

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1186

January 2022

国土技術政策総合研究所研究評価委員会  
令和3年度 分科会報告書

Report of the Evaluation Sub Committee of NILIM in FY 2021  
Evaluation Committee of NILIM

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

**国土技術政策総合研究所研究評価委員会  
令和 3 年度 分科会報告書**

Report of the Evaluation Sub Committee of NILIM in FY 2021  
Evaluation Committee of NILIM

概要

本資料は、令和 3 年 7 月 8 日、7 月 15 日、7 月 20 日、10 月 28 日、11 月 2 日および 11 月 2 日に開催された「令和 3 年度第 1 回～第 6 回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会」における「令和 2 年度終了した研究課題と令和 4 年度に開始する研究課題」についての評価結果をとりまとめたものである。

キーワード：

外部評価、研究評価委員会、研究評価委員会分科会、研究課題

Synopsis

This report summarizes the results of the evaluation of “Research subjects which NILIM finished by FY 2020 and start up in FY 2022” at the meeting of the 1st - 6th Evaluation Sub Committee of NILIM in FY 2021 held on July 8, 15, 20, October 28 and November 2, 11, 2021.

Keywords

External Evaluation, Evaluation Committee, Evaluation Sub Committee,  
Research Subject

## はじめに

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）は、国総研が予算要求を行う研究課題について、外部の有識者によって構成される国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会による評価を実施している。

令和3年度は、令和4年度開始予定の研究課題の事前評価および令和2年度に終了した研究課題の終了時評価を実施した。

本報告書は、これらの研究課題について行われた、「令和3年度第1回～第6回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会」の評価結果と、それらに対する国総研の対応についてとりまとめたものである。

なお、本報告書の構成は、分科会開催時期に合わせて第1編（7月開催：第1回～第3回）と第2編（10、11月開催：第4回～第6回）の2部構成としている。各編は、「第1章 評価の方法等」、「第2章 評価の結果」、「第3章 評価の結果に対する対応方針」の3章からなっており、このうち、報告書の中心をなす各編の「第2章 評価の結果」は国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会によって作成されたものである。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
国土交通省国土技術政策総合研究所

## 目次

はじめに

### 第1編 令和3年度第1回～第3回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会

第1章	評価の方法等	1
1	評価の目的	
2	評価の対象	
3	評価の視点	
4	研究評価委員会分科会の開催	
5	評価の進め方	
6	評価結果のとりまとめ	
7	評価結果の公表	
第2章	評価の結果	4
第3章	評価の結果に対する対応方針	11
資料	令和3年度第1回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）議事次第・会議資料	13
資料	令和3年度第2回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第二部会）議事次第・会議資料	37
資料	令和3年度第3回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）議事次第・会議資料	53

### 第2編 令和3年度第4回～第6回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会

第1章	評価の方法等	69
1	評価の目的	
2	評価の対象	
3	評価の視点	
4	研究評価委員会分科会の開催	
5	評価の進め方	
6	評価結果のとりまとめ	
7	評価結果の公表	
第2章	評価の結果	72
第3章	評価の結果に対する対応方針	82
資料	令和3年度第4回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第二部会）議事次第・会議資料	85
資料	令和3年度第5回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）議事次第・会議資料	125
資料	令和3年度第6回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）議事次第・会議資料	165

### 参考資料

研究課題一覧	183
評価用紙（事前評価・終了時評価）	184

第1編（7月開催分）

令和3年度第1回～第3回国土技術政策総合研究所

研究評価委員会分科会

# 第1章 評価の方法等

## 1 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を研究の目的、計画の見直し等へ反映することを目的とする。

## 2 評価の対象

令和4年度開始予定の研究課題の事前評価および令和2年度に終了した研究課題の終了時評価を行った。令和3年7月の分科会の評価対象となった研究課題は事前評価4課題、終了時評価2課題の計6課題である。

### 第一部会

- ・インフラ等の液化化被害推定手法の高精度化（終了時評価）
- ・重要インフラの即時被害検知・強震モニタリングシステムの開発（終了時評価）

### 第二部会

- ・RC造マンションの既存住宅状況調査等の効率化に向けたデジタル新技術の適合性評価基準の開発（事前評価）
- ・既存オフィスビル等の省エネ化に向けた現況診断に基づく改修設計法に関する研究（事前評価）

