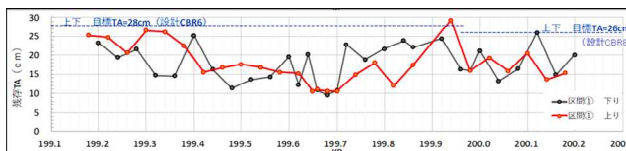


図-9 残存TA値

(2)コア採取

「コア採取」については「FWD調査」の結果、最もたわみ量が大きく、亀甲ひび割れが多かった地点の正常部、ひび割れ部、ひび割れ端部の3カ所で調査を行った。

正常部(写真-2)は、内部にもひび割れが確認できない状態であったが、ひび割れ部(写真-3)のコアは、全層までひび割れが貫通し破壊されており、各アスファルト混合物層も完全に剥離していた。ただしひび割れ端部(写

真-4)については、コア側面および下面から続くひび割れが無く、ひび割れが表面から進行したと考えられる。



写真-2 コア写真 (正常部)



写真-3 コア写真 (ひび割れ部)



写真-4 コア写真 (ひび割れ端部)

(3)開削調査

前段の調査を踏まえ、ひび割れ率とたわみ量が高い箇所にて開削調査を行い、路盤、路床の調査を行った。

補修履歴によると、本来はクラッシャーランまたはセメント安定処理路盤となっているはずが、ほぼ砂に近い材料であった。(写真-5)またアスファルトの断面を見ると、ひび割れは車輪位置で路盤側から発生していた。(写真-6)下層路盤が主に砂で構成されているため、湧水または長期供用によるひび割れからの雨水浸透などにより、軟弱化しやすい状況となり、そのため荷重に対して支持力が不足し、路盤から疲労破壊によりひび割れが進行したものと推定される。

上記の結果から、舗装劣化のプロセスは「雨などによる帯水」「路盤の支持力低下」「ひび割れ」を繰り返し、最終的には「舗装全体の破壊進行」となっていると考えられる。



写真-5 路盤状況写真



写真-6 アスファルト舗装損傷状況

4. 舗装修繕方針検討

調査結果より、損傷箇所は基層から路盤に問題を抱えており、今後も打換えやクック抑制シート等の修繕では、早期劣化が避けられない状況が判明した。舗装再構築に考えを改め、従前の修繕方法での費用を算出しLCCの比較を行った。

設計条件は、開削調査を併せて行った室内試験による結果や、今後の高規格幹線道路の整備等を考慮した設計条件とした。(図-8)また路盤が山砂となっているため、路盤も再構築計画とし、基層、中間層、表層を5cmずつとするものとした。(図-9)

続いてLCCの比較として従前の修繕費用と検討案の比較を行った。比較にあたって、ケース1を「①従前修繕＋クック抑制シート張り」、「②4年目よりシール材・パッチング補修」、のメニューを平均経過年数より8年毎に①②繰り返す条件とし、ケース2を「①初年度全打ち換え」、「②9年目よりシール材・パッチング補修」、「③使用期間経過14年目切削オーバーレイ」、そして以降14年毎に②③を繰り返す条件とした。(図-10)

ケース1に比べてケース2には初期投資が大きくなるものの、修繕サイクルが長くコスト縮減となり、LCCは有利になることが想定される。また間接効果として、修繕回数が減少することによる交通規制による社会損失額の低減も考えられる。

設計条件	設計値	備考
路床設計CBR	6%	・FWD値からの路床CBR 6～8%程度 ・開削調査の路床材 CBR12.1%
設計期間：使用期間	20年：13年	・20年設計。使用期間13年。
交通区分	N6及びN4	・高速道路並行予定区間であり、R9以降はN4交通。 N6：5年＋N4：15年の疲労破壊輪数（N=3,725,000回：20年）にて設計。
所要TA	25.3	・信頼度90% TA=3.84×N ^{0.16} /CBR ^{0.3}
凍結深	17cm	・凍結深（20年確率）：理論値23cm、70%値17cm（本荘）
塑性変形輪数	1500(500)回/mm以上	・3種2級(3級)。R8までは3種2級、R9以降は3種3級相当の将来交通量（見込み）

図-8 舗装設計条件

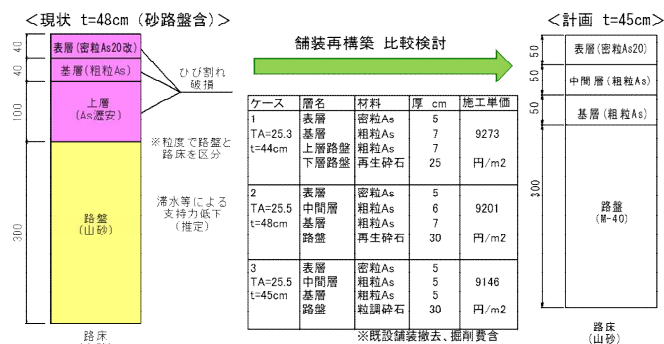


図-9 舗装検討内容

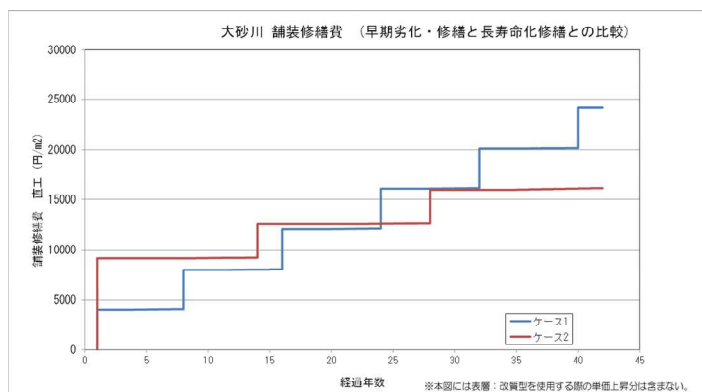


図-10 ライフサイクルコスト比較

5. まとめ

今回の検討を受け、アスファルト舗装修繕においては、定期診断結果及び舗装履歴や補修・修繕履歴を活用し「早期劣化区間」を明確にする事が重要と思われる。同程度の損傷状況であれば、「早期劣化区間」を優先して修繕を図っていき、修繕方法も表層切削オーバーレイ中心の修繕から、体質改善型修繕(劣化原因の調査・特定、それらを改善する修繕)への転換をすることで、使用目標年数を満たすことができるようになり、最終的には修繕コスト削減にも繋がる事が分かった。今後、上記に記載したような修繕計画を立て、適切なアスファルト舗装のマネジメントを行っていきたいと考える。

熱海市の土石流源頭部における レーザ計測による発災前後の標高変化量抽出

佐々木 励起¹・下野 隆洋¹・岸本 紀子¹

¹国土地理院 基本図情報部 地図情報技術開発室 (〒305-0811 茨城県つくば市北郷1)

国土地理院では、令和3年7月3日に静岡県熱海市伊豆山において発生した土石流の状況把握を目的として、発災から3日後にUAVに搭載したレーザスキャナによる標高値の計測を行った。さらに、発災前に計測された既存の2時期の航空レーザ測量成果も活用し、発災前後を含む3時期のレーザ計測結果を比較することにより、標高変化量を算出した。本論文では、その算出プロセスと成果について報告する。

