

# 第2編

## 土木研究所の社会貢献





# 1. 概要

## 1.1 土木研究所の社会貢献の方法と特徴

### 1.1.1 社会貢献の方法

第2編では、土木研究所の最近約10年における社会貢献の例をトピック的に紹介するが、最初に、土木研究所が行っている社会貢献の方法を整理すると下記に分けられる。

- ① 研究や技術開発（学会活動等も含む）
- ② 現場支援（災害・事故対応、常時の技術相談、現場の委員会等）
- ③ 国際貢献（国際技術協力・支援、国際研究連携、国際基準化等）
- ④ 研究連携（共同研究、研究協定等）、研究支援（融資事業等）
- ⑤ 技術普及（講習会等）、教育・研修（国内外の研修員受け入れ等）、広報、アウトリーチ
- ⑥ 基準・指針類の作成、研究成果物の出版、特許等の取得と活用等
- ⑦ その他（新技術の審査、実験施設貸等）

### 1.1.2 社会貢献の特徴

土木研究所は、国が必要とする土木技術に関する研究を一貫して担ってきており、これは社会貢献において最も重要な活動である。ただし近年は、社会的に求められる傾向として、研究そのものだけでなく、研究成果の普及やアウトリーチ、また社会実装への貢献など、いわゆる研究成果の最大化にむけた活動が強く求められている。これに対して、土木研究所はもともと、他の国立研究開発法人等と比較しても、研究・技術開発以外の、特に行政的な貢献の比重が非常に大きい機関である。とりわけ災害・事故対応や常時の技術相談などの現場支援による貢献、また国の技術政策や技術基準等への貢献の重要性が高い。たとえば、2016～2020年における技術支援は年平均2,139件実施している（土木研究所業務実績報告書による）。また、国土交通省や農林水産省等で発刊され現場で用いる基準・指針・マニュアル等への研究成果の反映作業についても、国土交通本省や国土技術政策総合研究所等と緊密に連携し、非常に多くの時間を割いている。

この理由は、土木研究所の大目的が、国土交通省等の事業をはじめとする公共土木の現場の技術的課題の解決にあるためである。その前提として土木研究所は、まず現場の技術課題について熟知していなければならない。現場支援と研究や技術開発は一体不可分であり、いわば土木研究所が活躍し続けるために不可欠な「呼吸」に相当する。

さらに土木研究所は、現場支援だけにとどまらず、研究所職員と土木事業を実施している行政職員との人事交流を他の研究機関に比べて極めて多く行い、現場の実情をよりリアルに理解することに努めている。土木研究所において、研究所のみに在籍してきた研究者は少なく、また、国土交通省等の技術系行政職の経歴が主である研究者も相当数に在籍している。これは他の国立研究所にはあまり見られない特徴である。単に研究をするという点では、一見非効率に見え、実際に研究を進める上での苦勞も多いが、これにより現場を知り、現場から頼られる研究者・技術者を育成し、育った研究者・技術者がまた現場の課題を集積し、分析し、解決方法を見だしていく体制となっている。また、土木研究所を経験し現場に戻った行政職員も、技術の課題を見だし、土木研究所に伝え、ともに解決する役割を果たす。これはこの100年間も、またおそらく今後も変わることのない役割であると思われる。

このため、研究の成果は、たとえ国際的な研究であっても論文やレポートとして発表されるだけでは不十分であり、国際標準や国等が用いる技術基準等に反映され、さらに実際の土木施設の建設や管理の実務、国土管理の実務、また諸外国の国土管理の実務等にも反映されることが求められる。その意味では、土木研究所の最終的な研究成果、そして社会貢献の成果は、現在及び将来の土木施設、そして国土の姿そのものである。このことは土木研究所の職員の共通認識であろうし、また土木研究所が貢献し続けるために、その認識を常に新たにしていく必要がある。

次章以降では、そのような共通認識を持って貢献してきた具体例として、まず近年の研究の3本柱である「自然災害の防災・減災（安全安心）」（2章）、「インフラの維持管理・更新」（3章）、「持続可能で活力ある社会」（4章）について述べる。その後、現場への貢献（5章）、国際貢献（6章）、研究連携・研究支援（7章）、技術普及、広報、アウトリーチ（8章）、最後にこの10年の主な法人出版物、開発技術、反映基準類（9章）を例示する。なお、法人出版物、開発技術、反映基準類は参考資料にも一覧として整理した。

## 2. 自然災害の防災・減災（安全・安心）

### 2.1 東日本大震災や熊本地震等による被災の教訓を活かし迫る巨大地震に備える –不確実性の高い作用への対応–

#### (1) 高い不確実性の顕在化

平成7年兵庫県南部地震による震災経験を踏まえ、土木研究所に蓄積されてきた橋の耐震対策技術に関する研究成果に基づき、耐震設計技術基準の改定や既設橋の耐震補強対策が国の施策として実施されてきた。その施策が奏功し、平成23年3月の東北地方太平洋沖地震や平成28年4月の熊本地震では、震度7を観測するような強い揺れ（地震動）が発生したものの、耐震補強が実施されていた橋では、地震動に対して目標としていた耐震性能を確保することができた（写真-2.1.1）。

このように、耐震設計基準の改定や耐震補強事業の推進により、最近の地震では地震動の影響によって落橋等の致命的な被害に至るケースは減少した。一方で、写真-2.1.2に示すように、地震に伴って発生した津波の影響あるいは斜面崩壊等の地盤変状の影響によって橋に甚大な被害が生じるリスクが顕在化してきた。これらの事象は大きな不確実性を伴う作用が要因となっており、これらの作用が設計での想定を超えるリスクがあることを認識しておく必要がある。土木研究所では、このリスクを橋の設計においてどのように組み入れていくべきかを論点として研究を実施してきた。

本節では、東北地方太平洋沖地震や熊本地震等による被災の教訓を踏まえ、将来の巨大地震に備えるために実施してきた研究活動について紹介する。



(a) 耐震補強が実施されていた橋

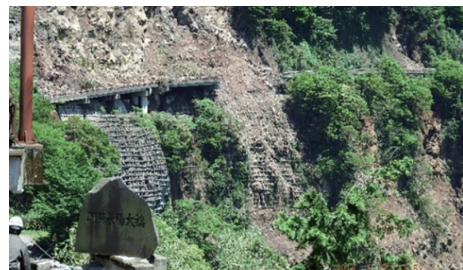


(b) 耐震補強が実施されていなかった橋

写真-2.1.1 地震動に対して耐震補強



(a) 津波による被害



(b) 斜面崩壊による被害

写真-2.1.2 地震動以外の作用による道路橋の被害事例

#### (2) 津波の影響に対する橋の挙動メカニズムの解明と対策方法の立案

津波を受けた時の橋の挙動を実験により明らかにすることを目的として、写真-2.1.3に示すような模型の縮尺スケール1/20の大型実験水路を用いて検証を実施した。そして、様々なケースの実験に対する分析の

幅1m、長さ30m、高さ1.5m  
(模型の縮尺スケール1/20)の大型実験水路

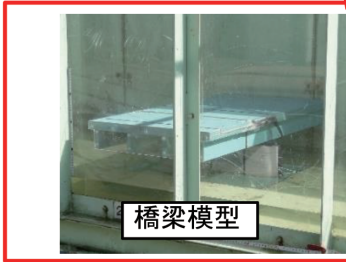
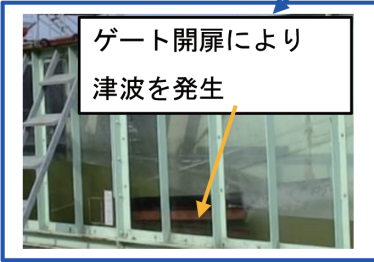
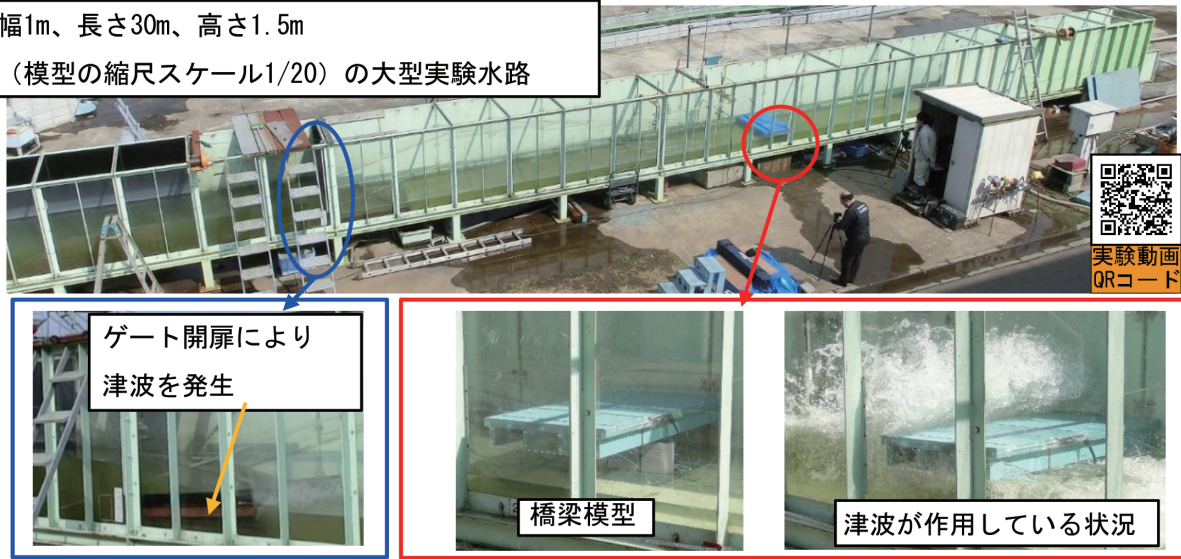


写真- 2.1.3 大型実験水路を用いた津波による橋の挙動検討実験

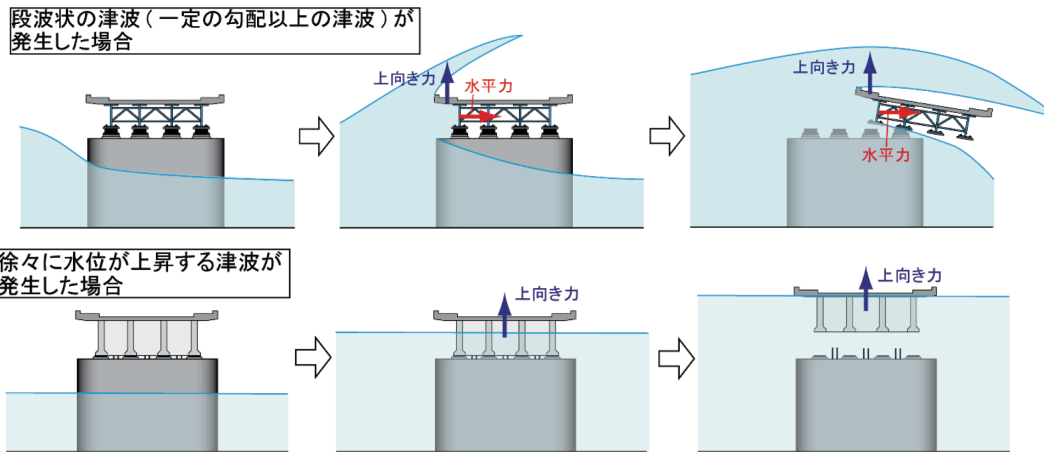


図- 2.1.1 津波の影響を受ける橋の挙動メカニズム

結果、津波の影響によって橋に生じる挙動メカニズムが、図- 2.1.1 のように波の形態と橋の損傷状態を整理できることを明らかにした。一方で、橋に作用する力を定量化するためには、その橋の地点における津波の速度や波の形態等を予測する技術が必要であるが、これらを予測するには大きな不確実性が潜在しており、橋桁に滞留するがれきの状況も不確実性をもたらす大きな要因となる。このような不確実性の大きさを鑑みれば、仮にある一定の津波の影響によって生じる力に耐えるように橋を設計しても、信頼性の高い設計とはならない。したがって、津波のような不確実性の大きい作用に対しては、その影響を回避あるいは小さくできるような路線計画とした上で、橋に損傷が生じた場合でもできる限り早期に機能

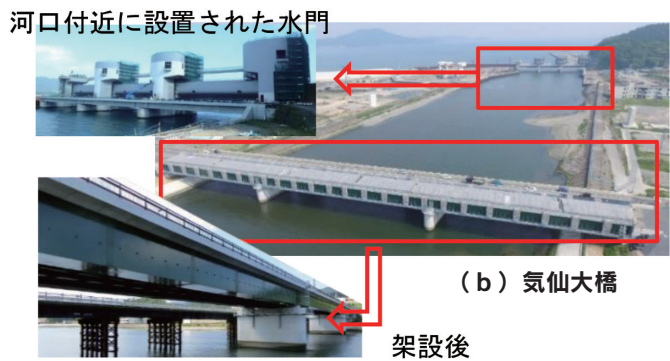
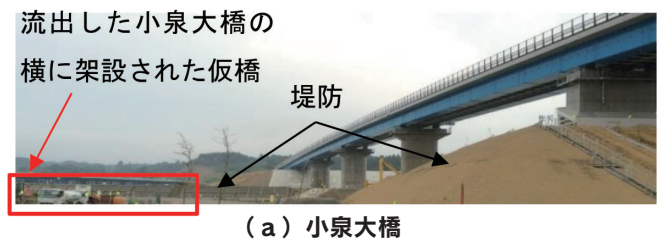


写真- 2.1.4 地域防災計画を踏まえ復旧された道路橋

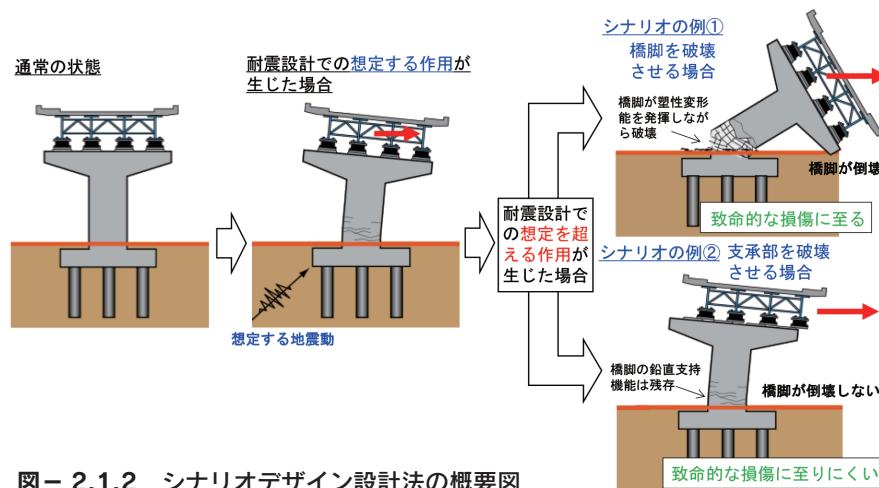
回復ができるような構造計画を立案することが重要である。平成 24 年に改定された道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編では、この考え方が反映され、津波に対しては地域の防災計画も考慮した上で橋の構造を計画することが規定された。そして、改定された道路橋示方書の考え方を踏まえ、東北地方太平洋沖地震による津波で被災した道路橋の復旧が行われた。例えば、写真－ 2.1.4 に示した気仙大橋は、河口部に設置された水門との協働により橋に津波の影響が生じにくくする等の対策が講じられた。

### (3) 損傷シナリオをデザインする設計思想の提案と新阿蘇大橋への実装

道路は災害時には緊急輸送路としての機能を果たすことが求められる路線もあることから、設計での想定を超えて橋に複合的な作用が生じるような極めて稀な状況に対しても、少しでも早期に機能回復ができる構造としておくことが求められる。このために、土木研究所では想定を超える外力に対して壊れたとしても、できるだけその影響が小さく復旧しやすく壊れることを目指した新しい耐震設計の概念を提唱し、その確立に向けた研究を実施してきている。この研究の中では、橋の崩壊に至るまでの過程をシナリオとして設定した上で漸増させた作用に対する橋の設計を行っていくアプローチを「シナリオデザイン設計法」として提案している（図－ 2.1.2）。

橋が崩壊に至るまでの部材の損傷過程には、その橋の構造特性等に応じて様々なシナリオが考えられる。その中の一つとして、意図的にほかの部材よりも先に破壊するように設計した支承（以下「損傷制御型支承」という。）を導入することにより橋全体として崩壊に至りにくくするシナリオを想定し、そのシナリオを実現するために部材間の耐力を階層的に設定する方法（図－ 2.1.3）について研究を実施してきた。損傷制御型支承の耐力力とその信頼性を検証するために、写真－ 2.1.5 及び写真－ 2.1.6 に示すような支承単体及び橋脚－支承系における載荷実験を行い、耐力階層化のための基礎データを得ている。

そして、本研究で提案した設計思想や損傷制御型支承は、熊本地震により崩壊した阿蘇大橋を再構築した橋（以下「新阿蘇大橋」という。）の設計に導入された。新阿蘇大橋は活断層を跨ぐ位置に計画されたことから、断層変位の影響の不確実性を考慮するとともに、橋への影響が小さくなるよう、道路橋示方書に規定されるレベル 2 地震動に対しては要求性能を確保するとともに、一定量の断層変位が発生したとしても支承を先に壊すことで落橋しにくい構造に計画された。仮に断層の位置や変位量等に見込み違いがあったとしても、比較的復旧しやすいような構造にもなっている（写真－ 2.1.7 及び図－ 2.1.4）。そして、このシナリオが実現する信頼性を高めるために、土木研究所が実施した耐力階層化に関する研究成果が活用された。



図－ 2.1.2 シナリオデザイン設計法の概要図

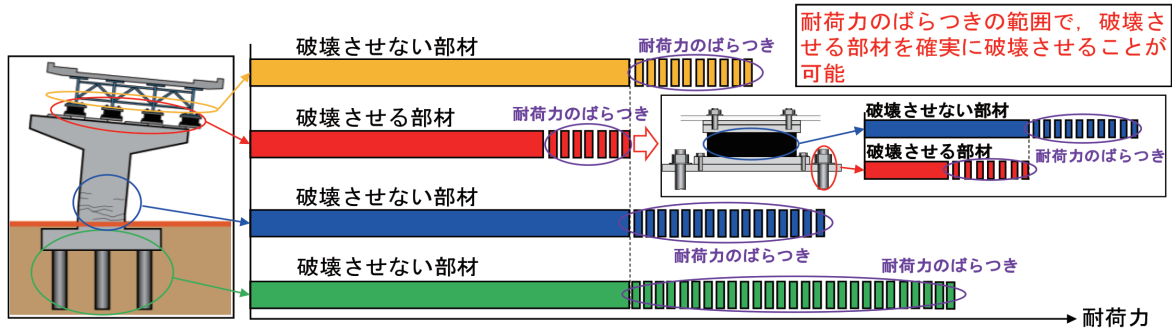


図- 2.1.3 部材間の耐力階層化の考え方

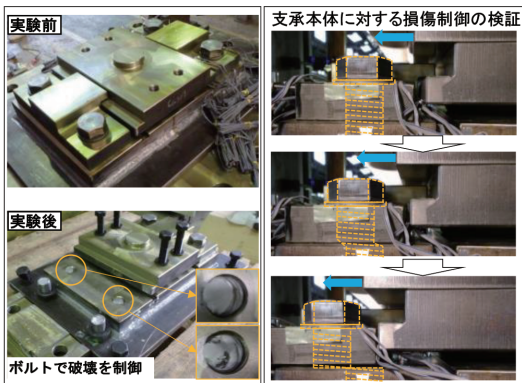


写真- 2.1.5 支承本体に対する損傷制御の検証実験



写真- 2.1.6 橋脚-支承系における損傷

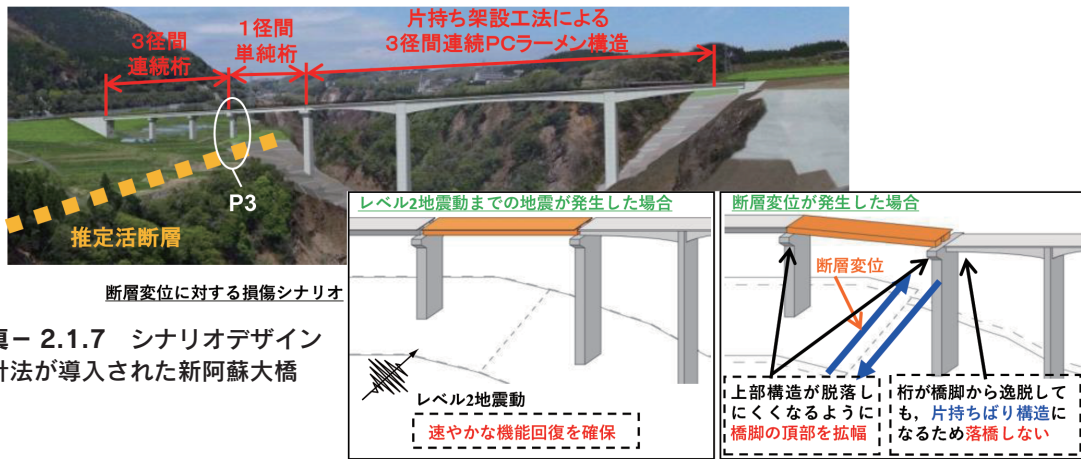


写真- 2.1.7 シナリオデザイン設計法が導入された新阿蘇大橋

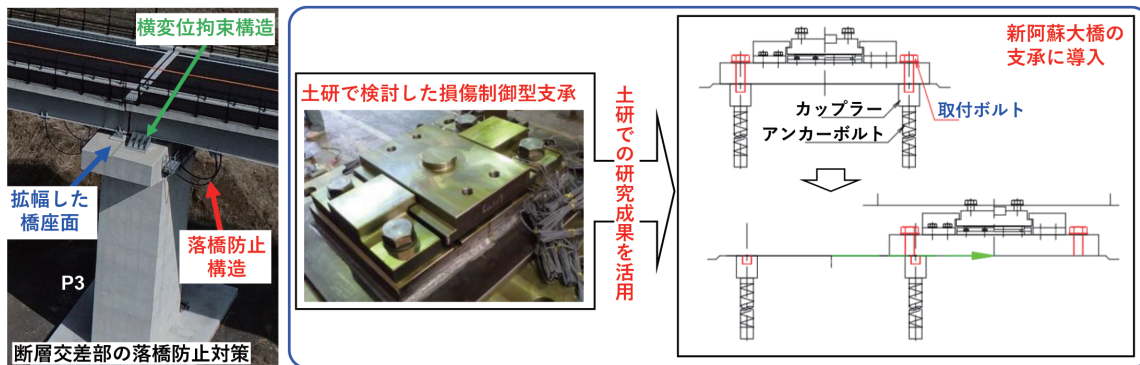


図- 2.1.4 新阿蘇大橋における断層変位に対する損傷シナリオと構造設計での配慮



## 2.2 極端化・頻発化する水災害への対策強化

我が国ではこの10年の間に、平成27年関東・東北豪雨災害による鬼怒川の大規模氾濫、平成28年台風による東北・北海道等での洪水氾濫、平成29年九州北部豪雨、平成30年西日本豪雨、令和元年台風第19号等災害、令和2年7月豪雨災害と毎年のように記録的な大雨とそれによる甚大な水災害が発生し、多くの方々が犠牲となっている。このような状況に対して平成27年には、「氾濫が発生することを前提として、社会全体で常にこれに備える『水防災意識社会』の再構築」が提言された。また平成29年6月にはソフト・ハード対策の両面から、既設ダムの長寿命化、効率的かつ高度なダム機能の維持、治水・利水・環境機能の回復・向上等、既設ダムの有効活用を目指す「ダム再生ビジョン」が策定された。そして、令和2年には『水防災意識社会』をさらに進めた「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な「流域治水」への転換～答申」が発出され、2℃上昇相当のシナリオに基づく将来予測シミュレーションから計画降雨量を算定するとともに（既往の計画降雨量に対して、北海道：1.15倍、本州以南：1.1倍）、それに伴う基本高水流量の増大（ピーク流量で約1.2倍）や超過洪水に対して、堤防整備、河道掘削、ダム等の整備等により氾濫をできるだけ防ぐとともに、氾濫が発生した場合でも、人的被害の回避等被害の最小化や早期の復旧・復興が図れる対策をさらに強化することとされた。

今後も気候変動に伴い降雨のさらなる極端化が予想される中、土木研究所では河川、ダム、流域における総合的な水災害対策の強化についての研究・技術開発やそれら成果による社会貢献に努めてきた。

### (1) 河川堤防の安全性能の照査・強化技術の開発

河川堤防は主に土を材料とした、長い歴史的経緯を有する構造物であることから、その堤体や基礎地盤の強度については不確実性を有する場合が多い。また、河川堤防は一連の長大構造物として機能するため、一部にでも弱点箇所があった場合には、そこから決壊が発生し甚大な被害が生じる恐れがある。このため、土木研究所では耐浸透、耐侵食、耐震等の観点から河川堤防の安全性能を照査する技術や堤防を強化する技術開発を行い、現場への適応や技術基準への反映を行ってきた。

#### ①河川堤防の安全性能の照査法、対策工法の開発

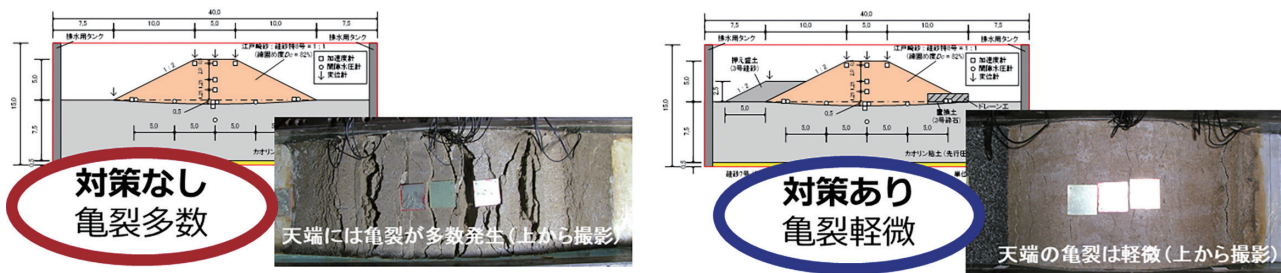
河川堤防について所要の安全性能を確保するためには、効率的に弱点箇所を抽出・評価し、経済的・効果的な強化対策を実施する必要がある。さらに、樋門等の構造物周辺では、空洞化や緩み等に対する点検・評価・補修の技術開発が課題である。このような課題に対応するため、継続的に土堤及び構造物周辺堤防の弱点箇所抽出や点検、評価技術、強化・補修技術の開発や技術基準への反映に取り組んできた。浸透安全性能照査を実施するに当たり特に留意すべき点をまとめた「河川堤防の浸透に対する照査・設計ポイント」（平成25年）は、全国的な浸透安全性能照査の見直しに利用され、現在でも対策工の設計では必ず参照される資料となっている。また、「堤内基盤排水対策マニュアル（試行版）」を平成29年に公開した。堤内基盤排水対策は、基盤漏水対策工法の1種であり、各地で施工実績が増えてきている。

## ②河川堤防の耐震性能照査・強化技術の開発

1995年兵庫県南部地震による淀川の堤防の甚大な液状化被害等を契機として、レベル2地震動に対応した合理的な耐震性能照査・対策技術の開発に向けた研究を進め、河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説（平成19年）、レベル2地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル（案）・同解説（平成22年）等にその成果が反映された。一方、2011年東北地方太平洋沖地震では、堤体下部に形成された飽和域の液状化（堤体液状化）によって河川堤防が甚大な被害を受けた（写真－2.2.1）。こうした被災形態に対応するため、被災事例分析や模型実験を多数実施（図－2.2.1）し、耐震性能評価技術の改善や新たな被災形態に対応する対策工の開発に取り組んだ。その成果が「河川構造物の耐震性能照査指針・同解説」（平成28年）、「河川堤防の耐震点検マニュアル」（平成28年）、「河川堤防の液状化対策の手引き」（平成28年）等に反映されている。



写真－2.2.1 堤体液状化による代表的な被災事例



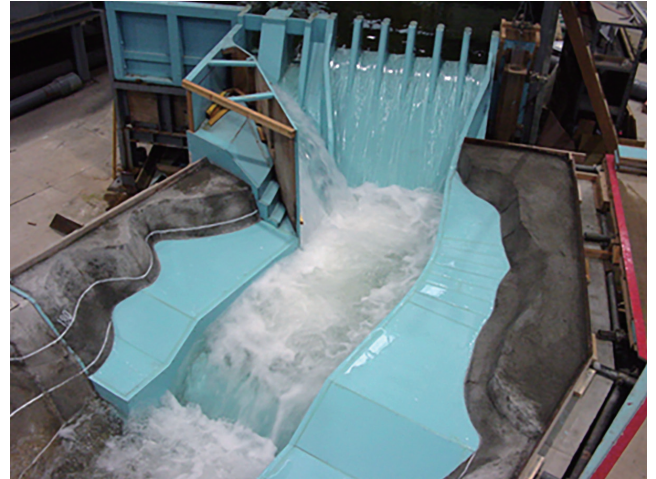
図－2.2.1 堤体液状化対策に係る動的遠心模型実験

## (2) ダムの建設や再開発を支援する技術の開発

近年、降雨の激甚化に対する治水機能の強化と環境への影響を回避・低減するため、再開発による既存ダムの機能向上や治水専用の流水型ダムの建設についての技術が求められており、土木研究所では、ダムの放流設備の構造や放流効果に関して、大型水理模型実験や数値解析等により現象の解明や技術開発を行ってきた。

## ①ダムの再開発

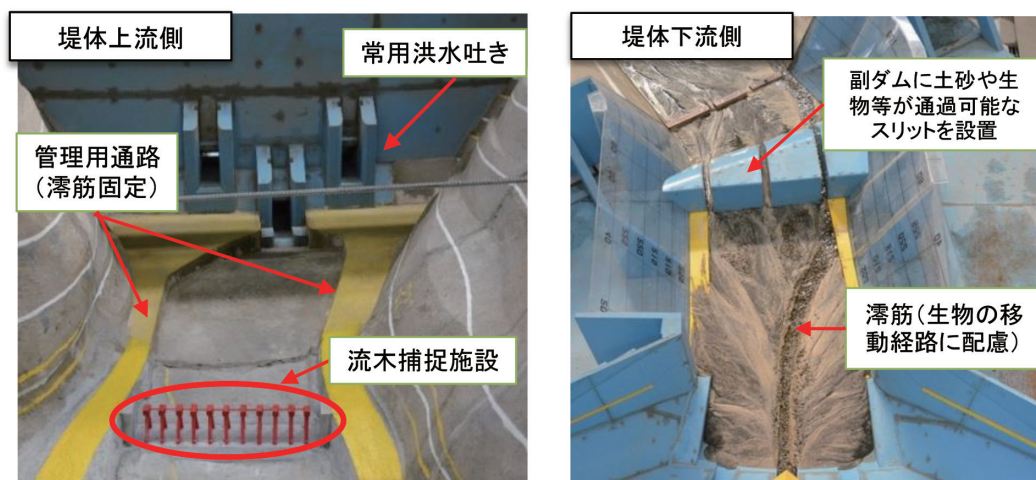
既存ダムの再開発については、鶴田ダム（堤体削孔）、長安口ダム（堤体開削、写真－2.2.2）、鹿野川ダム（地山トンネル）等について、直接確認できない既設堤体下の地質等、設計に必要な地質情報の取得・推定方法の検討、また水理模型実験等により安全かつ確実な放流が可能となる増設洪水吐き・減勢工形状等の水理的な検討・設計を行い、その効果や安全性の照査を行うことにより、施設の設計に貢献した。