### 第三部会

- ・脱炭素化の推進に向けた沿岸環境保全技術における炭素貯留効果を最大化する手法の開発（事前評価）
- ・効率的な維持管理に向けた既存港湾施設のBIM/CIM構築手法に関する研究（事前評価）

## 3 評価の視点

### [事前評価]

必要性、効率性及び有効性について、以下の観点を踏まえ、事前評価を行った。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

### [終了時評価]

必要性、効率性及び有効性の観点を踏まえ、「研究の実施方法と体制の妥当性」「目標の達成度」について終了時評価を行った。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

#### 4 研究評価委員会分科会の開催

専門的視点からの評価を行うため、各分野の専門家で構成された国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会を開催することとし、第1回分科会を令和3年7月8日、第2回分科会を令和3年7月15日、第3回分科会を令和3年7月20日に開催した。また、事前意見を伺うため、欠席の委員には事前に担当部会の資料を送付した。なお、分科会の前に国土技術政策総合研究所研究評価所内委員会を開催し、評価対象課題について、研究所として自己点検を行っている。

研究評価委員会分科会は、「国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会設置規則」に基づき、以下の構成としている。

<b>第一部会</b>	主査	古関 潤一	東京大学教授
	委員	鼎 信次郎	東京工業大学教授
	委員	里深 好文	立命館大学教授
	委員	菅原 正道	(一社)建設コンサルタンツ協会技術委員会委員長 パシフィックコンサルタンツ(株)取締役 常務執行役員
	委員	関本 義秀	東京大学教授
	委員	田村 圭子	新潟大学教授
	委員	戸田 祐嗣	名古屋大学教授
	委員	中島 典之	東京大学教授
	委員	濱岡 秀勝	秋田大学教授
	<b>第二部会</b>	主査	伊香賀 俊治
委員		河野 守	東京理科大学教授
委員		清野 明	(一社)住宅生産団体連合会建築規制合理化委員会 副委員長 (一社)日本ツーバイフォー建築協会 技術部会顧問
委員		藤井 さやか	筑波大学准教授
委員		松本 由香	横浜国立大学教授
委員		水村 容子	東洋大学教授
<b>第三部会</b>		主査	兵藤 哲朗
	委員	岩波 光保	東京工業大学教授
	委員	富田 孝史	名古屋大学教授
	委員	野口 哲史	(一社)日本埋立浚渫教会技術委員会委員長 五洋建設(株) 取締役 土木本部長
	委員	二村 真理子	東京女子大学教授
	委員	山田 忠史	京都大学教授
	委員	横木 裕宗	茨城大学教授

(令和3年7月現在、主査以外五十音順・敬称略)

第1回分科会（令和3年7月8日）の評価担当部会は第一部会であり、古関主査と鼎委員、里深委員、田村委員、戸田委員、中島委員にオンラインでご出席いただいた。

第2回分科会（令和3年7月15日）の評価担当部会は第二部会であり、伊香賀主査と河野委員、清野委員、藤井委員、松本委員、水村委員にオンラインでご出席いただいた。

第3回分科会（令和3年7月20日）の評価担当部会は第三部会であり、兵藤主査と岩波委員、富田委員、野口委員、二村委員、山田委員、横木委員にオンラインでご出席いただいた。

## 5 評価の進め方

令和3年度の分科会では、以下のように評価を進めることとした。

- (1) **2 評価の対象**については、研究課題が主に対象とする分野に応じて、第1～3回分科会に分けて評価を行う。
- (2) 主査及び各委員から意見をいただくとともに、欠席の委員から事前に伺っている意見を紹介する。また、事前評価および終了時評価について評価用紙にご記入いただく。
- (3) 会議当日の審議内容、事前意見及び評価用紙の指標集計結果に基づき、主査が総括を行う。

### ＜分科会委員が評価対象課題に参画している場合等の対応について＞

評価対象課題のうち、当該部分の評価は行わないこととする。また、主査が評価対象課題に参画している場合には、当該部分の評価を行う間、予め委員長が他の委員から指名する委員が、主査の職務を代理することとする。（該当なし）