キーワード 災害対応、地形把握、UAV、レーザスキャナ、土砂量解析

1. はじめに

令和3年7月3日に静岡県熱海市伊豆山において、土石流が発生した。土石流は逢初川源頭部から河口まで約2 kmを流下し、最大幅約120 mにわたる(図-1)。この土石流によって128棟が被害を受け、死者・行方不明者27名に上る甚大な被害が生じた(9月3日現在)¹⁾。この土石流の源頭部では、盛土箇所において大規模な土砂の崩落がみられた。

防災基本計画(令和3年5月、中央防災会議)において、国土地理院は、被災前後比較による的確かつ効率的な被災状況把握等のため、平時から国土の経年変化等に応じ空中写真・標高データ等の地理空間情報を整備するとともに、災害発生後は、必要に応じ、速やかに必要な箇所の地理空間情報を整備するものとしてとされている。

これを受けて、国土地理院では発災後速やかに土石流が発生した熱海市に無人航空機(以下「UAV」という。)を使用する調査隊である国土地理院ランドバード(以下「GSI-LB」という。)を派遣した。源頭部(図-2)においてUAVレーザ計測を実施して高精度な3次元点群データを取得し、この成果により数値標高モデル(Digital Elevation Model, 以下「DEM」という。)を生成した。また、同地区では、公共測量成果として過去2時期(2009年・2019年)の航空レーザ測量データが整備済みであったため、発災前後及び盛土造成以前の3時期のDEMを比較することで、盛土が形成される過程を含む崩落までの標高変化量を詳細かつ定量的に捉えることができた。本論文ではその内容を報告する。

なお、今回の標高変化量の算出結果は、発災から3

日後には国土地理院ホームページを通じて一般に公開することができた。土石流災害の発生からのタイムラインを表-1に示す。



図-1 対象地域図



図-2 土石流源頭部

表-1 標高変化量抽出に係る作業のタイムライン

日時	作業
7月3日（土）	10時30分、静岡県熱海市伊豆山にて土石流が発生
7月4日（日）	GSI-LB 出発に向けた機材準備
7月5日（月）	<u>2009年と2019年の2時期のDEMの解析を実施</u> GSI-LBが国土地理院本院（つくば市）を出発、同日熱海に到着し現場確認
7月6日（火）	飛行コースの設計、 <u>UAV レーザ計測（計2回）を実施</u> UAV レーザ計測成果が国土地理院本院に到着、 <u>3次元点群データの処理、DEMの作成及び3時期の標高変化量抽出を実施</u> 結果（速報）を国土地理院ホームページに掲載
7月8日（木）	点群の標高補正を行い、補正值による標高差分値変化量の再解析を実施
7月9日（金）	ホームページの3時期の標高変化量抽出結果を更新

※一重下線は2章、二重下線は3章に作業の詳細を記載

2. 被災地の3次元点群データ取得

(1) UAV レーザ計測

UAV によるレーザ計測は、7月6日午前11時31分～43分と午後0時7分～23分の2回実施した。使用した計測装置は、レーザスキャナ、GNSS アンテナ及び慣性計測装置が組み込まれた YellowScan 社製の YellowScan Surveyor である（図-3）。

計測は斜面方向と斜面を横断する方向の二方向から実施した。なお、発災後の地形の形状やスキャナの測定距離のスペック等から、UAV の自動飛行による計測は困難であると判断し、手動飛行による計測とした。レーザ計測の際の飛行コースを図4、取得した3次元点群データを図5に示す。

(2) 3次元点群データの処理

UAV によるレーザ計測で取得したデータ及び現地にて VRS 方式 RTK-GNSS 測量で取得した調整点を用いて、地形や樹木等を含む3次元点群データであるオリジナルデータを生成した。さらに、自動処理による簡易的な樹木等のフィルタリングを実施し、地形のみを表すグラウンドデータを生成した。

(3) DEMの作成

グラウンドデータを基に、1mメッシュ DEMを作成した。1mメッシュ DEMを作成するにあたって、各メッシュ標高については、当該メッシュ内に存在する点群から逆距離加重内挿法により決定している。なお、メッシュ内に点群が存在しない場合は、Natural Neighbor 法により、標高値の内挿を行った。



図-3 UAV 及び計測装置



図-4 UAV 飛行コース

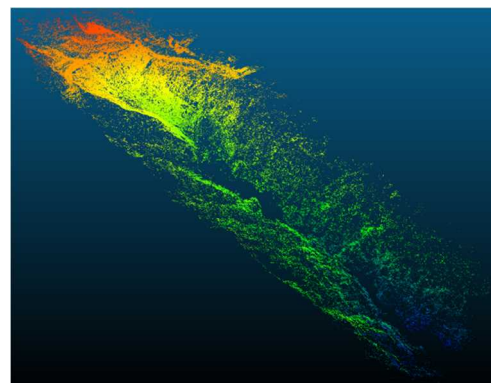


図-5 UAV 計測により取得した3次元点群データ

3.3 時期の標高変化量抽出

(1) データセット

3 時期の標高変化量抽出の際に使用した DEM の元となるレーザ計測データの諸元を表-2に示す。2009 年 DEM, 2019 年 DEM は、公共測量で実施された航空レーザ測量によるものであり、メッシュサイズ 1 m で作成されたものである。発災後の DEM は、前述の UAV レーザ計測により取得したものである (図-6a,b,c)。

表-2 使用したデータの計測機関と計測日

使用データ	計測機関	計測日
2009 年公共測量成果 (航空レーザ測量)	中部地方整備局	2009 年 6 月 27 日
2019 年公共測量成果 (航空レーザ測量)	静岡県	2019 年 12 月 11 日
2021 年発災後 UAV レーザ計測	国土地理院	2021 年 7 月 6 日

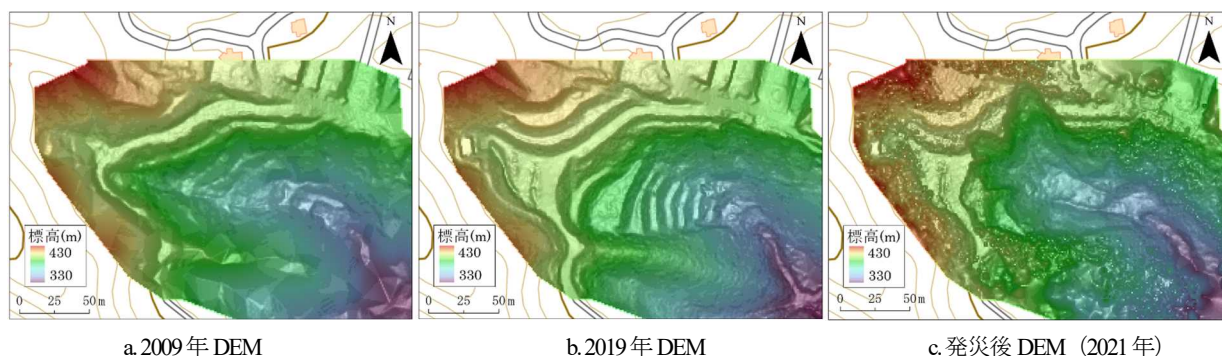


図-6 レーザ計測データから作成した 3 時期の DEM

(2) 断面図による各時期標高の変化量抽出

3 時期の DEM に対して、崩落範囲の横断面となる地点 A～B 間、崩落範囲の縦断面となる地点 C～D 間において断面図を作成した (図-7)。

地点 A～B 間の断面図において、2009 年と 2019 年の断面図を比較すると、2009 年では V 字型に窪んでいた箇所が、2019 年には最大で 13 m 程度標高が増加し、平坦な断面となっていることがわかる。そして、2019 年と発災後の断面図に着目すると、大きく U 字型に標高の減少が認められ、この断面では最大で 15 m 程度の標高の減少がみられる。さらには、2009 年と発災後の標高変化に着目すると、U 字型に変化した地形の A 地点寄りの斜面では 2009 年より発災後の標高が高いものの、B 地点よりの斜面では 2009 年時点より発災後の標高の減少が認められる。

