



# 2019技術レポート

2019 Technical Report

# 目次

## contents

 巻頭言 .....	01
専務取締役	坂井 敦行
 技術レポート	
「排水作業準備計画」の作成について .....	02
技術本部 河川砂防環境グループ	楠 馨
環境 DNA 分析の野外調査への適用に対する結果と考察 .....	06
技術本部 河川砂防環境グループ	田中 千暉
多発する河川災害への設計対応 .....	10
技術本部 水工グループ	住出 徹
有害物質が含有した塗膜の処理と取扱いについて .....	12
技術本部 道路構造地質グループ	山田 裕太
水工グループ	長坂 秀一
雪崩予防柵設置にともなう既設現場吹付のり枠工の補強対策 .....	14
技術本部 道路構造地質グループ	八木澤 博文
UAV レーザの実務利用効果と展望 .....	16
技術本部 建築補償測量グループ	三浦 大
 編集後記 .....	20

# 巻 頭 言

foreword

専務取締役

坂 井 敦 行

技術士

(総合技術監理部門、建設部門)

APECエンジニア

MBA(経営管理修士)



皆様には、平素より弊社に対するご指導ご厚意を賜り、心より感謝申し上げます。

弊社は、昭和39年(1964年)の設立以来、北海道に根ざした総合建設コンサルタントとして地域住民の安全で安心な暮らしを守るべく、建設に関わる技術の研鑽に努めて参りました。本年度は、創業55周年の節目の年となります。

2018年9月6日の早朝に発生した北海道胆振東部地震は、死傷者820人以上、全壊住宅460棟以上という甚大な被害をもたらしました。またその直後には、北海道全域が停電するという日本初のブラックアウトを道民は経験しました。弊社も微力ながら災害復旧に向けた事業に携わりましたが、1年以上経過した今でも1,000人以上の方が仮設住宅などでの避難生活を余儀なくされています。

北海道では、ここ数年毎年のように台風が上陸し、河川氾濫や土砂崩れなどの自然災害が多発しています。東日本大震災以降、平成25年に「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災に資する国土強靱化基本法」が施行され、平成30年末には日本全国で発生した自然災害(平成30年7月豪雨、台風21号上陸等)を受けて「国土強靱化のための3か年緊急対策」が閣議決定されました。北海道における「安全で安心な」地域社会を構築するために、建設コンサルタントである私たちは自然環境に配慮した最良の技術提案を継続して発信していきたいと考えております。

この「技術レポート」は、年に1度社内において開催している技術発表会の内容を取りまとめたものです。今年度は、最新技術となる環境DNA分析やUAVレーザー測量、また多発する河川災害に対応した設計事例等を中心に整理させて頂いております。お手すきの際に、ご一読頂ければ幸いです。

これからも、末永くお客様に信頼される総合建設コンサルタントとして、技術力の向上に邁進していく所存です。今後ともご指導ご支援のほど何卒よろしくお願い申し上げます。

# 「排水作業準備計画」の作成について



楠 馨

REPORT

技術本部 河川砂防環境グループ

楠 馨 技術士(建設部門)

## 概要

近年、全国各地で大規模水害が発生していることを受け、「施設では防ぎきれない大洪水は必ず発生するもの」へ意識を変革し、社会全体で洪水に備える「水防災意識社会」を再構築する取組が進められている。また、この取組を更に充実し加速するため、2020年度を目途に取り組むべき緊急行動計画の作成・改定がなされている。本レポートにおいては、この緊急行動計画の一つに位置づけられている「排水作業準備計画」について、2018年度に実施した業務成果をもとに記述する。

キーワード ●排水作業準備計画 ●水防災意識社会 ●緊急行動計画 ●危機管理 ●排水ポンプ車

## 1. はじめに

近年、全国各地で大規模水害が発生している。「平成27年9月関東・東北豪雨」においては、台風第18号等による大雨によって、鬼怒川の堤防決壊等に伴う氾濫により、大規模な浸水被害が発生した。避難の遅れ等から多くの住民が孤立し、約4,300人が救助された。また、宅地及び公共施設等の浸水が概ね解消するまでに10日を要した。この浸水被害を解消するにあたって、全国各地からの応援により、日最大51台の排水ポンプ車が投入されている。

「平成28年8月北海道豪雨」においては、平成28年8月17日～23日の一週間に3個の台風が北海道に上陸し、道東地方を中心に大雨による河川の氾濫、土砂災害が発生した。また、平成28年8月29日～8月31日にかけて、前線および台風第10号の接近に伴い、各地で記録的な大雨となった。これら一連の大雨による浸水被害を解消するにあたって、幕別町や音更町等に排水ポンプ車が出動し、緊急排水作業が実施されている。

「平成30年7月豪雨」においては、台風第7号等による大雨に伴い、西日本を中心として、広域的かつ同時多発的に河川の氾濫、土砂災害等が発生した。この大雨により岡山県倉敷市を流れる高梁川水系小田川の堤防決壊等に伴う氾濫が発生し、約4,100戸の家屋等が浸水被害を受けた。この浸水被害の解消にむけて、全国から集結した23台の排水ポンプ車による24時間排水が行われ、約1,200haの浸水を3日で解消した。

このように、大規模水害による長期にわたる浸水被害の解消に向けて、排水ポンプ車等による緊急排水作業の重要性が増していることから、「水防災意識社会」の再構築に向けた緊急行動計画の一つとして、「排水作業

準備計画」の作成が位置付けられている。

本レポートにおいては、この「排水作業準備計画」に対する認識を深めてもらうことを目的として、2018年度に弊社で実施した業務成果を中心に記述する。

## 2. 排水作業準備計画の検討手順

本計画の検討手順を以下に示す。

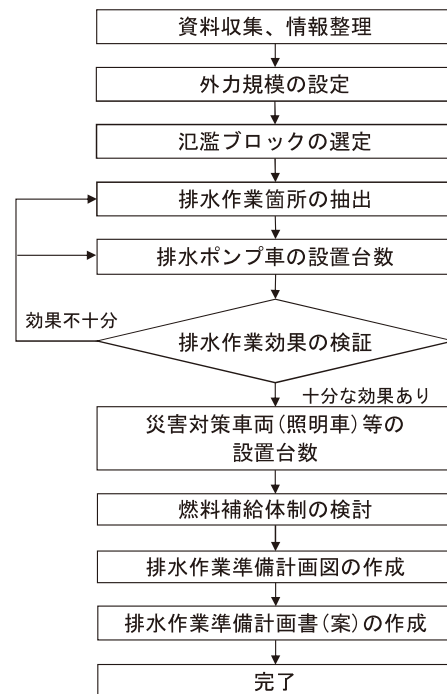


図-1 検討手順フロー

## 3. 資料収集、情報整理

本検討においては、北海道を代表するA川が対象河川となる。検討を行うにあたって、表-1に示す資料収集等を行い、検討に必要な情報を整理した。

表-1 資料収集一覧

NO.	整理項目	収集資料	備考
1	浸水想定区域に関する情報	浸水想定区域検討業務成果	氾濫面積、浸水深、浸水継続時間など
2	浸水人口		
3	浸水家屋数(床上・床下)		
4	排水施設の位置、諸元		樋門、排水機場など
5	水防拠点	北海道開発局札幌開発建設部のホームページより情報収集	防災ステーションなど
6	災害対策用機械に関する情報		排水ポンプ車、照明車の台数など
7	防災活動拠点(重要公共施設など)	各市町村のホームページより情報収集	役場、病院、避難所など
8	堤防に関する情報	重要水防箇所図、対象河川の測量成果	重要水防箇所、横断面データなど

## 4. 外力規模の設定

本検討の基本条件として、「外力規模」を設定する必要がある。平成27年7月の水防法改正に伴い、洪水浸水想定区域の検討においては、「計画規模降雨(L1規模)」と「想定し得る最大規模の降雨(L2規模)」を対象とすることになった。

本検討においては、L1規模を包括できるL2規模を対象として検討を行った。

## 5. 氾濫ブロックの選定

検討対象氾濫ブロックについては、浸水深・浸水範囲・浸水継続時間、浸水家屋数、重要公共施設数、災害時要配慮施設数等を比較検討した上で決定する。本検討においては、A川沿いのB町市街地を含む氾濫ブロックを検討対象氾濫ブロックに選定した(図-2)。

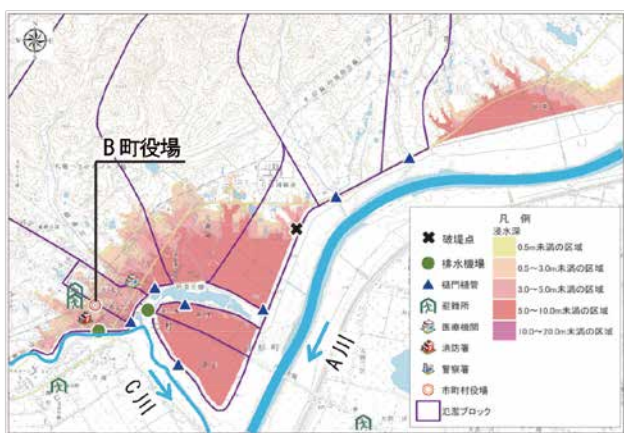


図-2 検討対象氾濫ブロック

## 6. 排水作業箇所の抽出

排水箇所の主な抽出条件は、以下の通りである。

- ①堤防天端幅を5m以上確保できる箇所
- ②複数の排水ポンプ車を設置できる箇所
- ③設置場所までの進入路を確保できる箇所

堤防天端幅を5m以上としているのは、給油の際、排水ポンプ車と燃料補給車が並列になることを考慮したためである。やむを得ず5mを確保できない場合は、大型土のう等を用いて天端幅を拡幅することとした。

なお、排水作業時における堤防法面の侵食を防止するため、護岸等が布設されている箇所を選定した。

本検討においては、B町市街地における浸水被害の軽減を目的としていることから、市街地周辺のC川に設置されている排水施設4箇所を排水作業箇所として抽出した(図-3)。



図-3 排水作業箇所図

(※札幌開発建設部岩見沢河川事務所からの提供写真を引用)