写真－2.2.2 長安口ダム改造事業（堤体開削による洪水吐き2門等の増設）（左）と大型水理模型実験（右）

## ②流水型ダムの設計

流水型ダムは、平常時は水を貯留せず自然の河川を保全するとともに、洪水時には洪水の一部を貯留する構造物である。流水型ダムに関しては、掘込式減勢工や滞筋固定水路等の従来にない形式のダムの放流設備の開発や土砂や生物の連続性に関する検討を行い、足羽川ダムや立野ダムの減勢工等の施設設計に反映した（写真－2.2.3）。



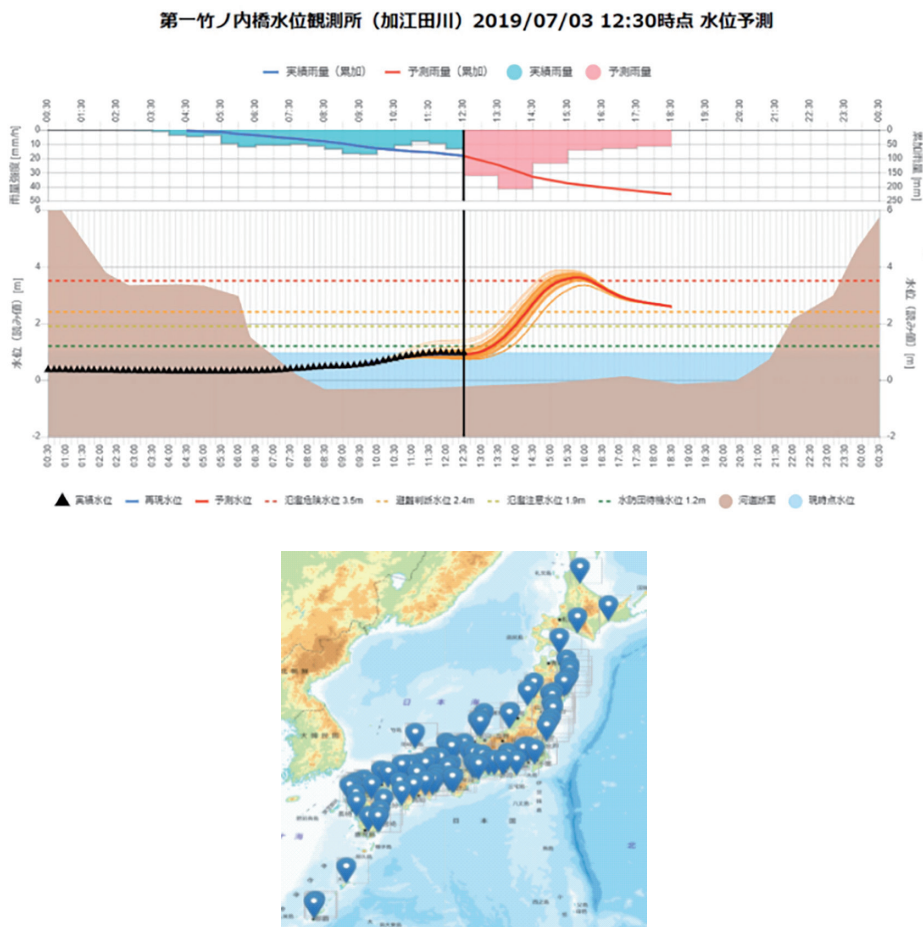
写真－2.2.3 大型水理模型実験による立野ダムの洪水吐き・減勢工等の設計や施設機能の確認

### (3) 洪水予測による危機管理の強化

水災害は地震等の自然災害に比べて大雨から発災までにある程度の時間がある。このため、人命の保護や減災のためには、洪水の到達を事前に予測し、避難誘導や施設操作を図ることが効果的である。

#### ① 中小河川の洪水予測システムの開発

近年、危機管理型水位計により中小河川における水位把握が可能となってきたが、中小河川では流域の規模等から急激な水位上昇が起こりやすく、安全な避難のためには、さらに数時間先までの水位予測情報が求められている。このため、数多くある中小河川において避難行動のトリガー情報を提供できるよう、氾濫危険水位の超過を2時間以上前に予測することに特化した水位予測モデルの開発を行った。土木研究所で開発されたRRIモデルを降雨流出モデルとして使用し、水位・流量関係式（HQ式）で算定された水位にリアルタイム水位観測データを粒子カルマンフィルター法により同化させることにより予測精度の向上を図った。令和3年度までに約130の河川に適用している（図－2.2.2参照）。



図－2.2.2 実洪水における水位予測の様子と洪水予測システムの整備状況

## 2.3 多発化する土砂災害を的確に予測し対策する

### (1) 火山噴火直後の土石流発生に備えた緊急調査への助言と解析ツールの開発

平成 26 年 9 月 27 日 11 時 52 分頃、長野県と岐阜県の県境に位置する御嶽山で噴火が発生し（図－2.3.1）、登山中の観光客等死者・行方不明者 63 名にのぼる災害となった。噴火により山麓に火山灰が堆積すると、降雨時に土石流が発生する危険性が高まる。そのため、噴火直後の状況を把握するため安全・迅速に現地調査を行い、土石流発生の危険性を評価するとともに、土石流が発生した場合の氾濫範囲を推定し、住民の避難が必要な範囲を明らかにする必要がある。このような調査・検討を噴火発生後に迅速に行うため、土砂災害防止法が平成 23 年に改正され、降灰後に大きな土石流被害が発生する恐れがある時には、緊急調査を実施して降灰の分布状況を把握し、降灰を考慮したシミュレーションによりその影響範囲を推定して住民避難を行う体制となった。このシミュレーションで用いるプログラムは土木研究所が国土技術政策総合研究所、国土交通省とともに開発し、平成 23 年霧島新燃岳噴火でも活用され、火山噴火時等に活用する体制が国土交通省でとられている。

平成 26 年 9 月 27 日の御嶽山噴火の際には、土木研究所は国からの要請を受けて直ちに土砂災害専門家を現地に派遣し、技術的助言を行った。ヘリコプターに搭乗して上空から火山灰等の堆積範囲の調査を行ったほか、地上から調査を行って、技術的な助言を行った。その結果、調査結果に基づき、土砂災害防止法第 31 条に基づく随時情報として、土石流・川の増水に対する注意事項が、長野県、岐阜県、木曾町、大滝村に提供された。また、調査結果は中部地方整備局と合同で記者会見を行って報告した（図－2.3.2）。10 月 3 日には、台風の接近をふまえて、地方整備局が長野県、木曾町、大滝村に対し、土石流シミュレーションの実施結果に基づき、土石流が発生した場合の影響範囲を情報提供している。この土石流シミュレーションの実施においても、計算時のパラメータ設定方法などについて助言を行っている。その後、10 月 5 日に土石流センサーが作動したが土石流は小規模なものであり、被害の発生には至らなかった。このように、国土交通省等の迅速な初動体制の構築に貢献した。

そのほか、平成 27 年 5 月 29 日の鹿児島県口永良部島の新岳での噴火や、平成 30 年 1 月の群馬県と長野県の県境付近に位置する本白根山での噴火発生後も研究員等を土砂災害専門家として派遣し、住民の安全の確保に貢献してきた。また、研究では土石流シミュレーションの高速化・高精度化に取り組み、高速化した土石流シミュレーションプログラムは国土交通省に実装され、火山噴火が発生した際に利用できる体制になっている。



図－2.3.1 御嶽山の噴火（平成 26 年 9 月）



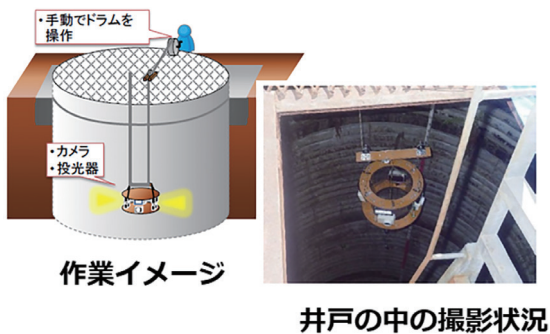
図－2.3.2 中部地方整備局での合同記者会見

## (2) 地すべり防止施設の点検ツールの開発

平成 25 年にインフラ長寿命化計画が策定され、平成 26 年に砂防関係施設点検要領（案）と砂防関係長寿命化計画策定ガイドライン（案）が相次いで策定されたほか、平成 28 年には河川砂防技術基準（案）維持管理編が改訂された。全国で整備されてきた地すべり防止施設についても、これに基づき点検、補修改築などの維持管理が体系的になされることとなった。雪崩・地すべり研究センターでは、集水井などの老朽化した地すべり防止施設が増加していることをふまえ、平成 21 年に地表水・地下水排除施設を対象とし、維持管理の実態調査と施設点検方法の検討を実施していた。この研究結果は、タイミングよく砂防関係施設点検要領（案）に盛り込まれ活用されることとなった。

集水井は、内部に有毒ガスがたまり酸素が少なくなっている危険性があり、また昇降施設の劣化が進んでいる事例も見られるため、内部に入って点検を行う際には調査者の危険を伴う。そこで、地表から安全に集水井内の点検を行う機器の開発を平成 29 年から 30 年にかけて民間企業と共同して行った。民間 5 社との共同研究の結果、360 度カメラ、ビデオカメラ、デジタルカメラ、3D レーザースキャナなどにより点検を実施する手法を開発した。これにより、内部に立ち入らなくても、映像により概略点検の実施が可能な手法を提案した（図－ 2.3.3）。撮影した画像は、SfM（Structure from Motion）解析を行うことで詳細な計測をも可能とする。この取り組みにより共同研究者は、国土交通省、総務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、防衛省による「第 5 回インフラメンテナンス大賞」特別賞を平成 3 年 1 月に受賞することとなった。一方、共同研究では、地表から吊り下げた撮影機器の制御方法など技術的な課題やコスト面の課題も明らかとなった。そのため、共同研究メンバーが中心となり令和 3 年 6 月に「集水井点検カメラ研究会」が設立され、さらなる製品開発と研究が進められている。このように、雪崩・地すべり研究センターが進めた共同研究が、民間企業の開発を促進させる契機となった。

また、地すべり防止施設として用いられるグラウンドアンカー工については、アンカー施工後にも取付け・交換できる荷重計測システム（Aki-Mos）を、平成 26 年に民間 6 社との共同研究により開発した（図－ 2.3.4）。計測システムは、各地のアンカー工施工現場で導入され、アンカー荷重のモニタリングに効果を発揮してきている。また、グラウンドアンカーの荷重が増加し斜面やグラウンドアンカーに変状が発生した場合に、荷重計測に基づく計画的な対応方法を提案するため、アンカーの荷重増加の原因とその対応方法について実態調査を行うとともに、二次元 FEM による追加対策後の荷重予測手法を令和 2 年に提案した。



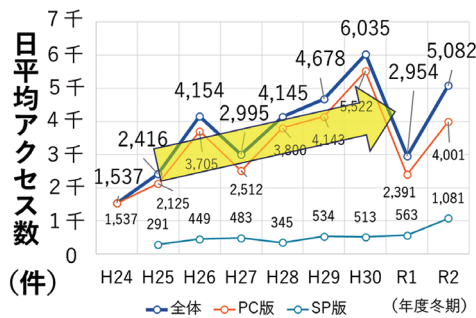
図－ 2.3.3 開発した集水井内部の点検を行うシステム



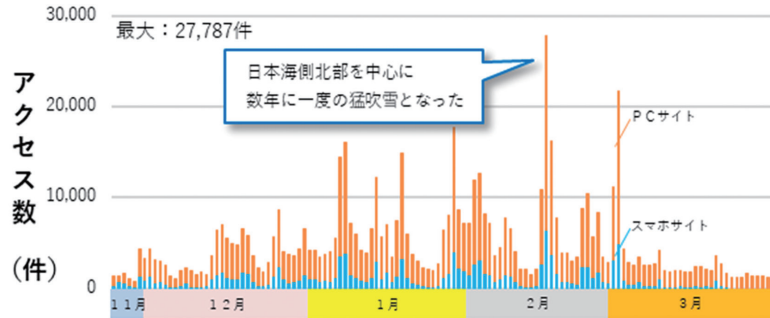
図－ 2.3.4 既設アンカー緊張力モニタリング（Aki-Mos）



が約 28,000 件となるなど、暴風雪発生が予測される時にタイミング良くツイッターで発信することで、吹雪視界予測の情報の利用を促進した（図－ 2.4.5）。



図－ 2.4.4 「吹雪の視界情報」の日平均アクセス数の推移



図－ 2.4.5 令和2年度の月別アクセス数の推移



写真－ 2.4.1 テレビで「暴風雪災害防止」について説明する様子

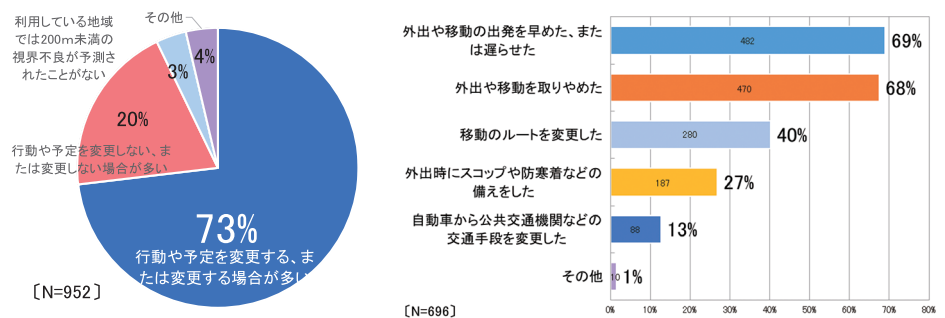


写真－ 2.4.2 北海道防災ひろば in チ・カ・ホで吹雪の視界情報について説明する様子

研究成果を暴風雪災害防止につなげるため、インターネットサイト「吹雪の視界情報」や冬期の旅行時の注意点の紹介をテレビ、ラジオ、新聞で継続的に行っているほか（写真－ 2.4.1）、暴風雪災害防止に関する各種講演会で講演するなど（写真－ 2.4.2）、広く情報発信と普及啓発に取り組んでいるところである。また、道の駅や自治体などで暴風雪災害防止に関するパンフレット（吹雪の視界情報のPR用チラシ、冬道運転ガイド「吹雪ドライブのコツ」）を配付し、多くの方々に活用されている他、自治体広報誌、Twitter等で広く紹介された。このほか、各機関が市民向けに発行するパンフレットなどで配付されたり、測量設計業務安全ガイドブック（（一社）北海道測量設計業協会）により工事関係者に配布されるなど、多くの方々に活用されている。

平成30年度に実施したWeb方式アンケートでは、「吹雪の視界情報」の利用者の73%は、“視界不良が予測された場合の行動”

について「行動や予定を変更する、または変更する機会が多い」と回答しており、本サイトが吹雪回避の判断に寄与していることが分かった（図－ 2.4.6）。



図－ 2.4.6 視界不良予測時の行動変更に関するアンケート結果



## 2.4.2 雪崩災害に対する技術指導

雪崩・地すべり研究センターでは、研究で得られた成果や知見を雪崩災害時の対策に関する助言や、講習会等における解説として活用している。

平成 26 年 2 月の関東甲信地方を中心とする大雪時、および新潟県妙高市燕温泉で発生した雪崩など雪崩災害が発生した際に、各地の自治体や行政機関からの要請に基づき雪崩・地すべり研究センターでは職員を派遣して技術的助言を実施した（写真－ 2.4.3）。

また、雪崩・地すべり研究センターでは、平成 23 年度の雪崩調査活動に対して新潟県知事から感謝状（写真－ 2.4.4）が贈られ、平成 26 年 2 月大雪時の雪崩調査活動に対して、山梨県知事から感謝状が贈られた他、国土交通省から雪崩災害防止功労者表彰を受けた（写真－ 2.4.5）。

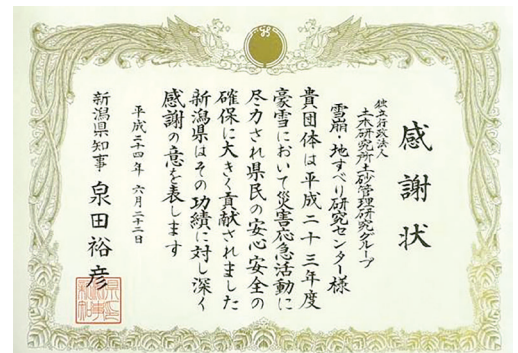
令和 3 年 1 月 7 日からの豪雪により、昭和 61 年に大規模な雪崩災害の発生した新潟県糸魚川市柵口地区の権現岳に複数のクラックが発生していることを新潟県が雪崩危険箇所をパトロールしていた際に発見した。雪崩・地すべり研究センターでは、新潟県糸魚川地域整備部、糸魚川市役所、能生消防分署とともに斜面を目視で確認（写真－ 2.4.6）、昭和 61 年災害対応で設置した雪崩対策施設が設計積雪深に達していないことを UAV で確認するとともに、今後の注意点に関して助言を行った。

雪氷チームでは、国土交通省北海道開発局長より道路防災有識者として委嘱を受け、要請に応じて北海道開発局の道路に関する防災上の諸問題について、学識経験者として技術的及び専門的な見地から助言並びに指導を行っている。道路で雪崩が発生した際に、研究を通じて得られた知見を基に道路管理者に対する技術的助言を行い、的確な通行止め解除の判断という道路管理者のニーズに対応している。

以下に主な対応事例を挙げる。



写真－ 2.4.3 平成 26 年 2 月大雪時の山梨県での技術的助言の様子



写真－ 2.4.4 新潟県知事からの感謝状



写真－ 2.4.5 雪崩災害防止功労者表彰の様子



写真－ 2.4.6 新潟県からの依頼による現地調査の状況

### (1) 国道 334 号知床横断道路の雪崩対策に対する技術指導

冬期通行止めとなっている国道 334 号知床横断道路では、毎冬期、春の規制解除に向けて通行規制解除を含む道路管理と今後の雪崩対策計画の策定について技術指導を行っている。北海道開発局釧路開発建設部からの派遣要請に基づいて現地に赴き、現地の斜面積雪の安定性判断や残雪処理の必要性判断および今後の雪崩発生に関して助言し、的確な冬期通行止め解除に貢献した。また、検討会では、知床峠における今後の雪崩対策の計画策定に対して技術指導を行った（写真－2.4.7）。



写真－2.4.7 国道 334 号知床横断道路における技術指導の状況

### (2) 国道 236 号野塚峠で発生した雪崩に対する技術指導

令和 2 年 3 月に国道 236 号野塚峠において発生した雪崩に対して、発生直後に北海道開発局帯広開発建設部からの派遣要請を受け、直ちに現地調査を行い、推定される発生要因と道路除雪等の今後の対応について、雪氷チームで取り組んでいた短時間の多量降雪による雪崩発生条件に関する知見を活用して助言を行った。また、現地調査後に開催された検討会では、今後 1 週間以内にまとまった降雨が予想されていたことから、多量降雪後の降雨時における斜面積雪の安定性や積雪の状況等の長期的対応に関して助言を行った。

### (3) 北海道内の国道で同時多発的に発生した雪崩に対する技術指導

令和 3 年 3 月 2 日には国道 5 号稲穂峠、国道 393 号毛無峠、国道 452 号芦別など 4 箇所で同時多発的に雪崩が発生し、発生直後に北海道開発局小樽開発建設部と札幌開発建設部から派遣要請を受けた。直ちに現地調査を行い、推定される発生要因と道路除雪や雪堤構築等の今後の対応について助言を行った（写真－2.4.8）。また、各箇所の検討会では、今後の天候を勘案し、降雪後の斜面積雪の安定性や積雪の状況等に関して、雪氷チームで取り組んだ短時間多量降雪による雪崩発生条件に関する知見や、降雪が止んだ後の斜面積雪の安定性評価手法等の成果を活用して助言を行った。



写真－2.4.8 雪崩発生箇所の現地調査の状況

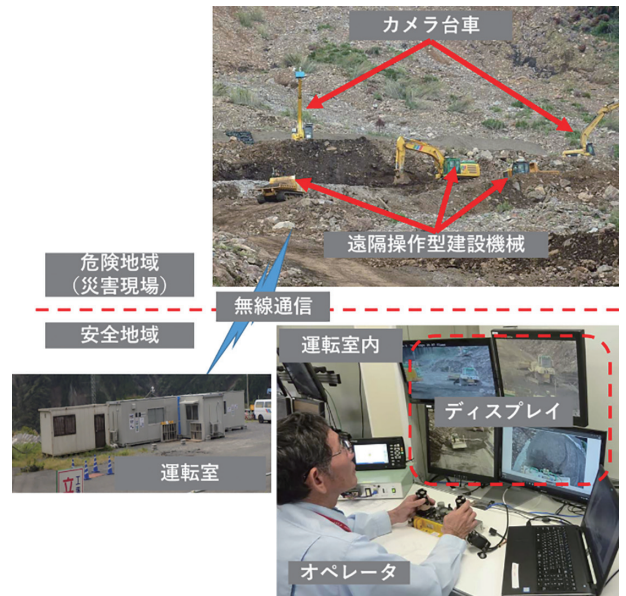
これらの災害時の対策に関する技術指導を行ったほか、雪崩・地すべり研究センターでは、新潟県主催の「雪崩災害に対する警戒体制の強化に係る講習会」（写真－2.4.9）で講師を務めるなど、雪崩・地すべり研究センター及び雪氷チームでは、各地の自治体や北海道開発局、東北地方整備局等の行政機関の依頼により、講習会や研修に職員を講師として派遣した。



写真－2.4.9 新潟県主催の講習会（平成 27 年 1 月南魚沼市）の様子

## 2.5 災害復旧を DX で迅速化・効率化する

近年、我が国では、自然災害が激甚化、頻発化しており、東日本大震災や熊本地震等の地震災害、令和元年房総半島台風や令和元年東日本台風に伴う洪水・土砂災害等、毎年、多くの自然災害が発生しており、甚大な被害が発生している。災害発生後の被害拡大の防止や早期の復旧のためには、被災状況の調査や道路啓開などの災害応急復旧を迅速に行うことが重要である。しかし、災害応急復旧は、二次災害が発生する危険性が高く、安全に配慮しつつ迅速かつ効率よく施工を行うことが困難な場合も多い。この課題に対する一つの解決策として、遠隔操作が可能な建設機械を用いて、オペレータは安全な場所から操作を行う施工方法が考案され実用化されている。この遠隔操作型建設機械を用いた施工は「無人化施工」と呼ばれ、初めて実施されたのは昭和 44 年の常願寺川における富山大橋の応急復旧工事である。この工事では、オペレータは数 10m 離れたところから有線で遠隔操作化された水中ブルドーザを直接目視で操作していた。その後、平成 5 年度に雲仙普賢岳噴火後の土石流対策として、火砕流の到達区域外となる 100m 以上離れたところから無線で遠隔操作化された建設機械により実施された除石工事を契機に、世界に類を見ない我が国独自の施工技術として発展し、これまで国内で 200 件以上の施工実績を持っている（図－2.5.1）。



図－2.5.1 無人化施工の概要

しかしながら、この無人化施工も完璧ではなく様々な課題が存在しており、それらを解決する新たな技術（DX、ロボット技術など）の研究・開発が求められている。当然ながらこのような研究開発は、シーズを応用する手法ではなく、ニーズを中心に行う手法をとるべきであり、そのために現場ニーズを把握することが効果的に研究開発を行う上で重要である。そこで、土木研究所では、無人化施工を用いた災害応急復旧の現場ニーズを把握するために、災害応急復旧を担当した発注者、施工者等に対しアンケートを実施し、現場で発生した課題を収集・整理した。このアンケートから 161 件の課題が収集され、それらを分類すると以下のようなになる。

- 【課題 1】 施工効率が低い
- 【課題 2】 セットアップに時間がかかる
- 【課題 3】 利用できる機種が少ない
- 【課題 4】 非常時のルールが必要
- 【課題 5】 人材と機器の不足

これらの内容の詳細と対応策の研究・開発例及び今後の展望について紹介する。

### 【課題 1】 施工効率が低い

無人化施工の施工効率は、通常の搭乗式の建設機械を用いた施工方法に比べ大幅に低下することが知られている。土木研究所が提案したモデルタスクを用いて、定量的に研究した結果では、搭乗式の約 45% という低い値となっている。これは単純計算で無人化施工の工期が 2 倍以上になることを示しており、災害応急復旧を迅速に行う上で大きな課題となっている。無人化施工の施工効率を向上させる試みは、様々な研究機関、

企業などが行っている。例えば、運転席型のラジオコントローラ、実際の運転席に座っているようなVR（高臨場感映像）空間（図－2.5.2）、操縦している建設機械を真上から見下ろした仮想画像（ア라운드ビュー）、油圧ショベルのバケット反力を運転者にフィードバックするシステム、建設機械の傾きや振動を運転者に伝達するシステムなどが研究・開発されている。また、無人化施工は操作信号や画像などを無線で伝送するため、効率などは無線環境に大きく依存している。そこで5G通信システムなどの新たな無線環境を活用した試みなども行われている。なお、システムだけでなくオペレータにも着目し、無人化施工（遠隔操作）に長けたオペレータの抽出や教育により、無人化施工の効率を改善する方法も有効であり、今後さらに研究を進めていく必要がある。

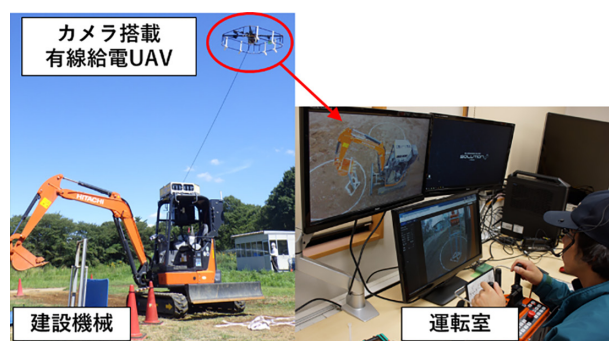


図－2.5.2 VRシステム

【課題2】セットアップに時間がかかる

無人化施工の方式には、オペレータが建設機械を直接目視する「直接目視方式」と、オペレータが建設機械や作業現場周辺に設置したカメラ映像（通常、遠隔操作カメラ台車にカメラを搭載して作業現場周辺に設置する）を介して操縦を行う「カメラ映像方式（図－2.5.1）」がある。前者は建設機械からオペレータまで100m程度が限界であるが、実際の災害現場における安全区域までの距離が100m以下であることはまれであり、無人化施工は「カメラ映像方式」の場合も多い。「カメラ映像方式」の場合、カメラ台車、オペレータに映像を表示する複数のディスプレイ、建設機械制御信号や映像信号を伝送する無線通信機器、それらを設置するための運転建屋などを準備する必要があるが、災害発生時は周辺の交通環境が悪化している場合も多く、人員・機材・資材の輸送困難による準備時間の遅延が、迅速な災害応急復旧に対する課題の一つとなっている。

この課題への対応策としては、頭部装着型ディスプレイ（Head Mounted Display）を活用することにより、ディスプレイ類や運転建屋の設置を不要とする手法や、UAVをカメラ台車の代わりに用いる手法（図－2.5.3）などが研究・開発されている。また前述したVRシステムやア라운드ビューシステムも、この課題に対する解決手法の一つと言える。一方、ディスプレイ類や通信機器類、机や椅子などを予めユニットハウスに設置し、用意しておく手法も開発されている。これにより、無人化施工の実施時に運転建屋を迅速に展開できることになる。この手法はすでに実際の施工現場でも活用されている。



図－2.5.3 UAVを用いたシステム

【課題3】利用できる機種が少ない

自然災害には、火山、台風、地震など様々な種類があり、さらに災害応急復旧も、土砂崩れ対応、流木対応、道路啓開対応など様々な種類がある。当然ながら必要とされる建設機械も様々であり、また油圧ショベルであってもバケットやグラップルなどアタッチメントも作業によっては異なるものを装着しなくてはならない。しかし、遠隔操作型建設機械の機種や台数がまだ豊富ではないため、土砂運搬が必要な災害現場に油圧ショベ

ルしかなく土砂運搬できる機械がない、大型の遠隔操作型建設機械が派遣されたため災害現場に入れず、流木対策現場にバケット装着油圧ショベルが派遣されるなど、災害現場が求めているものと準備できる遠隔操作型建設機械のミスマッチが発生している。

この課題に対する解決策として、現場近くにある通常型の建設機械を、短時間で遠隔操作型に改造する手法の研究・開発が行われている。現在一般的な建設機械は電気信号による制御（いわゆるコントールド・バイ・ワイヤ）になっておらず、短時間で遠隔操作型に改造することは困難であるが、いくつかの改造機器が実用化されている。改造手法には大きく分けて2タイプあり、ひとつは遠隔操作できるロボットを建設機械の運転席に装着するタイプ、もう一つは遠隔操作できる電磁制御バルブを建設機械に搭載するタイプである。

#### 【課題4】非常時のルールが必要

アンケート結果から、下記のような課題点も多く収集された。

- ・建設機械の運搬車の通行許可申請に時間がかかる
- ・災害現場では、機器の修理や整備、建設機械等の燃料調達が難しい
- ・消防、警察、報道など様々な機関が災害現場に存在し、無線の混信が発生する

これらの課題に対しては、災害時のルールを平常時から決めておくことが重要である。国土交通省では、災害時に限る通行許可申請の簡略化や、整備業者や燃料業者などと災害時協力協定を締結することで、これらの課題に対する対策を行っている。今後これら対策の充実や、施工業者などへの周知が重要である。

#### 【課題5】人材と機器の不足

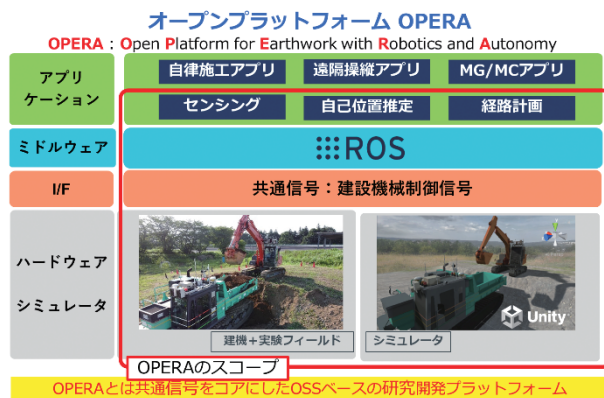
無人化施工は特殊な施工方法であり、オペレータや現場管理者は通常の施工方法に長けているだけでなく、無人化施工にも十分精通している必要がある。しかしながら、前述のように無人化施工の実績は平成5年以降で200件程度であり、精通しているオペレータや現場管理者ともに非常に少ないのが現状である。また、遠隔操作型建設機械においても、通常型に比べ価格が非常に高いことや、災害対応であるため企業のビジネスになりにくい（災害がいつ発生するかわからないため、ビジネスの計画が立て難い）ことなどから、同様に台数が非常に少ない。したがって、災害が発生した場合、十分な人員と機器類を確保することが難しく、人員の過重労働や工期遅延などが発生している。

この課題を解決する手段として、「一般社団法人産業競争力懇談会」や国土交通省の「建設ロボット技術に関する懇談会」では、無人化施工の訓練や新技術の実証試験などが可能な「無人化施工試験フィールドの創設」や、「研究開発を伴った試験工事の実施」などが提言されている。これまで、雲仙普賢岳における一連の砂防工事が試験フィールドの実質的な代替として機能してきたが、今後は、行政、研究機関、企業などが連携した、恒久的な試験フィールドの構築が、さらなる無人化施工の発展には急務である。土木研究所としても、令和3年4月に試験走路北ループ内に整備され、利用を開始した「建設DX実験フィールド」を活用するなどして、無人化施工の試験フィールドの構築に積極的に関わっていきたい。