地点 C～D 間の断面図において、2009 年と 2019 年の断面図を比較すると、2009 年の断面図ではおよそ 14 度の様な傾斜となっているが、2019 年の断面図では最大で 12 m 程度標高が増加し、階段状の地形となっている。さらに、2019 年と発災後の断面図を比較すると最大で 14 m 程度標高の減少がみられる。2009 年と発災後の断面図を比べると、上流側では標高が増加し、平坦な断面となっているものの、下流側では 2009 年の断面図と同様の傾斜となっている。

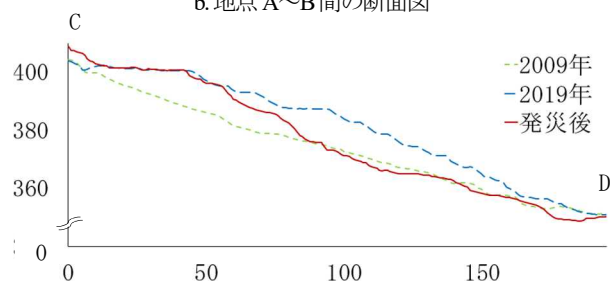
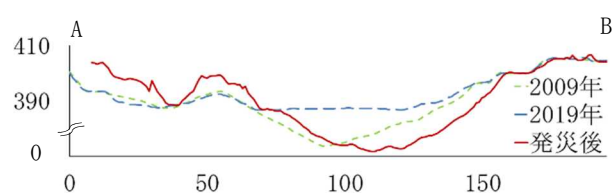
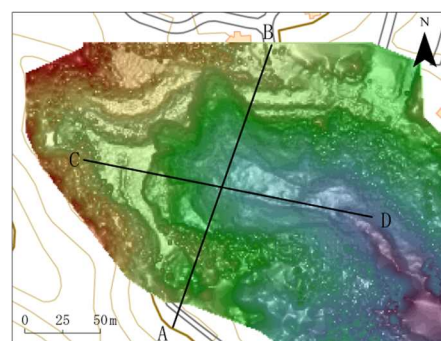


図-7 3 時期における断面図の比較

(3) 2009 年の標高と 2019 年の標高の変化量抽出

2009 年の標高に対する 2019 年の標高変化量を図-8 に示す。なお、図中の赤枠内は標高値が 1 m 以上増加した範囲を示しており、この範囲の標高変化の最大値は 14.1 m の増加、水平投影面積は約 10,200 m²、体積増加は約 56,000 m³であった。標高値の増加傾向が顕著であり、2009 年から 2019 年にかけて盛土の造成が進んだことを示唆する結果となっている。

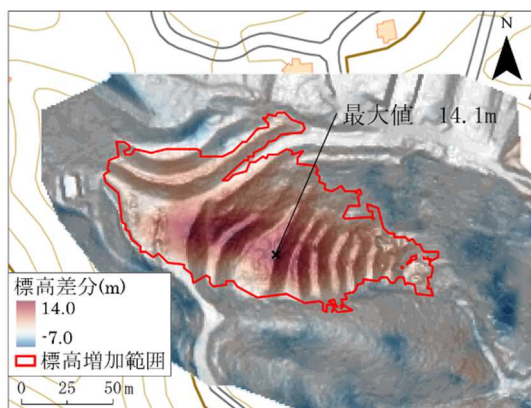


図-8 2009 年の標高に対する 2019 年の標高変化量
(傾斜量図は 2019 年 DEM から作成)

(4) 発災後の標高と 2019 年の標高の変化量抽出

2019 年の標高に対する発災後の標高変化量を図-9 に示す。図中の青枠内は標高値が 1 m 以上減少した範囲を示している。この範囲の標高変化の最大は 16.7 m の減少、水平投影面積は約 8,000 m²、体積減少は約 58,000 m³であり、土砂流失に伴う地形変化を詳細かつ定量的に捉える結果が得られた。

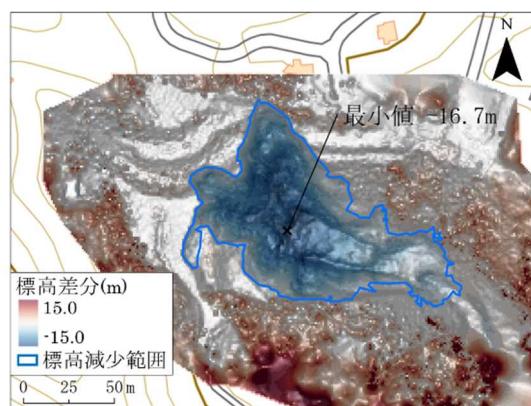


図-9 2019 年の標高に対する発災後の標高変化量
(傾斜量図は発災後簡易 DEM から作成)

(5) 発災後の標高と 2009 年の標高の変化量抽出

2009 年の標高に対する発災後の標高変化量を図-10 に示す。標高値が 1 m 以上の増加を示す赤枠内では増加幅の最大値が 13.0 m、体積増加は 21,500 m³であった。一方、標高値が 1 m 以上の減少を示す青枠内では減少幅の最大値が 11.6 m、体積減少は 22,300 m³であった。(2)で示唆された盛土範囲に着目すると、北東側でマイナスの領域が広がっており、この範囲では 2009 年から 2019 年にかけて増加した体積を上回る量の土砂が流失したこと示している。一方で、プラスの領域が広がる南西側では、盛土が崩れ残っていることを示唆する結果となっている。

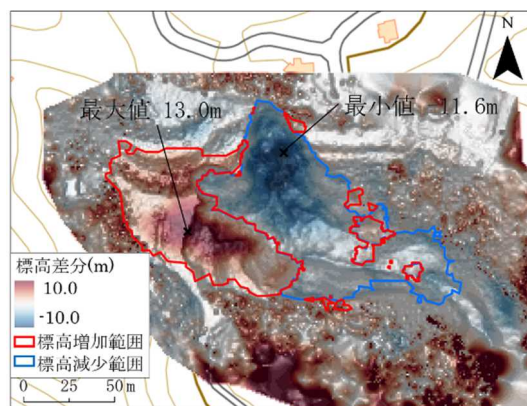


図-10 2009 年の標高に対する発災後の標高変化量
(傾斜量図は発災後簡易 DEM から作成)

(6) 3 時期 DEM の比較による体積変化量のまとめ

図-11 では、2009 年、2019 年及び発災後の DEM 比較により算出した体積増減範囲と体積変化量を記した。なお、発災後の標高データは堆積土砂を含む標高値であり、標高変化量や体積変化量に対しても堆積土砂の影響が含まれることに留意が必要である。