## 7. 排水ポンプ車の設置台数

北海道開発局で保有している排水ポンプ車は28台で(平成30年度末時点)、各開発建設部に配備されている。これらの排水ポンプ車の中から、L2規模の出水時にB町への出動が可能と想定される車両を抽出し、表-2に整理した。なお、出動が可能かどうかの判断は、主にB町までの移動距離・移動時間で行った。

また、B町に設置されているD排水機場とE排水機場においては、L2規模の出水時において排水機能が停止する可能性が高いことから、その代替機能として2つの排水機場と同程度の排水能力を維持できるように、排水ポンプ車の設置台数を設定した。

表-2 排水ポンプ車の設置台数

排水施設名	排水ポンプ車(台数)		備考
	60 <sup>3</sup> m/min	30 <sup>3</sup> m/min	
C川F号樋門		2	D排水機場
C川G号樋門		2	
C川H号樋門	2	4	E排水機場
C川I号樋門下流		4	
合計	2	12	

## 8. 排水作業効果の検証

本検証を行うにあたって、以下の項目について検討を行い、十分な効果が得られなかった場合は、再度、排水作業箇所を追加選定、排水ポンプ車の設置台数の見直しを行う。

### (1) 排水作業開始時間の設定

浸水被害の軽減を図るためには、堤防決壊等の後、できるだけ早い段階から排水作業を始めることが有効となる。なお、洪水予報河川のA川においては、6時間洪水予測を行っていることから、堤防決壊等の危険性を早い段階から予測することができる。

浸水被害が発生するタイミングとしては、氾濫ブロック内に設置されている排水機場等の排水施設が、浸水等が原因となって排水機能が停止する時点とした。

一方、排水ポンプ車による排水作業を行う上で、作業員の安全性について十分に考慮する必要がある。

以上のことを踏まえ、本検討においては、各排水機場で設定されている『操作員退避外水位』、各排水樋門で設定されている『操作員復帰外水位』に達した時点から排水ポンプ車による排水作業を開始することとした。

### (2) 浸水量と排水量の経時変化について

洪水浸水想定区域の検討資料をもとに、「排水作業前の浸水量」について経時変化を整理する。その浸水量から排水ポンプ車による排水量を差し引きし、「排水作業後の浸水量」について経時変化を整理する。

### (3) 排水作業効果の算定

(2)で整理した排水作業前後における浸水量の経時変化から、排水作業効果を算定する。

本検討の結果、排水ポンプ車による排水作業を行うことで、浸水時間が12時間程度減少する結果となった(図-4 参照)。

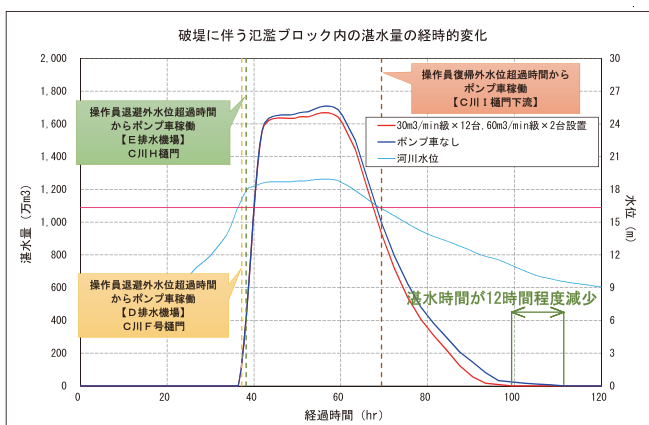


図-4 排水作業前後における浸水量の経時変化

### (4) 使用する排水ポンプ車の出動時間

排水ポンプ車の出動時間については、各開発建設部からB町までの移動に必要な時間(移動時間)として表す。移動時間の算定にあたって、各開発建設部からB町までの移動ルート、移動速度および移動距離等の選定、検討を行った。その検討結果を表-3に示す。

表-3 排水ポンプ車の出動時間(移動時間)

出発場所(名称)	排水箇所までの距離(km)			高速道移動時間(h)	一般道移動時間(h)	排水準備時間(h)	合計移動時間(h)
	高速道(km)	一般道(km)	合計(km)				
札幌開発建設部	34	36	70	0.57	0.90	0.50	1.97
札幌開発建設部(千歳)	70	33	103	1.17	0.83	0.50	2.50
室蘭開発建設部(苫小牧)	91	30	121	1.52	0.75	0.50	2.77
旭川開発建設部	97	35	132	1.62	0.88	0.50	3.00
旭川開発建設部(名寄)	141	55	196	2.35	1.38	0.50	4.23
小樽開発建設部(蘭越)	68	88	156	1.13	2.20	0.50	3.83

### (5) 使用する排水ポンプ車の出動水位

表-3に示す出動時間をもとに、排水ポンプ車の出動水位を設定した。また、出動水位を設定するにあたって、A川のB町市街地周辺に設置されている観測所とK観測所における換算水位についても合わせて設定した。

ここでは、札幌開発建設部に配備されている排水ポンプ車等の出動水位、各観測所における換算水位を図-5に示す。

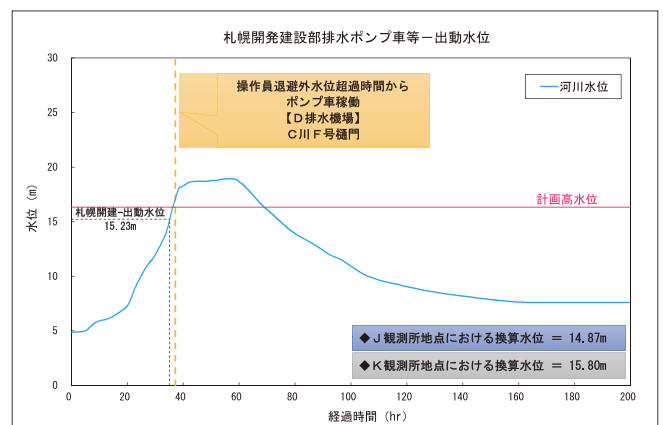


図-5 排水ポンプ車等の出動水位

(1)~(5)までの検討の結果、十分な排水効果が認められたことから、先に示した「排水作業箇所」および「排水ポンプ車の設置台数」で決定した。

## 9. 照明車の設置台数

24時間排水を行うために必要な照明車の設置台数を表-4に示す。

表-4 照明車の設置台数

排水施設名	照明車 (台数)	備考
C川F号樋門	1	D排水機場 排水ポンプ車2台
C川G号樋門	1	排水ポンプ車2台
C川H樋門	5	E排水機場 排水ポンプ車6台
C川I樋門下流	2	排水ポンプ車4台
合計	9	

排水ポンプ車間に照明車を設置することを想定し、必要台数を算定している。

## 10. 燃料補給体制について

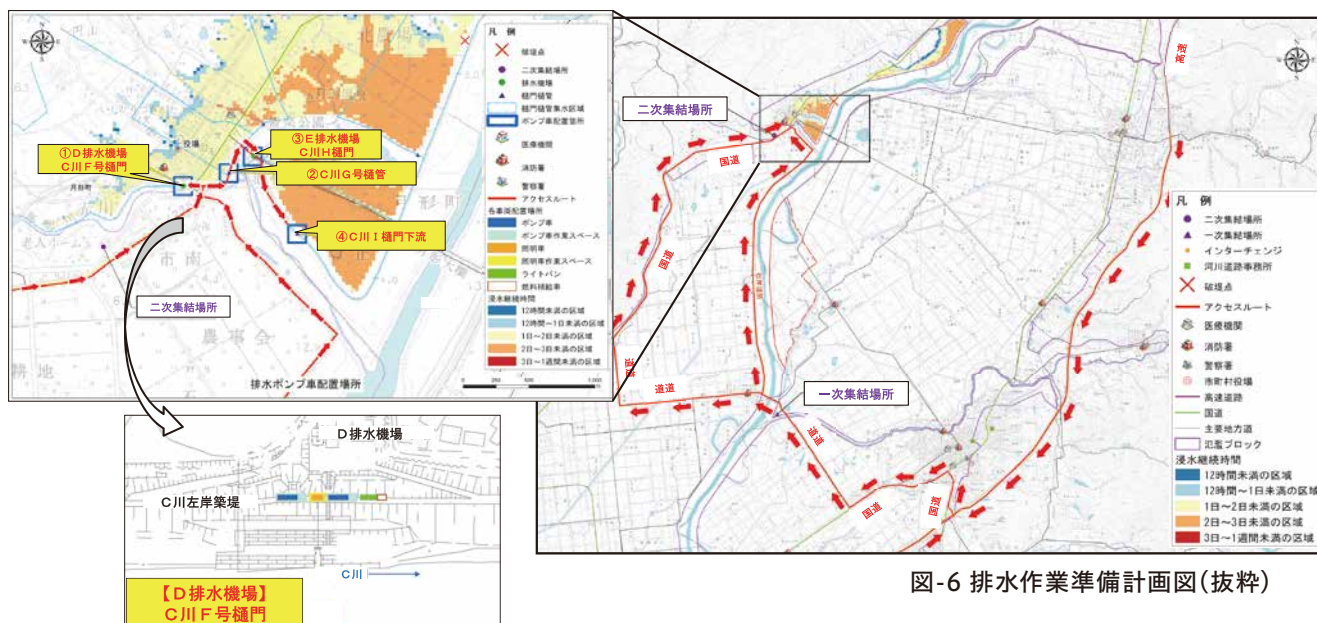
本計画においては、14台の排水ポンプ車と9台の照明車を使用することから、排水作業時には大量の燃料補給が必要になる。このため、大規模災害時における速やかな燃料補給が可能となるよう、平時から事業者との協力体制を構築していく必要がある。

## 11. 排水作業準備計画図の作成

排水作業準備計画図の作成にあたって、以下の点などについて整理・検討を行い、図-6に示す排水作業準備計画図を作成した。

- (1) 災害対策車両の移動ルート
- (2) 一次集結場所、二次集結場所
- (3) 災害対策車両(排水ポンプ車等)の配置
- (4) 排水作業に必要となる資機材、人員の整理