## 6 評価結果のとりまとめ

評価結果は、審議内容、評価用紙に基づき、主査の責任においてとりまとめられた。

## 7 評価結果の公表

評価結果は、本資料及び国総研ホームページにて公表することとした。また、議事録については国総研ホームページにて公開し、議事録における発言者名については、「主査」、「委員」、「事務局」等として表記することとした。

## 第2章 評価の結果

本評価結果は、令和3年度第1回、第2回及び第3回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会における審議に基づきとりまとめたものである。

■令和3年度 第1回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）

・「インフラ等の液状化被害推定手法の高精度化」の評価結果（終了時評価）

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、液状化に関する深い知見を有する土木研究所と共同研究を実施するとともに、自治体の意見も取り入れて有用性を高めていることから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、3次元地盤構造モデルの高精度化とともにその可視化・共有システムの構築がなされており、モデル作成については検討成果をガイドライン(案)としてとりまとめられたことから、目標を達成できたと評価する。

今後は、本研究で開発した3次元地盤構造モデルデータ可視化・共有システムと多数のボーリングデータの公表と有効活用に向けた検討を期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	<p>★★★★★</p> <p>★★</p>
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>② 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	<p>★</p> <p>★★★★★</p>

【指摘事項等】

- ・ インフラ施設と液状化危険度の重ね合わせ以外にも、ネットワークとしてのリスク評価などへの展開を期待する。また、下水道・道路以外のインフラへの展開も期待する。
- ・ 情報を収集・更新していく仕組みづくりが活用に向け重要である。研究成果とともに得られた情報を関係者等に提供されたい。
- ・ 液状化の重要な要因である地下水のリアルタイムのデータ収集・集積手法についても検討されたい。
- ・ 多くの地域への展開を期待する。展開にあたっては、少ないリソースで実施できるようにすることが必要と考える。

令和3年7月8日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第一部会主査 古関 潤一

・「重要インフラの即時被害検知・強震モニタリングシステムの開発」の評価結果（終了時評価）

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、モニタリングシステムの設置に際し、ダンパー等の制震装置を設置している橋など全国の様々な橋梁形式、地盤特性の橋を選定し観測データを収集していることから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、構造物全体系の挙動をリアルタイムで連続観測できるモニタリングシステムの開発により、早期の被害検知を可能とするとともに、耐震対策技術の高度化・合理化に資する観測データも取得できることから、目標を達成できたと評価する。

今後は、観測データの蓄積等を踏まえ、道路の危険情報に活用できるようなものとするとともに、将来的には、道路管理者のみならず警察や行政、事業者への情報発信にも寄与するものとして期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	<p>★★★★★</p> <p>★★</p>
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>② 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	<p>★★</p> <p>★★★★★</p>

【指摘事項等】

- ・ 開発したモニタリングシステムの実務展開に向けて、導入初期費用、維持管理費用や耐久性に関する情報のとりまとめと公表を期待したい。
- ・ 大変貴重なデータであるため、観測データ等について可能な範囲で公開することを検討されたい。
- ・ 振動特性からの被害検知に係る数理・ソフトウェア手法やMEMS技術等について、土木分野以外の組織（民間含む）は優れた技術力をもっているため、そういったところと連携するとともに、システムの全国への普及に向けた検討が進むことを期待する。
- ・ 構造物の挙動をリアルタイムで連続観測する新規性の高い研究である。今後、蓄積される多様な橋梁の観測データを分析するなど研究の展開に期待する。

令和3年7月8日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第一部会主査 古関 潤一

## ■令和3年度 第2回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第二部会）

・「RC造マンションの既存住宅状況調査等の効率化に向けたデジタル新技術の適合性評価基準の開発」の評価結果（事前評価）

### 【総合評価】

本研究は、目視・計測が中心である既存住宅状況調査等の現場検査について、RC造マンションを対象にデジタル新技術の適正な導入による効率化及び精度向上に向け適合性評価基準等を開発するものであり、既存ストックの流通促進だけでなく建物の長寿命化にも貢献すると考えられることから、国土技術政策総合研究所において実施すべきと評価する。