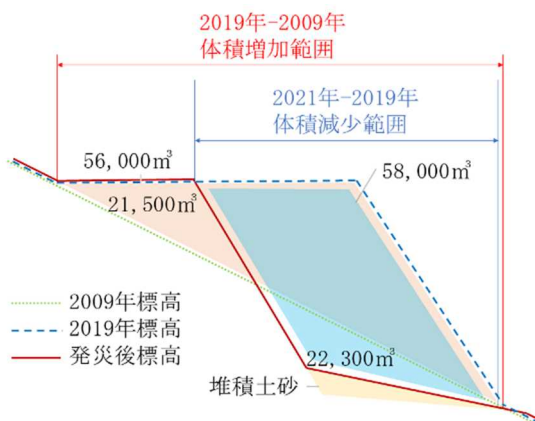


図-11 3 時期の体積変化の概略図

4. まとめ

国土地理院では、令和3年7月3日に静岡県熱海市で発生した土石流の源頭部において UAV によるレーザ計測を行い、点群データを取得した。発災3日後となる7月6日には、この点群データによって生成したDEMと、公共測量成果として整備されていた2009年、2019年各年のDEMを比較することによって標高変化量や変化体積を算出し、迅速に国土地理院ホームページへの情報掲載や、自治体や報道機関等に情報の提供を行うことができた。

結果として、2009年～2019年では56,000m³の体積増加を伴う地形の変化がみられ、2019年～発災後では58,000m³の体積減少を伴う地形の変化がみられた。また、2009年と発災後の標高を比較すると、標高の増加と減少の双方を伴う地形変化となっていることが明らかとなった。

この結果は標高データの多時期比較が、災害時における被災状況把握のみならず、盛土造成等による災害危険箇所の把握・抽出に有用であることを示唆している。そのため、平時より高精度の標高データの整備・更新を着実に行うことが肝要である。

最後に、この度の熱海市伊豆山における土石流災害により被災された皆様にはお見舞い申し上げますとともに、いち早い復興を心よりお祈り申し上げます。

参考文献

- 1) 静岡県災害対策本部（2021） 熱海伊豆山地区の土石流の発生について（第50報）.
<http://www.pref.shizuoka.jp/kinkyu/documents/atamidosya0903.pdf>
f（最終閲覧日：令和3年9月6日）

ダム貯水池管理における沈木の課題と その発生過程および検知手法

高田 翔也¹・宮川 仁¹・石神 孝之¹

¹国立研究開発法人 土木研究所 水工研究グループ水理チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

流木対策については、流木の発生量予測、網場・回収・仮置き等対策施設の配置、処理までの一連が手引きにまとめられている。同手引きでは、沈木と流木が区別されておらず、対策は流木に焦点が当てられている。本研究は、沈木特有の問題を明らかにし、その対策の提案を目指しており、本稿はその中間報告である。本研究では、アンケート調査により沈木の課題の整理を行うとともに、流木の沈降実験により、樹種別の密度変化過程を観測し、沈木発生過程についての検討を行った。さらに、従来より堆砂測量に用いられているナローマルチビーム測量の測量結果のデータ処理を詳細に行うことで、沈木の検知手法を提案する。

キーワード ダム貯水池流木・沈木、ナローマルチビーム測量、沈木検知

1. はじめに

2017年長野県裾花ダムでは、堆砂と沈木がゲート操作へ支障をきたし、2門のうち1門のゲートが約4ヶ月間使用不能となっている³⁾(図-1)。これは、図2に示すように、洪水時に流入した流木が沈木として常用洪水吐き周辺に運搬され、かつ堆砂が洪水吐き敷高まで達したことにより、ゲート操作時に堆砂と沈木をゲート部に引き込んだことに起因するものと考えられる。令和2年度末時点で計画堆砂量を超える国土交通省所管ダムは62基に達し¹⁾、沈木と土砂堆積に複合起因する洪水吐操作リスクの予防保全は今後その重要性が増すと考えられる。

そこで、筆者らはダム貯水池内の流木と沈木の動態把握、土砂や沈木によるゲート等ダム水理構造物に対する構造的リスクの整理と対策、洪水吐き周辺の堆砂管理手法を検討し、流木対策の手引きへの反映を目指している。

本報はこれらの課題解決に向けた最初の取組みとして、

- 1) 国土交通省所管ダムの管理者へアンケート調査によるダム貯水池における沈木の課題整理
- 2) 流木から沈木への変化過程に関する基礎的検討
- 3) ナローマルチビーム測量を活用した沈木検知手法について、実施検討した結果について報告する。

2. ダム貯水池における沈木の課題

貯水池管理上の沈木に関連する課題、沈木の発生過程に関する流木管理状況、洪水吐き周辺の堆砂状況を把握することを目的にアンケート調査を実施した。調査対象

は、令和元年度時点の国土交通省所管の直轄、道府県、水資源機構管理のダムとし、調査実施期間の令和2年6月から7月を通じて、該当ダムほぼ全ての561ダムから回答を得た。貯水池管理上の沈木に関連する課題について、アンケート結果から得られた主な課題を整理した(図-2)。また、表-1にダム管理上の具体的な課題とその対応の一覧を示す。これより、実際の貯水池管理における沈木の主な影響として、堆砂対策における掘削・浚渫の施工効率の低下、取水口等設備の機能維持への影響、船舶航行の阻害があり、対策には沈木の分別や潜水作業等、時間的・金銭的コストが発生していることが明らかとなった。



図-1 2017年裾花ダムゲートへの沈木集積状況

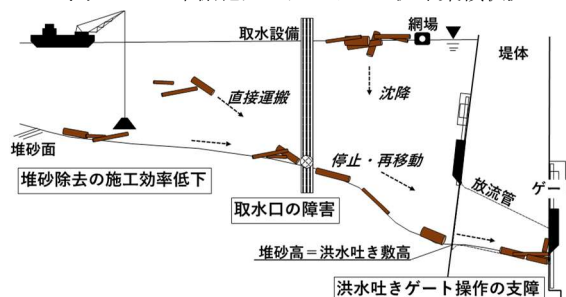


図-2 沈木によるダム貯水池管理上の支障事例

表-1 沈木（堆砂含む）による課題とその対応

掘削 浚渫	【課題】 - 掘削箇所上部への沈木の堆積 - 掘削、土砂と木の選別に時間を要する - 浚渫土砂を圧送投入時に沈木がスクリーン、投入口に残り支障となる - 沈木がグラブに挟まり土砂掘削量が低下 【対応】 切断、分別、撤去による
	【課題】 - 発電、用水、水道取水口、選択取水設備の最下段の埋没により運用停止 - エアレーション装置上への沈木の堆積 - 常用洪水調節バルブの開動作に支障 - フロート式水位計の連通管が堆砂により閉塞、計測不可 【対応】 水位低下、潜水作業、サンドポンプによる土砂除去、フラッシュ放流の繰返しによる除去
船舶航行	【課題】 湖面巡視時や観光用水陸両用バス運行時の航行時、船舶のプロペラをぶつけない等の安全確保に注意が必要 【対応】 安全な航行ルートを目安パイを設置