※背景図：数値地図 200000 (地図画像) および数値地図 25000 を使用



## 12. 排水作業準備計画書(案)の作成

これまでの検討結果を取りまとめ、排水作業準備計画(案)とした。

## 13. おわりに

排水作業準備計画の作成にあたって、以下のような課題が抽出されたことから、今後、これらの解決に向けてさらなる検討等を行っていく必要がある。

### (1) 排水ポンプ車の効果的運用

排水ポンプ車の数には限りがある。そのため、排水作業準備計画の効率的な作成のためには、本計画の必要な河川および氾濫ブロックを事前に絞り込む必要がある。

### (2) 排水機場の耐水化の促進

既存の排水機場は、排水ポンプ車よりも処理能力が格段に高いことから、可能な限り、既存施設の耐水化を図るほうが有効的な対策となる。

### (3) 排水作業開始のタイミング

本検討においては、操作員退避外水位から排水作業を開始することとしたが、その運用方法については、今後、関係機関と協議を進めていく必要がある。

<謝辞>

本業務の検討を行うにあたり、北海道開発局札幌開発建設部 岩見沢河川事務所の皆様から多大なご協力、ご指導をいただきました。ここに記して、感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 国土交通省関東地方整備局：『平成27年9月関東・東北豪雨』に係る洪水被害及び復旧状況等について
- 2) 国土交通省北海道開発局：平成28年8月北海道豪雨災害とその影響、そしてこれから
- 3) 国土交通省：資料2平成30年7月豪雨における被害等の概要

# 環境DNA分析の野外調査への適用に対する結果と考察



田中 千暉

REPORT

技術本部 河川砂防環境グループ  
田中 千暉

## 概要

環境DNA分析は、水中や大気中に含まれる生物のDNAを採取・分析することで調査対象種の生息の有無や、生息している生き物を網羅的に把握することが可能な技術とされている。本技術を野外調査に適用することが可能となれば、調査に係る労力の軽減や、調査によって生じる生息環境への負荷を低減することが可能となる。

本レポートでは、道北の山地溪流において、ニホンザリガニ(以下、「ザリガニ」として記載)を対象とした環境DNA分析を行い、現時点において野外調査に適用可能かどうか考察を行った。なお、本分析の考察を行うにあたって、従来手法となる採集法による調査も合わせて行った。

キーワード ●環境DNA分析 ●種特異的解析 ●ニホンザリガニ ●網羅的解析 ●PCR解析

## 1. 環境DNA分析とは

環境DNA分析とは、河川水等を採水・分析することで生き物の種類や生息密度を調査する技術である(図-1参照)。水中に含まれる生物由来のDNAを対象に分析することが多いが、大気中や土中に含まれるDNAを対象とした解析も近年行われている。

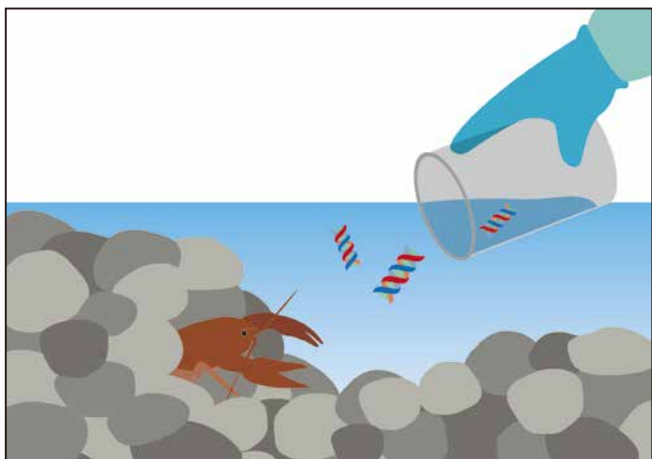


図-1 環境DNA分析のイメージ

分析手法は、『網羅的解析』と『種特異的解析』に大別され、調査目的により、分析手法を使い分ける(表-1参照)。

『網羅的解析』とは、採水地点周辺に生息する生物を網羅的に把握することができる手法である。

『種特異的解析』とは、採水地点の周辺に調査対象種(1種類に限定)がどの程度生息しているのかを把握することができる手法である。

表-1 分析手法の比較

網羅的解析	
目的	・ここに何が生息しているか
利点	・多くの種を対象に分析できる
欠点	・分析の精度が種特異的解析より低い
種特異的解析	
目的	・対象種がそこに生息しているか ・対象種がどれくらい生息しているか
利点	・分析の精度が網羅的解析より高い
欠点	・一種の情報しかわからない

ここでは、環境DNA分析の分析手順について概説する(図-2参照)。環境DNA分析は、採水後にフィルターろ過、DNAの抽出といった作業を経て、PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)解析を行う。

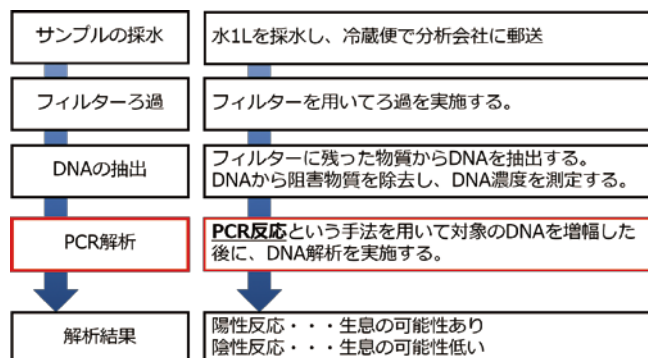


図-2 環境DNA分析の手順



PCR解析とは、2本鎖で構成されているDNAが高温下で1本鎖に分かれることを利用し、別れた鎖をポリメラーゼという酵素で構成された1本鎖と再結合させることで、DNAを増幅させる手法である(図-3参照)。PCR解析を行い、DNAを増幅した後に、DNA解析を行うことで調査対象種が生息しているのかを判断することができる。

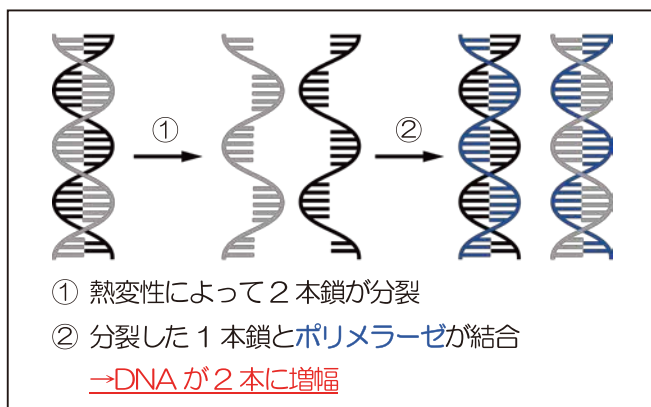


図-3 PCR反応の簡易模式図

環境DNA分析を実用化することによって、以下の効果が期待できる。

#### ① 労力・コストの低減

- ・調査時間の短縮
- ・安全性の向上
- ・低コストでの調査が可能

#### ② 生息環境への負荷低減

- ・踏み荒らしの防止
- ・病原菌等の持ち込み回避

#### ③ 調査結果のバラツキ防止

- ・調査員による調査結果のバラツキを防ぐ

## 2. 調査対象種の選定について

調査対象種としては、採集法に比べ、環境DNA分析を実施することで上述の効果を大いに期待できるザリガニ(写真-1参照)を選定した。

ザリガニは、かつて北海道・東北北部地方に広く生息していたが、開発行為による水環境の悪化や乱獲等、人為的な要因による個体群の減少が確認されていることから、環境省で絶滅危惧II類に指定されている。

そのため、工事による影響が懸念される場合は、採集法による捕獲調査を行い、影響範囲外への移植を実施することが多い。しかし、ザリガニは細流の河床礫中に生息しているため、調査に労力がかかる。

また、生息環境である河床礫を掘り返してザリガニを採集するため、調査自体が生息環境に与える影響が懸念される。

環境DNA分析をザリガニ調査に適用することが可能となれば、これらの影響を低減することが期待できる。



写真-1 ザリガニ(筆者撮影)

## 3. 調査目的の設定

環境DNA分析の野外調査への適用は、最近実用化され始めている技術であるが、調査地や調査対象種によっては、環境DNA分析による調査が不向きである事例が報告されている。そこで、本調査においては、現時点の分析技術を用いて「環境DNA分析が野外調査への適用が可能な技術であるかどうか」を明らかにすることを調査目的に設定した。

この目的を検証するにあたって、環境DNA分析と採集法によってザリガニを調査し、分析結果と採集結果が一致するかどうかで適用可能かどうか判断することとした。

分析手法としては、調査対象種がザリガニのみであるため、分析精度の高い『種特異的解析』で実施した。

## 4. 調査地の概要

調査地は道北の山地溪流N沢川である。道路工事に伴い、N沢川に橋梁が新設される予定になっている。その橋梁工事の際に、ザリガニの生息地が攪乱されるおそれがあるため、移植などの対策が必要な状況になっている。

調査範囲は、本川であるU川との合流点から上流300mの区間である(図-4参照)。この区間全域において、採集法と環境DNA分析による調査を実施した。なお、この区間のうち、橋梁より下流150mの区間において確認された個体については、橋梁より上流側に移植する計画となっていることから、調査を密に行った。

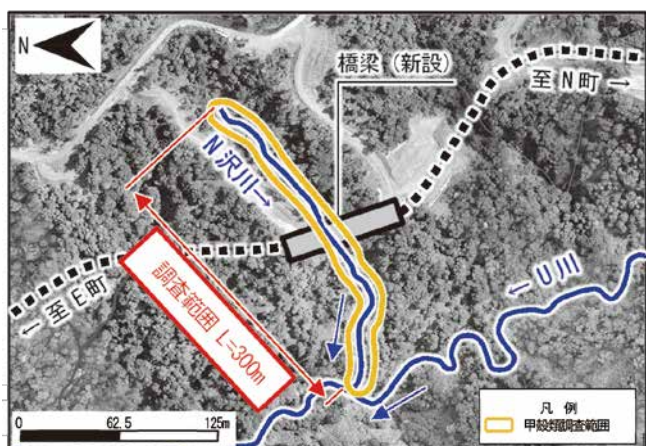


図-4 調査地の概要

## 5. 調査結果

### (1) 採集法の結果

採集法による調査の結果、橋梁より約150m上流の地点において、2箇所で3個体確認した(図-5参照)。確認箇所はいずれも水温が9~12°Cの冷涼で、水の流れがほぼない環境であった(写真-2参照)。なお、橋梁より下流側では個体を確認できなかった。