災害応急復旧として無人化施工を実施する際の課題を整理し、今までに取り組みされた対応策について紹介した。これらは災害現場において求められている技術そのものと先行研究例であり、今後の研究・開発を効率的に進める上で重要な情報となる。土木研究所では、無人化施工に関する研究をこれまで約10年にわたり、企業や研究機関、大学等と連携（共同研究）しながら実施してきた。これまでの研究成果や無人化施工に必須の無線通信技術のノウハウ等をまとめたマニュアルを作成し公表しており、災害応急復旧時の無人化施工の課題解決に寄与することを期待している。

また、今後も無人化施工の技術が発展し、広く利用されていくためには、災害現場だけではなく通常の建設現場にも適用を拡大していくことが重要である。そのためには、無人化施工に特有の課題の解決に加えて、通常の工事現場での無人化施工の適用を念頭に置いた法令、規制、規格の整備やさらなる施工効率の向上が必要となる。施工効率のさらなる向上のためには、遠隔操作による施工自体の効率を向上させるだけでなく、機械

の一部もしくは全体が自動化、自律化された機械を導入し、遠隔操作される機械との連携作業も検討していくことが必要となる。そこで、土木研究所では、国内の自律施工技術の研究・開発を加速し、革新的な自律施工技術を社会実装していくことを目的に、協調領域の設定や自律施工技術基盤の整備などの取組みを進めている。協調領域の設定では、研究開発の重複を回避し、複数メーカーの建設機械を相互に連携して使える自律施工の実現に向けて、協調領域として自律施工等のソフトウェアと建設機械との間でやり取りする信号の統一化されたルール（共通制御信号）を開発する。自律施工技術基盤の整備では、自律施工技術の研究開発用のオープンプラットフォーム（OPERA）（図－2.5.4）を開発する。これらを用いて、国内の自律施工技術を推進する取組みをこれからも産学官の多岐にわたる多くの方と連携・協力しながら進めていく予定である。近い将来、国内の建設現場で革新的な自律施工技術が広く活用されていくことを期待している。



図－2.5.4 OPERA のシステム構成

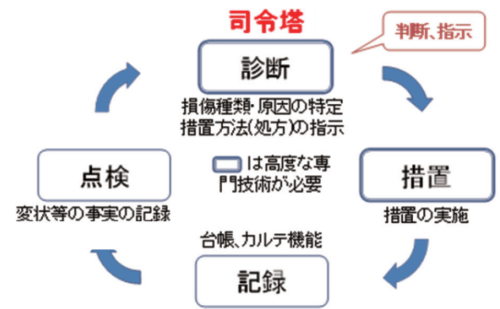
# 3. インフラの維持管理・更新

## 3.1 老朽化インフラの戦略的予防保全に向けて

我が国では昭和 30 年～昭和 48 年の高度経済成長期に急速にインフラ整備が進められたが、それから半世紀以上が経過し、構造物の老朽化対策が重要な課題となっている。

平成 24 年 12 月に、中央自動車道笹子トンネルの天井板が供用中に突如落下して死傷者が 11 名に及ぶ大事故が発生した。平成 25 年に、国土交通大臣を議長とする「社会資本の老朽化対策会議」が設置され、平成 25 年を「メンテナンス元年」と位置付け、法制度を含む社会資本の維持・管理・更新に関する全般的な施策のあり方が議論され、関連する法改正や技術基準類の策定を行い、長寿命化計画の策定等を通じて本格的な PDCA サイクルへの移行が進められた。例えば、平成 26 年 4 月の社会資本整備審議会道路分科会建議「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」を踏まえ、道路インフラの点検→診断→措置→記録→（次の点検）という「メンテナンスサイクル」（図－3.1.1）を確実に実行するためのルール・基準の整備や、運用する仕組みが構築され、平成 26 年度から 5 年に 1 回の頻度による定期点検が義務化された。

インフラがその機能を将来にわたって適切に発揮する「持続可能なインフラメンテナンス」や「インフラメンテナンスの DX」の実現に向けて、次の節から示す主な研究などにより技術面から支援している。



図－3.1.1 メンテナンスサイクルの構築

※点検とは、橋の状態を把握すること、劣化や損傷を発見すること、診断とは、その程度を把握し、それに続く適切な措置について判断すること、措置とは、交通規制の実施や、補修・補強などの対策をすることである。

### 3.1.1 AI・ICT を活用した道路橋メンテナンスの効率化、信頼性向上

平成 30 年度に民間企業、研究機関、地方自治体等 25 者が参画する「AI を活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究」を立ち上げて、AI 技術を活用した戦略的予防保全型管理を実現するため診断支援技術、点検支援技術の実用化に向けて研究を進めている。特に、熟練診断技術者の少ない地方自治体の診断業務を支援するため、熟練診断技術者のノウハウや知見（損傷のメカニズム、点検の着目点、診断の決め手となる情報、措置方針などの情報）を活用したエキスパートシステムである橋梁診断支援 AI システム（診断 AI システム）の開発に取り組んでいる（写真－3.1.1）。現場で橋梁の点検情報等をこのシステムに入力することで、図－3.1.2 に示すような損傷の進行程度に関する情報や、診断結果とその理由及び措置方針が画面に表示される。これを実用化することで、地方自治体の診断技術の向上や維持管理業務の負担軽減を図りながら、予防保全を実現する。

また、橋梁点検において構造の複雑な部位に対応できる



写真－3.1.1 診断 AI システム



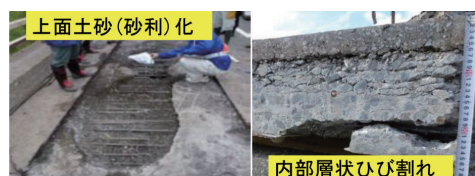
図－3.1.2 診断 AI システムの画面例

UAV 等ロボット技術の開発を進め、UAV 等から得られる画像を AI で処理して効率的に診断に役立つ変状を自動的に抽出する手法（点検 AI（画像解析）（写真－ 3.1.2））などを開発している。

近年、コンクリート床版の土砂化（写真－ 3.1.3）という損傷が顕在化して問題となっているが、土砂化は床版上面に生じる損傷であり、従来の橋梁下面からの目視点検では、損傷が進行するまで発見が難しく、予防保全的な対応が困難である。その土砂化の発生原因は、舗装の下に入った水と輪荷重、凍害、塩害などの影響によるものと考えられているため、舗装の下の滞水の有無を確認できる技術が必要となる。そこで、車載式電磁波レーダ（写真－ 3.1.4）の計測結果から床版上面の滞水を AI による機械学習を用いて、舗装に隠れて直接見ることができない床版上面の滞水を可視化する研究（図－ 3.1.3）にも取り組んでいる。この技術の実用化で、滞水箇所を早期に検知し、土砂化が発生する前に止水等の簡易な措置を行うことで、予防保全が可能となる。また、床版の土砂化について、劣化メカニズムの解明、劣化特性に応じた性能評価技術、補修補強技術の開発に向けた研究を行っている。輪荷重走行試験機を用いた各種実験を実施し、土砂化中間層（図－ 3.1.4）や疲労寿命予測式の提案、補修補強工法（写真－ 3.1.5）、水密性が高く防水性能に優れたグースアスファルト混合物の開発（写真－ 3.1.6）等を行っている。



写真－ 3.1.2 UAV の取得画像の処理に点検 AI（画像解析）を活用



写真－ 3.1.3 RC 床版の土砂化

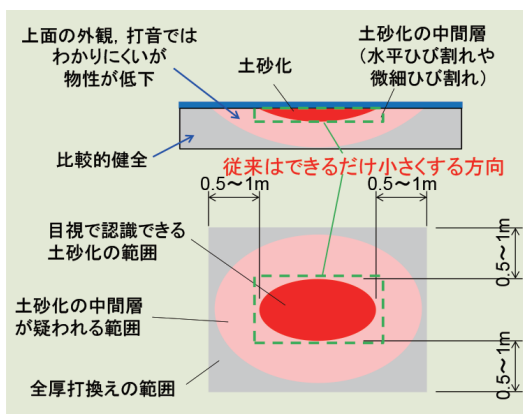


写真－ 3.1.4 車載式電磁波レーダ



■ : 滞水

図－ 3.1.3 床版上面滞水推定結果



図－ 3.1.4 土砂化中間層と補修範囲の概念図



写真－ 3.1.5 炭素繊維を用いた床版下面補強例



写真－ 3.1.6 防水性能に優れたグースアスファルト混合物の開発



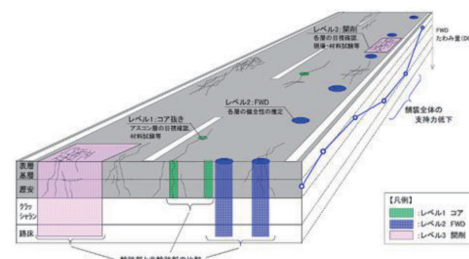
### 3.1.2 舗装の戦略的な維持管理手法の開発

平成 28 年に国土交通省が作成した舗装点検要領の主要方針において、舗装の耐久性に関する研究成果が取り入れられ、舗装の構造的健全性に着目した点検診断が全国で開始された。適切な点検診断の実施のためには舗装の劣化メカニズムの把握が重要であり、舗装の劣化現象と原因の因果関係について体系的に整理し、これをもとに現場の条件ごとに実施すべき点検診断手法を整理した（図－ 3.1.5）。

また、今後実用化すべき点検診断手法として、舗装の構造評価を目的とし、車線規制を要せずに走行しながら路面のたわみを測定できる移動式たわみ測定装置（MWD）の開発に取り組んでいる。（写真－ 3.1.7）

これらの研究成果は、平成 28 年に作成された舗装点検要領、平成 28 年発刊の舗装点検必携、平成 30 年発刊の舗装マネジメント指針、平成 31 年発刊の舗装調査・試験法便覧等に反映されている。

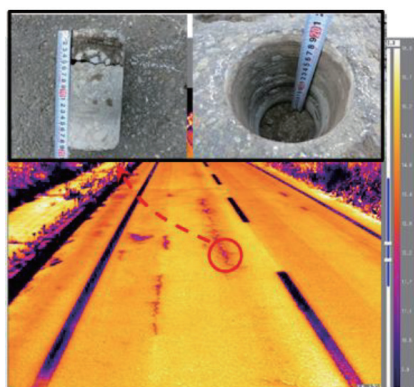
また、近年は、融雪期にポットホールが発生する可能性が高い部位を、秋期などの発生前の時点で赤外線カメラを用いて非破壊診断する技術の開発にも取り組んでいる。赤外線画像異常部分は、内部に水分の含浸や混合物の砂利化などの変状が認められ（図－ 3.1.6）、ポットホール発生に繋がることが分かっている。また、人工知能分野における効果的な学習方法として近年注目を浴びている、深層学習（ディープラーニング）の手法を用いて、カメラ画像からポットホールを自動検出する技術の開発も進めており、ポットホールの自動検出が一定程度は可能であることが確認できた（図－ 3.1.7）。



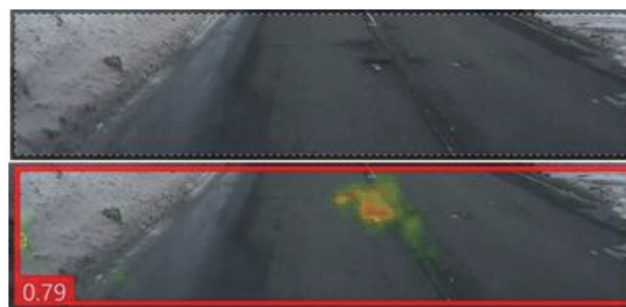
図－ 3.1.5 点検診断において新たに示した標準的手法



写真－ 3.1.7 移動式たわみ測定装置



図－ 3.1.6 赤外線画像による舗装損傷前の検知手法



図－ 3.1.7 深層学習によるポットホール検出の例

### 3.1.3 コンクリート構造物の長寿命化のための補修対策技術

補修を行ったコンクリート構造物の再劣化が問題となっている。このため、再劣化事例（写真－3.1.8）を収集し、その原因の分析や最新の各種補修工法の検討を行った。このうち、表面被覆材や表面含浸材をコンクリート構造物の表面に塗布して劣化因子の侵入を抑制する表面保護工法については、実際の構造物では全ての面にこれを施工することは困難であること、ASR や凍害等を受けるおそれがある部位等に遮蔽型の表面保護工法を適用するとコンクリート中に水をためて劣化を促進させる場合もあることなどに注意が必要である。このため、表面保護工法の塗布部位の選定方法及び種々の性質を持つ塗布材料の使い分け、施工を適切に行うための品質管理や検査について検討した。

また、ひび割れ修復工法の注入材と充填材それぞれについては、樹脂系及びセメント系の材料を用いる工法を対象に、6 者と公募による共同研究を締結して室内試験、暴露試験による比較検証を行った（写真－3.1.9）。この結果、注入材の未充填が再劣化に影響すること、低温環境等が施工性に影響して不具合が発生することを確認した。

これらの暴露試験や室内実験等で得られた知見をもとに、断面修復工法、表面被覆・含浸工法、ひび割れ修復工法等の補修対策について、「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル（案）」（共通編、各種工法編、不具合事例集）にまとめた。劣化要因に応じた補修方針の立て方、構造物劣化の進行段階に応じた補修工法の選定方法・留意点、各種工法の補修材料の品質試験方法や施工管理標準、補修後の不具合事例の原因分析内容を示し、平成 28 年度に公表した（図－3.1.8）。また、これをもとに、新たなモデルコードにおけるコンテンツを国際標準（fib Model Code）に提案し、反映された。



(a) 塩害による再劣化

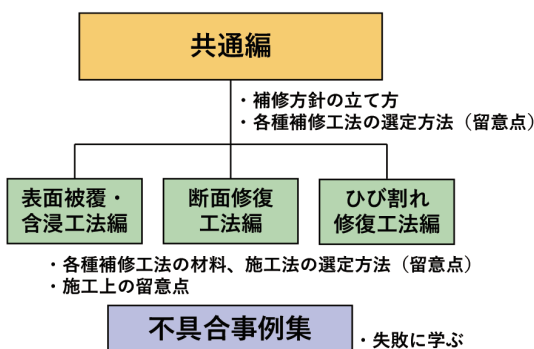


(b) 凍害による再劣化

写真－3.1.8 補修箇所の再劣化事例



写真－3.1.9 ひび割れ試験体暴露試験（留萌暴露実験場）



図－3.1.8 コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル（案）

## 3.2 インフラの新設・更新における高品質化と生産性向上

我が国の社会資本ストックは高度経済成長期を中心に集中的に整備されたが、今後急速に老朽化が進むことが懸念される（表－3.2.1）。国際競争が熾烈さを増す中、我が国が生き残るためには、これらの社会資本ストックのサービスを中断することなく更新等を行うことが必要となる。

一方で、厳しい財政状況の中、着実に更新・新設を進めるためには、構造物の重要度に応じたメリハリのある整備が不可欠である。例えば、最重要構造物においてはできるだけ耐久性に優れるよう更新・新設を行い、将来にわたっての維持管理の負担の軽減に努めることが求められる。また管理レベルは高度でないものの手当の必要な膨大な小規模、簡易な構造等を特徴とする社会資本ストックを対象とした適切な構造・材料、設計の開発等が必要である。

このためには、各種構造物の特性を踏まえ耐久性向上や更新の効率化を実現するための設計手法や構造・材料の評価手法、あるいは維持管理負担軽減にむけて簡易な目視点検で設計手法や構造・材料の評価手法を確立するための研究が必要となる。

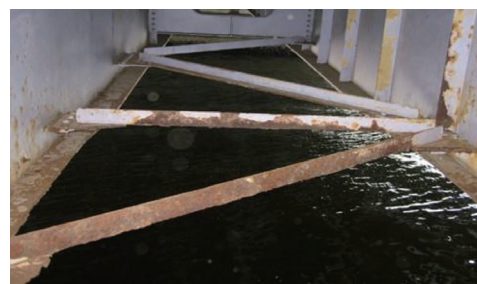
表－3.2.1 建設後50年以上経過する社会資本の割合<sup>1)</sup>

	H25年3月	H35年3月	H45年3月
道路橋	約18%	約43%	約67%
トンネル	約20%	約34%	約50%
河川管理施設	約25%	約43%	約64%
下水道管きよ	約2%	約9%	約24%
港湾岸壁	約8%	約32%	約58%

### 3.2.1 新設橋の品質および信頼性の向上

今後急速に老朽化が進むことが懸念される道路橋においては、道路ネットワークとしてのサービスを中断することなく、道路橋の状態を適切に見極めたうえで、道路橋の重要度に応じたメリハリのある整備が不可欠となる。そこで、最重要路線においてはできるだけ耐久性に優れるよう更新・新設を行い、将来にわたっての維持管理の負担の軽減に資するよう、道路橋の設計の合理化、耐久性に優れた材料の道路橋への適用性等について研究開発を行っている。

鋼道路橋の耐久性向上ならびに将来の維持管理の簡素化を目的として、塗装仕様の鋼二次部材の発錆（写真－3.2.1）を抑制するために無塗装でも高い防食性を有するステンレス鋼の適用性を検証してきている。検証すべき課題としては、①ステンレス鋼を二次部材として用いた場合に従来の普通鋼と同程度以上の耐荷力を有するか、②普通鋼とステンレスが接触する際に発生する異種金属接触腐食を如何に防ぐかの2点を取り上げた。耐荷力については載荷試験を実施し、ステンレス鋼部材



写真－3.2.1 塗装仕様の鋼二次部材の発錆

が普通鋼と同様の設計法が適用できる耐荷性能を有することを確認した。異種金属接触腐食の防止については、実用性を考慮した絶縁仕様を提案し（図-3.2.1）、腐食促進試験によりその腐食抵抗性を確認するとともに、屋外における暴露試験による検証を行っている。また、コンクリート道路橋においてはステンレス鉄筋のコンクリート部材への適用性および塩分腐食に対する耐久性を確認し、一定の鉄筋比の範囲で普通鉄筋を用いた場合と同様の部材挙動として制御できる可能性があること、ある程度の高塩分濃度下において腐食が進展せず、それによる付着性能の低下が生じないことを確認した。これらの検討により、道路橋へのステンレス材料の適用性が検証され、特に鋼道路橋においては腐食が特に懸念される部位においてステンレス鋼を二次部材として使用することにより、将来実施すべき再塗装の負担を軽減することが期待される。

コンクリート構造物も鋼構造物と同様、海からの飛来塩分や凍結防止剤により内部鋼材が腐食し耐荷性能が低下する。コンクリート構造物の耐久性を向上するためには、まずは腐食環境の実態を把握し、それに対し設計耐久期間を満足する手段を確認する必要がある。そのため、沖縄県離島架橋で10年に及ぶ飛来塩分量の調査（図-3.2.2）を行うとともに、凍結防止剤を散布している橋梁においても付着塩分や浸透塩分（写真-3.2.2）の調査を行い、塩害環境の実態把握に努めてきた。一方で、コンクリートの遮塩性能を評価する手法として電気抵抗性試験に着目し、種々の材料や配合により実現した高い遮塩性能を評価できることを確認した。これらの成果により、特に塩分の影響を受けやすい部位においては遮塩性の高いコンクリートを使用することが可能となり、コンクリート構造物の塩分腐食に対する抵抗性が向上することが期待できる。表-3.2.2には本研究により提案されたコンクリートの遮塩性能の分類案を示す。

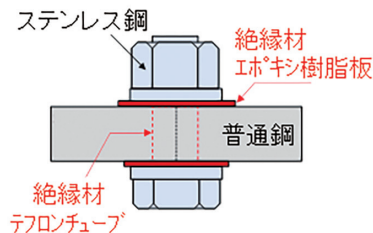


図-3.2.1 接触面に絶縁材料を設置した試験体

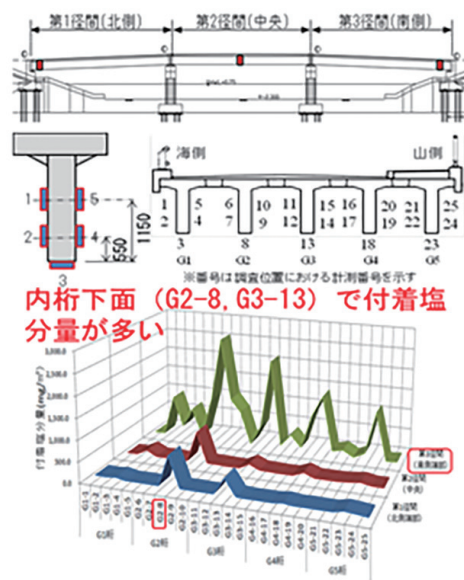


図-3.2.2 上部工の部位毎付着塩分量調査結果



写真-3.2.2 ドリル法による塩分量調査

表-3.2.2 コンクリートの遮塩性能の分類案

遮塩性能の区分	遮塩性能の指標		遮塩性能に応じた対策
	RC	電気抵抗率(Ωm)	
橋梁に従来から用いられているコンクリート※	PC	< 100	塩害の影響度合いが最も激しい区分では、かぶりのみでは防食できず、塗装鉄筋等併用
高い遮塩性能を有するコンクリート		100~200	塩害の影響度合いが最も激しい区分でも、100年間で塩分侵入が70mmに達しない
極めて高い遮塩性能を有するコンクリート		> 200	塩化物イオンの浸透が停滞するため塩害の影響を受けない

### 3.2.2 道路土工構造物の信頼性の向上

道路土工構造物の信頼性を向上させるためには、地質・地盤の不確実性による影響を適切に取り扱うことが重要である。平成28年11月に発生した博多駅前の道路陥没事故を契機に「土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会」が設置され、令和2年3月には国土交通省より対応するガイドラインが通知された。土木研究所は当該委員会の事務局を担当するほか、専門技術者としても複数の職員が参画し、当該ガイドラインの作成に多大な貢献を果たしている。このガイドラインで示された地質・地盤リスクに関する情報の引継ぎ（図-3.2.3）という概念は「段階的に不確実性を低減させる」というリスクマネジメントの考え方を明確に示しており、令和4年度から始まる土木研究所の第5次中期計画においても、道路土工構造物の調査・設計・施工・管理のすべてのプロセスにおいて基本となる考え方として今後の研究の根幹を成すものと考えられる。

道路土工構造物のうち、カルバートについては、過去の変状事例に対する分析、現地調査、工事完成図書の調査を行い、周辺地盤の影響（偏土圧、盛土の変形、不同沈下等）に伴う変状も多いこと、こうした変状が見られるカルバートは注意を要する立地条件にある場合も多いことを確認した。この調査・分析結果に基づき、偏土圧を考慮したカルバート各部材の応力度照査を行い（図-3.2.4）、対象とした事例の範囲では、頂版の応力度には上部道路の活荷重が与える影響も大きいこと、場所打ちボックスカルバートでは水平土圧分布の非対称性による影響は大きくない可能性が明らかとなった。また、現地の地質調査と数値解析を行い、カルバートが前後区間の盛土の沈下に引き込まれる挙動が、継手の開きの大きな要因になると考えられることも明らかにした。これらの研究成果は「道路土工—カルバート工指針」の改訂にも反映される予定であり、カルバートを新設する際の信頼性の向上に資するとともに、研究過程で得られたノウハウは「シェッド、大型カルバート等定期点検要領」の将来の改訂にも反映されることで、今後の点検作業の省力化に寄与することが期待される。

補強土壁についても、新たな変状形態である重力式基礎からのすべり落ちについて、兵庫県南部地震や熊本地震における実測値と、断面や入力時振動を変化させた計算値を比較（図-3.2.5）し、致命的な状態を回避するための対策として重力式基礎上に設ける余裕幅を定量的に提案するなど、土工構造物の信頼性の向上に資する研究を行ってきた。

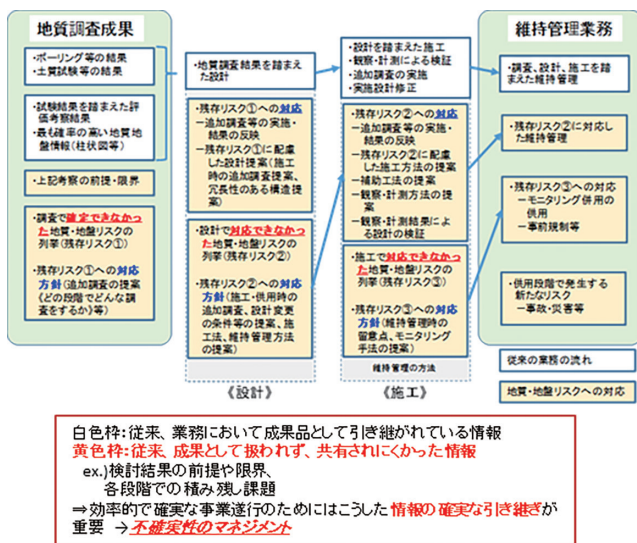


図-3.2.3 地質・地盤リスクに関する情報の引継ぎのイメージ

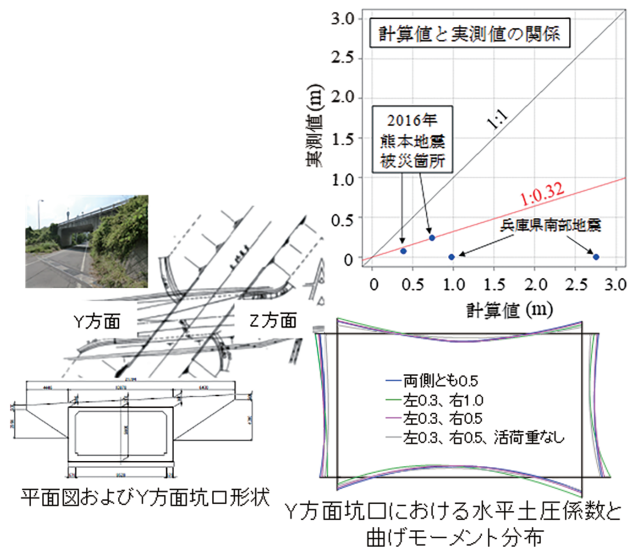


図-3.2.4 偏土圧の影響に関する数値解析の例

### 3.2.3 既設トンネルの更新技術の開発

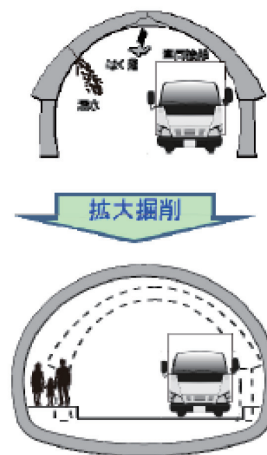
供用中の道路トンネルでは、不具合の発生等の状況に応じて更新工事が実施されている。例えば、大型車両のトンネル壁面への接触や歩行者の危険等が発生する比較的断面積が小さいトンネルを拡大する掘削（以降、拡大掘削、図－3.2.6）や、ひび割れやうき、漏水等の変状が多数生じた覆工の切削、再構築等があり、交通量の変化やトンネル自身の老朽化に伴い今後こうした更新工事は増加することが考えられる。

拡大掘削は、工事実績が少なく技術的な知見の少ない現状では、既往の何もない地山に新たにトンネルを掘削（以降、新設掘削）する場合に用いる基準類を参考に設計・施工されることが多い。しかし、拡大掘削では、既設トンネルの掘削による応力再分配が発生した後の地山を掘削することや、既設トンネルの周囲を切り拓げるため新設掘削と比較して掘削断面積が小さく掘削部の形状が異なることなどにより、新たに設置する支保構造に生じる変位や応力が異なる可能性がある。そこで、二次元載荷装置（写真－3.2.3）を用いた室内実験により、掘削時の周辺地山の基礎的な挙動を比較したところ、既往の数値解析結果と同様、拡大掘削において地山の圧縮ひずみ解放割合が新設掘削と比較して小さいことを確認した。これにより、従来の新設掘削に準じた設計・施工の妥当性が検証されるとともに、得られた成果は今後の理論的な検討に活用されることが期待される。

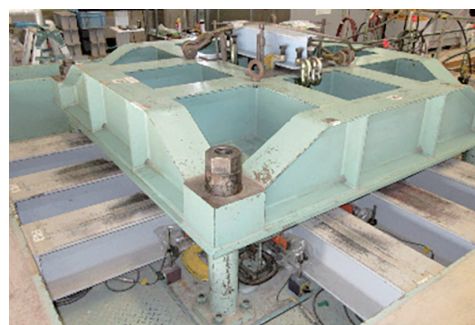
拡大掘削を行う場合、当該道路を工事期間中に渡り通行止めにする、交通への影響が非常に大きい。そこで、当該トンネルを交通の用に供しながら拡大掘削を行う更新技術の開発について、民間企業との共同研究を行っている。図－3.2.7はこの共同研究を通じて開発された特許出願更新工法の概略図である。一般車の走行スペースを確保するためのプロテクターの仕様など6件の特許を出願する技術開発成果があり、今後増大すると思われる既設トンネルの大規模更新に向けてさらなる実用化の検討が期待される。

#### 参考文献)

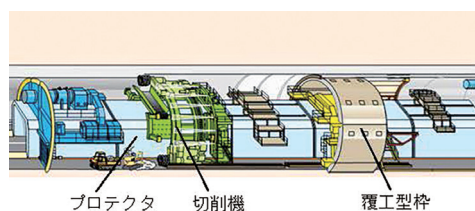
- 1) 国土交通省 インフラメンテナンス情報 ポータルサイト



図－3.2.6 拡大掘削のイメージ



写真－3.2.3 二次元載荷装置



図－3.2.7 活線での更新工法の例 (特許出願中)

# 4. 持続可能で活力ある社会

## 4.1 再生可能エネルギー、低炭素、そしてカーボンニュートラルへ

### 4.1.1 下水道資源を活用した藻類培養とその再生可能エネルギー化

下水処理過程で発生する土着藻類を、積極的に培養増殖させて、汚泥との混合物の嫌気性消化により再生可能エネルギーの増産を図る研究に取り組んだ（図-4.1.1）。

このため、下水道資源を活用して藻類培養を効率的に行う手法の開発を目指した。従来の培養は放流直前の透明度の高い下水処理水による培養が中心であったが、土木研究所の研究では、より栄養塩濃度や濁度の高い、流入下水や下

水汚泥分離液を混入した液において、攪拌方法や希釈方法の改良により効率的に藻類を培養する技術を開発した。また、培養装置にも様々なものがある（図-4.1.2）ので、それぞれの培養方式の特徴を明らかにし、下水処理場内の各処理段階で得られる水質の特性、藻類培養に利用できるスペースなど、地域の下水処理場の条件に適合した培養方法の提案を目指した研究を行った。

培養した藻類を下水汚泥と混合して嫌気性消化するには、藻類を回収・濃縮を行う必要がある。この方法についても研究を行った。汚泥分離液や処理水を用いた培養藻類は、自然沈降しないため、機械または凝集剤添加による濃縮、回収が必要であった。そのため、遠心濃縮機（ディスクセパレーター）による藻類の回収（図-4.1.3）を試み、この方法であれば凝集剤を使用しなくても、藻類を除いた分離液を外部に放流できるレベルにすることが可能であることが分かった。

これらのシステムのエネルギー収支の試算を行い、藻類濃縮・回収に相当量のエネルギーを必要とするものの、嫌気性消化によって得られるエネルギーの方が多く、再生可能エネルギーの生産が可能であることが分かった。しかし、藻類濃縮・回収に必要なエネルギー量は、現状ではかなり大きいので、より効率的なシステムの検討を今後も進めるとともに、具体的な下水処理施設を想定した導入検討による、最適な技術選定手法の確立を目指している。