図-3 裾花ダムで回収した流木



図-4 裾花ダム上流域で採取した立木

表-2 裾花ダム流木および立木の樹種(科, 属)一覧

流木			立木		
科名	属内訳	サンプル数	科名	属内訳	サンプル数
クルミ	クルミ	4	ムクロジ	カエデ、トチノキ、	15
ヒノキ	スギ	3	カバノキ	クマシデ、ハンノキ	13
ブナ	ブナ、コナラ、クリ	3	ヒノキ	ヒノキ、スギ	9
カバノキ	クマシデ、ハンノキ	2	ブナ	ブナ、コナラ	6
クロウメモドキ	ケンボナシ	2	ヤナギ	ヤナギ	6
マツ	カラマツ	2	エゴノキ	エゴノキ	3
ヤナギ	ヤナギ	2	マツ	カラマツ	3
クワ	クワ	1	ミカン	キハダ	3
ニレ	ニレ	1	クルミ	クルミ	3
バラ	サクラ	1	アオイ	シナノキ	3
ムクロジ	カエデ	1	ミズキ	ミズキ	3
モクセイ	トネリコ	1	モクレン	モクレン	3
モクレン	モクレン	1	—	—	—
13科	16属	24	12科	16属	70

3. 沈木の発生過程に関する一検討

(1) 想定される沈木の発生過程

沈木の発生過程として、図-2に示すとおり網場で流木を捕捉後、時間の経過に伴い水が含浸し、密度が上昇して沈降するケース、および洪水時に流木が直接湖底へ運搬されるケースが考えられる。そこで、まず網場からの流木の沈降現象に着目し、裾花ダム貯水池において回収された流木および、流木の発生源となる同ダム流域の立木を収集し、沈降実験を行うことで沈木の発生過程に関する検討を行った。以下では、流木は、ダム貯水池に到達するまでに停止、再移動を繰り返した腐朽を伴うもので、立木は、大規模出水時の河岸侵食等による新規発生材を想定している。

(2) 実験の概要

実験は裾花ダムの流木および同流域の立木を用いて実施した。各サンプルの概要は次のとおりである。

① 裾花ダム貯水池の流木

2020年7月に裾花ダムへ流入し、網場で捕捉された流木を回収した(図-3)。流木は、長さ0.5~2.0m、幹径0.1~0.3mの25本である。

② 裾花ダム上流域における立木

裾花ダム上流域を中心に、河道沿いの胸高直径0.1~0.25m、高さ6m~25m、推定樹齢15~45年の立木を選定し、樹種の異なる22本を長さ0.5m程度に切断して実験サンプルとした(図-4)。

また、流木、立木それぞれの樹種別の内訳表を表-2に示す。

(3) 沈降実験の結果

図-5および図-6、表-3に流木および立木の密度変化状況を示す。流木の初期密度は0.30~0.72(g/cm³)の間に分布し、中央値は0.54(g/cm³)である。一方、立木の初期密度は0.56~1.02(g/cm³)の間に分布し、中央値は0.83(g/cm³)であり、立木の密度のほうが大きい。これは水分量の違いによるものと考えられる。

また、各サンプルについて初期密度から3日目にかけて、気乾状態から湿潤状態となる間で密度増加率が大きい。その後、流木、立木ともに密度は数%ずつ増加しながら1.0(g/cm³)に漸近し、102日目の流木密度の中央値は0.90(g/cm³)、立木は0.97(g/cm³)となった。密度が1.0(g/cm³)を上回っているサンプルについては、実験水

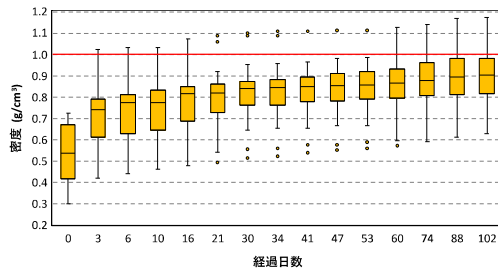


図-5 流木の密度変化 (全サンプル)

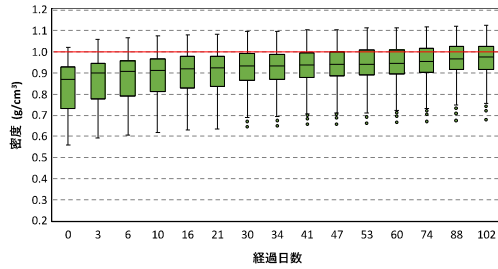


図-6 立木の密度変化 (全サンプル)

表-3 流木および立木の平均密度と変化倍率

	0日目	3日目	10日目	53日目	102日目
流木密度の中央値 (g/cm³)	0.54	0.74	0.77	0.86	0.90
前回計測日からの変化倍率	—	1.37	1.04	1.12	1.05
立木密度の中央値 (g/cm³)	0.87	0.90	0.91	0.94	0.97
前回計測日からの変化倍率	—	1.03	1.01	1.03	1.03

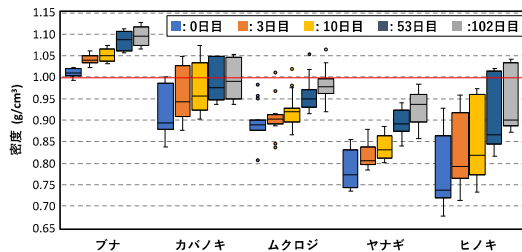


図-7 立木樹種(科)別の密度変化

槽内での沈降を確認しており、1 ヶ月で立木の約25%が沈木化した。沈降状況としては、密度はおよそ0.98~1.02(g/cm³)の範囲で、一旦斜め状態となって沈降し、微妙なバランスを保ちながら数時間から数日間浮遊したのち、完全に沈降した。

次に、立木について樹種(科)別の密度変化を図-7に示す。ブナ科が最も密度が大きく、102日後時点の中央値ではカバノキ科とムクロジ科が密度1.0(g/cm³)に近づいた。スギ等のヒノキ科は比較的密度が小さいものの、一部日数の経過に伴い密度が1.0(g/cm³)を上回るサンプルも確認された。なお、いずれのサンプルにおいても密度増加率は低減しているものの密度増加を続けており、2、3ヶ月後にはより多く沈降することが想定される。

以上より、本実験からは貯水池における沈木発生過程について、流入した流木の樹種および質的条件(流木または立木)が沈木に至る重要な要因となると考えられる。そのため、ダム貯水池毎に流入する流木の樹種・質的条

件の内訳が、そのまま流木が沈降する割合に直結すると考えられる。特に、立木については初期密度が高く、貯水池到達時点からすぐに一部沈木化するリスクが高く、例えば河岸侵食などで河道に取り込まれたものなどが該当すると考えられる。なお、本実験については、サンプルの数、表面積のばらつき、樹齢、個体毎の特性などの密度変動要因に関する検討余地に留意する必要がある。