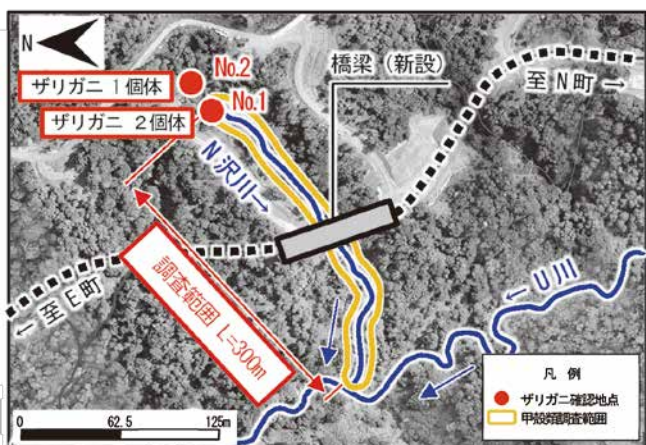


図-5 現地調査結果(採集法)



写真-2 ザリガニ確認箇所No1

### (2) 環境DNA分析の結果

環境DNA分析による調査は、橋梁より下流側では、30mピッチで6サンプル、上流側では個体が確認された2箇所で3サンプルの合計9サンプル採水した。分析の結果、採集法でザリガニが確認されなかったNo.1,2,5の地点で陽性反応が検出された。一方、ザリガニが確認された地点では、陽性反応は検出されなかった(図-6参照)。

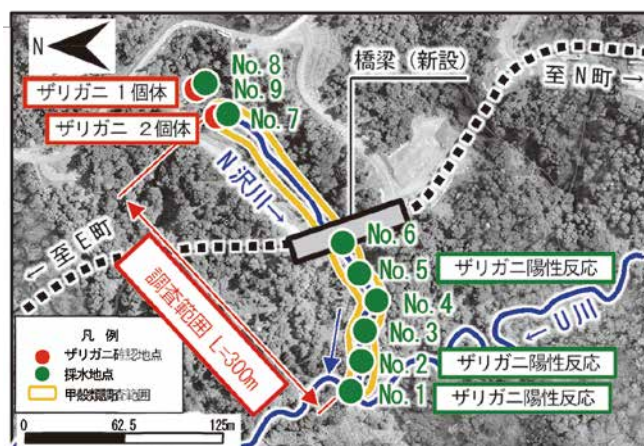


図-6 現地調査結果(環境DNA分析)

## 6. 考察

### (1) 分析結果の考察

採集法と環境DNA分析には、整合性が確認されなかった。整合性がとれなかった理由について考察した。

#### 1) 個体確認地点で陽性反応が検出されなかった要因

一般に、陽性反応が検出されない要因として、『流出』と『阻害』が考えられる。

『流出』とは、流水等によってザリガニのDNAが流出・拡散され、分析に必要なDNAが不十分となることを示す。『阻害』とは、分析の際に何らかの物質が環境DNAの分析工程を阻害し、DNAが検出されないことを示す。

『流出』と『阻害』について、現地状況等を踏まえて考察した結果、『阻害』が大きな要因であると考えられた。

ここで、DNAを増幅するPCR反応を阻害するPCR阻害物質に着目した。

PCR阻害物質とは、有機物が分解される際に発生し、土壌有機物の50%を占める腐植物質もPCR阻害物質の1つである。この腐植物質の生成環境がザリガニの生息環境と類似している。

ザリガニは落ち葉や生物遺骸を主な栄養源としており、堆積した落ち葉の下を生息環境とすることが多い。

つまり、ザリガニの生息環境には腐植物質が豊富に存在していると言える(写真-3参照)。これが、採集法で確認された地点で陽性反応が検出されなかった主な要因であると考えられる。



写真-3 ザリガニと落ち葉(筆者撮影)

## 2) 個体未確認地点で陽性反応が検出された要因

採集法で確認されなかった地点で、陽性反応が検出された要因を考察した。

No.1,2,5地点においては、図-7に示すV字谷のような河川形態をなしており、河岸部から水の染み出しが確認されている。河床部にはザリガニの生息が確認されなかったため、沢の斜面部に生息しているザリガニ由来のものが検出されたと考えられた。

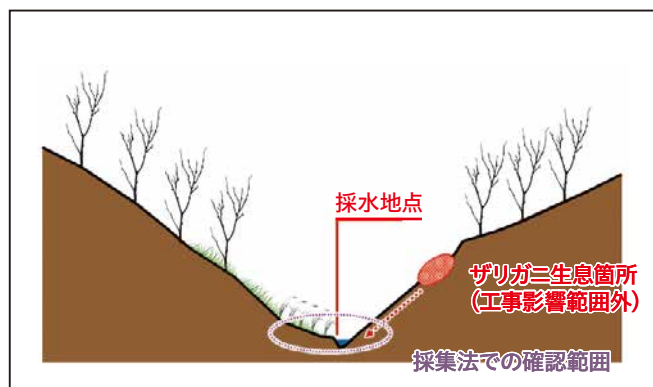


図-7 陽性反応検出箇所の横断イメージ

## (2) 野外調査への適用の可能性について

これまでの考察を踏まえて、環境DNA分析がザリガニを対象とした調査で、野外調査に適用可能な技術かどうか考察した。

PCR阻害物質の除去技術は日々進化しているが、完全な除去技術までには至っていない。そのため、現時点では止水域に近い環境に生息しているザリガニのDNAを確実に検出することは困難であると判断した。

しかしながら、流水環境下では採集法と環境DNA分析の整合性が高い研究事例も発表されていることから、野外調査に適用できる可能性が高いと考えられる。

## 7. まとめ

環境DNA分析は、採集法に比べて低コスト・高パフォーマンスであるが、現時点の技術では調査対象や生息環境によっては、適用が難しい場合もある。

一方で、魚類を対象とした分析では、高い相関性を示す事例が多く報告されている。捕獲調査の前に環境DNA分析を実施することで、採水地点周辺に生息している可能性の高い重要種を事前に把握することができ、より効率的な調査時期・手法を用いて捕獲調査を実施することができる。

今後は、事前に環境DNA分析を行った上で、調査計画を立案し、採集法の調査を行っていくことが望ましいと考えられる。

### <参考文献>

- 1) 川井唯史・高島雅一:ザリガニの生物学,2010年
- 2) 川井唯史:ザリガニの博物誌里山入門,2007年
- 3) 一般社団法人環境DNA学会:環境DNA調査・実験マニュアル Ver2.1,2019年
- 4) 池田幸資・田中一典・川井唯史・根岸淳二郎:  
Using environmental DNA to detect an endangered crayfish, *Cambaroides japonicus* in streams, 2016年
- 5) 池田幸資など共著:環境DNAを用いたザリガニ及びウチダザリガニの分布と河川横断工作物の及ぼす影響把握,2018年

# 多発する河川災害への設計対応



住出 徹

REPORT

技術本部 水工グループ

住出 徹 RCCM(河川、砂防及び海岸・海洋)

## 概要

河川で申請される災害の多くは新災(施設竣工後1年以上の被災)であるが、近年では異常気象(豪雨)が連続的に発生、これに伴い未満災(施設竣工後1年未満の被災)や内未成(過年発生災害で未工事)等の被災が増加傾向にある。

未満災や内未成の災害申請では、設計の不備・工事施工の粗漏りに起因した災害ではないことを立証する必要があり、被災要因やメカニズムを分析、整理するための被災写真(工事・被災)や申請資料作成が特に重要となる。

本稿では、旭川建設管理部管内で実施した災害申請を例に、未満災や内未成における河川災害の対応事例について紹介する。

キーワード ●河川災害設計 ●異常気象 ●未満災 ●内未成 ●堤防決壊 ●浸水被害 ●河岸侵食

## 1. はじめに

対象河川となるU川は、旭川市K町に位置し、B川に流下している流路延長L=12.4km、流域面積A=41.6km<sup>2</sup>の一級河川である。

本稿では、H30年7月の豪雨により破堤等の被害を受けたU川を例として、未満災や内未成における災害申請の対応事例を紹介する。

## 2. 被災状況

当該河川は、H28年8月の豪雨により災害申請が承認され、復旧工事が進められていたが、H30年7月に当該地区を通過した台風7号により長時間に渡って降雨が継続、総雨量200mmを越える大雨となった(表-1)。

この豪雨により当該地区では、堤防決壊2箇所による水田の浸水被害や護岸崩壊5箇所など、甚大な被害が発生した。

表-1 当該地区の降水量(mm)

	1時間	24時間	48時間	総雨量
H28年8月	21.5	126.5	127.0	291.5
H30年7月	29.0	134.0	157.0	208.5

## 3. 災害申請書類

未満災や内未成における災害申請では、新災とは異なり、前災での設計や工事に不備がなかったことを説明、立証することが求められるが、限られた時間内での災害査定となるため、国土交通省や道庁と事前に協議することが通常である。

災害の申請に必要な主要な書類を表-2に整理する。

表-2 査定申請における主な必要書類

	新災	未満災	内未成
査定設計書・被災写真	○	○	○
図面・数量計算書	○	○	○
水位曲線図・出水状況確認票	○	○	○
河川特性整理表(A表)	○	○	○
設計流速計算書(B表)	○	○	○
前災の査定設計図書一式	—	○	○
前工事に係る設計図書一式	—	○	—
事前協議資料	—	○	○
用地図、河川台帳等	○	○	○

## 4. 復旧工事の概要

### 4.1. 未満災

#### (1) 被災要因

今回発生した被災は、異常出水により被災箇所上流で堤防が決壊、氾濫戻りにより護岸背面土砂が流出、洪水流体力が一気に増大して護岸背面からの捲れが発生し、護岸倒壊に至ったと考えられる(写真-1)。前災では、被災箇所上流での堤防決壊、氾濫戻りを予測した護岸構造とすることは不可能であり、明らかに異常気象に起因する想定外の外水氾濫であったと判断した。



写真-1 かごマット(多段)の被災状況(未満災)