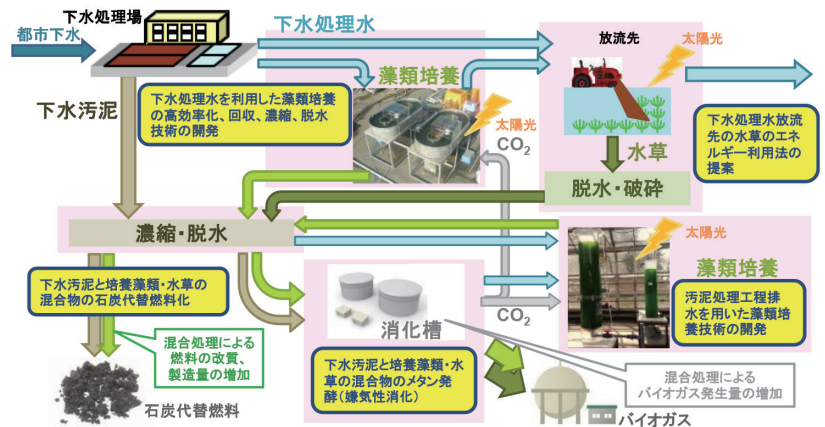


図-4.1.1 「下水含有栄養塩を活用したエネルギー生産技術の開発に関する研究」のスキーム図



図-4.1.2 藻類培養装置の例（レースウェイ式藻類培養装置）

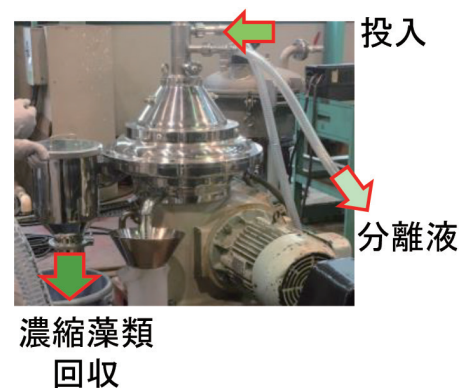


図-4.1.3 遠心濃縮機による藻類濃縮分離実験

## 4.1.2 下水処理場における地域バイオマスの利活用

### (1) 地域バイオマスのバイオガス化

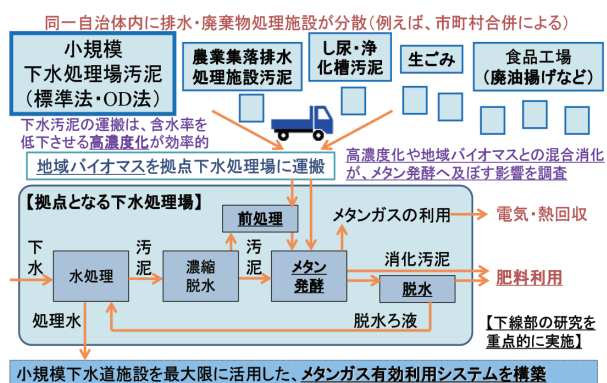
低炭素・循環型社会を構築するために、都市や農村から発生する地域バイオマスを資源やエネルギーとして、地域で有効活用する技術開発が求められてきた。下水処理場においては、下水汚泥の嫌気性消化工程で発生するメタンガスの有効利用に期待が高まっているが、今日でも小規模処理施設でのメタンガスの利活用が課題となっている。そこで小規模処理場施設に適したメタンガス有効利用技術の開発を目的として「小規模処理場施設に適したメタンガス有効利用支援に関する研究」を石川県、金沢大学及び民間企業と実施した。共同研究により、脱水汚泥の形態で汚泥を集約するとともに、生ごみなど地域バイオマスも合わせて集約処理し、高濃度混合メタン発酵技術による資源利用・エネルギーの回収・利用を行うシステムを提案した（図－4.1.4）。

通常消化される汚泥より2～3倍程度高い7.5～10%程度の固形分濃度となる下水混合汚泥を対象とした嫌気性消化の連続式実験を行ったところ、中温条件（35℃）では安定した処理を行うことができた。処理場での現地実証実験（図－4.1.5）では、様々な地域バイオマスとの高濃度混合メタン発酵実験を1年間実施し、期間を通じて安定的にガスが発生した。

人口数万人規模の都市で経済性の評価を行ったところ、個別処理した場合（従来技術）と、高濃度混合メタン発酵（新技術）を実施した場合は、年間約32百万円のコスト縮減が可能という試算結果となった。また温室効果ガス排出量の削減効果は、従来技術の場合は715.5t/年、新技術の場合は509.3t/年となり、年間206t（約30%）の削減が可能との試算結果となった。

本研究の成果を利用して、石川県中能登町においてバイオマスメタン発酵施設（図－4.1.6）が平成29年より供用されるとともに、石川県において「メタン活用いしかわモデル導入の手引き」が作成され利用されている。

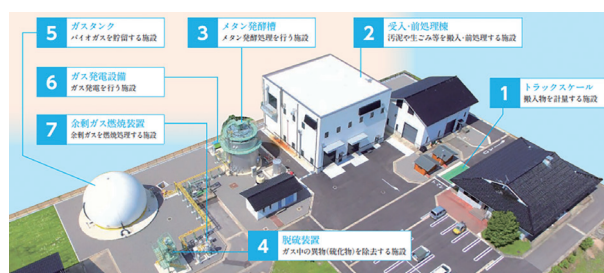
### 小規模処理場施設に適したメタンガス有効利用支援に関する研究



図－4.1.4 地域バイオマスを活用した小規模処理場におけるメタン発酵の導入イメージ



図－4.1.5 処理場に設置した実験機



図－4.1.6 鹿島中部クリーンセンター 外観俯瞰図



## (2) バイオガス化以外の地域バイオマスの利活用

バイオガス化以外にも、下水処理場内での利活用技術として、下水汚泥焼却施設の補助燃料及び下水汚泥の脱水助剤について検討した。

剪定枝等を下水汚泥焼却施設の補助燃料として活用する技術については、下水汚泥と剪定枝を混焼することによる消費エネルギー削減効果の算定を行った。エネルギー収支の検討の結果、バイオマスを破碎する工程で電力を必要とするが、通常の補助燃料として用いる重油の使用量が削減されるため、草木系バイオマス導入によって消費エネルギーが15%削減されるとの結果となった(図-4.1.7)。システムとしての実現性が良好な結果であったので、現在は実際の下水処理場による、草木系バイオマスの搬送試験等を実施しているところであり、閉塞などの重大な支障が生じないことが確認できている。

刈草等を下水汚泥脱水助剤として活用する技術については、イネ科の植物等について、下水汚泥の脱水助剤としての有用性を遠心脱水試験で検証するとともに、汚泥脱水に効果のある添加率等について実験的検討を行った。効果の期待できる条件を明らかにできたので、結果を元に実際の下水処理場において、その地域の草木系バイオマス等を用いた検証試験を実施した(図-4.1.8)。検証試験では脱水助剤としてのバイオマスの前処理方法、下水汚泥との最適な混合割合や実際の脱水施設での下水汚泥脱水効果などを検討した。実験の結果、刈草を10%程度脱水助剤として混合した場合で、下水汚泥の脱水に用いる凝集剤の消費量を13%程度削減しても、削減しない場合と同等の脱水効果が得られることが検証された(表-4.1.1)。

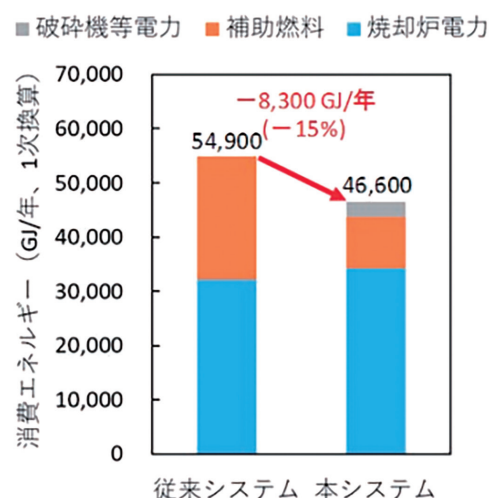


図-4.1.7 補助燃料利用によるエネルギー削減効果の試算例



図-4.1.8 脱水助剤(刈草)を混合した脱水ケーキ

表-4.1.1 脱水時におけるバイオマス混合の有無と、汚泥ケーキ発生量の比較

凝集剤添加率	バイオマス混合脱水	通常脱水(バイオマス無添加)
1.1%	0.75 t/h	0.85 t/h
0.96%	0.74 t/h	0.85 t/h

### 4.1.3 材料の環境負荷低減技術・低炭素化対応

#### (1) 低炭素型のコンクリート

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、建設分野でも低炭素化に対応できる材料に関心が高まっている。石灰石等の原材料を焼成して製造するポルトランドセメントは、製造過程で多量の二酸化炭素が排出されることが避けられない。セメントの一部を高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの副産物に置換した低炭素型のコンクリートは、二酸化炭素の排出削減の観点で効果が期待される（図－4.1.9）上に、塩化物イオン浸透やアルカリシリカ反応を抑制することで高耐久化にもつながることが期待される。iMaRRCでは、低炭素型のコンクリートを用いる場合について、民間8者との共同研究を行い、使用する場合の設計・施工の基本原則や配慮すべき事項を「低炭素型セメント結合材を用いたコンクリート構造物の設計・施工ガイドライン（案）」としてまとめた。

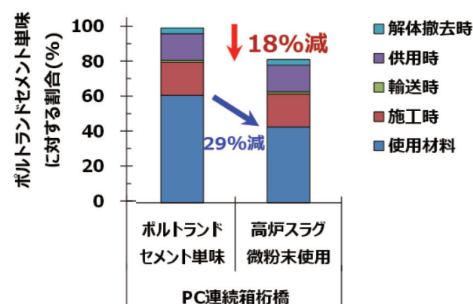
成果は日本道路協会のコンクリート道路橋設計便覧にも引用されており、今後適用が拡大することが期待される（図－4.1.10）。

#### (2) 舗装分野の低炭素化

舗装分野においても、低炭素化に有効と考えられる舗装材料の技術開発を進めるとともに、より有効な利用や確実な効果を得るために、適用範囲、評価方法などを検討した。

このような舗装材料の一つとして、アスファルト舗装を再生利用する際に、混合物の製造温度を通常より20～50℃程度低下させる中温化技術について、その適用性を検討した。再生混合物に中温化技術を適用することで、二酸化炭素排出量は、新規混合物や通常の再生混合物に比べて低く、低炭素化への一定の効果が期待できるとの結果を得た（図－4.1.11）。今後は中温化技術で作製した混合物が舗装材料としての性状を十分に有することを確認して、実際の普及促進を目指す。

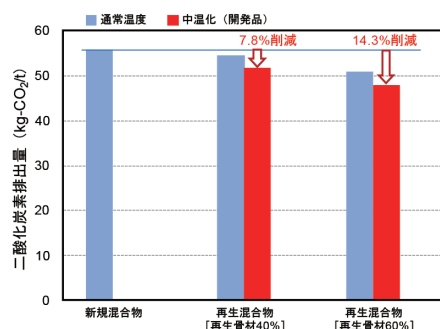
また、舗装分野での新たな低炭素化への寄与の方向性として、低燃費舗装が挙げられる。低燃費舗装は舗装路面のテクスチャ（きめ深さ）や平坦性などを改善して、走行する車両の燃費を向上させる効果を期待する舗装技術である。この技術については土木研究所は民間との共同研究より開発を行い、約2%の燃料消費量・CO<sub>2</sub>排出量の削減効果を確認した。また、実道等においても施工を行い（図－4.1.12）、耐久性や低燃費性能の持続性を確認している。



図－4.1.9 低炭素型のコンクリート使用時の二酸化炭素排出量削減効果例



図－4.1.10 低炭素型セメント結合材活用事例（写真提供：（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会）



図－4.1.11 中温化技術を適用した再生混合物の二酸化炭素排出量の比較



図－4.1.12 低燃費舗装の活用事例

## 4.2 持続可能な建設リサイクルを目指して

建設分野で発生する廃棄物の建設分野での再利用（建設リサイクル）については、多くの資材で95%以上が再利用されているなど積極的に進められている。建設分野からの排出量の多いものとしては、コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊、建設発生土などがあり（表-4.2.1）、土木研究所ではそれぞれの再利用促進に関する研究に取り組んでいる。

表-4.2.1 主な建設発生材と発生量  
(建設リサイクル推進計画2020より)

建設発生材	年間発生量
アスコン塊	2,128 万t
コンクリート塊	4,019 万t
建設発生土	29,000 万m <sup>3</sup>
建設混合廃棄物	228 万t
廃プラスチック	60 万t
建設汚泥	623 万t

### 4.2.1 コンクリート解体材の再利用（再生骨材）

コンクリート構造物の解体で生じるコンクリート塊（コンクリート解体材）の再利用率は高い水準である（平成30年度に99.3%）が、そのほとんどが道路用の路盤材として再利用されている。しかし道路網の整備も成熟してきており、新規の道路建設は今後必ずしも多くは見込めないことから、路盤材以外の用途の開発が重要となっている。良質なコンクリート用骨材の賦存量には限りがあり、資源の有効利用が求められる。

このような背景から、土木研究所では、コンクリート解体材から取り出した再生骨材（図-4.2.1）を、再度コンクリート用骨材として利用する技術について検討してきた。なお、コンクリート解体材に含まれるセメント等に由来するカルシウム成分は、CO<sub>2</sub>を吸収する材料としてカーボンニュートラルの観点から着目されている。コンクリート解体材を構成するさまざまな材料を有効活用する技術が今後も種々提案されることが想定され、その建設分野での活用方法を示すことは長期的な検討課題である。

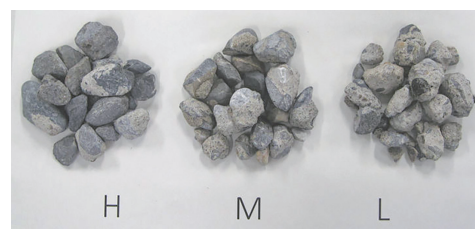


図-4.2.1 再生骨材の例

コンクリート解体材を再びコンクリート用骨材に再利用しようとする考えは古くからあり、JISも整備されているが、利用率は上がっていない。その理由として、再生骨材を使用した事例が少ないことから、再生骨材を用いた場合のコンクリートの耐久性、特にアルカリシリカ反応や乾燥収縮、凍結防止剤散布環境下での凍害などへの影響についての情報が十分には提供されていないことがあると考えられた。このため、土木研究所では、東北地方整備局および宮城大学との共同研究により、耐久性等が十分に確認されている再生骨材コンクリートの例を具体的に示すことに取り組んだ。

具体例として再生骨材を用いても強度や耐久性の面で普通骨材を使用した場合と同等な品質となるプレキャストコンクリート製品の条件を検討した。その結果、設計基準強度30N/mm<sup>2</sup>以下、製品寸法が最大で約2m以下の製品であれば、粗骨材に再生骨材M（耐凍害品）を使用しても普通骨材を用いた場合と製品の品質が変わらないとの結果を得た。また、アルカリシリカ反応抑制手法の提案を行うとともに、再生粗骨材を用いたコンクリートの、フレッシュ性状や強度、耐久性について検証し、知見を整理した。例えば中性化抵抗性については、強度が同じ普通コンクリートと同程度であること、塩分環境下での凍結融解抵抗性（スケーリング劣化

抵抗性)については、耐凍害品の再生粗骨材を使用した場合は、普通コンクリートと同程度であることなどを促進試験で確認した。積雪寒冷地(凍結防止剤散布地域)に10年間暴露されていた製品の調査を実施し(図-4.2.2)、再生骨材に起因する劣化が生じないことも確認した。

これらの成果を「プレキャストコンクリートへの再生粗骨材Mの有効利用に係るガイドライン(案)」として取りまとめた。この中では、これまで評価が難しかった再生粗骨材の凍結融解抵抗性を評価する試験方法について、従来法では10日以上必要だった試験期間を、2日間に短縮する簡易法を提案した(図-4.2.3)。



図-4.2.2 図(写真)10年間屋外暴露されたコンクリート製品  
(左側は天然骨材、右側は再生骨材使用)

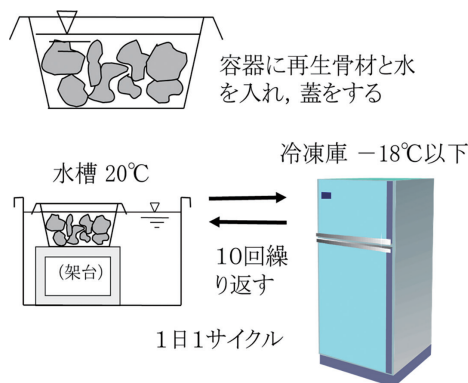


図-4.2.3 再生粗骨材の凍結融解試験方法  
(試験の溶液を淡水から塩水に変えることで1サイクルで結果が得られる簡易法も提案)

#### 4.2.2 アスファルト舗装発生材の再生技術

再生アスファルト混合物(以下、再生混合物)を製造するにあたっては、図-4.2.4に示すように再生骨材に再生用添加剤や新規アスファルト、新規骨材などを混合して製造する。日本ではアスファルト混合物の再生利用が1970年代には行われるようになっており、現在、アスファルト舗装発生材の100%近くがアスファルト混合物や路盤材として再生利用されるようになっている。このため、すでに何度か繰り返し再生された再生混合物も使用されているものと考えられる。現在の再生方法は必ずしも繰り返し再生を意識したものとはなっておらず、今後も同じ水準でリサイクルを持続していくには、繰り返し再生を前提とした再生利用方法が必要と考えられる。そこで、繰り返し再生した場合の再生用添加剤の組成の影響を把握し、繰り返し再生に適した再生用添加剤の品質を明確にするために研究を行った。

再生用添加剤は、古くなったアスファルトを元のアスファルトに近い性状に回復させるために使用するが、その能力は再生用添加剤を構成する成分組成(飽和分、芳香族分、レジン分、アスファルテン)に影響を受ける。そこで、その成分比の違う再生用添加剤を使用し、繰り返し再生した時にも性状回復の良いものを検討した。その結果、繰り返し再生回数が少ないものでは、成分比の影響はあまりないが、繰り返し再生回数が増えていくと、性状の回復に大きな差が生じることが分かった。つまり、芳香族分が多いものは、繰り返し再生しても性状回復が期待できるのに対し、飽和分が多いものは、繰り返し再生が進み過ぎると性状回復が困難になることが分かった。

この性状回復は、軟化点や伸度を確認することにより把握で



図-4.2.4 再生アスファルト混合物の原材料

きるものの、このためには多くの溶剤により古いアスファルトを大量に抽出する必要があり容易ではなかった。このため、簡便にこれを把握する方法が新たに必要となった。そこで、アスファルト混合物のカンタブロ試験を応用して、60℃におけるカンタブロ試験（以下、高温カンタブロ試験）を開発した。図－4.2.5に高温カンタブロ試験前後の供試体を示す。再生用添加剤により古いアスファルトの性状が回復している場合、供試体はほとんど壊れないが、そうではない場合、供試体は角の部分から欠損していき損失率が大きくなっている。図－4.2.6に再生用添加剤A、Cの2種類、再生骨材配合率（再生骨材の使用率）を30、60、80、100%、再生回数は0～7回と変えた場合の損失率を示す。再生用添加剤Aは芳香族分が多いもの、Bは飽和分が多いものとなっている。図のように芳香族分が多いもの、再生骨材配合率が低いもの、再生回数が少ないものほど損失量が小さく、性状回復がしやすいことが分かる。このようにカンタブロ試験のような簡便な試験でも性状回復の判定ができることを見出した。

以上のように、繰り返し再生における再生用添加剤の組成の影響について明らかにするとともに、再生が進んだアスファルト混合物の新しい評価方法を開発し、繰り返し再生しても性能が低下しない技術を確立した。

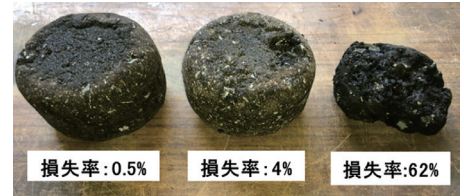
### 4.2.3 下水中からのリンの回収

世界的な食料増産・バイオマス生産のため、肥料用鉱石が戦略物資と産出国で位置づけられ、安定的な肥料の確保が食料安全保障と関連して国家的な課題となってきている（図－4.2.7）。下水汚泥中には食料残渣並びにその代謝物として高濃度の栄養塩が存在しており、これらを回収して資源利用する手法を検討する必要がある。下水道にはリンが豊富に存在することが広く知られており、下水道からのリン回収によるリン資源確保への貢献が期待されている。

白金コーティングチタン電極を用いた電気分解により、消化脱離液からのリン回収実験を行い、回収リン資源の肥料利用の可能性を示した。また、全国の下水処理場を対象としたアンケートにより、処理場の下水汚泥焼却灰中のリン含有量を調査し、インベントリを整備した（図－4.2.8）。その他、部分循環式嫌気性ろ床、嫌気好気活性汚泥処理等から構成される下水処理方式による、余剰汚泥の焼成物中のリン含有率を調査した。

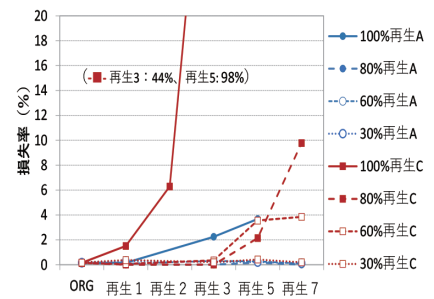


試験前の供試体

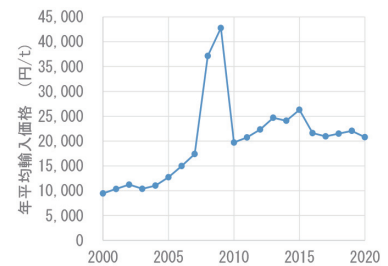


試験後の供試体

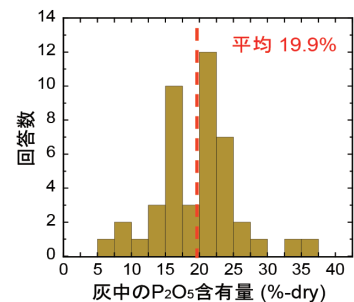
図－4.2.5 高温カンタブロ試験の供試体の様子



図－4.2.6 再生用添加剤種類と再生骨材配合率の影響



図－4.2.7 リン鉱石輸入価格の推移 (財務省 貿易統計より)



図－4.2.8 全国の下水汚泥焼却灰中のリン含有量

#### 4.2.4 自然由来重金属等を含む建設発生土の活用

岩石や土壌は、自然由来の重金属等を含む場合がある。このようなケースでは、建設発生土の利用に際して環境対策が必要な場合がある。公共工事の発生土量は 2.4 億 m<sup>3</sup>/年にも及ぶことから、そのリスクを適正に評価し、発生土を有効に利用する技術の開発に取り組んだ。

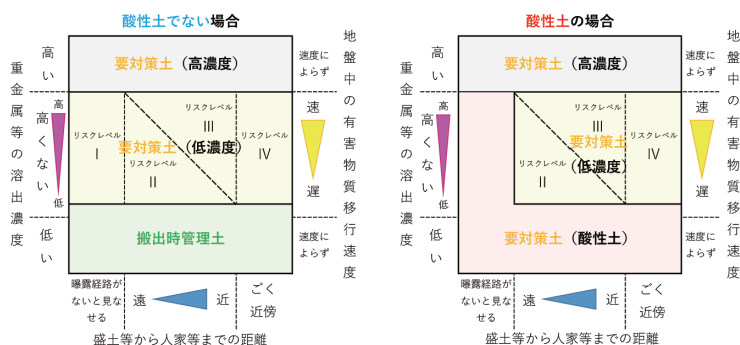
発生土の発生源濃度、搬出先のリスク評価結果と対策工法の選定を関連づけた実務的評価方法を「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル」の改訂素案として提示した（表－4.2.2）。また、発生土の酸性化可能性、重金属等の溶出濃度、発生土の利用場所の特性との兼ね合いによる分類と、対策工法等を対応も併せて示した（図－4.2.9）。これらの成果は国土交通省「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル」の改訂に反映される見込みとなった。さらに、自然由来重金属等含有土の有効利用に関する一連の成果は、多くの現場への技術指導に活かされたほか、土壌汚染対策法における自然由来汚染土壌の規制の緩和に役立てられた。

建設発生土の適正利用に向けた環境安全性評価・対策手法の確立についても取り組んだ。土研式雨水曝露試験（図－4.2.10）や実大盛土試験を実施し、雨水の浸透率・浸透速度、長期溶出を注意すべき元素・岩石の特徴を明らかにした。また、酸化的～還元的な盛土内環境を再現する各種の短・中期試験方法（図－4.2.11）を提案し、重金属等溶出の安全性評価および中和・吸着対策工法の評価方法を検証した。なお、本研究で行った飽和上向流カラム試験結果が、ISO 規格（ISO 21268－3）の制定にあたって技術的根拠の一つとして採用された。

建設発生土の適正利用に向けた環境安全性評価・対策手法の確立についても取り組んだ。土研式雨水曝露試験（図－4.2.10）や実大盛土試験を実施し、雨水の浸透率・浸透速度、長期溶出を注意すべき元素・岩石の特徴を明らかにした。また、酸化的～還元的な盛土内環境を再現する各種の短・中期試験方法（図－4.2.11）を提案し、重金属等溶出の安全性評価および中和・吸着対策工法の評価方法を検証した。なお、本研究で行った飽和上向流カラム試験結果が、ISO 規格（ISO 21268－3）の制定にあたって技術的根拠の一つとして採用された。

表－4.2.2 マニュアル改訂案における要管理土の区分と盛土等への利用時の主な対応

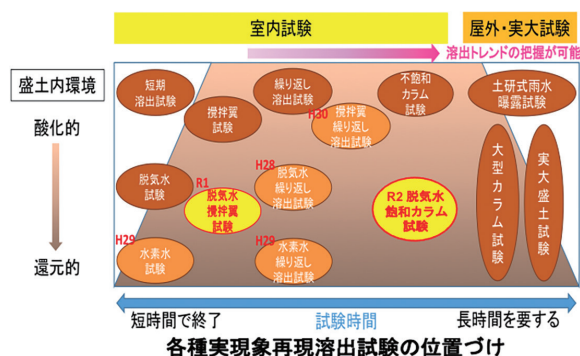
要管理土の区分	盛土等への利用にあたっての主な対応	
搬出時管理土	搬出管理	
要対策土（酸性土）	酸性水対策工・モニタリング・搬出管理	
要対策土（低濃度）	リスクレベルⅠ	転圧、舗装等（推奨）・モニタリング・搬出管理
	リスクレベルⅡ	多様な対策工（一重の遮水工封じ込め、不溶化工、吸着層工など）・モニタリング・搬出管理
	リスクレベルⅢ	信頼性の高い対策工（二重の遮水工封じ込めなど）・モニタリング・搬出管理 もしくは多様な対策工・強化したモニタリング・搬出管理
	リスクレベルⅣ	信頼性の高い対策工・モニタリング・搬出管理
要対策土（高濃度）	信頼性の高い対策工に加えて必要に応じて不溶化・モニタリング・搬出管理	



図－4.2.9 マニュアル改定案における発生土の分類



図－4.2.10 土研式雨水曝露試験の実施状況



図－4.2.11 盛土内の実現象を再現する各種試験方法の模式図

## 4.3 河川・水域の望ましい環境の姿へ

### 4.3.1 多自然川づくり

明治39年(1896)、日本政府は公共の利益の増進と被害の軽減を目的として河川法を制定した。これ以降、法に基づく公共事業として河川改修が進められてきた。昭和39年(1964)には、河川法の目的に、水利用の調整が加えられ、日本政府は治水と利水の安全度向上に努め、社会経済活動のインフラ整備に努めてきた。

やがて経済的に成長した20世紀の終わりには、国民の意識に変化がみられるようになった。日常生活の中で量的な豊かさから質的な豊かさ、すなわちうるおいやゆとりを求めるようになった。また、まちづくりの面において豊かな自然、美しい景観、歴史や文化に対する関心が増大してきた。とりわけ水辺空間には水と緑の貴重なオープンスペースとしての大きな期待が寄せられるようになった。

そこで建設省(当時)は、平成2年(1990)から、「多自然型川づくり」を開始した。これは「河川が本来有している生物の良好な生育環境に配慮し、あわせて美しい自然景観を保全あるいは創出する」ことを目的にした河川事業であった。

当初は改修事業区間でのパイロット的なモデル事業であったが、やがて災害復旧を含むすべての事業で計画されるようになった。こうした取り組みは、従前の治水・利水のための河川改修を、治水・利水・環境を調和させる川づくりへと転換させた。そして平成9年(1997)には、河川法が改正され、その目的に「河川環境の整備と保全」が加えられた。

河川法の下ですべての川づくりは「多自然型」で実施されるようになり、様々な工夫を重ねて治水機能と環境機能を両立させた取り組みが増えてきた。しかしその一方で、場所ごとの自然環境の特性への考慮を欠いた改修や、画一的な標準断面形で計画したり、河床や水際を単調にすることでかえって河川環境の劣化が懸念されるような課題が残る川づくりも多く見られた。

そこで「多自然型川づくりレビュー委員会」が設置され、平成18年に「多自然川づくりへの展開」が提言された。提言では、川づくりの理念が共通認識となっていないこと、技術的な課題が多いこと、支援体制が不十分なこと、人材育成のしくみがないことが指摘された。そして、「良好な河川環境の再現、人と河川の関係の再構築」を川づくりの理念として、「可能な限り自然の特性やメカニズムを活用する」という考え方が示された。

これを受けて国土交通省は、「多自然川づくり」を「河川全体の自然の営みを視野に入れ、地域の暮らしや歴史・文化との調和にも配慮し、河川が本来有している生物の生息・生育・繁殖環境及び多様な河川景観を保全・創出するために、河川管理を行うこと」と再定義した。これは川づくりの視野を「水際から流域へと広げ」、「自然と人間生活の営みを結び付け」、「変化に順応的に管理していく」よう大きく広げることであった。

土木研究所では、これを受けて、河川生態チーム(現在の流域生態チーム)と自然共生研究センターが中心となり、河川管理者とともに、河道計画の基本や河岸・水際的设计手法の研究を進めた。その成果は、「多自然川づくりポイントブックⅢ(平成23年)」、「美しい山河を守る災害復旧基本方針(平成23年)」として刊行されている。

河川法改正20年を期に「多自然川づくり推進委員会」が組織され、平成29年(2017)に提言「持続性ある実践的多自然川づくりに向けて」が示された。提言では、技術的な参考図書刊行、環境情報の蓄積と活用、生態学術研究、アドバイザー制度の創設などの河川管理者の実績を確認している。その上で河川管理者に、河川が個別の社会的条件や歴史的・文化的側面を持ち、各河川に対応した多自然川づくりを実践することを求

めている。

具体的には、河川全体を見据えた環境目標の設定、環境改善の評価手法の開発、自然の営力を活用する研究、成功・失敗事例の要因分析、地域住民との協力、生態系の専門家との連携など多くの課題が指摘されている。また、人材育成と普及啓発、市民や企業等と協働した持続性、河川改修と河川利用の経緯の評価、気候変動や人口減少への対策といった社会的課題への対応も求められている。

自然環境と社会環境の持続性を追求するためには、日常的な河川管理の中で、まずは自然の営力を活用した自律的な管理を第一に考え、これのみによることができない場合においては、さまざまな工夫を凝らした河川環境の整備と保全を行っていく必要がある。そして川と地域社会の関わり、河川技術者と地域住民との連動を深めていくことが重要である。

土木研究所は、より実践的な研究を続け、その成果の一端は、「実践的な河川環境の評価・改善の手引き案～河川環境管理シート～(平成31年)」、「大河川における多自然川づくり—Q&A形式で理解を深める—(平成31年)」、「河川事業における生態系保全に関する評価の手引き案～生態系ネットワーク形成に向けて～(令和3年)」に反映されている。さらに技術の普及セミナーや相談窓口を設置するなど、川づくりの現場に携わる技術者の創造的なしごとを支援している。