4. ダム貯水池における沈木の検知手法

(1) ダム貯水池堆砂のNMB測定の概要

NMB 測量は、音響測深法の一つであり、測量船の底部に取り付けられたソナー部から扇状に発射した超音波ビームの反射を受信することにより、面的かつ高精度にダム湖底の3次元地形を観測できる特徴がある(図-8)。データの測点間隔は次式より得られる。

$$\Delta X = \frac{V}{L} \quad (1)$$

$$\Delta Y = 2 \frac{D}{N} \tan \frac{\theta}{2} \quad (2)$$

ここで、 ΔX : X方向(進行方向)の測点間距離(m)、 ΔY : Y方向(直交方向)の測点間距離(m)、 V : 航行速度(m/s)、 L : 発射頻度(発/s)、 D : 水深(m)、 θ : スワ幅(度)、 N : 受信ビーム数(点/発)である。なお、(2)式は、Y方向の平均的な測点間隔を示しており、スワ幅(ビーム発射範囲の角度)両端では測点間隔が広がり、中央部で測点間隔が小さくなる。そのため、地形の解像度としては船底直下が最も小さくなり、次式で求められる。

$$\Delta y = d \phi \quad (3)$$

ここで、 Δy : Y方向最大解像度(m)、 d : 船底の水深(m)、 ϕ : ビーム角(rad)である。なお、スワ幅はビーム角にビーム数を乗じたものとなっている。以上より、詳細な地形把握には、ビーム角が重要となる。NMBソナーの一例として、Sonic2024(R2Sonic社)では、ビーム角0.5°、ビーム数256点、スワ幅120°、発射頻度約10発/秒(スワ幅120°、水深30m時)のデータが得られる。これより、データの測点間隔は測量場所の水深とボートの航行速度により決定され、例えば、水深30m、船速1.5m/sの場合、 $\Delta X=0.15m$ 、 $\Delta Y=0.4m$ 、最大解像度として $\Delta y=0.26m$ となる。

(2) 詳細なデータ処理による沈木の抽出

このように高密度で取得される測量結果は、大量の点群データ(以下ランダムデータ: データ処理前の点群データ)となるため、通常は図-9に示すフローで、堆砂量の算出に必要な堆砂面形状を得るためのデータ処理が行われている。なお、データ点検・ノイズ除去時の対象としては、測器の異常値や流木、巨石等による局所的な凹凸が挙げられる。ここで留意すべきは、このデータ点検・ノイズ除去の工程で、単なるデータエラーとは別に、実際に湖底に存在する障害物による信号が捨てられてし

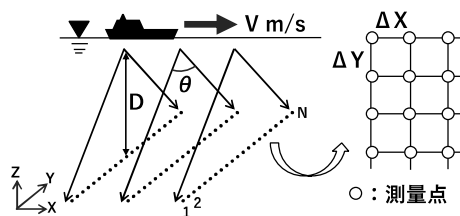


図-8 NMB測量による測量点取得イメージ

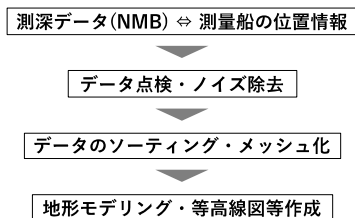


図-9 NMBのデータ解析フロー図(出典⁴⁾より一部改変)

まっていることにある。

そこで本研究では、この NMB 測量のランダムデータを最大限活用することを考える。これまでの検討で、ランダムデータ時点では湖底の空間分解能で数 cm からの測量精度を確保できることが明らかとなっており、これは堆砂面上に堆積している沈木を十分探査可能なオーダーである。そこで、堆砂面形状を得るためのデータ点検・ノイズ除去プロセス前のランダムデータを詳細に分析することで堆砂面上の沈木の抽出を試みた。

(2) ダム貯水池における沈木探査結果

図-10に裾花ダム網場周辺におけるNMB測量の結果を示す⁵⁾。網場直下における貯水池の堆砂標高はEL. 523m程度であり、水深は20m程度(測量時貯水位はEL. 543m程度)であった。ここで、図中の陰影、段彩の詳細に着目すると、黄色点線枠囲み部に示すとおり、棒状の突起が確認された。いずれも網場周辺の直下に存在しており、沈木であると断定できる。一方、網場よりもやや上流・下流側には、密集した沈木群は見られない。これより、網場捕捉後の流木の沈降現象が、沈木発生過程の一つとして推定される。次に、図-10から個別に抽出された沈木を図-11に示す。沈木は、長さ10.2m、幹径約2.3mであり、幹〜根までの形状を十分に確認できる。特に、段彩図中のグラデーション変化から、沈木の先端部にかけて堆砂中に埋没している様子が把握できた。さらに、図中左側には、長さ1.8m程度と推察される比較的小さい沈木も確認できた。このように沈木の長さが短い場合でもダム管理の観点からは支障をきたす懸念があり、把握できることが望ましい。しかし、さらに長さが小さくなってくると、巨石やゴミあるいは沈木の根部分のみ堆砂面上へ突出しているか等、沈木であるかどうかの判別は難しくなる。また、全体が埋没している場合も当然探査は不可能となる。

以上、NMB測量の生データを用いて詳細なデータ処理を行うことで、貯水池内の沈木探査が可能であることを示した。ここで、重要なことは、NMB測量による沈木検

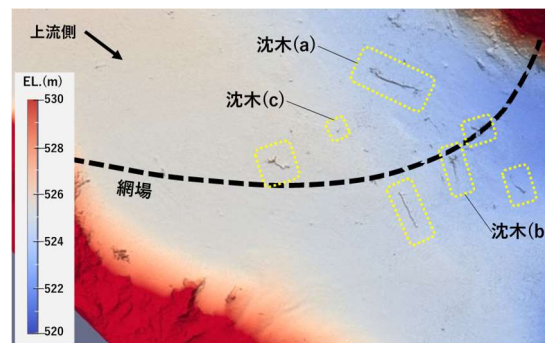


図-10 網場周辺における NMB 測量結果

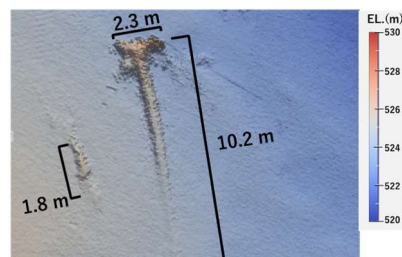


図-11 個別抽出された沈木

知の解像度を得るための、適切な機器性能、測量条件を選択することである。

5. まとめ

本報では、沈木による貯水池管理上の具体的な課題、流木の沈降実験による流木・立木の沈木化に要する期間の推定、NMB測量データからの沈木検出手法を報告した。沈木による課題は、堆砂に付随するものが多いと考えられる。堆砂進行が著しいダムでは、沈木の対策に本研究で得られた知見を参考にしていただきたい。

謝辞：長野県裾花ダム管理事務所にはデータ提供等ご協力をいただいた。アンケート調査の実施においては、国土交通省所管の直轄、道府県、水資源機構管理のダム管理者の皆様方にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表します。なお、本研究は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(A)(研究課題番号:20H00263, 研究代表者:角哲也)の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：ダム貯水池流木対策の手引き(案), 2018.
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局：国土交通省所管ダムの堆砂状況について, 2020.
- 3) 高田翔也, 角哲也：既存ダム水理構造物の信頼性向上のためのリスク評価手法に関する研究, 水工学論文集B1(水工学) Vol. 74, No. 5, I_1339-I_1344, 2018.
- 4) 末次忠司, 坂本辰哉：堆砂測量手法の概要とその得失, 財団法人ダム水源地環境整備センター, リザーバー, 2008.
- 5) 高田翔也, 小柴孝太, 村上桂山, 角哲也：ダム貯水池のNMB測量による沈木探査および沈木発生過程に関する基礎的検討, 河川技術論文集, 第27巻, 2021