#### (2) 復旧方針

被災要因は、当該箇所の護岸に起因するものではな

いことから上流の堤防決壊部の復旧による被災原因の除去を前提として、被災箇所については原形復旧(かごマット工(多段))とする計画とした(図-1)。

被災箇所端部(終点箇所)については、垂直にかごを取外すと健全部のかごマットがはらみ出す恐れがあったため、階段状に取外し・復旧することとした。

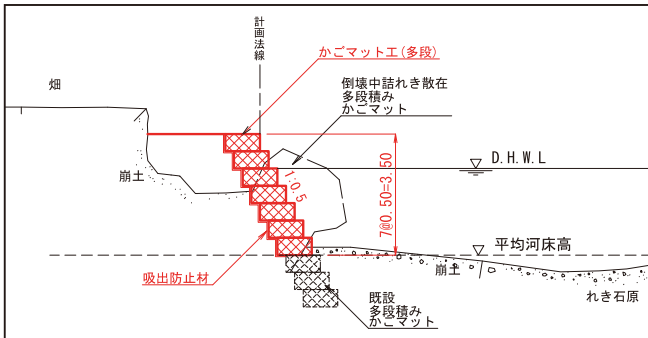


図-1 標準断面図(未満災)

### (3) 工事概要

工事延長L=38.2m(左岸)

かごマット工(多段)L=38.2m A=113m<sup>2</sup>

## 4.2. 内未成

### (1) 被災要因

異常出水により、前回被災箇所より下流で河岸侵食が発生、土羽護岸の被災、護岸の被災拡大に至ったと考えられる(写真-2)。

前災では、今回の被害拡大区間は健全部と判断されており、明らかに異常気象による被災と判断した。



写真-2 工事着手前に被害拡大(内未成)

### (2) 復旧方針

現地の河床材が、前回の中礫から人頭大の礫に変化したため、前災で予定していたかご系の護岸工法の選定は不適と判断した。

このため上下流の河岸勾配を考慮し、連節ブロック張(左岸)とコンクリートブロック工(練積)(右岸)にて復旧する計画とし、護岸の天端高は、前災の被災水位まで

とした(図-2、図-3)。

護岸根入れについては、今回の被災を免れたH28年災復旧箇所において、護岸の根浮きが確認されたため、前回根入れの0.5mから基準値0.5~1.0mの最大値を採用した。

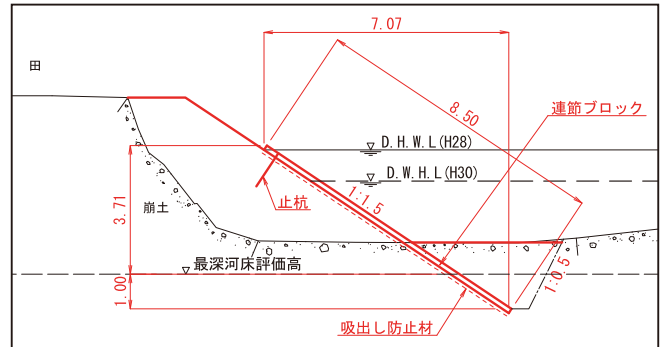


図-2 標準断面図(左岸)(内未成)

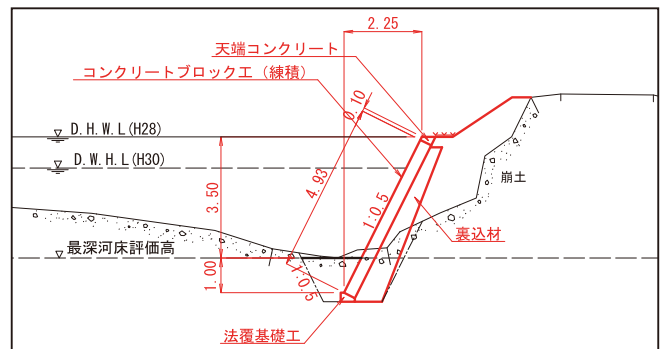


図-3 標準断面図(右岸)(内未成)

### (3) 工事概要

工事延長L=83.7m(左岸59.3m 右岸27.0m)

連節ブロック張L=59.3m A=603m<sup>2</sup>

(内布設替 A=54m<sup>2</sup>)

コンクリートブロック工(練積)L=27.0m A=130m<sup>2</sup>

## 5. おわりに

当該箇所の査定申請では、前災よりも今回の被災水位の方が低い状況であったが、被災水位の高い前災の水位で申請が受理された。

内未成における災害申請では、理由が明確で効果を立証することができれば、前災の護岸工法の変更や護岸形状を見直すことができ、護岸根入れも前災より深くして申請することも可能である。

<謝辞>

本稿は筆者がこれまで担当した災害設計業務の成果の一部を引用しています。写真等の掲載をご了承頂きました旭川建設管理部 事業課様にお礼申し上げます。

# 有害物質が含有した塗膜の処理と取扱いについて

REPORT

技術本部 道路構造地質グループ  
山田 裕太

技術本部 水工グループ  
長坂 秀一 RCCM(鋼構造及びコンクリート)  
コンクリート診断士



山田 裕太



長坂 秀一

## 概要

近年、多くの自治体で橋梁の長寿命化を目指し、補修工事が行われている。中でも、鋼橋における塗装の塗り替え補修では、有害物質を含む塗料が使用されているケースが多く、塗膜の除去方法や処理方法について様々な検討が行われている。本稿では、蘭越町が管理する御成橋(L=250.00m、1975年供用開始)で塗装の塗り替えを検討した事例を基に、塗膜処理の実情や今後の展望について紹介する。

キーワード ●橋梁長寿命化 ●橋梁補修 ●塗装塗り替え ●PCB

## 1. はじめに

我が国では、平成24年に発生した笹子トンネルの天井板落下事故を受け、トンネルや橋梁等の道路構造物の点検・補修が急務となっている。特に、高度経済成長期頃に整備された橋梁の高齢化が顕著であり、2033年には全国およそ73万橋のうち、約63%が建設後50年を越える『高齢化橋梁』となる(図-1)。現在、各自治体においては、点検・診断・措置・記録といったメンテナンスサイクルを確立し、予防保全的な修繕に取り組んでいる。



図-1 全国の橋梁における経過年数の推移<sup>1)</sup>

## 2. 塗装塗り替え

鋼橋の補修の中でも特に多く行われているのが、塗装の塗り替え補修である。現行の重防食塗装を除き、既設塗装の耐用年数は10~20年と言われており<sup>2)</sup>、補修が検討される橋梁は、塗り替え時期を大幅に超過していることが多くある。

一方で、既設塗膜の中には有害物質が含有していることがあり、塗膜の剥離や掻き落とし作業における労働者の健康被害を防止するため、事前に調査(含有量調査)を実施し、対策を検討する必要がある。

## 3. PCBの取扱いについて

PCB(ポリ塩化ビフェニル)は既設塗膜に含有している可能性のある有害物質のひとつで、特に取扱いに注意を払う必要がある。

日本では1968年に発生したカネミ油症事件により、人体への毒性が認識されることとなり、1975年には製造・輸入の完全禁止、2004年には国際条約(ストックホルム条約)でも廃絶規制が取られている。

橋梁分野においては、過去にPCB含有塗料を橋梁塗装に使用していた実態がある。現在では、上記のように世界的な廃絶規制が取られているため、国内でも2027年までに適切な処理を行う必要がある(図-2)。

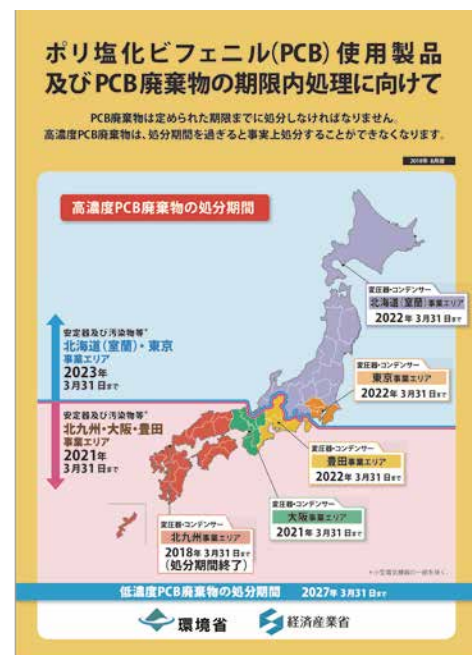


図-2 PCB廃棄物の期限内処理に向けた公表資料<sup>3)</sup>

## 4. 設計検討事例



写真-1 御成橋

尻別川に架かる御成橋では、橋梁の長寿命化を目的として平成28年度から調査および実施設計を行ってきた。主桁等の鋼部材では、経年劣化による腐食が進行しており、防食機能の低下が確認されたことから、塗装塗り替えによる補修を検討した。ただし、架橋から一度も塗り替えが行われておらず、既設の塗装仕様も不明であるため、前述した含有量調査を実施し、既設塗膜中に含まれる有害物質の有無を確認した。

含有量調査の結果、「鉛」「PCB」で基準値を超える値を確認したことから(表-1)、塗膜剥離作業中の飛散防止対策に加え、PCB廃棄物の処理方法について検討を行った。

表-1 含有量調査結果の概要

物質	基準値	調査値	判定
鉛	含有の有無	有	OUT
クロム	1%	0.19%	SAFE
PCB	0.01mg/kg	0.08mg/kg	OUT

素地調整で発生した塗膜殻はPCB廃棄物となり、処分費が膨大になることが考えられるため、素地調整方法について検討した。塗膜の除去には一般的に、①砂状の物質を高圧で噴射して塗膜を掻き落とすブラスト工法、②化学溶液を塗膜に塗布し化学反応によって塗膜を除去する剥離剤工法がある。本設計では上記の2工法に、③熱処理で塗膜を剥がす新工法を加えた3工法で比較検討を行った。なお、②剥離剤と③熱処理は塗膜を除去するのみであるため、簡易なブラストと併用する工法として検討している。

比較検討の結果、①ブラスト工法による施工が最も経済的であった(図-3)。業務中、試験施工を実施する等して、剥離剤工法と熱処理工法で発生するPCB廃棄物の処分量をより明確にすることも考えたが、現場状況等により試験施工の実施が困難であったため、本検討では、全廃棄物がPCB廃棄物であると推定して検討している。