これからの「多自然川づくり」としては、自然の気象現象が極端化する中で流域全体で洪水や渇水に対応する流域治水、河道だけでなく集水域や氾濫原を含めた環境評価へと取り組んでいく必要がある。また、住民主導型の治水・利水・環境改善の推進や川と流域を共通財産とする価値観の創出など、地域社会への働きかけが必要となる。土木研究所は引き続き、持続的な自然環境と社会環境を実現する研究開発を続けていく。

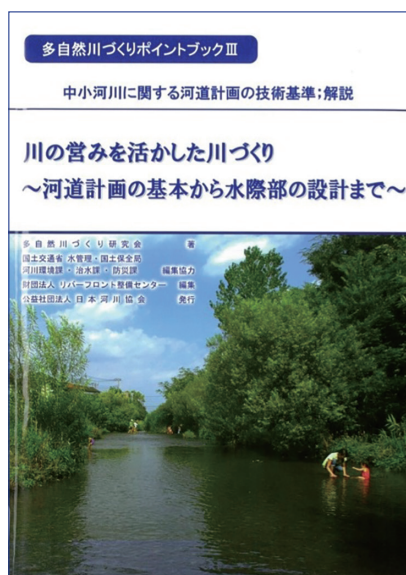


写真- 4.3.1 多自然川づくりポイントブックⅢ



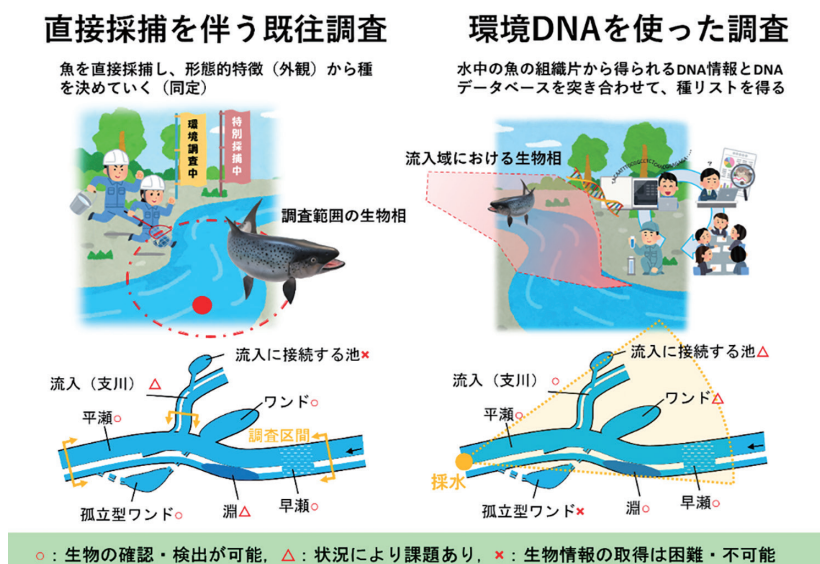
写真- 4.3.2 大河川における多自然川づくり (Q&A)



## 4.3.2 環境 DNA

河川や湖沼の環境中に存在する生物の組織片から DNA を取り出し、その持ち主の情報を得る環境 DNA 調査技術は、これまでの生物を直接捕らえて生物情報を得てきた調査法に代わる新しい技術である。

既往の魚類調査では、夕毛網や定置網などを使った直接採捕により行われ、捕獲した魚の種同定を行い、魚類リストを作成している。採捕や同定といった現地で行う作業のほとんどが人の技能に依存しており、調査の精度は調査担当者の技量次第となっている。一方、環境 DNA 調査では、現地作業は「水を汲む」ことだけで特殊な技能は必要ない。採取した分析に係る直接経費は、現在 30,000 円程度（分析受託会社の価格）で、水サンプルを DNA 分析機関に送ればそのサンプル中に含まれていた組織片の生物のリストが戻ってくる。このリストは精査し、生物学的観点から評価しなければならないが、精度向上や経費削減への期待が大きい。また、希少種の生息地の環境を攪乱することがなく、特別採捕許可申請や漁業組合との事前調整が不要なことも時に大きなメリットとなるだろう。



図－ 4.3.1 直接採捕調査と環境 DNA 調査の違い

とくに期待されるのは、「河川水辺の国勢調査」への適用である。平成 2 年度から始まった河川水辺の国勢調査では、現在全国 109 の一級水系の河川およびダムの直轄管理区間を中心に、「魚類」「底生動物」「植物」「鳥類」「両生類・爬虫類・哺乳類」「陸上昆虫類等」6 項目の生物調査と、「河川の瀬・淵や水際部の状況等」、「河川空間の利用者等」を実施している。全国の主要河川を網羅した 30 年もの生物情報データは、現時点でも財産であり、これを持続的に継続していくことが生態系保全を含む河川管理の観点から重要である。

実は、「河川水辺の国勢調査」の際に環境 DNA 分析を行う事例は、少なくとも平成 28 年には実施例があり、その数は年々増えていた。コンサルタントからの技術提案事項として実施されていた事例を、令和元年に土木研究所で収集・分析したところ、環境 DNA により得られる生物リストは調査によって得られる生物相との相関があることが示された。これを踏まえ令和 2 年には、国土交通省地方整備局の協力を得ながら、河川水辺の国勢調査として魚類調査を実施する河川・ダムから魚類調査地点およびその近傍の水質調査地点等から計 500 以上のサンプルの提供を受けて分析を行った。令和 3 年度は、調査対象ダム・河川の数を地域に偏りが無いように選定し、半数近い地点では、河川水辺の国勢調査の発注業務として採水から分析まで一連の流れ

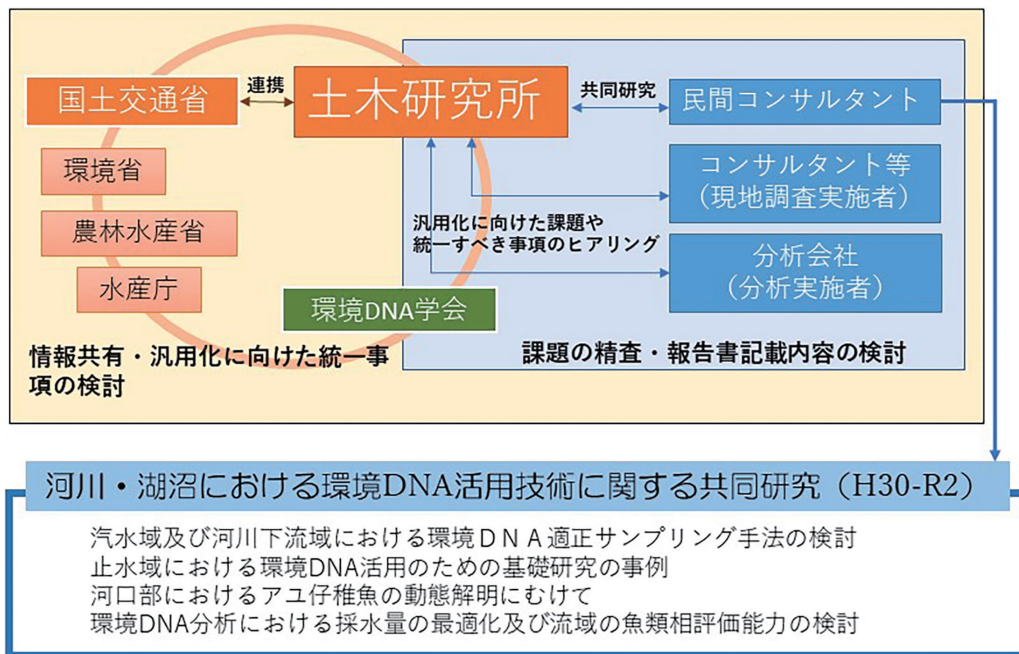
を実施している。ダムや河川の管理者とも、将来的な環境 DNA マニュアルの策定に向けた議論を行うこととしている。

「河川水辺の国勢調査」に限らず、生物調査は、実務を担うコンサルタント等の視点も重要である。土木研究所では、平成 30 年から 3 か年にわたり、民間コンサルタント会社 4 社との共同研究を実施した。本研究では、各社が設定した課題（図を参照）に対して環境 DNA を活用しながら、得られた成果や課題、解決方法などを議論していった。この共同研究の成果は、報告会や土木研究所流域生態チームの HP で広く公表している。この研究で作成した統一記録様式は令和 3 年度の河川水辺の国勢調査テーマ調査で実装されている。

さらに現在、「河川水辺の国勢調査の標準化」と「環境 DNA を活用した調査の高度化」を目指した共同研究を土木研究所とコンサルタントに加え、他分野の公的研究機関とも連携しながら進めていくこととしている。

河川だけでなく、水田地域、港湾、海域などあらゆる水域においても、それぞれ生物調査が行われている。管轄する組織や実施母体が異なるこれらの調査は、同じ生物種を対象としながらも、調査方法や調査密度が異なるため、同列で評価することが難しい実情がある。一方、環境 DNA を使った調査結果は、「水から得られる生物情報」として同じような情報を得られるとともに、分析生データを保管しておくことで先々改めて分析を行うことも可能である。

環境 DNA を使った調査結果を相互利用すれば、それぞれの組織が、それぞれの目的に沿った環境情報を取り出すことも可能である。そのためには、環境 DNA 分析データを同じ形式で保存・蓄積する仕組みが必要となる。関係機関が環境 DNA を使った調査方法や今後のデータベースの在り方などについて議論を行っている。



図－ 4.3.2 環境 DNA に係る土木研究所および他機関との連携

### 4.3.3 新たな水質リスクへの対応

人間活動及びその影響が全球的に拡大する中で、水質リスクについても、従来の公害リスク（工場等が原因）から水環境リスク（広く社会全体が原因）に変化してきている。このような新たな水質リスクの代表例としては、「都市・産業活動にともなう化学物質汚染」「マイクロプラスチック汚染」「グローバル化による感染症拡大」が挙げられる。

#### (1) 都市・産業活動にともなう化学物質汚染

都市における人間・産業活動の集中・拡大により、化学物質の使用種類・量が増大しており、都市域では下水道を經由して河川等の水環境への影響が懸念されている。このため、人が服用・排泄し下水道へ流入する医薬品等の人間活動由来の微量化学物質、PRTR 制度（化学物質管理法）で指定され工業や生活での使用・環境排出が把握・推計されている化学物質等について、網羅的分析による効率的測定、下水処理による低減可能性等について検討している。

下水中の化学物質の網羅的測定法を開発し、存在実態を把握した。また生物担体処理により抗生物質の低減、河川流域における化学物質の挙動モデル化等を実施した。

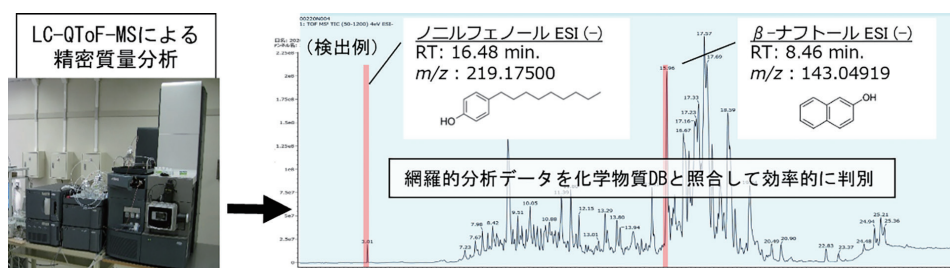


図- 4.3.3 下水等の水環境試料中の化学物質の網羅的分析法の概要

#### (2) マイクロプラスチック汚染

便利で安全・快適な生活を支えるプラスチックが、マイクロプラスチックによる環境影響懸念につながり、予想外の問題へ発展している。特に繊維状のマイクロプラスチックについては、洗濯由来等で下水道への流入が想定されることから、下水処理場における挙動実態を把握した。まず、効率的な分析技術を開発し、マニュアル化を行った。この手法を用いて実態調査を行い、下水処理場で大半が除去される傾向であることを把握した。また、粒子状のマイクロプラスチックの生物影響を調査し、材質がナイロンの場合に、電気的吸着により藻類増殖を阻害する可能性があることを把握した。

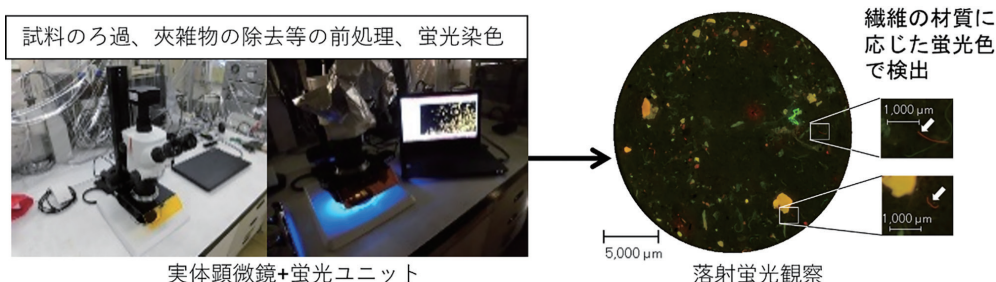


図- 4.3.4 下水中の繊維状マイクロプラスチックの分析技術の概要

マイクロプラスチックを混合すると藻類が沈み増殖せず  
 (左) 混合 (右) 藻類のみ

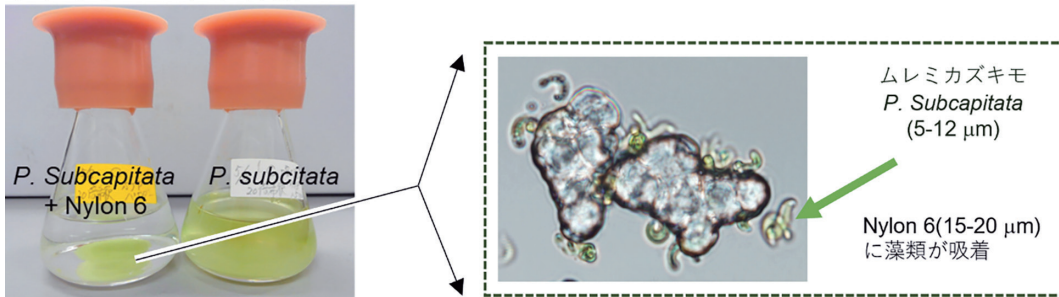


図- 4.3.5 マイクロプラスチックによる生物影響の把握例 (吸着による藻類増殖阻害)

### (3) グローバル化による感染症拡大

COVID-19 の世界的な感染拡大等により、衛生学的安全性への関心が高まっている。下水道は公衆衛生の向上を目的の一つとしており、人体より排出された病原微生物が流入しうるため、処理及び消毒の適切な管理により、衛生学的安全性に貢献することが重要である。

公共用水域や排水等の衛生学的な水質指標としては、これまで大腸菌群数が用いられてきたが、自然の土壌等の細菌も検出される場合があり、糞便性汚染の正確な把握に課題があった。近年、測定技術の向上により、大腸菌のみを正確・容易に測定することが可能となっており、水質環境基準では令和 4 年度より大腸菌へ変更される。今後、排水基準や下水道放流水質基準においても同様の変更検討が見込まれるため、公定法のための測定法の精度検討を行った。

使用する培地・希釈水の種類が分析精度に及ぼす影響や測定法ごとの特徴を把握し、下水道の放流水に適した大腸菌測定法と精度レベルを明らかにした。これにより、放流水質の衛生学的安全性を適切な管理に資する指標性向上のための貢献を行った。

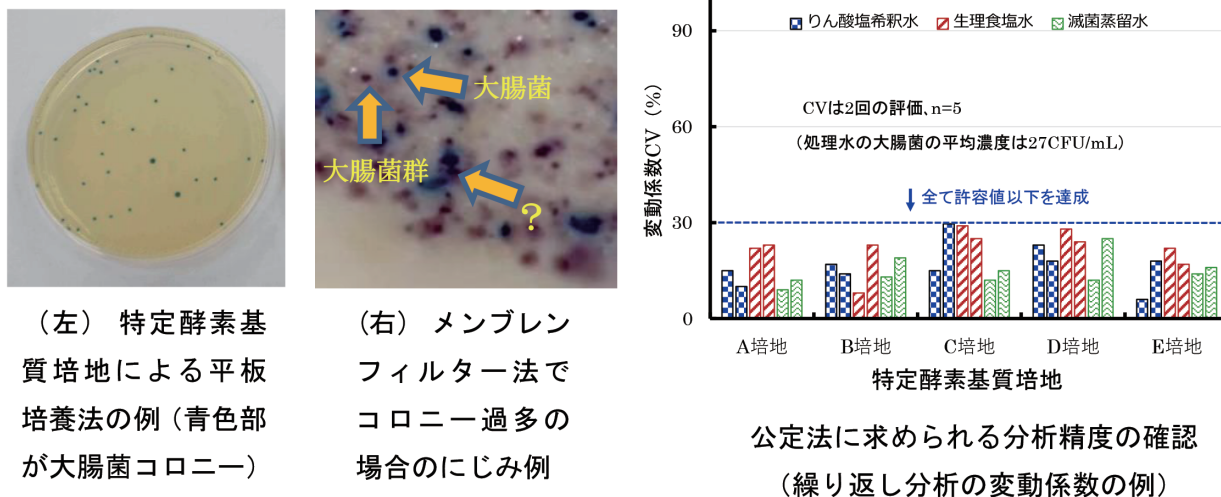


図- 4.3.6 大腸菌測定の公定法に向けた検討

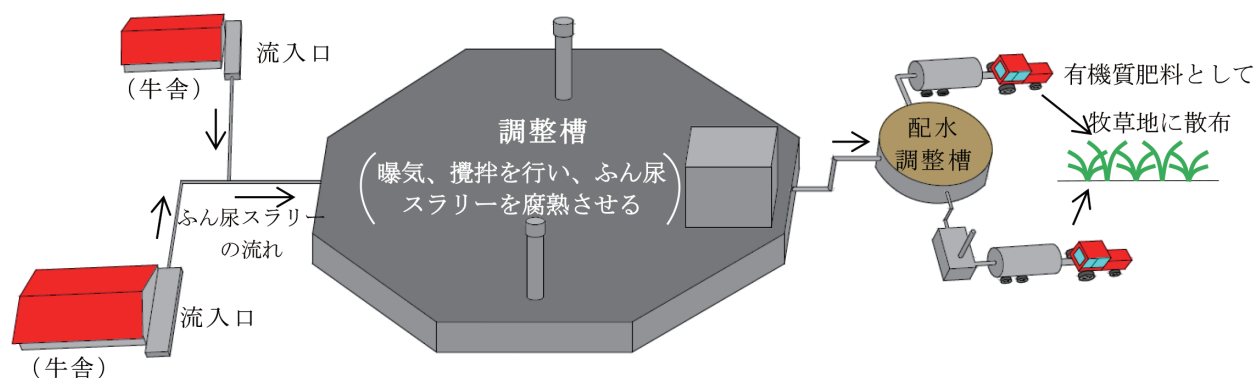
このような新たな水質リスクは、影響の現れ方も急性・一過性から慢性・反復性へと変化し、複雑な現象の解明とそれに基づく対応が求められる場合が多くなっている。このため、社会問題として顕在化する前から、予防保全の観点で的確に対応することにより、効果的に水質安全性の確保に貢献できるように、今後も取り組みを続けるものである。



## 4.4 寒冷地の特徴を活かした農業・漁業の生産基盤づくり

### 4.4.1 肥培灌漑施設の運転効率化技術

北海道東部の大規模酪農地帯では、冷涼な気候に適した草地型酪農が営まれており、我が国における生乳生産において重要な位置を占めている。近年、家畜ふん尿の有効活用、具体的には、家畜ふん尿を適切に処理し、有機質肥料として牧草地に散布することにより、化学肥料の使用量軽減と牧草の収量増加を図るため、国営環境保全型かんがい排水事業により肥培灌漑施設の整備が進んでいる。この施設は、乳牛が排泄したふん尿に灌漑用水を加水したもの（以下、ふん尿スラリーという）を曝気（空気を送り込むこと）と攪拌により腐熟させる施設と腐熟した調整液を農地に還元するための管水路等で構成される（図－4.4.1）。



図－4.4.1 肥培灌漑施設（流入口～配水調整槽）の概要

しかし、腐熟させる施設の運転に必要な燃料代など営農経費がますます高騰する中、各酪農家は肥培灌漑施設の運転経費節減に努力を重ねているが、その対応に苦慮している。そのため、今後も、安定してふん尿スラリーを適切に処理していくため、エネルギー効率の良いふん尿スラリー調整技術の開発を目指した。

研究の過程では、個々の酪農家で運転方法が異なること、写真－4.4.1のように曝気に伴い発生する泡溢流を防止するため曝気時間を抑制した結果、腐熟が十分に進んでいないことなどが明らかとなった。また、腐熟が不十分なため、臭気が低下せず周辺環境への影響も懸念された。

研究の進捗に伴い、泡溢流原因を特定するとともに泡溢流を防止する消泡機の運転方法と臭気を低下させる曝気方法を地域の関係者に提案し、一部に泡溢流防止および臭気抑制の効果が見られた。

今後、研究で得られた成果を基に調整液の良好な腐熟を維持しながら効率的で経済的なふん尿スラリー調整技術を提案し、引き続き、国営事業で整備された肥培灌漑施設の効果を最大化するため、成果の普及に努めていく。



写真－4.4.1 調整槽からの泡溢流

#### 4.4.2 農業用水路の補修・補強工法と機械化施工技術

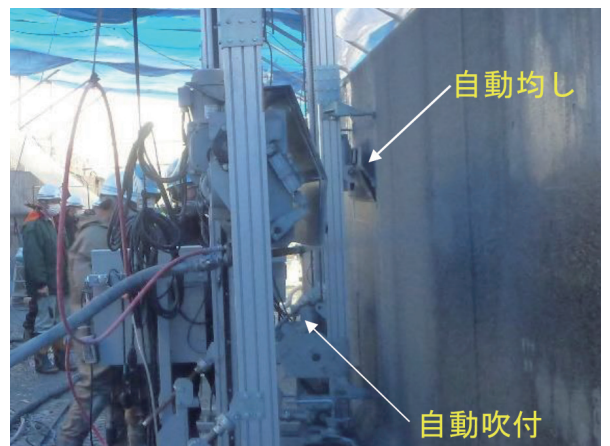
寒冷地における農業用水路は、凍害によってコンクリートが著しく劣化する（写真－4.4.2）。そのため、耐凍害性を有する材料を用いて、コンクリート部材の補修・補強が行われる。しかし、現状では、施工後早期にひび割れや浮き、剥離といった変状が生じる場合も少なくない。そのため、さらなるコンクリートの凍害抑制に資する対策工法の開発が必要不可欠である。

土木研究所では、農林水産省官民連携新技術研究開発事業において共同研究を実施して、凍結融解作用に対して高耐久性を有する高炉スラグ系材料を用いたコンクリートの補修・補強工法の研究開発に取り組んでいる。本工法は、劣化した開水路の通水表面に、高炉スラグ系断面修復・表面被覆材料を吹付け・塗布することによって、開水路の構造・水理・水利用性能の回復・向上を図るというものである。本共同研究では、高炉スラグ系複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料を用いるタイプⅠと超微粒子高炉スラグ系無機系断面修復・表面被覆材料を用いるタイプⅡの2つの工法の開発を進めている。両タイプの断面修復・表面被覆材料は、凍結融解試験の結果、優れた耐凍害性を有することを明らかとした。

開発した補修・補強工法のタイプⅠは機械化施工が可能である。この場合の機械化施工は、①ウォータージェット工法によって、材料の付着性低下要因となる表面近傍の脆弱部を除去した後、②左官アシスト工法（機械による自動吹付および自動均し）によって、断面修復・表面被覆材料を施工する（写真-4.4.3）。こうした機械化施工の導入は、人力に頼る吹付けや粗仕上げ作業に係る労力を解消するとともに、材料の吹付厚のムラをなくして施工品質の向上を図ることができる。また、機械化施工は左官職人の高齢化や担い手不足への対策としても期待できる。



写真－ 4.4.2 農業用開水路の劣化状況



写真－ 4.4.3 機械化施工による断面修復・表面被覆材料の自動吹付および自動均しの様子

### 4.4.3 ナマコ資源活性化プラットフォームへの参画

北海道産のマナモコは、イボの形や数などの形態的な特徴から最高級品として中国などに輸出されており、道産水産物のなかではホタテに次ぐ2番目の輸出額を誇っている。一方で、北海道留萌管内では、その資源量が減少し、適正な資源管理と増養殖技術の確立が課題となっていた。このため、ナマコ漁業の活性化と漁業者の所得向上に向けて、自治体、漁業協同組合、学術研究機関、行政機関等が連携して研究開発等を推進する「ナマコ資源活性化プラットフォーム」が2017年に設立された。

水産土木チームでは、漁港等の静穏域を活用した栽培漁業支援技術の開発の一環として、漁港内における稚ナマコ放流手法や放流適地などに関する調査研究を実施し、稚ナマコの放流後の定着について検討している。

水産土木チームではこれらの研究成果を基に、学術研究機関として「ナマコ資源活性化プラットフォーム」に参画し、地域の漁業振興と技術力の向上に貢献している。



写真- 4.4.4 放流前の稚ナマコ

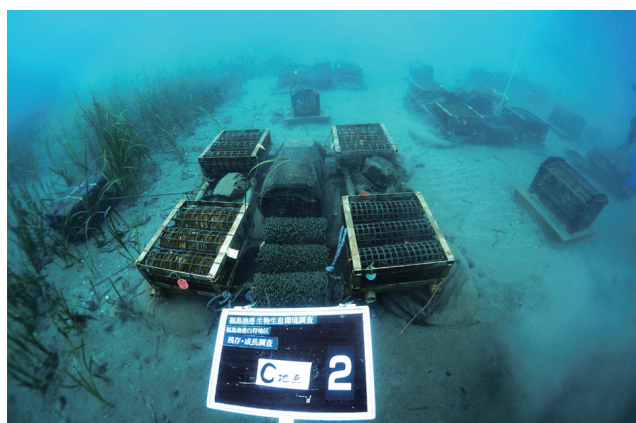


写真- 4.4.5 ナマコの間中育成試験状況

### 4.4.4 寒冷地における沿岸構造物の環境調和ガイドブック

漁港等を構成する防波堤などの沿岸構造物は、本来の防波、防砂、静穏域確保などの機能に加え、藻場の形成、魚類等の産卵場、稚仔魚の生息場を提供するなど副次的な機能を備えている。こうした機能がより発揮されるよう自然環境協調型構造物の整備が行われるとともに、平成10年に「寒冷地における自然環境調和型沿岸構造物の設計マニュアルー藻場・産卵機能編ー」が刊行された。このマニュアルの刊行から18年が経過し、その後の各種研究成果等により水生生物の生息環境、藻場創出機能の診断機能に関する知見等が蓄積されてきたことから、それらの知見や施工事例を追加し、北海道開発局・北海道監修のもと、平成29年5月に「寒冷地における沿岸構造物の環境調和ガイドブック」として取りまとめ、一般社団法人寒地港湾技術研究センター（現：寒地港湾空港技術研究センター）から発行された。

このガイドブックの作成に当たっては、学識経験者、専門家及び行政経験者等による委員会が設置され、水産土木チーム・寒冷沿岸域チームが事務局に加わるとともに、研究成果を提供した。



## 4.5 快適に安心して行き交いできる地域づくり

### 4.5.1 ワイヤロープ式防護柵の開発と社会実装

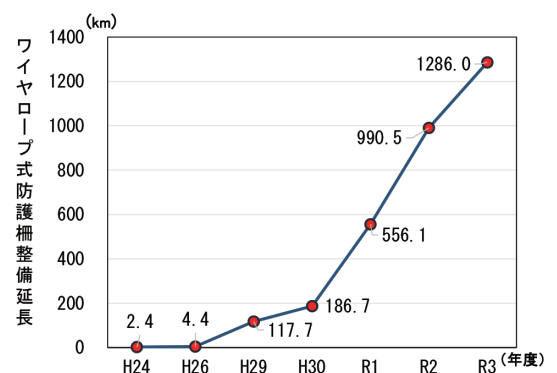
ワイヤロープ式防護柵（写真－4.5.1）は、正面衝突事故の防止を目的に、設置に必要な幅が狭く、設置コストも低い新たな交通事故対策技術として開発された。道路に打ち込んだ鋼管（スリーブ）に支柱を差し込み、支柱上部のスリットに通した複数のワイヤを末端で固定し緊張する構造である。衝突した車両への衝撃を緩和し、設置と撤去が容易に可能なため、既存道路への設置や2車線道路の分離帯用として使用することが可能である。また、事故等の緊急時には、人力でワイヤロープの張力を下げ、支柱を抜いて開口部を設けることができるのも大きな特徴となっている。

研究開発は寒地土木研究所寒地交通チームと鋼製防護柵協会の共同研究により行い、平成24年に北海道の道央自動車道と一般国道275号に国内で初めて設置された。平成27年には会計検査院が高規格幹線道路暫定2車線区間での車線逸脱事故に対する安全性向上を図るよう勧告を出したことから、国土交通省はラバーポールに代えてワイヤロープ式防護柵を全国の暫定2車線区間のうち約113kmに試行設置した。設置の前年に対向車線への逸脱事故が71件あったものが設置後は1件に減少し、安全性が確認されたため平成30年に本格導入されることが決定されている。

本格的な整備が進む中で、既設橋梁への設置、高温時のワイヤ張力の低下、事故後の補修時間の短縮、対向車線へのはみ出し量の低減、車両衝突時の支柱飛散など、次々に発生する課題やニーズに速やかに対応し、それらを整備ガイドラインとして取りまとめ技術の普及拡大を図ってきた。平成30年には建設産業に係わる優れた新技術として「国土技術開発賞 優秀賞」、令和元年には「土木学会技術開発賞」を受賞し、その社会的価値が認められている。令和3年度までの整備延長は約1,286kmに達し（図－4.5.1）、正面衝突事故の防止に大きな効果を発揮してメディアでも多数報道されている。



写真－4.5.1 ワイヤロープ式防護柵



図－4.5.1 整備延長推移

令和2年度からは、道路管理者から要望を受け既設のコンクリート舗装に設置する場合の最適な仕様について研究開発を行った。コンクリート舗装にワイヤロープ式防護柵を設置する場合、スリーブを建て込むための舗装版の削孔に多くの時間を要し、時間と施工費用が大きなネックとなっていた。そこで、既設橋梁用に開発した支柱（基部プレート式）をあと施工アンカーで固定する方法を考案し（写真－4.5.2）、大型車衝突試験による性能確認を実施した（写真－4.5.3）。あと施工アンカーは、雌ネジの固定方法を接着系と金属系の2種類、ねじ径はM20とM24の2種類を使用した。衝突試験の結果、反対車線へのはみ出し量（最大進入行程）は、想定した要求性能を満たすことが確認された。抜けたり飛散したりした支柱は無く、全てのあと施工アンカーにも損傷は見られなかった。雌ネジの固定方法は、接着系の方が施工および設置時の取扱いが簡易だが、金属系は施工直後に支柱の建込みからワイヤロープの緊張作業まで行えるため施工時間の短縮が可能で、材料単価も安価となる。ただし、金属系M24はネジ穴に対して余裕が少なく、アンカー穿孔に精度が要求される。

これらの結果から、支柱の固定にあと施工アンカーを使用する際の技術仕様を定めた。コンクリート舗装版の厚さから穿孔深さは200mm程度までの制約を受けるが、大型車衝突試験でも損傷はなく、現場への技術指導を行って既に設置されている箇所でも施工に問題がないことが確認されている。これらの成果は、寒地土木研究所が発行している「ワイヤロープ式防護柵整備ガイドライン（案）」に反映し普及を図っていく予定である。