安全で快適な自転車利用環境の創出に向けて ～街頭指導マニュアルの刊行について～

戸部 啓太郎¹・中村 圭弘¹・前田 達也¹・細井 遵敬¹

¹金沢河川国道事務所 調査第二課 (〒920-8648 石川県金沢市西念4丁目23番5号)

金沢における自転車施策は、学識者、道路管理者、警察、地元住民などの多様な関係者の連携と協働のもと進められてきた。本稿では、金沢の自転車関連施策を振り返ったあと、金沢市の自転車施策において、中心的な役割を果たしている「金沢自転車ネットワーク協議会」が2021年3月に刊行した「自転車街頭指導マニュアル」について紹介する。

キーワード 街頭指導マニュアル 自転車ネットワーク 連携と協働 自転車通行空間整備

1. はじめに

本稿では、初めに金沢市におけるこれまでの自転車関連施策を簡単に振り返る¹⁾。次に、金沢市の自転車関連施策において中心的な役割を果たしている「金沢自転車ネットワーク協議会」が2021年3月に刊行した「自転車交通安全のための街頭指導マニュアル」（以下、「自転車街頭指導マニュアル」とする。）について、その作成経緯と、内容について紹介する。

2. 背景

金沢の自転車施策は、これまで大きな災害や戦災を免れてきた城下町特有の狭い道路空間を活かし、「歩行者・自転車・クルマのそれぞれが安全に安心して通行できる“人中心”の道路交通環境の創出」を基本理念として進められてきた。

2002年、金沢市内に拠点を置く市民団体「地球の友・金沢」では、市内の高校生など1,500人を対象に自転車の通行経路に関する調査を行い、安全箇所と危険箇所を示した「金沢自転車マップ」を作成した。前述のとおり金沢市の道路空間は狭いことから、歩行者や自転車が通行するにあたり危険な箇所は多く、安全な通行空間の整備が課題であることが明らかになった。

金沢河川国道事務所がこの取組に注目し、同団体と協力することで、具体的な改善箇所を把握した。当時広ま

りつつあった住民参加の手法を活かした事業計画を行うことにより自転車施策を進めていく契機となった。

3. 金沢市の自転車関連施策におけるあゆみ

2007年、「地球の友・金沢」と金沢河川国道事務所が協働で作成した「金沢自転車・歩行者安全マップ」（2004年制作）をもとに、旧国道159号（現国道359号）で、自転車が通行すべき「車道の左側」を「自転車走行指導帯」としてバス専用レーンの車線内に明示したことで、具体的な自転車の通行空間整備がスタートした。車道混在型での自転車走行指導帯の整備は、全国で初めての取組であった(図-1)。

この取組をきっかけに石川県、金沢市でも自転車の通行空間の整備が始まった。自転車通行空間の整備が進む



図-1 全国初の車道混在型自転車走行指導帯

なかで、国道や県道など金沢市中心部の幹線道路も含んだ面的な整備が必要だという機運が高まり、2011年2月に学識者、道路管理者（国、県、市）、警察が実務者レベルで一体となり、意見交換や情報共有を図る組織である「金沢自転車ネットワーク協議会」を設立した。

金沢自転車ネットワーク協議会では、公共シェアサイクル「まちのり」の導入や警察と連携した「自転車専用通行帯の整備」、統一的な自転車通行空間の整備を図るための「金沢自転車通行空間整備ガイドライン」の策定、ネットワーク路線を示した「金沢中心市街地の自転車通行空間整備ネットワーク」及び「広域的な自転車ネットワーク候補路線」の策定、自転車ルール周知活動等を通じて、自転車利用環境の基盤を構築している。

これまでに自転車通行空間は約40km整備されているが、通行空間といった「ハード整備」だけでなく、ルール周知といったソフト施策を両輪で進めたこともあり、金沢の自転車関連事故の発生件数は2008年から2020年の間に74%減少しており、これは全国平均を上回る数値（減少率）となっている。（図-2）

ソフト施策の中でも、街頭指導を道路管理者や地域住民が連携して行っていることは、金沢における特徴的な取組となっている。

4. 「自転車街頭指導マニュアル」について

(1) 「自転車街頭指導マニュアル」の作成に至る経緯

金沢市では、2008年から経年的に自転車事故が減少してきたものの、2016年に初めて増加傾向に転じた。2017年から2020年の事故発生件数は再度減少しているものの、今後改めて増加に転じることや、下げ止まりの傾向になることも想定される。このような背景から、金沢市における自転車関連事故の発生状況を分析すること、事故の抑制に向けた効果的な対策を検討・実施し、歩行者、自転車及び車が安全に通行できる道路空間の創出に向けた研究を行うことを目的に、「自転車ネットワーク協議会」の分科会として「金沢自転車事故対策研究会」が2018年に設立された。



図-2 2008年の自転車関連事故発生件数を100%とした時の自転車関連事故発生件数とその変化率

「金沢自転車事故対策研究会」では、金沢市における自転車関連事故発生状況について、事故形態、年齢、事故相手等の様々な観点で経年的に分析した結果から、①車道における自転車通行空間の整備、②交差点における事故対策の実施、③自転車ルールマナーの周知徹底の3つを自転車事故の対策方針としてまとめた。

特に、③自転車ルール・マナーの周知徹底の部分については、自転車利用者だけでなく、車のドライバーに対しても交通ルール・マナーの周知、向上を呼びかける必要がある。また、これまでのように、街頭指導を継続するだけではなく、街頭指導を「現場での」交通安全教育と位置づけ、そのためには自転車事故の発生箇所や危険箇所を学校や企業などに知らせ、各団体の交通安全教育に活用してもらうことや、交通推進隊や学校関係者、地域の交通安全ボランティアなど、多様な関係者が共通の認識に立って街頭指導を行うためにも、「自転車街頭指導マニュアル」の作成を検討することとなった。

(2) 「自転車街頭指導マニュアル」の作成にあたって

「自転車街頭指導マニュアル」（図-3）の目的は大きく分けて2つある。

1つ目は街頭指導のノウハウの継承である。前述のとおり、金沢では自転車通行空間整備後に、地元住民、学校、警察、及び道路管理者等が連携し、継続的に街頭指導を実施することで、自転車ルールに対する意識が向上し、自転車関連事故が全国と比較しても大幅に減少して



図-3 「自転車街頭指導マニュアル」²⁾

いる。一方で、街頭指導の担当者が異動のたびに替わるため、街頭指導を行う意義・効果、及び正しい自転車ルール等が十分に理解されない中で街頭指導が行われている実態も見受けられたことに着目した。

2つ目は、交通安全教育への展開である。街頭指導を自転車交通安全教育の機会ととらえ、自転車ルールの紹介にとどまらず、一般の自転車利用者、高校生ならびに小中学校での自転車交通安全教育にも役立つマニュアルとなるように作成した。