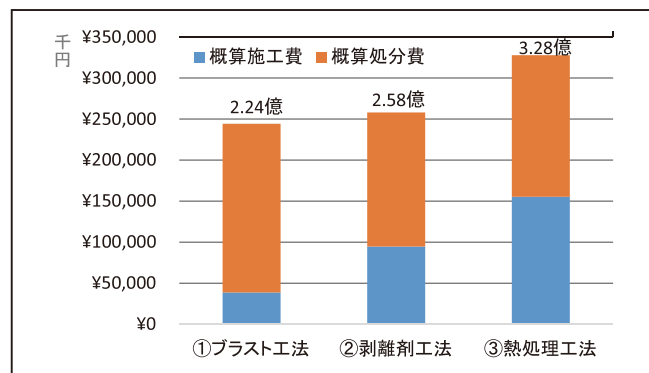


図-3 比較検討結果

## 5. PCB廃棄物の処理

現在、御成橋では複数年施工の最中であるが、一部の範囲では塗装塗り替えの施工が終了している。蘭越町では、監督職員が特別管理産業廃棄物管理責任者の資格を取得し、施工により発生したPCB廃棄物を町内の施設で一時保管・管理している。

道内には、苫小牧市にPCB処理施設が1箇所あるが、その処理施設も防護服等の塗膜殻以外の処分には対応していない(2019.8時点)。そのため、蘭越町では今後道外の処理施設への搬出を計画している。

## 6. 今後

今後は、すべての自治体において2027年までにPCB廃棄物を処分しなければならない。特に今回取り上げた橋梁分野では、現在も既設塗膜の状況が不明確であるものも多数存在すると考えられるため、含有量調査さらには塗装塗り替えのみを先行して実施しなければならない可能性も考えられる。

## 7. おわりに

PCB廃棄物は法律で譲渡等も禁止されている等、各自治体の担当者ならびにその関係者がPCBに対する理解をより深め、処理期限までに処分できるよう計画的に事業を行っていくことが重要である。

<謝辞>

本業務の検討を行うにあたり、北海道蘭越町の皆様から多大なご協力、ご指導をいただきました。ここに記して、感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 国土交通省：インフラメンテナンス情報, 2018年
- 2) 日本橋梁建設協会：橋梁技術者のための塗装ガイドブック, 2006年
- 3) 環境省、経済産業省：ポリ塩化ビフェニル(PCB)使用製品及びPCB廃棄物の期限内処理に向けて, 2016年

# 雪崩予防柵設置にともなう既設現場吹付のり砕工の補強対策



八木澤 博文

REPORT

技術本部 道路構造地質グループ  
八木澤 博文 RCCM(都市計画及び地方計画)  
RCCM(道路)

## 概要

道央の豪雪地域のA路線で、既設現場吹付のり砕工の範囲で雪崩が発生し、その除排雪のための通行止めが実施された。本稿は、この雪崩を防除するため設置した雪崩予防柵(吊柵)による積雪荷重の補強対策として、既設現場吹付のり砕工の枠内にグラウンドアンカー工を追加採用した事例の紹介である。

キーワード ●雪崩 ●雪崩予防柵 ●現場吹付のり砕 ●積雪荷重 ●補強 ●グラウンドアンカー

## 1. はじめに

当該箇所では既設現場吹付のり砕工の範囲で雪崩が発生した(写真-1)。雪崩の一部は車道まで達し、その除排雪のために約3日間の通行止めを余儀なくされた。

この事案により、安全な交通を確保するため、雪崩を防除することが急務となった。

写真-1  
雪崩発生時の様子  
(委託者提供)



## 2. 対象箇所の概要

### (1)対象箇所の概要

当該箇所の既設現場吹付のり砕工(以下、のり砕工という)は斜面の地質状況に応じて、のり砕工、ロックボルト併用のり砕工、グラウンドアンカー併用のり砕工の3種類の工法が採用されていた(図-1)。



写真-2  
対象箇所の  
状況

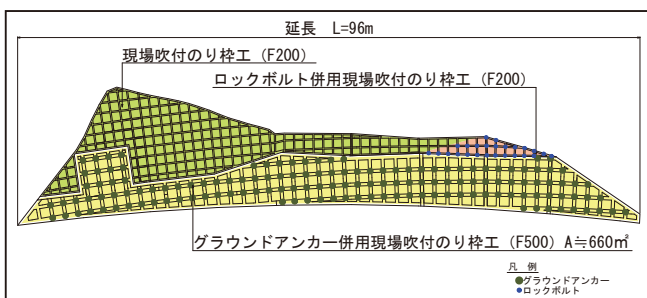


図-1 のり砕工における各工法の範囲

### (2) 雪崩対策施設を設置していなかった理由

雪崩対策施設を設置していなかった理由は、以下の条件に該当しない斜面であったためと推察できる。

<雪崩斜面の3条件<sup>1)</sup>>

- a 最大積雪深が1m以上の地点
- b 雪崩防止林として有効な森林が生育していない地点
- c 斜面勾配が30~60°の地点

当該のり面は、上記の条件のうちaとbには該当していたが、cはのり砕工の斜面勾配が63.4°(1:0.5)(図-2)であるため、該当していなかった。なお、雪崩は60°を超えると過去の統計から発生しづらい斜面とされている。

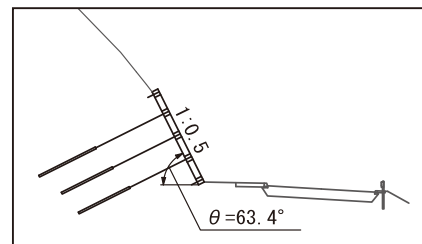


図-2 のり砕工の横断面図

## 3. 雪崩対策施設の設置にともなう問題点と解決策

### (1)雪崩対策施設

雪崩対策施設は、一般的な対策施設である「雪崩予防柵(以下吊柵という)」を採用した(写真-3)。



写真-3 吊柵



## (2)設計積雪深

吊柵の設計積雪深は、30年確率最大積雪等深線図(図-3)から、「 $H_s=2.9\text{m}$ 」とした。

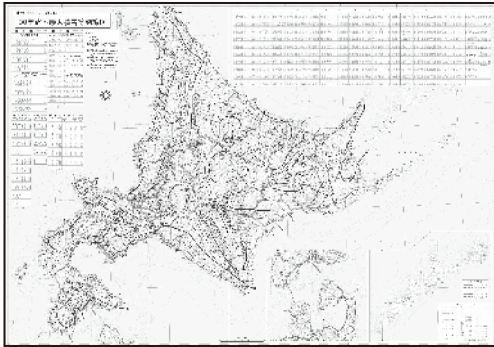


図-3 30年確率最大積雪等深線図<sup>2)</sup>

## (3)問題点

のり枠工上に吊柵を設置する場合、以下の事項からのり枠工に新たに積雪荷重を加えて安全性を確認する必要性が生じた。

- ①のり枠工は積雪重量を考慮していない。  
のり面勾配が1:0.6未満(より急な)の場合は、積雪荷重を考慮しない<sup>2)</sup>。
- ②吊柵を併設する場合は、勾配に関係なく積雪深を100%考慮すること<sup>2)</sup>(図-4)。

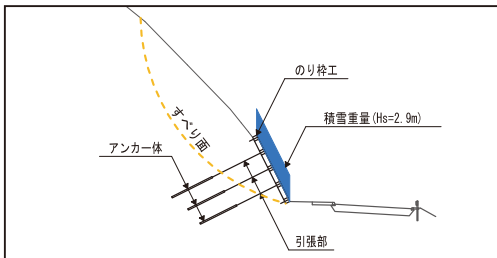


図-4 積雪重量のモデル図

## (4)のり枠工の構造照査の実施

モデル図(図-4)のように、積雪重量( $H_s=2.9\text{m}$ )を加えて各種のり枠工の構造照査を実施した。

- ①のり枠工  
のり枠工の躯体(断面形状や配筋)は問題なし(補強対策なし)。
- ②ロックボルト併用のり枠工  
のり枠工の躯体は問題なかったが、ロックボルトの軸力が増加し、定着長の不足が生じた。なお、補強対策として、ロックボルト工を追加する。
- ③グラウンドアンカー併用のり枠工  
のり枠工の躯体は問題なかったが、グラウンドアンカーの軸力が増加し、アンカータイプの変更が生じた。そのため、補強対策としてグラウンドアンカー工を追加する。

## 4. のり枠工の補強対策

以降は、グラウンドアンカー併用のり枠工の補強対策について説明する。

### (1)設計方針

- ①既設のり枠工を活かす構造とする。
- ②増加する積雪重量を補うため、新たにグラウンドアンカーを追加する対策を行う。

### (2)構造計算の結果(アンカー体の配置)

- ①アンカー体を中心間隔4.0m毎(のり枠工の2個所毎の中心間隔(2@2.0m))に1段設置した(図-5、6)(写真-4)。

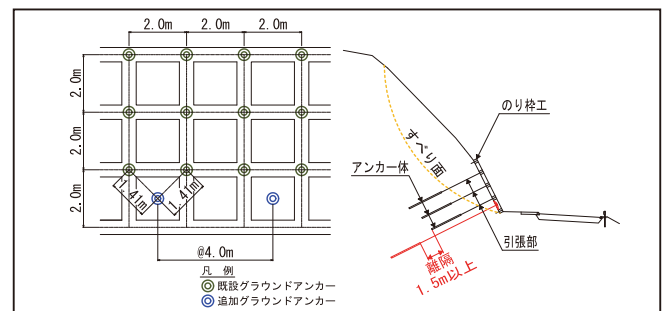


図-5 アンカー体の配置(左:平面図、右:断面図)

- ②グループ効果によるアンカーの極限引抜き力の減少を避ける必要性から、既設アンカー体との離隔(1.5m以上)に対し、平面配置(離隔=1.41m)では確保できないため、深さ方向で満足するものとした(図-5)。

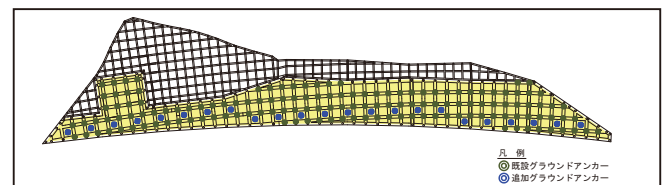


図-6 グラウンドアンカーの全体配置

写真-4 グラウンドアンカーの設置状況(委託者提供)



## 5. おわりに

既設グラウンドアンカー併用のり枠工の機能を活かし、新たなグラウンドアンカーを追加する補強対策を行うことで、雪崩予防柵を併設しても安全で経済的な構造を構築することができた。