写真－4.5.2 あと施工アンカーによる支柱の固定



写真－4.5.3 大型車衝突試験

## 4.5.2 郊外部に適した合理的で低コストな電線類地中化手法の開発

魅力的な景観を有する農村や自然域の道路では、電線類を地中化することにより大きな景観の改善効果と、それによる観光振興への寄与が期待できる（写真－4.5.4）。しかし、現状の電線類地中化の基準類は市街地の幹線道路を対象としているため、電力・通信需要の少ない郊外部に適した埋設の深さや位置、施工方法などが示されておらず、農村・自然域のような郊外部で無電柱化事業を推進する際の課題となっていた。

寒地土木研究所では、郊外部における合理的で低コストな電線類地中化手法の研究開発を実施している。電線類地中化の低コスト化策として、より浅い位置に電線類を埋設（浅層埋設）することが進められているが、これまで寒冷地では凍結や凍上の影響が懸念され実現していなかった。そこで、現地試験を行って寒冷地でも浅層埋設が可能であることを実証し、その成果は「北海道の電線共同溝マニュアル」の改訂時に反映されている。掘削深が浅くなることで土留めが不要となり、施工効率が飛躍的に向上している。また、欧米諸国では掘削工法の主流となっているトレンチャーについて現場適用性を試験施工により検証した。トレンチャーによる掘削は従来工法であるバックホウによる掘削に比べ10倍以上の掘削速度が可能となる。更に国内外の諸基準や事例等の調査と分析を行い、郊外部の電力・通信需要、沿道環境や道路構造に合わせた最適な地中化設計法を提案した。



フォトモンタージュ（再現）



現在の写真

写真－4.5.4 電線電柱の景観への影響（北海道美瑛町）

これらの技術は令和3年度に国の電線地中化事業で試行的に用いられた。国道での事業として初めて掘削工法にトレンチャー(写真-4.5.5)を採用し、更にトレンチャーの掘削速度を最大限に活かすため、浅層埋設と角型多条電線管(写真-4.5.6)の採用により従来よりもコンパクトな設計断面(省力化断面、図-4.5.2)とし、施工の更なるスピードアップに取り組んだ。角形多条管は管枕が不要で断面をコンパクトにでき、更に軽量で可撓性があるため施工性が大きく向上してコスト縮減が期待できる。

この試行工事では、掘削、管路の敷設、埋め戻しまでの一連の施工にかかる日数が従来に比べ約6割削減、施工費は2割以上削減され、施工の迅速化と低コスト化に大きく貢献することが実証された。これらの技術は国土交通大臣が定める無電柱化推進計画(令和3~7年度)の取組方針にも沿うものであり、今後の良好な景観形成や地域の観光振興に大きく貢献することが期待される。



写真-4.5.5 トレンチャー



写真-4.5.6 角形多条管

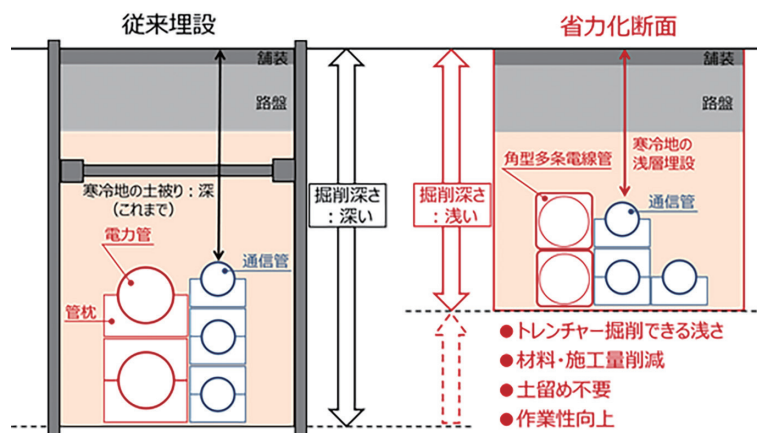


図-4.5.2 省力化断面

## 5. 現場への貢献

### 5.1 災害・事故対応

災害時の技術指導は土木研究所の重要な使命と位置づけており、災害発生時には国土交通省等の要請に基づいて土木研究所緊急災害派遣隊（土研 TEC-FORCE）や道路防災の有識者をはじめとした専門技術者を派遣し、現地調査や復旧対策等の技術的な指導・助言を行った。この他にも自主調査として多くの職員を現地に派遣している。平成 24 年度から令和 3 年度までの期間における、国や地方公共団体からの要請に基づく派遣状況は表－ 5.1.1 に示すとおりである。

表－ 5.1.1 要請に基づく災害時の派遣状況（国内）（延べ人数）

分野	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	合計
地震	-	-	3	-	160	-	77	-	-	-	240
土砂災害	64	27	76	26	50	30	38	23	27	32	393
河川・ダム	7	2	0	10	75	0	9	49	39	2	193
道路	19	18	1	4	15	4	21	43	25	58	208
雪崩	2	25	3	0	0	6	0	2	8	1	47
合計	92	72	83	40	300	40	145	117	99	93	1,081

#### 5.1.1 平成 28 年（2016 年）熊本地震における技術支援

平成 28 年 4 月 14 日及び 4 月 16 日に発生した熊本地震では、斜面崩壊や河川堤防等の河川施設、橋梁やトンネル等の道路施設などの被災が多発した。土木研究所は、国・地方公共団体・高速道路会社などの施設管理者から要請を受け、発災直後から 8 チーム等の専門家を現地へ派遣し、国総研とも連携して技術支援活動を実施した。派遣人数は平成 29 年 2 月までに延べ 163 人・日に上った。

地震発生直後には、施設の被災状況を直接確認し、被災程度の診断や二次被害の防止などの緊急措置、応急復旧の方法に関する技術的助言や指導を行った。特に被災が激しく、国が権限代行により復旧を支援することとなった道路構造物は大規模な特殊橋梁をはじめ多岐にわたる施設で多様な損傷を生じており、速やかに、かつ適切に復旧するためには特に高度な技術力を要することから、損傷調査やその結果の分析、復旧手順や工法の検討の支援に万全を期すため研究所内部に復旧検討プロジェクトチームを設けて、被災橋梁毎に担当専門家を配置し技術支援を行った。



写真－ 5.1.1 斜面崩壊の状況

## 5.1.2 平成 30 年北海道胆振東部地震における技術支援

平成 30 年 9 月 6 日 3 時 7 分、北海道胆振地方中東部を震源とするマグニチュード 6.7 の地震が発生し、厚真町で震度 7 が観測されたほか、安平町、むかわ町で震度 6 強、札幌市東区、千歳市、日高町、平取町で震度 6 弱が観測された。震源地近くの北海道電力苫東厚真火力発電所の停止をきっかけとして、北海道内全域の電力供給が停止するいわゆる「ブラックアウト」が発生した。この困難な状況のもとで、厚真町を中心とする大規模土砂災害と河道閉塞、厚真ダム（農業）や用水パイプラインの被災、札幌市清田区里塚を中心とした地盤の液状化、鶴川・沙流川の堤防の変状、苫小牧港の施設の変状などが発生した。

土木研究所では限られた非常電源と情報、人的資源の中で発災と同時に災害対策本部を立ち上げるとともに、厚真町や札幌市、国土交通省などの派遣要請に応じて、6 日早朝から延べ 75 人・日の専門家を派遣した。専門家派遣は国土技術政策総合研究所と連携したほか、土木学会や北海道大学等との合同調査も行うなど、およそ 1 ヶ月間にわたる技術支援となった。



写真－ 5.1.2 厚真ダム復旧に向けた技術指導

## 5.1.3 平成 28 年台風第 10 号等における技術支援

平成 28 年 8 月 20 日からの大雨や平成 28 年台風第 10 号により、北海道・東北地方を中心とした大規模な洪水が発生し、各地の河川堤防等の河川施設や橋梁等の道路施設が被災し、また土砂災害も各地で発生した。土木研究所は、国・地方公共団体等からの要請を受け、被災直後から 7 チーム等が延べ 83 人・日の専門家を現地に派遣し、技術支援を行った。

青森県や北海道の河川堤防の決壊に対しては現地調査を行い、復旧に向けて専門的知見に基づく助言を行った。さらに北海道開発局が開催した空知川等の堤防調査委員会に委員として参画し、堤防決壊の原因究明や復旧工事等の様々な対策に貢献した。

また、国道・県道等の盛土・橋梁等の被災に対しては現地調査を実施し、対策方針について専門的見地からの助言を行った。これらは岩手県の県道普代小屋瀬線の直轄啓開や北海道開発局管理の一般国道 273 号および 38 号が 10 月迄に暫定復旧したことなどに貢献した。



写真－ 5.1.3 河川堤防決壊の現地調査状況



写真－ 5.1.4 国道橋の被災事例

#### 5.1.4 平成 30 年 7 月豪雨における技術支援

前線や台風 7 号の影響等により平成 30 年 6 月 28 日から 7 月 8 日にかけて、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的大雨となった。例えば、九州北部、四国、中国、近畿、東海、北海道地方では多くの観測地点で 24、48、72 時間降水量が観測史上第 1 位となった。本豪雨により岡山県倉敷市真備町の大規模浸水をはじめ、河川の氾濫、大量の土砂流出など、甚大な被害が発生した。

土木研究所は地すべりチームと火山・土石流チームから延べ 9 人・日を香川県高松市や広島県広島市に派遣し、土砂崩れの発生源調査および二次災害防止に係わる技術的助言を行い、今後の復旧に関する支援を行った。土質・振動チームからは延べ 8 人・日を岡山県倉敷市に派遣して堤防に関する調査を行い、小田川堤防調査委員会の委員として出席するなど、技術的な支援を行った。橋梁構造研究グループからは延べ 2 人・日を高知県大豊町に派遣し、橋梁上部構造の流出現場の調査を行った。



写真－ 5.1.5 土砂崩れ箇所の調査の様子

#### 5.1.5 令和元年東日本台風における技術支援

台風第 19 号は、令和元年 10 月 12 日 19 時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した。台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方の多くの地点で 3、6、12、24 時間降水量の観測史上 1 位の値を更新するなど広い範囲で記録的な大雨となり、広範囲に災害が発生した。その後、日本の東海上を通過した台風第 21 号の影響により、10 月 25 日から 26 日にかけて関東地方から東北地方の太平洋側を中心に広い範囲で総降水量が 100mm を超え、千葉県や福島県を中心に 200mm を超える記録的な大雨となった。

土木研究所は橋梁構造研究グループから長野県や山梨県に派遣し、道路橋台周辺地盤崩落に対する調査・応急復旧や、橋脚沈下に対する復旧についての技術的助言を行った。材料資源研究グループからは、福島県に派遣し、水没した下水処理場における水処理機能・污泥処理機能の復旧に関する技術指導や水質調査を行った。

その他、関東、東北、北陸の多数の土砂災害現場や被災河川において国・地方公共団体等からの要請を受け、延べ 61 人・日の専門家を現地に派遣し、調査委員会や現地調査において技術的助言を行い復旧に貢献した。



写真－ 5.1.6 被災橋梁の調査の様子

## 5.1.6 福岡市における道路陥没事故の原因究明

福岡市地下鉄七隈線延伸工事現場（福岡市博多区）において平成 28 年 11 月 8 日 5 時 15 分頃博多駅前通りの博多駅前 2 丁目交差点付近の道路舗装面にクラックが発生し、その後 5 時 20 分頃から 7 時 20 分頃にかけて道路が陥没した。

土木研究所は福岡市から委託を受け、12 名の委員からなる「地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する委員会」（委員長：西村和夫 首都大学東京副学長）を設置し、委員会事務局として委員会運営を行った。トンネルチーム及び地質チームから 2 名の専門家が委員として参画し、陥没の発生原因の把握や再発防止策等について専門的見地から検討を行った。

委員会は事故直後の平成 28 年 11 月 29 日の第 1 回から合計 3 回開催し、平成 29 年 3 月 30 日の第 3 回委員会にてとりまとめを行った。とりまとめには事故原因の推定及び工事再開に関する留意点のほか、類似する条件下での都市 NATM 及び地下空間での工事における留意事項も盛り込んでおり、今回の事故の教訓を生かし、二度とこのような事故を発生させないよう、類似した条件下において都市 NATM によるトンネルを計画・施工する場合など地下空間での工事全般に対する提言ともなっている。本委員会のとりまとめ結果は平成 29 年 5 月に最終報告書として福岡市に提出された。



写真－ 5.1.7 道路陥没状況  
(福岡市交通局ホームページより引用)

## 5.1.7 平成 26 年豪雪における技術支援

太平洋上で発達した低気圧の影響等で西日本から北日本にかけての太平洋側を中心に広い範囲で雪が降り、特に平成 26 年 2 月 14 日夜から 15 日にかけて関東甲信及び東北地方で記録的な大雪となり、東日本の各地で雪崩災害が発生した。特に関東甲信越地域では降雪や雪崩による道路の通行止めや車両の渋滞等、交通網の麻痺により孤立を余儀なくされた地域が多数発生した。また大雪が止んだ後も気温が上昇すれば雪融けによる雪崩の危険性が懸念されることから、被害の長期化が懸念された。

土木研究所は国・地方自治体からの要請により、直ちに雪崩災害の専門家 4 名（延べ 25 人・日）を派遣し、専門的見地から技術指導を行った。土木研究所の専門家が助言した今後の雪崩発生の可能性に関する調査結果に基づいて国・自治体による雪崩の応急対応が実施され、道路の安全な開通等に貢献した。



写真－ 5.1.8 雪崩の発生状況



## 5.2 常時の技術相談・指導

土木研究所では災害・事故対応（5.1）のほか、現場が抱える技術的課題に対して多岐の分野にわたり多数の技術相談や指導に対応している（表－5.2.1）。

表－5.2.1 技術指導実績件数

技術指導の分野	技術指導の実施例	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	合計
土木機械	○土木に関する機械の活用	40	110	138	29	19	101	8	5	5	455
地質・土質振動・ 施工技術	○ダム等の地質・ 基礎地盤 ○河川堤防の侵食 対策 ○コスト縮減に関 する技術開発	447	477	562	712	473	595	180	310	231	3,987
流域生態・水質・ 自然共生	○水環境アッセ メント ○多自然川づく りの計画・設計 ○ダム・湖沼の水 質	79	129	223	216	170	393	235	288	281	2,014
水工・河道監視 水文	○ダムの構造・基 礎処理設計、再 開発、堆砂、洪 水吐き、周辺環 境	342	318	355	119	97	154	83	69	95	1,632
火山土石流・地 すべり・雪崩	○土砂災害の防止 ○地すべり対策	155	169	157	83	98	236	69	76	109	1,152
舗装・トンネル	○舗装の維持・管 理 ○トンネルの計 画・施工・補修	23	18	82	86	91	271	28	87	119	805
水災害	○津波・高潮対策 ○人口増地域の水 政策	11	23	35	0	1	85	3	0	3	161
橋梁構造	○道路橋の補修・ 補強、設計・施 工、健全度評価	268	137	100	88	99	162	38	30	56	978

技術指導の分野	技術指導の実施例	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	合計
材料資源	○新材料の活用 ○リサイクル技術 ○コンクリート等の材料研究	15	23	30	32	38	82	53	61	95	429
寒地河川・水環境保全・寒冷沿岸域・水産土木	○波力の算定方法 ○遊水地設計 ○河畔林対策 ○海藻繁茂効果	123	143	123	124	106	99	123	116	123	1,080
寒地構造・寒地地盤・防災地質	○耐震補強技術 ○軟弱地盤・不良土対策 ○落石・地すべり対策	358	211	201	132	184	167	143	133	143	1,672
耐寒材料・寒地道路保全	○コンクリート構造物の劣化対策 ○道路舗装の劣化対策	66	145	127	126	90	75	67	104	68	868
寒地交通・雪氷	○凍結路面对策 ○交通安全対策 ○道路吹雪対策	113	93	96	92	91	111	133	183	118	1,030
地域景観	○沿道景観 ○インフラストラクチャーの観光利活用	88	139	160	154	143	198	111	91	132	1,216
資源保全・水利基盤	○バイオガスプラントの施設設計 ○農業用水利施設の機能診断	159	130	87	59	105	68	46	52	67	773
寒地技術推進室・寒地機械技術	○一般的相談 ○寒地機械の機能診断	118	237	189	190	195	108	145	195	148	1,525
合計		2,405	2,502	2,665	2,242	2,000	2,905	1,465	1,800	1,793	19,777

## 6. 国際貢献

### 6.1 水災害リスクマネジメント国際センター（ICARM）における国際協力

水災害リスクマネジメント国際センター（ICARM）は、日本国政府と国連教育科学文化機関（ユネスコ）との間で締結された協定に基づき、平成 18 年（2006）3 月 6 日、土木研究所内に設立された。ICARM には、わが国がこれまで水災害の克服に向けて蓄積してきた知識や経験をベースに世界的な視野で水関連災害（洪水、濁水、土砂災害、津波・高潮災害、水質汚染等）の防止・軽減のための課題解決に向けて貢献することが求められており、研究・研修（人材育成）・情報ネットワーク活動を有機的に結びつけながら、一体的に推進していくこととなっている。

#### 6.1.1 研修・人材育成

ユネスコとの協定において、持続的に水関連災害リスクの低減を図っていくためには、人材の人間力の強化が重要であり、能力開発が活動の柱の一つに捉えられ、主に開発途上国における行政技術官を対象に研修を行っている。帰国後、それぞれの組織で中心となって働けるよう修士・博士の学位が得られる修士課程・博士課程の研修に加え、研修生の帰国後の活動支援を行うフォローアップ活動や、JICA に協力した数日間の短期研修も実施している。

##### （1）修士課程

平成 19 年（2007 年）から、政策研究大学院大学（GRIPS）及び国際協力機構（JICA）と連携し、修士課程「防災政策プログラム 水災害リスクマネジメントコース（JICA 研修名「課題別研修「洪水防災」）」を実施している。これは、途上国の洪水対策に責任を持つ行政官を対象とする 1 年間のコースであり、総合的な河川流域マネジメントの計画と実行が可能な実務者を要請することを目的としている。開講以来 14 年間で計 157 名が修士（防災政策）の学位を取得し、現在は 15 期生として 13 名が参加している。



写真－ 6.1.1 講義



写真－ 6.1.2 流量観測実習（信濃川）

表－ 6.1.1 修士学位取得者数（年度別・国別）

Number of Alumni of ICHARM training program

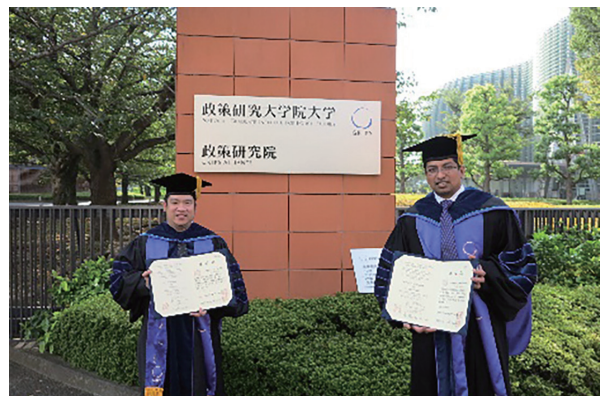
Master's. Program "Water-related Disaster Management Course of Disaster Management Policy Program"

(2021年10月時点)

Country	バングラデシュ	ブータン	ブラジル	中国	コロンビア	エチオピア	フィジー	グアテマラ	インド	インドネシア	日本	ケニア	マレーシア	モルディブ	モリシヤス	モザンビーク	ミャンマー	ネパール	ナイジェリア	パキスタン	パプアニューギニア	フィリピン	アルバニア共和国	セルビア	スリランカ	タンザニア	タイ	東ティモール	トンガ	チュニジア	ベネズエラ	ベトナム	ジンバブエ	リベリア	Total	
2007-2008	2			3				1	3								1																		10	
2008-2009	2			2		1		1									1																		7	
2009-2010	2			1		1		3	1							1					1		1		1									12		
2010-2011	2			2	1			1	1							1	3		1																12	
2011-2012	2			2			1		2								2		6		1		1		1				1		1			19		
2012-2013	2				1								2				1	1	1				1	1	1						1			12		
2013-2014	2			1		1						1					1		1		2			2							1			12		
2014-2015	1				1		1	2			3						1		2					2											13	
2015-2016	2		1												1		1	1	2		1			2			1					1		13		
2016-2017			1													1	1				1						1					2			8	
2017-2018	2		1				1	1										2	2	1				2	1							1			14	
2018-2019	1							1										1	1	1				1									1		7	
2019-2020	2	2	2														2	2	1																11	
2020-2021	1	2											1		1		1												1						7	
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>157</b>

(2) 博士課程

平成 22 年（2010 年）10 月から、政策研究大学院大学（GRIPS）と連携し、3 年間の博士課程「防災学プログラム」を実施している。このプログラムは、洪水を含む水災害リスクマネジメント分野における国内及び国際的な戦略・政策の企画・実践について指導できる人材を養成することを目的としている。開講以来 11 年間で計 15 名が博士（防災学）の学位を取得している。令和 2 年度（2020 年度）は 2 名（エチオピア、バングラデシュ各 1 名）、令和 3 年度（2021 年度）は 3 名（フィリピン、スリランカ、ネパール各 1 名）が入学し、計 5 名が現在在籍している。



写真－ 6.1.3 令和 3 年（2021 年）博士課程修了生

表－6.1.2 博士学位取得者数（年度別・国別）

Number of Alumni of ICHARM training program  
Ph.D. Program "Disaster Management"

Country Period	バングラデシュ Bangladesh	グアテマラ Guatemala	日本 Japan	オランダ Netherland	パキスタン Pakistan	スリランカ Sri Lanka	ベトナム Vietnam	Total
2010-2013			1					1
2011-2014				1				1
2012-2015	1	1						2
2013-2016	2	1						3
2014-2017								0
2015-2018	1				1			2
2016-2019	1				1			2
2017-2020	1							1
2018-2021			1			1	1	3
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>15</b>

### (3) フォローアップ活動

上記の各研修の修了者を対象として、彼らの帰国後の活動をフォロー・支援するとともに、現場の研究・研修ニーズを把握するためのセミナーを平成19年度（2007年度）から毎年開催している（令和2年度（2020年度）は新型コロナウイルス感染症拡大の影響により中止。）。



写真－6.1.4 研修生の帰国後の活躍

また、帰国研修生に対しては、「ICHARM Newsletter」を年4回配信しているほか、「ICHARM Newsletter」に帰国後の活動等についての寄稿を依頼し掲載している。このほか、ICHARM研修チームのFacebookを活用して実施中の研修のタイムリーな情報発信を行い、ネットワークの維持に努めている。

表－6.1.3 フォローアップセミナー実績（年度別）

Year	Date	City (Country)
2007	2/7-2/9	クアラルンプール (マレーシア) Kuala Lumpur(Malaysia)
2008	1/30-2/1	広州 (中国) Guangzhou( China)
2009	2/17-2/19	マニラ (フィリピン) Manila( Philippines)
2010	11/6-11/7	ハノイ (ベトナム) Hanoi(Vietnam) (短期研修 "Early warning system for flood disaster mitigation" と合同) (Jointly held by the short course "Early warning system for flood disaster mitigation")
2012	2/20-2/23	バンコク (タイ) Bangkok( Thailand) (東南アジア洪水災害リスク軽減フォーラム・ワークショップと合同) (Jointly held by South-East Asia Flood Risk Reduction Forum)
2013	2/13-2/14	ダッカ (バングラデシュ) Dhaka(Bangladesh)
2014	3/10-3/13	クアラルンプール (マレーシア) Kuala Lumpur(Malaysia)
2015	3/3-3/4	ジャカルタ (インドネシア) Jakarta(Indonesia)
2016	3/2	東京 (日本) Tokyo(Japan)
2017	1/31-2/2	マニラ・バンバング地方 (フィリピン共和国) Manila(Republic of the Philippines)
2017	12/13-12/14	ヤンゴン (ミャンマー) Yangon(Myanmar)
2019	1/23-1/24	カトマンズ (ネパール) katomanzu(Nepal)
2020	2/12,2/14	コロンボ (スリランカ) Colombo(Sri Lanka)

## 6.1.2 国際ネットワーク

ICHARM は世界のオピニオンリーダーとして、防災戦略や水政策の形成を図るために国際ネットワーク活動を実施し、効果的な国際貢献を果たすこととしている。また ICHARM はユネスコの 카테고리 2 センターとして、設立以来、ユネスコ国際水文学計画（UNESCO-IHP）への参加・貢献、国際洪水イニシアティブ（IFI）事務局としての貢献等、センター・オブ・エクセレンス（COE）として世界的なスケールで様々なネットワーク活動を進めている。

以下にその代表例を掲げる。

### (1) 国際洪水イニシアティブ（IFI）

IFI は UNESCO 等の国連機関や関係する国際学術団体が世界の洪水管理を推進するために協力する枠組みで、その設立以来、ICHARM が事務局を担っている。IFI では、2016 年 6 月に UNESCO 本部で開催された UNESCO-IHP 政府間理事会において新戦略と実施計画を策定し、同年 10 月にインドネシア・ジャカルタで開催された第 8 回水と災害ハイレベル・パネル（HELP）会合のサイドイベントで、「洪水リスク軽減と持続可能な開発を強固にするための学際的な協力に向けた宣言文（ジャカルタ宣言）」に合意した。ジャカルタ宣言では、洪水リスク軽減と持続可能な開発に対する現状、方向性、行動が言及されており、これに基づき ICHARM では「水のレジリエンスと災害に関するプラットフォーム」の構築支援を行っている。これまでフィリピン・スリランカ・パキスタン・ミャンマー・インドネシアにおいて、水災害に関係する政府機関等によりプラットフォームの構築が進められ、ICHARM はファシリテーターとしてその活動を支援している。併せて、ICHARM では様々な国際会議に参画し、またそうした機会を活かしてテクニカル・セッションやサイドイベントを開催することにより、各国でのプラットフォーム活動を紹介するとともに、各国・機関と協力・連携体制を構築することで一層の活動推進を図ることとしている。



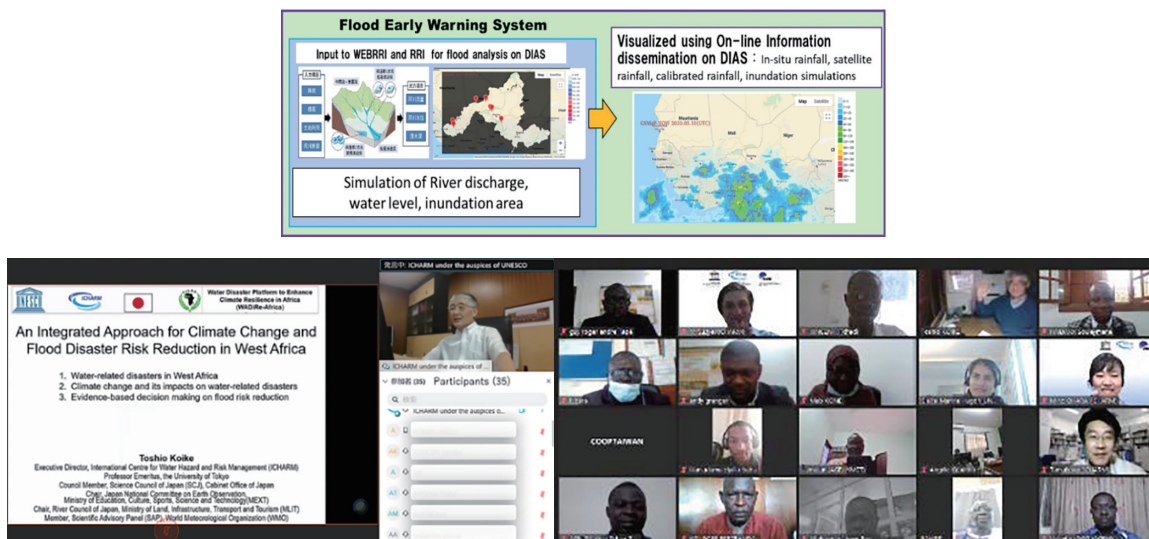
写真－ 6.1.5 フィリピンでの第 3 回 IFI 水のレジリエンスと災害に関するプラットフォーム会合（2019 年 2 月）

## (2) 国際社会に対する貢献

### ① ユネスコ国際水文学計画（UNESCO-IHP）

ICHARM は、ユネスコ IHP 政府間理事会への参加、ユネスコが中心となって策定するガイドライン作成等への参画、ユネスコセンター間の協力などの活動に貢献している。

また、特に、2019年4月～2021年3月において、ユネスコ IHP は 11 か国が関係する西アフリカ地域のニジェール流域及びボルタ流域における洪水早期警報システムの構築と、洪水対策の専門家の育成に関わるプロジェクト（WADiRE-Africa）を形成し、ICHARM はこれに技術的側面から参画した。現地では降雨観測機器等が乏しく、流域内の降雨状況を把握することが困難であったため、人工衛星による観測降雨データ（GSMaP）を、利用可能なリアルタイムの地上観測雨量データで補正する技術や、水エネルギー収支・降雨流出氾濫解析モデル（WEB-RRI モデル）を適用し、データ統合・解析システム（DIAS）上で、早期洪水予警報システムを構築した。一方で、本システムを十分に活用し洪水対策と経済発展に寄与する現地専門家が必要となる。カウンターパートである西アフリカの農業気象水文センター（AGRHYMET）、ニジェール川流域機構（NBA）、ボルタ川流域機構（VBA）より専門家を招き研修を行うとともに、COVID-19 のパンデミック禍においては、英語とフランス語の e-Learning 教材を作成し、関係 11 ヶ国の約 300 名に及ぶ専門家に対する講義・実習をオンラインで実施した。



図－ 6.1.1 洪水早期警戒システムの構築とシステム利用のため人材育成

### ② 世界気象機関（WMO）

国連機関である WMO は、洪水予警報や洪水マネジメントなど、ICHARM の主要な活動テーマに最も密接に関連している。このうち、特に水文水資源部に対しては WMO 水文委員会（CHy）や関係する委員会、WMO/GWP 洪水管理連携プログラム（APFM）への参加及び協力を行うとともに、WMO アジア協会・水文サービスワーキンググループへの参画等を行っている。

### ③ 主要な国際会議等への貢献

上記のほか、国連水と災害に関する特別会合、国連防災機関（UNDRR）に関する会議、世界水フォーラム（WWF）、アジア太平洋水サミット（APWS）、洪水管理国際会議（ICFM）、世界科学会議（ICSU）、アジア・オセアニア地域の地球観測に関する政府間会合（AOGEO）、災害リスク統合研究（IRDR）など、水災害に関係する国連会合や国際的・地域的な連携枠組み、国内外の各種学会、政府委員会、各種調査団に積極的に参加し、自らの活動成果について情報の発信・成果の普及を行うことで、専門家集団として貢献を行っている。



写真－ 6.1.6 第 4 回国連水と災害に関する特別会合（2019 年 6 月アメリカ・ニューヨーク）

### (3) 台風委員会への貢献

台風委員会は、アジア太平洋地域における台風の人的・物的被害を最小化するための計画と履行方策を促進・調整するために、1968 年に UNESCAP と WMO のもとに設立された政府間組織である。そのメンバーは東・東南アジアの 14 の国と地域の政府機関で構成され、気象部会、水文部会、防災部会、研修研究部会に分かれて活動を行うとともに、統合部会、総会が開催される。このうち、水文部会については、ICHARM の研究者が議長として会議のとりまとめを行うとともに、年間活動計画（AOP）として 2017～2019 年度には「AOP1：地方強靱化のためのフラッシュフラッド・リスク情報」プロジェクトを実施、2019 年度からは「AOP7：IFI における水のレジリエンスと災害に関するプラットフォーム」を実施し、それぞれメンバーと協働した活動を行っている。