特に1つ目の目的に関して、街頭指導を行う意義・効果の継承、自転車ルールの正しい知識の普及を重要だと考えた結果、「金沢自転車事故対策研究会」のみが、「自転車街頭指導マニュアル」の作成に携わるだけではなく、日頃から自転車通行空間が整備された地域で街頭指導を行なっている地域交通安全活動推進委員、街頭交通推進隊、学校関係者の方々とワークショップ形式の意見交換会や勉強会を行うこととなった。

意見交換会は、「自転車街頭指導マニュアル」の大きな構成が決まった段階で、「街頭指導から見えてくる課題」について、参加者と討議することを目的として開催した。意見交換会では、「自転車街頭指導マニュアル」に盛り込みたいことや、自転車街頭指導で日頃感じていることを主なテーマとして議論が行われた。参加者は4つのグループに分かれて、テーマについて意見を出し合い、グループ内で出た意見を「自転車利用に関する課題」、「街頭指導およびマニュアルに関するアイデア」、「年齢別の指導に関する課題」等の観点に分けて、グループ毎に発表した。

勉強会は、「自転車ネットワーク協議会」等で「自転車街頭指導マニュアル」の原稿案が完成した段階で開催した。冒頭に「自転車街頭指導マニュアル」(案)について説明し、意見交換会と同じように、グループ毎に分かれて意見を出し合った後、グループ毎の発表、全体討論という形で行われた。グループ討論はKJ法で実施し、「自転車街頭指導マニュアル」(案)を確認しながら、参加者が気づいたことや修正点を小さな紙に書いてもらい、それを分類して模造紙に貼ってとりまとめた。なお、各グループにつき、1人のファシリテーターを付け、出てきた意見のとりまとめはファシリテーターが行う事とした。

勉強会で出された意見は、実際に「自転車街頭指導マニュアル」に取り入れられ、左側通行の安全性の説明、路上駐車がしている場合の通行方法、地域でのルールがある場合は事前に共有することの必要性等が「自転車街頭指導マニュアル」に追記された。

(3) 「自転車街頭指導マニュアル」について

「自転車街頭指導マニュアル」は全3章とそれに付随する多くのコラムからなっている。

a) 第1章「目的・意義」

第1章では、「目的・意義」と題して、「日本における交通事故の状況と事故対策の歴史」や、「日本の交通事故に見られる特徴」を紹介し、金沢市における自転車事故の大幅な減少を例に出しながら、自転車通行空間は整備して終わりではなく、ハード面の改善の他に、自転車利用者の教育というソフト面の対策が必要な事について触れ、「街頭指導」の大切さについて述べている。

b) 第2章「自転車の安全な乗り方」

第2章では、「自転車の安全な乗り方」と題して、自転車は車道の左側通行が原則であることや、自転車の通行空間と走行位置、手信号(ハンドサイン)の出し方等、自転車の車道通行で知っておくべきことから、二人乗りの禁止、並進の禁止等の法律について述べ、自転車の安全な乗り方について説明している。また、自転車の安全な乗り方について解説するだけではなく、実際に自転車事故があった場所の写真を用いて、事故が発生するリスクを考えてもらうことで、事故を避け、安全に走行するために、さまざまな危険を想定することの大切さについても説明している。

c) 第3章「街頭指導の準備と本番」

第3章では、「街頭指導の準備と本番」と題して、これまで、金沢市で行ってきた街頭指導の経験を基にして、街頭指導の準備方法、実際に街頭指導では何をするのか、本番でのスケジュール、ポイントについて解説している。特に街頭指導のポイントについて、「地域との連携」、「コミュニケーション」、「押し付けではなく、ともに学ぶ」、「ハード整備との連動」、「次につなげる」の5つにわけて記述している。(図4)

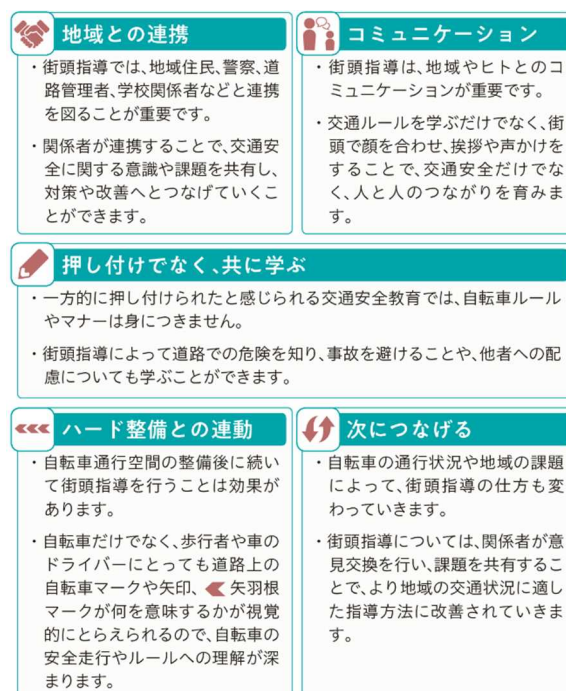


図4 街頭指導のポイント²⁾

d) コラム

「自転車街頭指導マニュアル」では本文以外にもコラム等が随所にちりばめられている。これらのコラムは作成当初から街頭指導マニュアルに記載することを考えていたものも多くあり、自転車走行中のイヤフォンの使用の危険性や、自転車による子供の「健康作りと社会参加」等がそれにあたる。

また、第1章の「目的・意義」のコラムには、「世界の交通事故対策」の一例として「ビジョン・ゼロ」(図-5)の考え方が紹介されており、ここにある「交通事故は防げるもの」という考え方は、「自転車街頭指導マニュアル」の基本的立場となっている。他にも、地域に根ざした取り組みの大切さ、その他、限りあるスペースでは紹介することができなかった自転車に関連する多くの取り組み等についても紹介している。

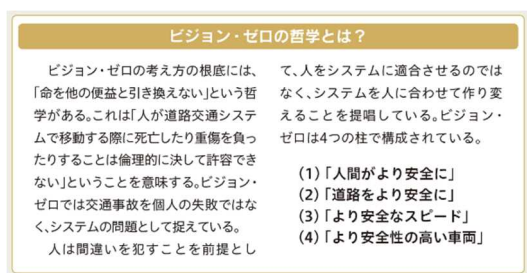


図-5 ビジョン・ゼロについて²⁾

5. 終わりに

本稿では、金沢において自転車通行空間整備といった「ハード施策」と、自転車交通安全教育といった「ソフト施策」を両輪で進めたことにより自転車関連事故が大きく減少していること、ソフト施策の柱である街頭指導のマニュアルを作成したことを紹介した

多様な関係者の連携のもと、10年以上にわたって自転車施策を展開してきているが、「自転車街頭指導マニュアル」の刊行が継続的な取組へ繋がる一助となり、広く安全・安心な自転車通行環境作りに向けた活動の展開に繋がるよう、今後も、自転車通行環境の整備に取り組みたい。

他の地域において街頭指導を実施する際にも、本マニュアルが少しでも参考になれば幸いである。

謝辞：本稿を作成するにあたり、金沢の自転車施策に携わるすべての皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 金沢自転車ネットワーク協議会：連携と共同で歩んだ10年の軌跡
- 2) 金沢自転車ネットワーク協議会：自転車交通安全のための街頭指導マニュアル

<<https://www.hmr.mlit.go.jp/kanazawa/douro/bicycle.co/shidou/>>