「道路事業設計要領(H26.4)」の改訂版では、のり枠工における積雪荷重の取扱いについてより詳細に追記されているため、同様の施設等を設置する場合は注意されたい。

<参考文献>

- 1) 日本建設機械化協会:2005除雪・防雪ハンドブック(防雪編)
- 2) 北海道建設部土木局道路課:道路事業設計要領

# UAVレーザの実務利用効果と展望



三浦 大

REPORT

技術本部 建築補償測量グループ

三浦 大 測量士

## 概要

本稿は、河道計画・実施設計業務へのUAVレーザ技術の活用事例として、3D地形モデルの作成、測量図面の作成を紹介するとともに、三次元測量技術の課題と展望について紹介する。

キーワード ● UAVレーザ測量 ● 実施設計 ● UAV(ドローン)

## 1. はじめに

近年、ICTやCIMなどの三次元に関する技術が急速に進展しており、現在は下記の計測技術が主流となっている。

- (1) UAV三次元点群測量
- (2) UAV空中写真測量
- (3) 航空レーザ測量
- (4) 地上レーザ測量
- (5) MMS(Mobile Mapping System)測量<sup>1)</sup>
- (6) UAVレーザ測量

それぞれで計測精度・測定環境条件・対応可能な縮尺など内容は異なる。

本稿は『(6) UAVレーザ測量』を使用して河道計画・実施設計業務に対応できる測量データ作成の活用事例と、三次元測量技術の課題および展望について紹介する。

## 2. 三次元計測の種類について

### (1) 三次元点群測量(SfM:Structure from Motion)<sup>2)</sup>

UAVにカメラを搭載して撮影する手法で、空中写真からSfM(図-1)により特徴点を抽出して撮影状態を求めるとともに、撮影状態に基づきMVS(Multi View Stereo)<sup>3)</sup>により空中写真から高密度に三次元点群を抽出し、三次元形状を復元するものを三次元点群測量という。

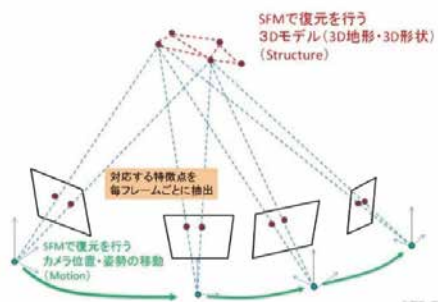


図-1「SfM」とは

### (2) UAV空中写真測量

空中写真測量は従来の手法と変わりはないが、UAVを用いることで近接撮影が可能となり、地上画素寸法が細かく鮮明に見えるため詳細な図面を作成することが可能である。

平面図は縮尺250~500の作成が標準となっており、カメラレンズの歪み補正值を用いて作業することが規定されている(写真-1)。



写真-1 デジタルステレオ図化機

### (3) 航空レーザ測量

セスナにレーザを搭載して計測する手法で、上空から地上に向けてレーザを照射し点群を計測する。

セスナ機に取り付けられたGNSS(Global Navigation Satellite System)<sup>4)</sup>とレーザに取り付けられIMU(inertial measurement unit)<sup>5)</sup>から機体の位置情報と姿勢情報を得る。

レーザデータには色情報がないため、同時搭載されているデジタルカメラで空中写真データを計測と同時に取得して点群に色情報を付加する。

レーザ径が大きく、ファースト・セカンド・ラストと段階的に取得できるため草木の隙間をとおり地盤に近いデータを取得することが可能。

### (4) 地上レーザ測量

三脚にレーザを搭載して計測する手法で、座標と標高が付加してある基準点などに三脚で機器を据え付け

てレーザを照射し計測する。観測間隔は約30mごとに移動して計測を行う(写真-2)。



写真-2 地上レーザ計測

### (5) 移動計測車両による測量(MMS)

車両にレーザを搭載して計測する手法で、GNSSやIMU等を装備し、計測した瞬間の位置・方向・傾きを記録し、連続で計測している1データの正位置を算出し、それらを合成して三次元データを作成する(写真-3)。



写真-3 MMS計測

### (6) UAVレーザ測量

UAVにレーザ計測機を搭載して計測する手法で、航空レーザ測量と手法は変わらないが飛行高度が低いいため詳細な点群を取得することができる。

### (7) 計測技術の一覧

以上、説明した三次元計測技術6手法について、それぞれの計測精度や特徴を整理した(表-1)。

## 3. 河道計画・実施設計業務への活用事例

### (1) 三次元計測の現状と課題

写真を使用した三次元データ作成は表-1のとおり裸地以外でのグランドデータを取得することが困難で、レーザ計測は上空からの照射で行う方が効率的であることが解っている。また、(6)UAVレーザ測量は、現時点で公共測量として認められていないが、高精細、工程短縮、人が行けない場所への活用など、河川三次元測量の優れた技術として期待されている。

そこで(6)UAVレーザ測量で計測した場合にグランドデータの取得と地上測量の測量成果との整合は見込めるか検証した。

### (2) 計測箇所の状況

対象河川は道央地方を流れる川幅が小さい普通河川で、耕作地や草木が主な地形になっている(写真-4)。



写真-4 計測箇所の状況

### (3) 三次元計測

計測をするために使用したUAVはDJI社マトリス600プロでスキャナは軽量(1.6kg)イエロースキャンを搭載した。

スキャナ性能の計測レート7.5万点/秒を考慮して対地高度40m、ラップ率を約60%で行い、点密度を約5cmになるように計測した(写真-5)。

表-1 計測種類の一覧

種類	取得範囲	計測精度	手法	特徴
(1) UAV三次元点群測量	小	5cm	写真からソフトで点群を作成	写真から高密度な点群を発生出来るが、写真で記録された部分しか点群を発生できないので草木部分のグランドデータ取得が困難である。
(2) UAV空中写真測量	小	5cm	写真から図化機で線データを作成	写真を実体視して線データを取得できるが、写真で記録された部分しか実体視できないため草木部分のグランドデータ取得は困難である。
(3) 航空レーザ測量	広	15cm	高高度からレーザで点群を計測	上空からレーザを照射するので草木の隙間をとおり地盤に近いデータを取得できるが、点群密度が粗いため詳細な地形判別が困難である。
(4) 地上レーザ測量	小～中	1cm	地上からレーザで点群を計測	地上から高密度で点群を計測できるが、草木・塀・建物・起伏が激しい場所など、障害物がある場合はグランドデータ取得が困難である。
(5) MMS測量	広	5cm	車両からレーザで点群を計測	地上から移動しながら高速で点群を計測できるが、草木・塀・建物・起伏が激しい場所など、障害物がある場合はグランドデータ取得が困難である。
(6) UAVレーザ測量	小～中	5～10cm	低高度からレーザで点群を計測	上空からレーザを照射するので草木の隙間をとおり地盤に近いデータを取得でき、低高度から様々な角度から計測アプローチができるので詳細な計測が可能である。



写真-5 UAVレーザ計測状況

#### (4) 点群作成

三次元計測したデータをIMUデータから解析して点密度の確認を行い、計測した時間帯のGNSSデータと標定点(座標付けを行う基準の点)を使用して点群を現地の位置と合わせる作業を行い、点群オリジナルデータを作成した(図-2)。

標定点(写真-6)は地面から約50cm上げて点群データから認識できるように工夫し、地上測量で設置した基準点から座標を取得した。



図-2 点群オリジナルデータ



写真-6 標定点の設置

#### (5) 点群編集

取得したオリジナルデータを点群編集ソフトで展開し、測量図に関係性のある(地面・橋梁・護岸・流入施設など)点群のみを表示できるように編集した(図-3)。

草木の部分は最下層にある点を地盤として捉え処理するが、現地で取得している点ではないため周囲の点との関係性に確認が持てない場合は補測が必要になる。



図-3 構造物の点群

#### (6) 未取得部分の現地補測

今回使用したレーザは赤外線のため水面の中は取得できない。そのため河床内の三次元形状はトータルステーションやGNSS測量機で観測を行う。

また、点群編集集中に確認が得られなかった部分や草木に隠れている重要な施設を確実に反映させるため、現地踏査で地形の把握を行い地上測量により補測を実施した(写真-7)。

また、構造物の位置や高さなど重要な部分についても計測を行い点群の精度確保に努めた。

観測は三次元的に変化している部分を観測した。



写真-7 現地補測状況

#### (7) グランドデータ作成

UAVレーザの精度は5cm~10cmの較差があるので同じ個所の観測点で標高に開きが生ずる場合はフィルタリング処理を行い最下層の点を使用する。

また、現地補測した点では密度が不足するので10cm間隔の点になるように補間をしてから合成を行い、現地の再現性が高い三次元データを仕上げた(図-4)。



図-4 点群グランドデータ

## (8) 線形からの横断図作成

線形要素(線形SIMデータ)を点群処理ソフトに取り込み、横断方向上の点を取得した(図-5)。



図-5 横断点の取得

点群で作成した横断図と実測で取得した横断図を比較した。図-6のように多少の違いはあるが横断測量の精度を考えると良好な結果が得られ、従来の現地作業に要した日数より30%短くできた。

計画法線が測量法線より大きく変更になった場合に現地で作業することなく三次元データから横断図を作成することが可能で、任意の箇所で作成できることから、用地条件の厳しい位置などで、横断的なチェックが可能となる。

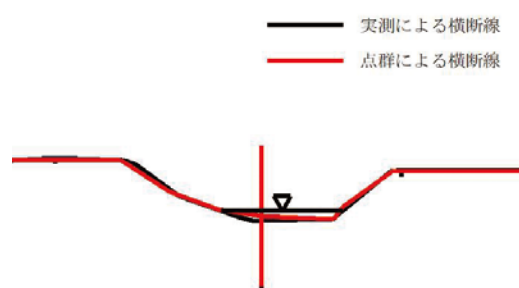


図-6 横断比較図

## 4. 三次元測量技術の課題

本事例ではUAVレーザデータの活用について述べたが、単独使用での活用には次のような課題が残る。

### (1) グラウンドデータ作成における課題

草木や笹が濃いところではレーザが地面まで到達しておらずグラウンドデータの取得ができていない。また、点群処理ソフトのフィルタリング機能を使用して点群を処理したケースでは必要な点も削除されていた。測量技術者による点群処理と実測による縦横断を意識した補測が必須だということが分かった。