## 6.2 二国間・多国間協力

### 6.2.1 日米橋梁ワークショップ

日米橋梁ワークショップは、二国間で連携して取り組むべき橋梁に関する幅広い課題について、米国運輸省連邦道路庁（FHWA）や各州交通局など政府機関と情報交換や議論を行うことを目的として実施している。本ワークショップは、日米政府間の「天然資源の開発利用に関する日米会議（U.S.-Japan Cooperative Program in Natural Resources = UJNR）」の耐風・耐震構造専門部会の枠組みの下で昭和 59 年に開始しており、長く継続している国際連携・協力活動である。平成 26 年（2014 年）10 月には、米国ワシントン DC、ヴァージニア州において第 30 回日米橋梁ワークショップが開催された（写真－6.2.1）。その後は、開催の方式を見直し、それまでの論文発表形式からディスカッションを主体とした形式に変更する等、実質的に日米間の道路橋に関する行政課題に関する意見交換を行える場とした上で、平成 30 年（2018 年）7 月に米国カリフォルニア州交通局にて、令和 3 年 7 月にはコロナ禍のため Web 会議形式にてそれぞれ日米橋梁ワークショップを開催した（写真－6.2.2）。橋梁の耐震設計、津波への対応、道路の脆弱性や維持管理等タイムリーな話題について意見交換してきており、今後もワークショップを通じて、日米連携と情報交換を行う予定である。



写真－6.2.1 第30回日米橋梁ワークショップ



写真－6.2.2 令和3年日米橋梁ワークショップ

### 6.2.2 世界道路協会

世界道路協会は、道路及び道路交通の分野における国際間での協力を推進することや発展を強化することを目的に、明治 42 年（1909 年）に設立された非政府及び非営利組織である。現在の英語名は World Road Association であるが、略称としては、発足当時の英語名である Permanent International Association of Road Congress に基づく PIARC が使用されることが多い。PIARC の活動の中核をなす組織として技術委員会があり、4 年ごとに策定される研究計画のもとで道路行政にかかわる諸テーマについての研究が行われ、我が国、また、土木研究所では多くの技術委員会に積極的に関与している。

## (1) 自然災害のリスクマネジメントに関する技術委員会

自然災害のリスクマネジメントに関する技術委員会では、土木研究所から複数の委員が参加し、日本での国際セミナー・ワークショップの開催、リスクマネジメント技術のウェブベース化、各種レポートの発刊等を通じて、自然災害における道路管理者の意思決定に関する様々な研究調査を行っている。特に近年は活動を通じて、日本の防災技術の優位性の国際発信に努めている。なお、本分野に関しては、昭和64年～平成11年（1989～1999年）にPIARCに設けられたワーキンググループの委員長を岩崎敏男元土木研究所長が務められた後、平成16～23年（2004～2011年）の2期は岡原美知夫元土木研究所理事、平成24～令和元年（2012～2019年）の2期は田村敬一元耐震総括研究監が技術委員長を務め、日本主導での活動が行われており、特に土木研究所の貢献が著しい。

## (2) トンネルに関する委員会

トンネルに関しては、技術委員会の一つとして主に道路トンネルの管理を取り扱う委員会が設置されており、土木研究所からはトンネルチーム上席研究員あるいは経験者が代表者として参加し、活動を行っている。近年では、戦略的テーマ4“レジリエントな社会基盤”の枠組みの中でトンネルに関する技術委員会TC4.4が設置されている。TC4.4は、道路トンネルの持続的な運用と維持管理に関する検討や防災対策等を対象としており、国際セミナー・ワークショップの開催、技術レポートの発刊、これまでの活動で得られた知見や過去の技術レポートを集約した技術マニュアル（Webサイトにて閲覧可能）の作成等を通じて、技術の進展や発展途上国への技術移転等に努めている。

我が国からはこれまでの活動の中で、トンネル非常用施設の設置基準とその考え方、水噴霧設備の効果と運用の考え方、縦流換気方式の長大トンネルへの適用性と経済性など、土木研究所がその開発に大きく関与してきた技術的成果を委員会に報告し、その一部が先駆的な取り組みとしてターム毎に作成する技術レポートに掲載されるなど、我が国のトンネル技術をアピールしてきた。令和3年（2021年）11月には、第34回日本道路会議に合わせてパネルディスカッションが開催され、トンネルチーム上席研究員が我が国のトンネル非常用施設の設置に関する技術基準の改定内容を中心に話題提供するとともに、各国の代表と意見交換を行った。

## (3) 舗装に関する委員会

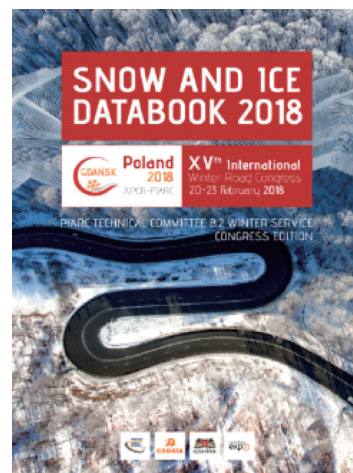
PIARCにおいては、その発足当初から舗装に関する技術委員会が存在している。近年は日本の代表委員としてはNEXCO総研の舗装担当部長が参画しており、土木研究所の舗装チーム上席研究員は連絡委員としてサポートを行っている。前期活動期間（2016-2019）では「道路のモニタリングと道路/車両の相互作用」、「舗装材料のリサイクルと再利用」、「舗装の炭素使用サイクルの減少方法」がテーマとされており、現活動期間（2020-2023）においてはTC-4.1「リサイクル」、「革新的な補修戦略」、「ビッグデータの活用」に取り組んでいる。特にリサイクルに関しては依然として日本の取り組みは世界的にも先進的とされ、日本の技術をケーススタディとしてプレゼンし、PIARC公式レポートへ2事例の掲載が決定している。TC4.1は後述するアジア・オーストラレイシア道路技術協会（REAAA）PTC両舗装委員会と連携しており、舗装技術に関して欧米とアジアの懸け橋としての日本のプレゼンス向上を図っている。

#### (4) 冬期サービスに関する委員会

冬期サービス技術委員会は、2008年に冬期道路管理委員会から名称が変更され現在に至っている。寒地土木研究所は、1996年頃から、雪氷チーム上席研究員（当時は北海道開発局開発土木研究所防災雪氷研究室室長）、または寒地道路研究グループ長（同道路部長）が、冬期サービス技術委員会の技術委員または連絡委員を務めてきた。

前活動期間（2016～2019年）では、雪氷チームの松澤上席研究員（2018年4月から寒地道路研究グループ長）が技術委員として参加し、2018年2月にポーランドで開催された国際冬期道路会議の論文査読や座長を務めたほか、雪氷データブックの作成や、技術レポートの作成に関わった。これらの資料・報告書はPIARCのホームページで無料公開されている。

現活動期間（2020～2023年）は、松澤グループ長が引き続き技術委員として、また、雪氷チームの松下主任研究員が連絡委員として参画している。そして、PIARCの活動計画に基づき、国際会議、国際セミナー、技術レポートの作成等を通じて、日本の技術発信を行うと共に、海外の知見の国内へのフィードバックに努めているところである。



写真－ 6.2.3 雪氷データブック（2018年版）

#### 6.2.3 アジア・オーストラレイシア道路技術協会

アジア・オーストラレイシア道路技術協会（Road Engineering Association of Asia and Australasia : REAAA）は、アジア太平洋地域における道路工学及び関連分野の技術振興を目的として、昭和48年に設立された。平成21年に韓国において開催されたREAAA仁川会議においてREAAAをPIARCの地域的なカウンターパートとして位置付けることとなり、あわせて技術委員会などの協会活動も見直された。平成22年には技術委員会の下に8つの分科会が設置され、舗装分野については分科会長ならびに事務局を日本が担当してきた。現在、舗装分科会の会長は元土木研究所理事の中村氏であり、舗装チームの上席も事務局メンバーとしてサポートしてきている。これまでREAA技術委員会では12編のテクニカルレポートを作成しているが、そのうち6編は舗装分野であり、REAAAの技術的な活動における日本の貢献は多大なものがある。



写真－ 6.2.4 REAAA 仁川大会の  
パネルディスカッションにて

## 6.2.4 コンクリートの国際標準改訂への貢献

国際構造コンクリート連合（fib）が策定した国際標準「fibモデルコード（Model Code for Concrete Structures）2010」は、世界各国の技術団体や専門家、研究者に活用されているが、10年振りの改訂作業に取り組まれてきた。耐寒材料チームは、既設構造物への対策を検討するタスクグループに2016年から参画した。

ここでは、「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル（案）」をはじめ、土木研究所が長年研究してきた知見を紹介するとともに、劣化要因と程度に応じた対策工の選定手法について解説する新たなサブセクションを提案し、この執筆を担当した。途中、新型コロナウイルス感染症のまん延により、各国から集まったのミーティングができなくなったが、Web会議やメールでの検討、協議等が継続され、「fibモデルコード改訂版」に向けた最終草稿が2021年に公表された。

また、各種補修・補強工法について紹介する技術資料（bulletin）「コンクリート構造物における対策の概要（Compendium for Interventions on Concrete Structure）」についても、研究成果である「ひび割れ注入工法」と「シラン系表面含浸材」の工法紹介およびケーススタディを提供するなど補修技術の国際的な信頼性向上に貢献している。



写真－6.2.5 タスクグループのミーティング（2017.12）

## 6.2.5 日韓建設技術ワークショップ

建設技術に関する研究協力を目的に、韓国建設技術研究院（KICT（Korea Institute of Construction Technology））との間で、日韓建設技術ワークショップを開催している。平成12年4月を第1回として、これまで日本・韓国で交互に開催している。平成24年10月に第7回（ソウル）、平成26年6月に第8回（つくば）、平成28年10月に第9回（ソウル）と定期開催され、平成30年11月には第10回ワークショップ（写真－6.2.6）が日本で行われた。協力分野は、1）斜面管理、2）コンクリート構造物、3）道路舗装、4）河川再生、5）水文観測、6）水質モニタリングの6分野である。ワークショップでは、両機関に共通する技術的課題や、それぞれが注力している研究分野の動向などを中心として、両機関の研究推進に有意義な研究情報・意見の交換が行われている。



写真－6.2.6 第10回日韓建設技術ワークショップ参加者

## 6.2.6 道路分野における先端技術及び材料に関する日仏ワークショップ

建設省土木研究所とフランス中央土木研究所 LCPC (Laboratoire central des ponts et chaussées) (いずれも当時) の道路分野における先端技術・材料関連の研究協力は、平成 7 年 (1995 年) に開始された。本協力は、類似した立場・役割を持つ両研究所の最新の活動状況に関する情報交換を主目的とする二国間研究協力である。ワークショップはこれまでに 8 回交互に開催された。その間、土木研究所での組織改編と類似した組織改編 (法人化や他の研究機関との合併) があり、研究協力関係は IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux) (平成 23 年 (2011 年) ~) を経てギユスタヴエッフェル大学 (Université Gustave Eiffel) (令和 2 年 (2020 年) ~) に引き継がれている。これまでに相互の研究者の短期・長期訪問が行われている。最近では平成 26 年 (2014 年) にフランス、平成 30 年 (2018 年) に日本でワークショップが行われているが、その時期に両国における関心の高い議題がテーマとして取り扱われている。近年はインフラの長寿命化と維持管理、コストの縮減といった社会的ニーズを踏まえた内容となっている。平成 30 年 (2018 年) の第 8 回のワークショップでは、橋梁、河川堤防、地盤改良、コンクリート材料、舗装材料に関する最新の知見が紹介、議論された。



写真－ 6.2.7 協定書調印式の様子 (平成 30 年 (2018 年))

## 6.2.7 日中冬期道路交通ワークショップ

日中冬期道路交通ワークショップは、2002 年 1 月に札幌で開催された第 11 回国際冬期道路会議をきっかけに、東アジア交通学会 (現 アジア交通学会)、北海道開発土木研究所 (現 寒地土木研究所) 及び (社) 北海道開発技術センターの主催で札幌にて第 1 回が開催されて以後、毎年、北海道と中国北部の 3 省 / 2 自治区のいずれかの市を開催地として日中交互に開催されている。

中国の積雪寒冷地にある道路交通系研究所 (黒竜江省交通運輸情報及び科学研究センター、吉林省交通科学研究所、新疆交通科学研究院など) と、冬期道路交通関連技術に関して、議論・交流を通じ、技術者間の相互理解と情報共有の促進を図ってきた。また、エクスカージョンを毎回行っており、めざましい経済成長と急速なインフラ整備を目の当たりにする機会ともなっている。



写真－ 6.2.8 エクスカージョン (第 18 回遼寧省)

表－ 6.2.1 これまでの開催地

第1回	2002	日本・札幌市
第2回	2003	中国・新疆維吾爾自治区烏魯木齊市
第3回	2004	日本・札幌市
第4回	2005	中国・吉林省長春市
第5回	2006	日本・網走市
第6回	2007	中国・内モンゴル自治区呼和浩特市
第7回	2008	日本・札幌市
第8回	2009	中国・黒竜江省哈爾濱市
第9回	2010	日本・札幌市
第10回	2011	中国・遼寧省瀋陽市
第11回	2012	日本・帯広市
第12回	2013	中国・新疆維吾爾自治区烏魯木齊市
第13回	2014	日本・札幌市
第14回	2015	中国・内モンゴル自治区錫林浩特市
第15回	2016	日本・札幌市
第16回	2017	中国・吉林省長春市
第17回	2018	日本・札幌市
第18回	2019	中国・遼寧省瀋陽市

## 6.2.8 インドネシア公共事業省道路工学研究所との舗装、トンネル、軟弱地盤、土工に関する研究協力協定

土木研究所とインドネシア公共事業省道路工学研究所（Institute of Road Engineering Agency for Research and Development, The Ministry of Public Works and Housing of the Republic of Indonesia、以下 IRE）は、平成 31（2019）年 3 月に舗装、トンネル、軟弱地盤、土工に関する研究協力協定を締結した。これまでは、国土技術政策総合研究所と IRE とが平成 21（2009）年に締結した研究協力協定に基づき土木研究所の関係部署が参画していたところ、それに加えて土木研究所と IRE との間で直接的な研究協定を締結した。

舗装分野では、主にインドネシアで産出される天然アスファルトであるアスプトンを用いた「グースアスファルトマニュアル」を共同で策定するとともに、現地試験施工によりその耐久性の検証等を進めている。トンネル分野では、インドネシアの地形・地質条件が日本と同様に難条件であることを踏まえ、主に山岳トンネルの補助工法に関する公開セミナーを現地で開催し（写真－6.2.9）、ガイドライン策定に向けて意見交換を進めている。軟弱地盤分野では、北海道と同様、インドネシアでも泥炭を含む軟弱地盤が広く分布することから、泥炭地盤に関する公開セミナーを開催し、泥炭のセメント安定処理技術について共著で論文を発表する等、連携を深めている。土工分野では、IRE 側で斜面安定および液状化に関してガイドライン改定のニーズがあることから、日本のガイドライン概要を情報提供するなどの協力を進めている。なお、令和 2（2020）年、組織再編によって IRE は Directorate of Road and Bridge Engineering へと改称され、現在に至っている。



写真－6.2.9 バンドンでのトンネルセミナー

## 6.2.9 地すべり分野における研究交流

日韓地すべり共同シンポジウムは 2008 年に第 1 回を韓国ソウル市で開催した。本シンポジウムは地すべり地の現地調査と研究成果報告会からなり、これまで日韓両国で交互に合計 12 回開催してきた。

日本と韓国では豪雨、台風、地震などに起因した地すべり災害が発生しており、それぞれ地すべり災害から人命や財産を守るための研究を盛んに行っている。共通した課題を抱える両国が最新の研究成果を共有することで技術開発を加速し、地すべり被害の最小化につなげることを目指している。



写真－6.2.10 第 12 回日韓地すべり共同シンポジウム参加者

## 6.2.10 2010年チリ地震を踏まえたチリ国の橋梁耐震基準改定への技術協力

平成22年(2010年)2月27日、南米のチリでマグニチュード8.8の大地震が発生し、橋梁にも甚大な被害が生じた。地震後に土木研究所を中心として現地調査および技術支援を行った。チリ公共事業省は、その結果に基づき同年7月に道路橋の耐震設計基準を暫定的に改定し、その中で日本の耐震技術を採用入れた。その後も、引き続き耐震設計基準の本格改定のため、平成26年(2014年)9月から(独)国際協力機構(JICA)による技術協力が実施され、国土技術政策総合研究所・土木研究所はJICAの要請に基づき更なる技術支援を行った。4回にわたる現地での支援活動の他、テレビ会議や日本での討議・講演会を経て、平成29年(2017年)6月にチリの耐震設計基準が改定され、液状化判定法や落橋防止システムの耐震設計法などの日本の耐震技術が採り入れられた。設計基準のまえがきには、土研から派遣された専門家の支援を受けたことが明記されるとともに、その貢献に対してチリ公共事業省から感謝状が授与された。チリでは現在、改定された耐震設計基準に基づいて道路網を強靱化する新たなプロジェクトが動き出そうとしている。

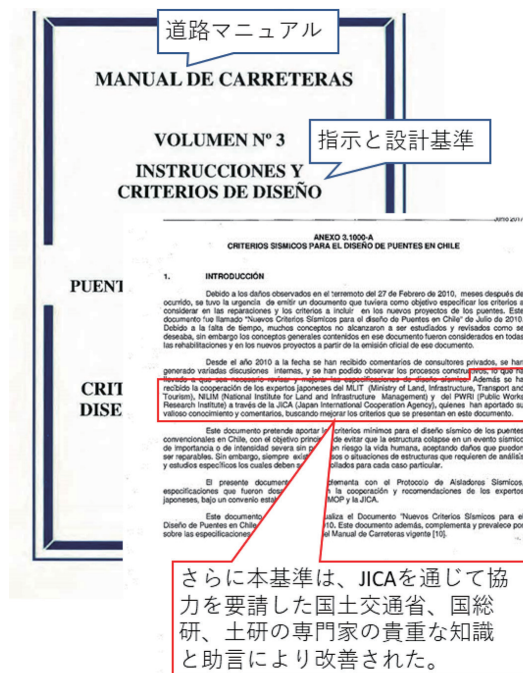


図-6.2.11 改定されたチリの耐震設計基準

## 6.2.11 ネパール地震に対する震災復興支援

平成27年(2015年)4月25日、ネパール連邦民主共和国でマグニチュード7.8の大地震が発生して甚大な被害が生じた。土木研究所では、国土交通省からの要請を受け、JICAが派遣するネパール復興支援調査団の一員として、約2カ月間、耐震研究監を現地に派遣した。地震直後の橋梁の調査を行い、二次災害を回避するための提言を行った他、「災害後ニーズアセスメント」に参加してネパール国政府が実施する地震復興計画策定等を行い、我が国の震災復興に関する知見・教訓を踏まえた支援を実施した(写真-6.2.12)。



写真-6.2.12 ネパール政府高官(国家計画評議会副議長)への復興施策の提案状況

提言が盛り込まれた「カトマンズ盆地強靱計画」はネパール政府のマスタープランとして策定されるなど、ネパールにおける災害被害の軽減と地震に強い国づくりへの貢献が評価され、平成30年(2018年)に被災当時の耐震研究監が第14回JICA理事長賞を受賞した。

## 6.2.12 JICA 課題別研修等を通じた土木研究所の国際貢献

JICA からの要請により、世界各国から研修生を受け入れ、課題別研修等の研修を実施し、世界各国の社会資本整備・管理を担う人材育成に貢献している。平成 24 年度～令和 3 年度までに実施した JICA 課題別研修や世界各国からの研修生受け入れの実績を参考資料に示す。

### (1) 道路斜面防災の講義

「都市内道路整備コース」等の複数国から研修生を受け入れる課題別研修コースや国別研修コースなどの JICA 主催の研修コースにおいて、日本における道路斜面防災の講義を行っている。年によって回数は異なるものの毎年数回の研修コースにおいて、日本における道路斜面防災の体系、道路斜面の点検・対策の考え方や留意点等について災害事例を交えながら講義を行っており、各国の道路斜面防災技術の向上に貢献している。

なお、令和 2 年度及び 3 年度においては、新型コロナウイルス感染症の影響で研修生が来日できない状況となったため、研修教材を JICA に提供しリモートで研修を受ける形式となった。



写真－ 6.2.13 道路斜面防災の講義の参加者

### (2) 「道の駅」による道路沿線地域開発コース

この研修は、JICA 北海道センターが実施する、日本の「道の駅」モデルを活用した地域開発手法を学ぶものである。本コースは、途上国でも建設が進む幹線道路の整備効果を、発展が遅れる地方部の道路沿線地域にも効果的に発現させることを目的に、平成 25 年から中央アジア・コーカサスの 7 カ国を対象に始まり、その後、中米統合機構（SICA）の要請に基づき、平成 29 年からは中米・カリブ地域 7 カ国を対象に実施。各国の中央省庁や自治体幹部職員が参加し、これまで 9 年間で計 100 名を超える修了生を輩出してきた。

この間、地域景観チームがコースリーダーと主任講師を務め、カリキュラムや教材の作成、講義や現地指導などを行い、在、中米に複数の「Michi-no-Eki」が計画・整備されている。また、令和 3 年度からは、中南米 12 カ国対象の地域ブランディング研修でも、「道の駅」モデルの講義を行い、今後の同地域での「Michi-no-Eki」整備が期待されている。



写真－ 6.2.14 模型を使った JICA 北海道センターでの研修



写真－ 6.2.15 「道の駅」モデルの導入を進めるニカラグアの観光市場（フェリア）



## 6.3 ISO等の国際基準への貢献

### 6.3.1 飽和上向流カラム通水試験方法の国際標準化

国際標準化機構第190技術委員会（以下、ISO/TC 190）はISOの技術委員会であり、地盤環境に関連する分類、用語の定義、土のサンプリング、土の特性の測定と報告を含む地盤環境分野における地盤品質の標準化を目的として1985年に設置された。日本からは、日本工業標準調査会が参加標準化団体として1952年から参加しており、現在、（公社）地盤工学会がISO/TC190の国内委員会の運営を担っている。

2014年10月ISO/TS 21268-3 "Soil quality — Leaching procedures for subsequent chemical and ecotoxicological testing of soil and soil materials Part 3"（土ならびに土質材料の化学的・生態毒物学的試験のための溶出方法—その3）の技術仕様にて、汚染土壌からの重金属等の汚染物質の溶出挙動を把握する方法の一つである飽和上向流カラム通水試験方法（ISO/TS 21268-3）を日本が提案し、同試験方法は2019年9月にISO 21268-3として国際標準規格に制定された。

防災地質チームでは、2014年より（公社）地盤工学会ISO/TC190国内専門委員会に参画し、飽和上向流カラム通水試験の国際標準規格化に取り組んできた。これまでに飽和上向流カラム通水試験の検証試験結果を他機関と共同で国内専門委員会に提供したほか、委員会での基準原案づくりやISO/TC190の国際会議への参加などを通して国際標準規格策定に貢献した。

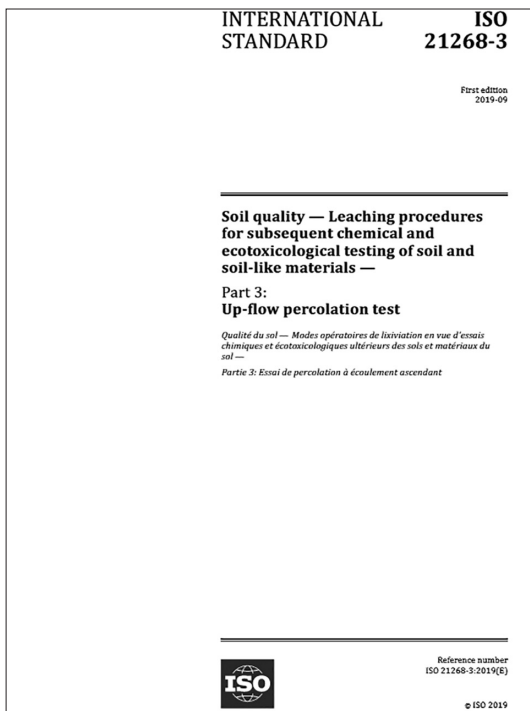


図-6.3.1 ISO21268-3の表紙

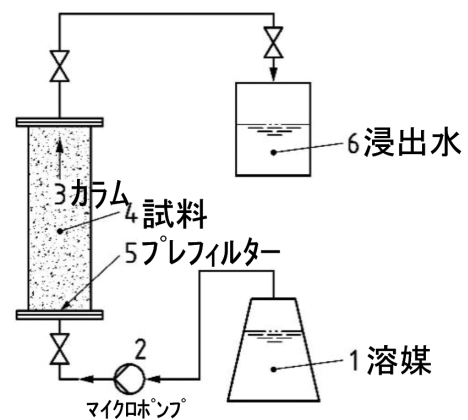


図-6.3.2 上向流カラム通水試験の模式図

## 6.3.2 鋼構造物の塗装仕様の国際基準化

ISO/TC35 は塗料およびワニスに関する試験方法の国際規格の制定・改正・廃止を行う ISO 内の技術委員会で、その下部組織である SC14 (鋼構造物の塗装仕様) はこれまでに 13 規格を制定し、逐次新たな検討が行われている。この委員会にあわせ、各国では必要な国内委員会を組織して、それぞれ活動をしている。日本における国内委員会は (一社) 日本塗料工業会により運営されている。SC14 の対象とする分野は土木鋼構造物の防食塗装にも関連することから、iMaRRC では国内委員会へ委員として参加している。

ISO/TC35/SC14 が標準化を担っている重要な規格の一つに、ISO 12944 シリーズ (Paint and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems: 塗料とワニス - 防食塗装系による鋼構造物の防食) がある。この規格は、鋼構造物用の防食塗料および防食塗装系を選定するための要領を定めたものであり、1998 年に初版が制定された。初版制定から 15 年以上が経過し、その間にこの分野における技術的な進歩も見られたことから、ISO/TC35/SC14 では ISO 12944 シリーズ全般に対する大幅な見直し作業が進められ、2017 年から 2018 年にかけて改定版が発行されることとなった。

ISO 12944 シリーズ規格の初版は Part 1 から 8 までで構成されており、それぞれ「総則」「腐食環境分類」「構造物の設計の考え方」「素地の種類と素地調整」「防食塗装系」「室内性能試験法」「塗装作業の施工と品質管理」「新設・維持管理のための仕様の開発」について示されている。改定版では、それまで ISO 20340 (Paint and varnishes - Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures: 海洋構造物および関連の構造物用防食塗装系に対する要求性能) として定められていた規格が Part 9「海洋構造物および関連の構造物用防食塗装系および室内試験法」として組み込まれた。

主な改定内容としては、Part 9 の追加に応じて全般の平仄を合わせたほか、期待耐用年数分類の見直しにより 25 年以上の耐用年数を期待する塗装系が提示できるようになったこと、ISO 9223 (Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification, determination and estimation: 金属および合金の腐食 - 大気腐食性 - 分類、決定、推定) との整合をとり、従来は実質 5 段階に分類していた腐食環境区分 (C1 ~ C5) に、海洋大気環境を想定したより厳しい区分 (CX) を追加し 6 段階としたこと、現在は使われなくなった古い塗装系を削除をしたこと、などが挙げられる。

Part 5「防食塗装系」は ISO 12944 シリーズの中でも最も重要な規格とされており、鋼構造物の防食ために通常使用される塗料の種類や塗装系が、腐食環境区分に応じた期待耐用年数ごとに示されている。改定にあたって日本からは、ふっ素樹脂塗料を規格の中に盛り込むことなどの提案を行い、これが採択されるに至った。ふっ素樹脂塗料はわが国で開発されたものであり、これを含む塗装系は「重防食塗装系」の一つとして日本国内の鋼橋塗装などでは適用実績が増えつつある。iMaRRC では、同塗料を含む塗装系に関し、30 年以上にわたって駿河湾沖で暴露試験を実施しており、これらのデータを同塗料の長期耐久性の根拠資料として ISO/TC35/SC14 国際委員会に提出するなど、技術的な貢献を果たした。



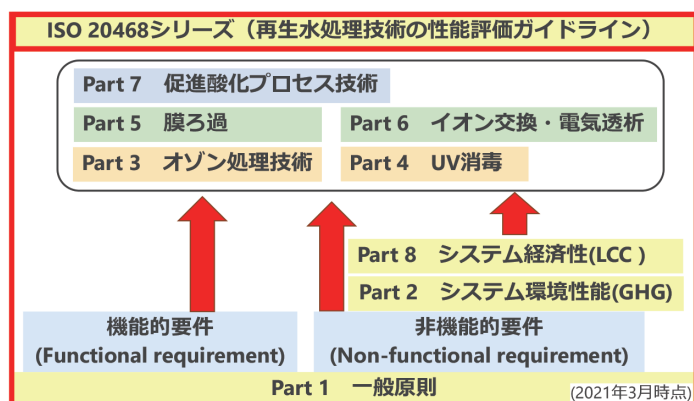
写真 - 6.3.1 ISO/TC35/SC14 国内委員会

### 6.3.3 再生水の国際規格化

再生水の国際規格策定については、2013年にISO/TC282が設立され、我が国は水分野で初めての幹事国となり、国土交通省下水道部流域管理官が国内審議団体として主導してきており、特に分科会SC3では日本が議長ポスト（船水尚行 室蘭工業大学理事・副学長）を獲得し、日本の優れた水処理技術を世界標準に反映すべく国際規格化を進めている。土木研究所水質チームより、国土交通省が設置する国内委員会に委員として参加するとともに、山下上席研究員がSC3/WG2の座長等で貢献しISOより表彰を受ける等、我が国の活動が国際的に高く評価された。

これまでの具体的な成果としては、上席がプロジェクトリーダーを務めた「再生水処理技術ガイドライン（Part 1 一般）」が2018年にISO 20468-1として発行され、水質安全性等の機能的要件と環境・省エネルギー等の非機能的要件の両面で処理技術の性能を評価する新しい概念が、国際標準となった。また、これを契機に、地球温暖化ガス（GHG）排出量による環境性能やライフサイクルコストに基づいた経済性による性能評価規格と、膜ろ過など代表的な技術システムの性能評価規格との両方について、再生水処理技術の性能評価ガイドラインISO 20468シリーズとして開発が進められ、2022年1月時点で、7件（Part 1～7）が発行され、さらに1件（Part 8）が開発中である。

これらの国際規格による適正な評価を通して、日本の水処理技術の優位点（省エネルギー性、高性能、信頼性等）が適切に評価され、国際展開（水インフラ輸出等）の促進が期待される。また、水処理性能、トータルコスト、環境性能（省エネルギー性等）に優れた水処理技術（日本製含む）の適切な評価・導入が促進され、効果的な再生水利用の促進によりSDGsの達成等、国際社会に貢献することも期待されている。



図－6.3.3 ISO 再生水規格の概要



図－6.3.4 ISO ExcellenceAward 賞状



## 7. 研究連携、研究支援

### 7.1 研究連携

#### (1) 研究協定、連携協定

大学、民間事業者等他機関の研究開発成果も含めた我が国全体としての研究開発成果の最大化のため、研究開発の特性に応じ、定期的な情報交換、研究協力の積極的な実施を図り、他分野の技術的知見等も取り入れながら研究開発を推進している。

国内の研究機関等との積極的な情報交換や、多様な研究成果創出の実現、教育的活動を含む研究成果や技術の普及を図るため、国内他機関と連携協定を締結している。

平成 25 年度から令和 3 年度における研究協力協定の内訳は参考資料のとおりである。

研究連携の一環として、先端材料資源研究センターは、高度化・多様化が進展する材料資源分野の研究開発について、他の研究機関等と連携しつつ、土木構造物の効果的な維持更新や低炭素循環型社会の構築に貢献すべく設立された。先端的材料について、現場適用のための工学的評価と改善提案に関する研究を行うとともに、土木材料全般の耐久性向上等の高度化に関する研究を実施している。例えば、新しい材料やセンサを活用した構造物の維持管理手法の開発（写真－7.1.1）や、構造用 FRP の土木用途における耐久性向上技術の開発などを行っている。土木用として汎用的に使用されるコンクリートや塗料などについては長期暴露試験を通じて耐久性の検証を行うほか、舗装用アスファルト材料に関する研究開発も行っている。