### (2) 平面図作成における課題

点密度が粗い場合、法面の肩・尻の形状や構造物角の形状把握が難しいため平面図を作成するのは困難である。

弊社ではデジタルステレオ図化機によるUAV空中写真測量を行って平面図を作成しており、点群・図化機・実測を併用することでデータの3重チェックを可能とし正確性が向上している。

## 5. 三次元測量技術の展望

本事例の計測箇所は河川の川幅が小さいため、実測による河床内の三次元計測を容易に行えたが、川幅の大きい河川では要する時間が大きくなり工程バランスが崩れる。

そこで期待されるのがグリーンレーザで、波長が赤外線レーザの約半分と短く水に吸収されにくいのが特徴で、透明な水であれば約13mまで観測が可能である。赤外線と同じく地表にあるものを計測できるので三次元計測を行える。

しかし、河川の水は濁りが強く計測可能かどうかは検討していく必要がある。

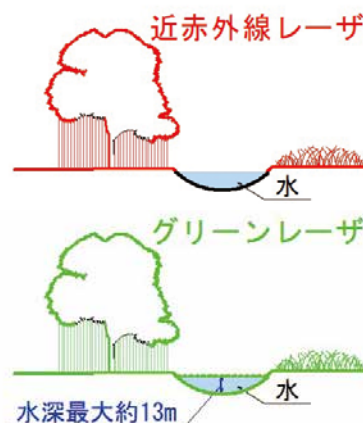


図-7 レーザ取得イメージ

## 6. おわりに

近年は多種多様の3次元計測技術があり、その有効性を今後も理解して併用しなければならない。

それと同時に測量と三次元の知識を併せ持った技術者の育成を使命と考え、今後も新技術を積極的に取り入れ、社会に貢献していきたい。

<注釈>

- 1) MMS: 移動式高精度3次元計測システム
- 2) SfM: 複数枚の画像からカメラの姿勢情報と疎な3D点群を推定する技術
- 3) MVS: SfMの情報を使ってさらに密な点群を求める技術
- 4) GNSS: 人工衛星の総称で発射される信号を用いて位置測定を行う技術
- 5) IMU: 運動を司る3軸の角度と加速度を計測する装置(慣性計測装置)

# 編集後記

editorial note

平成の時代を振り返ると、大災害や大事故が多く発生し、インフラ整備の強靱化に大きく影響をもたらしました。大地震では、平成7年の阪神・淡路大震災、平成23年の東日本大震災、平成28年の熊本地震、そして記憶に新しいのが、平成30年の北海道胆振東部地震です。豪雨災害では、近年だけでも、広島県で土石流や崖崩れが多発した「平成26年8月豪雨」、鬼怒川が決壊した「平成27年関東・東北豪雨」、西日本や東北・北海道で甚大な被害をもたらした「平成30年7月豪雨」。大事故といえば、平成24年の「中央自動車道笹子トンネル」で発生した天井版崩落事故でした。

平成時代の技術レポートの内容も、これらに起因したものが多くありました。「災害復旧」にかかわるもの、「土砂災害防止法及び水防法の改正」によるもの、「橋梁の長寿命化」に関するもの等です。やはり、我々建設コンサルタントは、大災害や大事故を教訓に各々が技術力を高め、自己研鑽して、会社全体で成長していかなければ生き残れないのだとつくづく思います。

令和最初の技術レポートは、新たな取り組みも紹介されました。

環境調査へDNA分析を適用し、種の生息を把握しようとするものです。今回の結果としては、従来の採集法とDNA分析結果とは、整合性が確認されなかったようですが、まだまだ途上の技術なので、今後も継続していきます。もう一件は、UAVレーザ測定の展望についてです。昨今よく耳にする、「ICT」や「CIM」などに対応していくためには、3次元計測が不可欠です。精度上の問題、植生下・水面下のグラウンド計測の問題などありますが、一番は価格の問題があるようです。

令和時代の気候やインフラ整備はどうなるのでしょうか。ある研究によると、21世紀末の降雨量の変化倍率は、2°C上昇ケースで1.15倍になる予測がされています。降雨量が増えると川が流れる流量も増えるわけですから、河川整備計画等を見直し、未然に災害から人命や財産を守る必要があります。今までは、過去の降雨実績等に対して計画されてきましたが、今後は気温上昇を踏まえた将来予測をもとに計画、実施していく必要があるのだと思います。

最後に、とりまとめにあたりまして、発注関係者の皆様のご了解をいただいたうえで、一部業務成果を活用させていただきました。ここに感謝の意を表します。

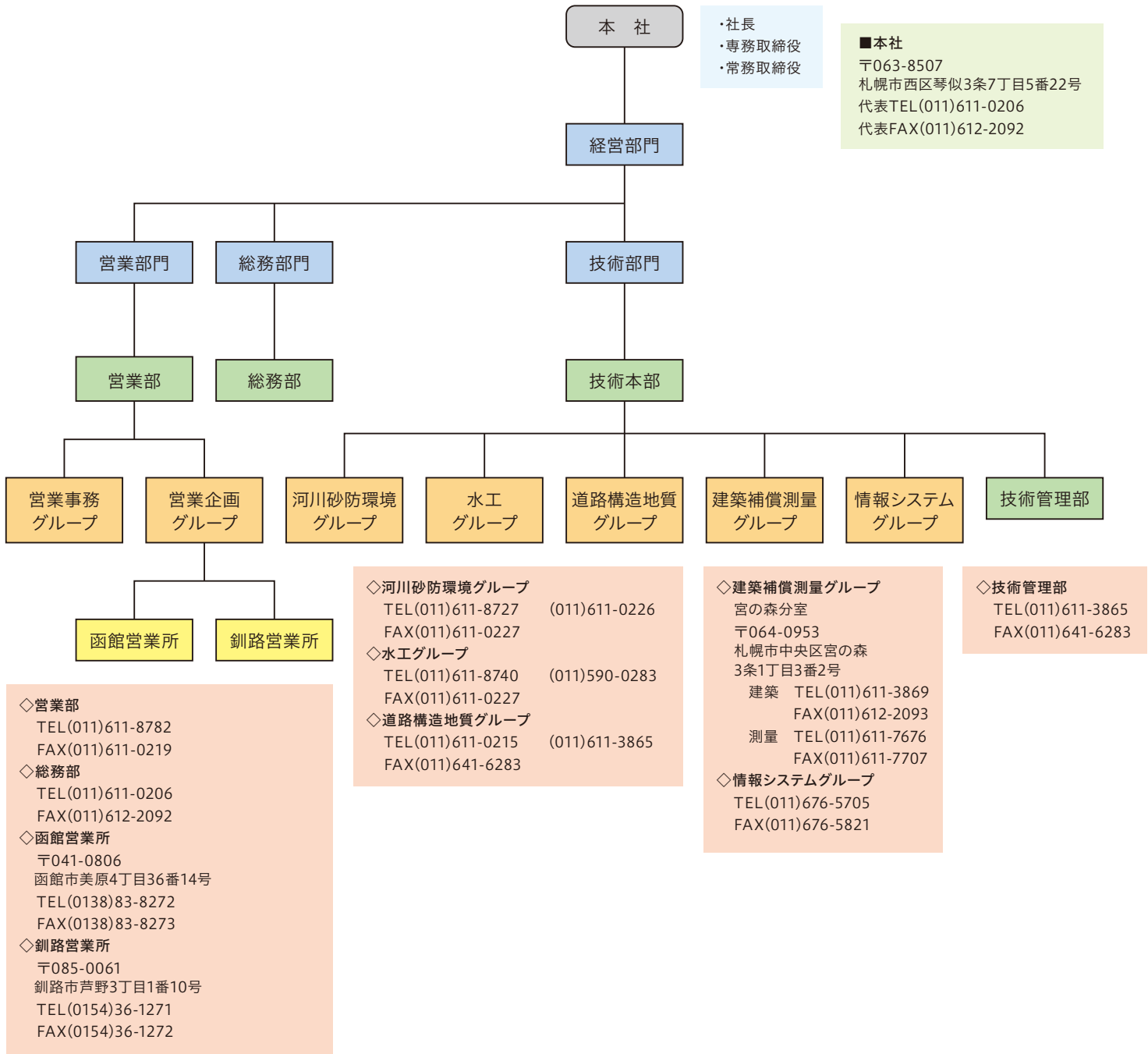
文責・編集統括

執行役員技術本部 本部長 柏倉 秀二

技術士（建設部門）

河川維持管理技術者

# 組織図



## 登録資格

- 建設コンサルタント業 建01第386号
- 測量業 第(14)-1057号
- 地質調査業 質30第550号
- 補償コンサルタント 補01第1580号
- 一級建築士事務所(石) 3653号
- 土壤汚染対策法指定番号 環2003-1-1007

## 有資格者数

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| 技術士(総合技術監理部門) ———— 8名 | 一級土木施工管理技士 ———— 27名 |
| 技術士(建設部門) ———— 16名    | コンクリート診断士 ———— 5名   |
| 技術士(応用理学部門) ———— 2名   | 河川維持管理技術者 ———— 1名   |
| 技術士(上下水道部門) ———— 1名   | 河川点検士 ———— 6名       |
| RCCM ———— 16名         | 道路橋点検士 ———— 1名      |
| 一級建築士 ———— 2名         | 土壤汚染調査技術管理者 ———— 1名 |
| 測量士 ———— 23名          | 地質調査技士 ———— 6名      |
| 補償業務管理士 ———— 12名      |                     |
- 令和元年12月1日現在

# 2019技術レポート



## 【概要】

商号 和光技研株式会社  
創立 昭和39年7月18日  
資本金 4,000万円

## 【事業所】

本社 〒063-8507 札幌市西区琴似3条7丁目5番22号  
TEL：011-611-0206（代） FAX：011-612-2092

宮の森分室 〒064-0953 札幌市中央区宮の森3条1丁目3番2号  
TEL：011-611-7676（代） FAX：011-611-7707

函館営業所 〒041-0806 函館市美原4丁目36番14号  
TEL：0138-83-8272 FAX：0138-83-8273

釧路営業所 〒085-0061 釧路市芦野3丁目1番10号  
TEL：0154-36-1271 FAX：0154-36-1272

ホームページ <https://www.wako-giken.co.jp>