また、廃棄物発生材等について、新しいリサイクル手法の検討や安全性・エネルギー効率の評価および向上に関する研究を実施している。例を挙げると、下水や下水汚泥を用いて微細藻類を培養し、燃料化するための研究を実施している（写真－7.1.2）。研究技術開発に当たっては、安全性の確保や環境負荷の低減など全国一律で適用すべき要求水準の提示に加え、地域特性に応じた安全対策や環境保全対策、個別技術のエネルギー効率向上と地域単位でのエネルギー効率向上手法も整備し、我が国の多様な地域環境や将来の地域社会の変化にも対応しうる技術の実現を図っている。



写真－7.1.1 小型の塩分センサを用いた  
コンクリート構造物の塩害調査



写真－7.1.2 下水を利用した藻類の  
培養実験

## (2) 共同研究

大学、民間事業者等他機関の研究開発成果も含めた我が国全体としての研究開発成果の最大化のため、研究開発の特性に応じて、他分野の技術的知見等も取り入れながら研究開発を推進している。

共同研究については、国内における民間を含む外部の研究機関等との積極的な情報交流等を行い、他分野の技術的知見等も取り入れながら、共同研究参加者数の拡大を図っている。また、共同研究の実施にあたっては、実施方法・役割分担等について十分な検討を行い、適切な実施体制を選定し、より質の高い成果を目指している。

平成 24 年度から令和 3 年度における共同研究実施件数は参考資料のとおりである。

舗装チームでは、(株) NIPPO と舗装路面の転がり抵抗の低減メカニズム解明に向けた共同研究を行ってきた。本共同研究を通じて開発された低燃費舗装とは、タイヤ/路面転がり抵抗（以下、転がり抵抗）を小さくすることによって自動車の CO<sub>2</sub> 排出量を低減（走行燃費を改善）することを目的とした舗装技術である。この舗装技術のポイントは、路面に適度なきめ深さを確保しつつ、骨材を表面に緻密にかつ平滑に並べた路面テクスチャ（ネガティブテクスチャ）とすることでタイヤの転がり抵抗を低減し、自動車走行燃費の向上に寄与できるというものである。

当共同研究においては、メカニズム解明を通じて技術開発と性能評価手法の提案を行い、効率的かつ効果的な研究を実施するとともに、実効性の高い新たな低炭素舗装技術を開発することができた。

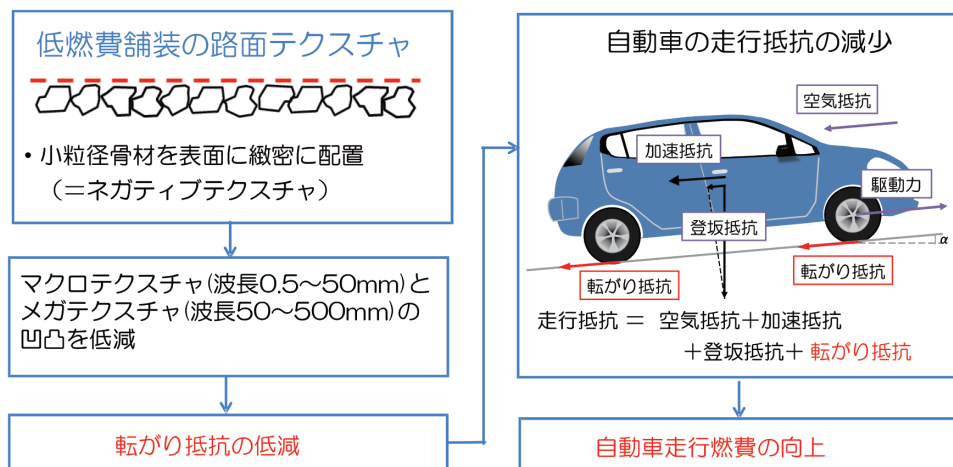


図- 7.1.1 低燃費舗装のメカニズム



写真- 7.1.3 低燃費舗装の試験施工

## 7.2 研究支援

### 7.2.1 革新的社会資本整備研究開発推進事業

#### (1) 事業の背景・概要

革新的社会資本整備研究開発推進事業（革新事業）は、国土強靱化や戦略的な維持管理、生産性向上等に資するインフラに関する革新的な産・学の研究開発を支援し、公共事業等での活用を推進するための委託研究制度であり、令和元年度より研究所において本事業を実施することになった。

受託者は無利子融資による研究資金の支援だけでなく、研究所から現場ニーズ指導等の支援を受けながら研究開発を実施でき、得られた研究開発成果（知的財産権等）は受託者に帰属する。また、次のステップとして、国の技術基準等に資する研究所との共同研究への参画に展開することも考えられるため、受託者には研究開発の促進と成果の普及の両面においてメリットがある。

#### (2) 事業実施の基本方針

革新事業では、提案課題を土木研究所が公募し選考の上、採択する。研究開発実施期間は原則として最長5年であり、委託費は総額5億円以内（一般管理費含む）を原則としている。また、研究開発の達成目標として、インフラ分野における実用化のための技術水準と普及のための技術目標を定量的に設定することを定めている。

#### (3) 返済義務・方法について

設定した目標達成をした場合には、目標達成確認後15年以内に研究所支払額の全額を返済するものとする。また、目標未達の時は、委託費の一定割合を返済するものとし、その率は中間審査における審査で開発を中止する場合は30%。最終審査で目標未達の場合は50%としている。目標未達の場合には、革新事業の委託費で研究開発を行った成果（特許、ノウハウ、データなど）の以後の代表機関、分担機関による利用・実施は不可となる。なお、研究を中止した場合には研究所支払額の全額を一括返済することとしている。

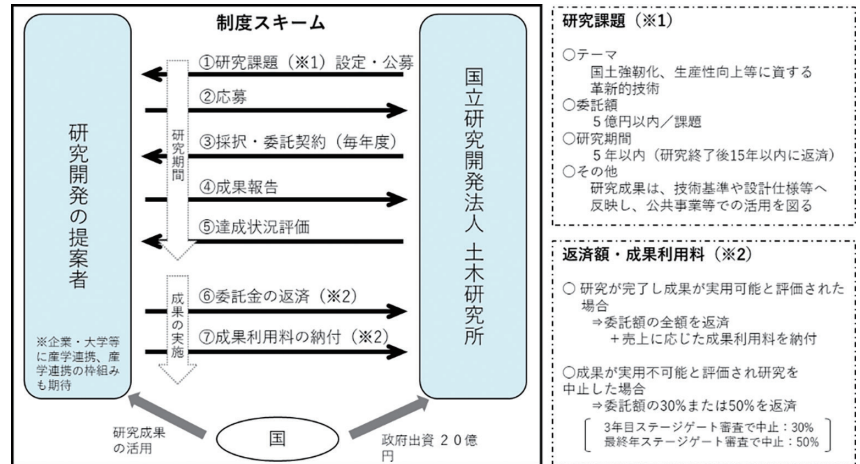


図-7.2.1 革新的社会資本整備研究開発推進事業制度スキーム

#### (4) 研究開発成果について

研究開発成果に係る知的財産権については、産業技術力強化法第 17 条に規定される要件を満たすことを前提に、受託者に帰属する（日本版バイ・ドール規定）ことになる。なお、受託代表者以外が所有する研究開発の元となる原権利がある場合、研究所は、受託者へ委託契約締結時にあらかじめ設定した期間（優先実施期間）は独占とする原権利の通常実施権を含む研究開発成果の実施を許諾することとなり、受託者は、委託契約締結時に設定した対象製品又は対象サービスの売上に応じた成果利用料を研究所へ支払い、研究所は、受託者から徴収した成果利用料のうち研究所分（売上の 1%）を控除し、残りを原権利の所有者へ実施料として配分する。この成果利用料の支払期間は目標達成確認後 15 年、もしくは研究開発の元となる原権利が存続する期間のどちらか長い方とする。なお、受託代表者の単独技術（特許）に基づく研究開発の場合は、成果利用料のうち研究所分は売上の 0%（支払なし）となる。



# 8. 技術普及、広報、アウトリーチ

## 8.1 技術普及

### 8.1.1 土木研究所講演会

#### (1) 土木研究所講演会

本講演会は、土木研究所の研究者による講演を通じ、調査研究の成果や研究状況を、それらの分野の動向と絡めて幅広く一般に紹介することを目的に毎年開催している。

例えば、令和元年度は、「新技術を活用した社会資本の維持管理と災害時の対応」、「激甚化する自然災害リスクの評価と対策」、「建設材料に関する技術開発の取り組み」の3つのテーマごとに講演を行った。

参加された方々からは、「時機を得た講演のトピックスが多く参考となった」「今後も現場に適応しやすい新技術の開発に期待します」「国の研究機関の横の連携によって一層研究内容が充実することに期待します」等のご意見をいただき、土木研究所の果たすべき役割への関心と期待の大きさがうかがえる結果となった。

平成24年度から令和3年度における講演会実績は参考資料のとおりである。



写真-8.1.1 土木研究所講演会（令和3年度）



写真-8.1.2 ライブ配信の画面（土木研究所講演会）

#### (2) 寒地土木研究所講演会

本講演会は、積雪寒冷地に関連する土木技術の研究成果等についてより多くの方々に紹介することを目的に毎年開催している。

なお、令和2年度は、新型コロナウイルス感染防止のため、11月16日～22日にWeb講演会とし、「近年の豪雨災害の特徴と気候変動を踏まえた今後の治水計画に係る検討」、「寒冷地の地盤災害にまつわる研究開発」、「極端気象がもたらす雪氷災害の被害軽減のための技術開発」、「災害時の技術指導におけるCIM活用」の講演を行った。

参加された方々からは、「多くの研究テーマで研究開発しており、それが生活の中で非常に役立っていることを理解できた」、「北海道や寒冷地特有の問題について知見を増やすことができ大変勉強になった」、「今後も寒冷地技術の研究開発に期待します」等のご意見をいただき、寒地土木研究所の果たすべき役割への関心と期待の大きさがうかがえる結果となった。

平成24年度から令和3年度における講演会実績は参考資料のとおりである。

## 8.1.2 土研新技術ショーケース / セミナー、CAESAR 講演会 / iMaRRC セミナー

### (1) 土研新技術ショーケース / セミナー

研究開発成果については、毎年度、技術の内容等を検討し、適用の効果や普及の見通し等が高いと認められるものを、重点的に普及を図るべき技術として選定するとともに、効果的な普及方策を立案して戦略的に普及活動を展開している。この普及方策に基づいて、共同研究等を通じて開発した技術等を社会資本の整備や管理に携わる幅広い技術者に講演で紹介するとともに、当該技術等の適用に向けての相談等を行うことで、有用な技術情報を提供するとともに、新技術の活用促進に貢献した。具体には、土研新技術ショーケース、土研新技術セミナーをはじめ、全国各地で開催される技術展示会への出展や技術講習会等の開催等、普及活動を実施した（写真－8.1.3）。



写真－8.1.3 土研新技術ショーケースの開催  
（令和元年度、東京開催）

現場のニーズや技術的課題の把握等を目的として、地方整備局等や地方公共団体、高速道路会社等の関係部署等を対象とした意見交換会を開催した。意見交換会では、土研新技術ショーケースの地方開催等を機会として、土木研究所の研究や業務、開発技術等の内容を説明し必要な情報提供を行うとともに、各機関が所管する現場等での開発技術の採用に向けて、その可能性や問題、課題等についての意見交換を行った。

### (2) CAESAR 講演会

CAESAR 講演会は、道路橋の維持管理に関する情報提供を行うこと、また技術者の交流の場を提供することを目的として、CAESAR 設立の 2008 年から毎年開催して好評を得ている（写真－8.1.4）。令和 4 年度で 15 回目を迎えた。第 14 回から WEB 同時配信も行い、全国から多くの方々が参加している。



写真－8.1.4 CAESAR 講演会

### (3) iMaRRC セミナー

本セミナーは、材料資源分野に関する話題・動向及び iMaRRC の調査研究成果等に関する情報交換を目的に、毎年開催している。本分野は幅広くかつ専門性が高いことから、「アスファルトの劣化と再生のメカニズム」（令和 3 年度）など毎回テーマを絞り、専門分野ごとに内容を掘り下げた講演等を行っている。



写真－8.1.5 第 1 回 iMaRRC セミナーの開催（平成 9 年）

## 8.2 広報、アウトリーチ活動

国土交通 Day、土木の日などの行事の一環として、一般市民を対象とした研究施設の公開を実施するほか、年間を通じて一般の方々への施設見学にも力を入れ、研究開発に対する理解促進に取り組んでいる。この他、自然共生研究センターのガイドツアー、寒地土木研究所の月報、雪崩地すべり研究センターの広報誌等といった広報活動も行っている。

### 8.2.1 土研一般公開、つくばちびっ子博士、等

#### (1) 国土交通 Day 一般公開

札幌市の研究施設（寒地土木研究所）では、日本の国土交通行政に関する意義・目的や重要性を広く国民に周知することを目的とした国土交通 Day にあわせて毎年 7 月に一般公開を実施している。

#### (2) 「土木の日」一般公開

つくば市の研究施設では、土木の日（漢字の土木の 2 文字を分解するとそれぞれ十一、十八となること、また、土木学会の前身の創立が明治 12 年 11 月 18 日であることにちなむ）にあわせて毎年 11 月 18 日前後に実験施設等を一般に公開している。



写真－ 8.2.1 一般公開の様子（左：つくば 右：寒地土木研究所）

#### (3) 自然共生研究センター ガイドツアー

各務原市の研究施設（自然共生研究センター）では、研究成果を広く発信するためにガイドツアー行っており、施設内にある実験河川にて体験を伴う実習や研修を行っている。



写真－ 8.2.2 実験河川での体験を伴う実習の様子

表－ 8.2.1 この 10 年間の施設見学の実績

行事名 (括弧内は開催地)	参加者・時期	平成24 年度	平成25 年度	平成26 年度	平成27 年度	平成28 年度	平成29 年度	平成30 年度	令和元 年度	令和2 年度	令和3 年度
科学技術週間一般公開 (つくば市)	参加人数 (人)	216	282	234	298	554	337	303	248	中止(※2)	中止(※2)
	開催日	4月20日	4月19日	4月18日	4月18日	4月22日	4月21日	4月20日	4月19日		
千島桜一般開放 (札幌市)	参加人数 (人)	12,761	11,493	13,372	17,388	17,388	25,407	22,660	13,259	中止(※2)	1,550(※3)
	開催日	5月2日 ～11日	5月2日 ～11日	5月2日 ～11日	4月20日 ～29日	4月25日 ～5月1日	5月1日 ～7日	4月26日 ～5月2日	4月25日 ～5月1日		4月20日 ～26日
国土交通Day 一般公開 (札幌市)	参加人数 (人)	1,387	1,234	1,131	1,178	1,188	1,375	1,353	1,243	中止(※2)	中止(※2)
	開催日	7月20日 ～21日	7月19日 ～20日	7月4日 ～5日	7月10日 ～11日	7月1日 ～2日	7月7日 ～8日	7月13日 ～14日	6月28日 ～29日		
つくばびっ子博士一般公開 (つくば市)	参加人数 (人)	393	708	399	565	717	632	1,012	1,096	中止(※2)	中止(※2) (7/17～ 8/31 動画配信)
	開催日	7月27日	7月26日 8月2日 8月9日 (※1)	7月25日	7月25日	7月28日	7月28日	8月3日, (見学ツアー) 8月9日, 16日,23日, 30日	8月1日		
「土曜の日」一般公開 (つくば市)	参加人数 (人)	1,111	970	1,057	947	941	947	911	766	中止(※2)	262(※3)
	開催日	11月10日	11月16日	11月15日	11月14日	11月19日	11月18日	11月17日	11月23日		11月20日
つくば中央研究所、 ICHARM、CAESAR、 iMaRRC (つくば市)	参加人数 (人)	1,486	1,678	1,760	1,888	2,238	2,258	2,126	2,197	265(※3)	362(※3)
	開催日	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年
自然共生研究センター (各務原市)	参加人数 (人)	666	339	497	551	338	530	989	810	253(※3)	435(※3)
	開催日	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年
寒地土木研究所 (札幌市)	参加人数 (人)	361	437	615	354	628	570	376	359	12(※3)	8(※3)
	開催日	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年	通年

(※1)筑波研究学園都市 50 周年記念事業のため、3 日間開催。

(※2)新型コロナウイルス感染拡大防止等のため中止

(※3)新型コロナウイルス感染拡大防止策を講じたうえで人数を限定して実施

## 8.2.2 ホームページ上での情報発信

ホームページ上で一般市民向けに、研究活動・成果を分かりやすく紹介する情報発信を積極的に行っている。土研 Web マガジンは、土木研究所の研究成果や活動を広く一般向けにアピールする広報活動の一環として、平成 19 年 10 月からホームページ上で年 4 回発行し、海外向けに英語版も発行している。

北の道リサーチニュースは、平成 15 年 10 月から寒地道路技術の情報発信基地を目指して研究・調査成果等の最新情報や関連する会議、セミナー等の案内等を毎月配信している。

その他に ICHARM ニュースレター、自然共生研究センター活動レポート、iMaRRC ニュースレター等を定期的に情報発信している。



図－ 8.2.1 つくば中央研究所と寒地土木研究所の日本語ホームページ

### 8.2.3 土研玄関の展示

土木研究所の役割や活動内容を発信するため、つくば研究本館 1 階ロビーでの展示に取り組んでいる。

令和元年度に喫煙スペースを撤去し、タペストリー展示を開始し、翌年度からは、土木研究所職員が技術的に貢献したインフラ竣工写真等の「土研技術の結晶」ポスター展示、土木研究所が開発等に関わった調査・試験機材等の「土研らしいモノ」展示、土木研究所の活動をタイムリーに PR する「企画展示」など、広報空間としての充実・強化を図っている。



写真－ 8.2.3 タペストリー展示

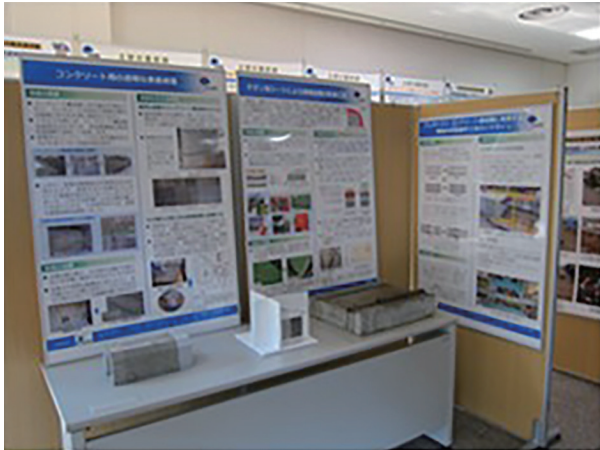


写真- 8.2.4 展示状況

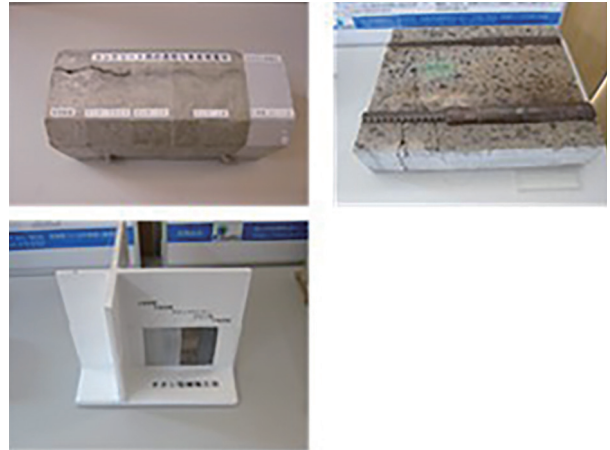


写真- 8.2.5 「土研らしいモノ」展示



「土研技術の結晶」ポスター



写真- 8.2.6 「土木技術の結晶」ポスター展示



写真- 8.2.7 常設展示



写真- 8.2.8 企画展示

## 9. この10年の主な法人出版物、開発技術、反映基準類

### 9.1 主な法人出版物

業務により得られた研究結果は、論文として学術誌に掲載されたり、技術基準類で引用されたり、報告として自ら刊行したりというように各種資料に取りまとめられる。中でも、取りまとめられた技術情報が、例えば、国土交通省内での利用にとどまらずより広い層の技術者の利用が認められる場合には、法人著作権の運用、すなわち出版社と出版契約を結び、法人出版物を全国の書店で販売することとしている。

改訂等により絶版となったものを除いて現在、22冊が流通しており共著者や出版社の協力を得て講習会を開催する等、土木研究所の研究成果が実務に効果的に活用されるよう必要に応じて普及活動を実施している。絶版を含めた土木研究所の法人出版物を参考資料－10に示す。最近出版された法人出版物を紹介する。

#### (1) 建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック

土木研究所及び（一財）土木研究センター地盤汚染対応技術検討委員会の著作・編集、京都大学 嘉門雅史 名誉教授及び勝見武 教授の監修により、平成27年3月に出版された。

自然由来の重金属等を含む発生土や酸性水を発生させる土（写真－9.1.1）等の取り扱いについて実務者が適切に対応できるように、調査、評価、設計及び対策に際しての考え方、各種法令との関連等が具体例を交えながら解説されている。

建設発生土の有効利用に向け国土交通省が公開するマニュアル<sup>\*1</sup>の解説書として、実務者が担う合理的判断の際に役立てられている。



写真－9.1.1 酸性水が発生するのり面

#### (2) グラウンドアンカー維持管理マニュアル

グラウンドアンカーの緊張力分布を用いた損傷検知技術に関する共同研究<sup>\*2</sup>において得られた研究成果に基づき、令和2年9月に出版された。

自然斜面や切土、構造物等の安定化を目的に長期間使用されてきたグラウンドアンカーを対象に、保全対象の斜面を含め適切に維持管理がなされるよう、点検（写真－9.1.2）・健全性調査・措置に関する考え方がまとめられている。

刊行物への引用を複数の学協会から求められる等、中央道笹子トンネル天板落下事故（平成25年）を契機に表面化した土工構造物の維持管理に活かされている。



写真－9.1.2 点検の例（変色した防錆油）

※1：建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（暫定版）、国土交通省、平成22年3月

※2：（一社）日本アンカー協会、（国）三重大学、（株）高速道路総合技術研究所が参加した土木研究所主催の共同研究

## 9.2 主な開発技術

研究開発成果のうち、「適用の効果や普及の見通し等が高いと認められるもの」を、重点普及技術：53 技術、準重点普及技術：25 技術（R3 現在）として、より効果的に普及活動に取り組んでいる。平成 24 年度から令和 3 年度までの重点普及技術・準重点普及技術を参考資料－ 7 に示す。重点普及技術の中から、2 技術を紹介する。

### (1) ワイヤロープ式防護柵

全国的に、中央分離帯がない郊外部 2 車線道路で正面衝突事故が多発している。北海道のような広域分散型社会を形成する地方部の郊外部幹線道路や高規格道路の往復非分離 2 車線道路では正面衝突による重大事故発生が大きな課題となっている。

その対策として、2 車線道路に中央分離帯を設けることが考えられるが、事故時の通行の妨げとならないように幅員の確保が必要となり、多額の設置コストが必要となる。

ワイヤロープ式防護柵は高いじん性を有するワイヤロープと、比較的強度が弱い支柱により構成され、車両衝突時の衝撃に対して主にワイヤロープの引張りで抵抗する防護柵である（写真－ 9.2.1）。主な特徴として、高い衝撃緩和性能、狭い幅で設置が可能、容易に開口部を設置、短時間で復旧完了等があげられる。表裏がなく、支柱が設置できる空間があれば、容易に設置、撤去が可能のため、既存道路への設置や、狭い幅員の分離柵として使用することが有利と考えられる。

当該技術は、建設産業に係わる優れた新技術として、第 20 回国土技術開発賞優秀賞を受賞した。



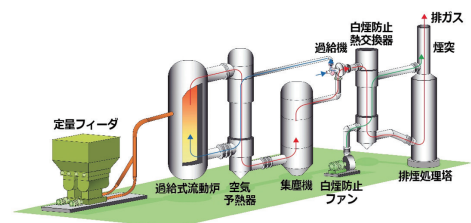
写真－ 9.2.1 ワイヤロープ式防護柵

### (2) 過給式流動燃焼システム

過給式流動燃焼システムは、下水汚泥の焼却処理において、過給式流動炉と過給機（ターボチャージャー）を用いることにより燃焼効率を高め、大幅な省エネルギー等を実現できるシステムである（図－ 9.2.1）。燃焼による排ガスでシステムに組み込んだ過給機を駆動させ、圧縮空気を流動炉に供給することにより、加圧状態にして燃焼速度を上げるとともに、燃焼温度を高め温室効果ガスである N<sub>2</sub>O 等の排出を抑制する。

燃料である汚泥の低負荷時でも、運転圧力を調整することにより炉内温度を下げず、効率的な運転が可能となる。また、従来の気泡流動炉による燃焼システムに必要であった流動ブロワと誘引ファンの運転が不要となるため、消費電力を低減できる。更に、燃焼効率が高まるため焼却炉を小型化することができ、施設規模を縮小し設備コストも縮減できる。

当該技術は、建設産業に係わる優れた新技術として、第 17 回国土技術開発賞優秀賞を受賞した。



図－ 9.2.1 過給式流動燃焼システム



## 9.3 主な反映基準類

土木研究所では、国土交通省をはじめとする各省庁や学術団体、公益法人などの各機関が発行する技術基準類等に、研究開発や技術指導等で得られた成果を反映している。平成 24 年度から令和 3 年度において、土木研究所の成果等が反映され改訂または発刊された技術基準類等は 196 件である。平成 24 年度から令和 3 年度までの技術基準類等を参考資料－ 6 に示す。参考資料－ 6 の中から技術基準等を一部紹介する。

### (1) 総点検実施要領（案）

平成 24 年 12 月 2 日に 9 人が犠牲となった山梨県の中央自動車道笹子トンネル事故では、道路施設など社会インフラ老朽化の深刻な実態が改めて浮き彫りとなった。土木研究所は国土交通省の依頼を受け、国土交通省国土技術政策総合研究所と連携して、「橋梁」「トンネル」「舗装」「法面・盛土・擁壁等」「道路付属物（道路照明等）」の 5 分野を対象に、都道府県や市町村が実施する総点検実施要領（案）を作成した。同要領では、各分野において、点検の方法や実施箇所、判定基準の考え方等を分かりやすくまとめるとともに、点検時に必要となる様式・調書や要領を補足するための参考資料を別途整備している。笹子トンネル事故発生から 3 カ月弱という非常に短期間の作業であったが、これにより、都道府県や自治体の道路点検等に同要領が活用されることで、国民の安全確保に貢献することが期待される。

### (2) 道路橋示方書・同解説

平成 29 年に改定された道路橋示方書では、設計で想定する作用や抵抗の関係性や、そこで確保される安全余裕の意味合いを明確にするため、部分係数設計法が導入された。これまで土木研究所では、部分係数設計法や新材料の導入に必要となる、設計の前提とされる材料強度のばらつき、コンクリート部材のせん断耐力などの部材耐荷力の評価式のばらつき、また、杭基礎の応答や耐力算出における地盤反力係数の不確実性の影響などの調査研究や、高強度ボルト S14T などの新材料に対する性能評価に関する研究を行ってきた。改定された道路橋示方書では、これらの研究成果に基づいて設定された部分係数が規定されたほか、いくつかの新材料に対して新たに照査基準が規定された。さらに、設計供用期間 100 年を実現するための耐久設計とその前提としての維持管理について規定がなされ、局所的な応力集中や滞水が生じにくい構造とすることなども道路橋示方書に反映された。

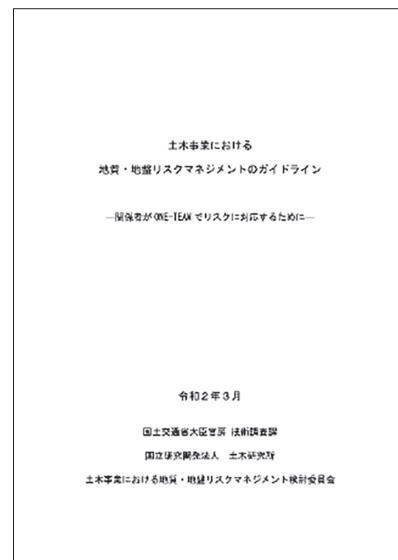
### (3) ダム貯水池水質改善の手引き

土木研究所が監修した「ダム貯水池水質改善の手引き」が平成 30 年 3 月に公表された。本手引きは、これまでダム毎において個別具体的に行われてきた水質改善対策事例の収集・分析を通じて共通する重要事項・一般事項を抽出・体系化したマニュアルとなっている。具体的には、水質変化現象の「発生・要因の推定」、現象発生後の「対策の検討・実施」、対策の「効果確認」、「運用・調査・対策施設の効率化検討」の一連の流れが明示されている。また、各過程で、流域関係者との連携や学識者からの指導・助言といった「連携・助言の活用」、「ダム管理フォローアップ委員会からの意見聴取」、水質問題が発生した場合の迅速な情報提供や日頃からの PR を含めた「情報提供」が明記されている。今後ダム貯水池において水質変化現象が生じた際に、

本手引きを用いることで効率的、的確、迅速な水質改善対策が行われることが期待される。

#### (4) 土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン

土木研究所と国土交通省は、土木事業に関連する学協会等と連携し「土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会」を平成30年3月に設立し、土木研究所が中心となって原案を作成した地質・地盤リスクマネジメントの基本的な考え方、及びその導入と運用について議論を進めてきた。その成果を「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン－関係者がONE－TEAMでリスクに対応するために－」としてとりまとめ、令和2年3月30日に公表し、関係機関に通知した。ガイドラインでは、地質・地盤リスクマネジメントを、地質・地盤の不確実性（地質・地盤リスク）に起因する事業の遅延や費用増、事故の発生等の影響を回避し、事業の効率的な実施及び安全性の向上を目的とするものと位置づけ、地質・地盤リスクを関係者の役割分担と連携によって把握・評価し、最適な時期に適切に対応するための基本的な枠組みと手順を提示した。また、適用対象は国土交通省が実施する土木事業のほか、地方自治体等の事業でも利用できるものとしており、今後の土木事業における活用が期待される。



図－9.3.1 土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン

#### (5) BIM/CIM 活用ガイドライン（案）第3編 砂防及び地すべり対策編

地すべりが発生した場合には、警戒避難体制の整備や応急対策工事が行われる。その際には、地すべりの発生状況やそれによる被害状況を迅速かつ的確に把握し、その情報を関係機関と共有して連携して対応することが必要であるが、大規模地すべりでは状況把握に時間がかかることや、現場に行けない関係者に被災状況を的確に伝えるのが難しいことなどが課題であった。これらの課題解決のため、土木研究所では「地すべり災害対応のBIM/CIMモデル」を開発し、このBIM/CIMモデルによってコンピュータ空間上にバーチャルな被災現場を再現することができ、災害の全体像の迅速な把握と共有が容易となる。更に、リモートでの技術支援、オンラインでの多機関同時の情報共有など、次世代型の災害対応への発展にも繋がると期待される。土木研究所においても、コロナ禍におけるリモート技術指導や令和2年7月豪雨災害での技術支援に本手法を活用し、災害対応の迅速化・効率化に貢献した。令和3年3月に、この活用実績をもとにBIM/CIMモデルの作成手法を改良し、「BIM/CIM活用ガイドライン（案）」に採用された。