なお、研究の実施にあたっては、将来的に蓄積された画像などの検査データを検査人材の育成やAIによる解析などに展開・活用していくことも意識して研究を進められたい。

### 【研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 購入希望者が求める情報として、構造耐力に関わる部分だけでなく、設備や配管等に関する情報も考えられるので、そこについても意識して研究を進められたい。
- ・ デジタル化のためのコストの算出や抑制方法についても検討されたい。
- ・ 建築物カルテのようなものとして、将来にわたり維持管理に活用できるものの開発を期待する。
- ・ 大規模修繕の実施時の調査といった他の調査やマンション管理業務との連携・情報共有を見据えた検討を期待する。
- ・ 検査を実施する人材の育成についても考慮されたい。
- ・ 将来的な活用のためにも様々な建物のデータを収集し共有できる仕組みについても検討されたい。

令和3年7月15日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第二部会主査 伊香賀 俊治

- ・「既存オフィスビル等の省エネ化に向けた現況診断に基づく改修設計法に関する研究」の評価結果  
(事前評価)

#### 【総合評価】

本研究は、2050年カーボンニュートラル化の実現に向け、省エネ改修の促進が不可欠な既存オフィスビル等を対象に改修時に活用可能な現況診断法や改修設計法に関わる技術指針及び改修の費用対効果を予測するツールの開発を行うものであり、先行研究課題で開発した「新築ビルのエネルギー消費性能評価ツール(省エネ基準の適合性判定ツール)」に関わる知見を有していることから、国土技術政策総合研究所において実施すべきと評価する。

なお、省エネ改修の費用対効果について、エネルギー費の観点に加え、建物利用者の健康増進や生産性向上といったエネルギー以外の便益の観点も意識して研究を実施されたい。

#### 【研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 建物利用者の行動の観点についても検討されたい。
- ・ 改修の促進のためにも、コスト面でボトルネックとなる建物外皮改修の必要性を早い段階で判断できるような診断フローとされたい。
- ・ 建物の規模、築年数、構造、用途等による違いを踏まえた検討をされたい。
- ・ 外皮の防露性や気密性についても適切な診断ができることを期待する。
- ・ 将来的に、ビルオーナーに省エネ改修を促すような政策へ貢献する成果を期待する。

令和3年7月15日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第二部会主査 伊香賀 俊治

■令和3年度 第3回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）

- ・「脱炭素化の推進に向けた沿岸環境保全技術における炭素貯留効果を最大化する手法の開発」の評価結果（事前評価）

【総合評価】

カーボンニュートラルの実現に向けて温室効果ガスを削減することは、喫緊の課題である中、浚渫土砂を利用した干潟・藻場による炭素貯留効果の開発は、科学的、工学的に価値が高く、国土技術政策総合研究所において実施すべきと評価する。

なお、研究の実施にあたっては、浚渫土砂を干潟・藻場における二酸化炭素の吸収源や貯留源と考えるだけでなく、防災における活用などより付加価値を付けることも考慮して研究を進められたい。

【研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 炭素残存率の定量化などについて、適切な算定手法の確立をお願いしたい。
- ・ 港湾毎に異なる浚渫土砂の性状など、炭素貯留効果の結果を左右する不確定部分や要素を明確にしてほしい。

令和3年7月20日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第三部会主査 兵藤 哲朗

- ・「効率的な維持管理に向けた既存港湾施設のBIM/CIM構築手法に関する研究」の評価結果（事前評価）

#### 【総合評価】

老朽化する港湾施設が増大する中、BIM/CIMによる施設維持管理の手法を開発することは、港湾施設の効率的な維持管理を進める上で重要であり、国土技術政策総合研究所において実施すべきと評価する。

なお、研究の実施にあたっては、港湾管理者、民間事業者、関係団体との意見交換を行い、要望や意見を吸い上げて研究を進められたい。

#### 【研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ 港湾以外の他分野での研究も踏まえ、関係者でのBIM/CIMデータの情報共有の回り方を検討するなど、より良い研究になるよう留意されたい。
- ・ 今回の研究成果が、国土交通省のDX推進施策と連携を図れるものとなるように留意されたい。

令和3年7月20日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第三部会主査 兵藤 哲朗

### 第3章 評価の結果に対する対応方針

分科会の評価結果を受けて、国土技術政策総合研究所では以下のように対応する。

#### ■令和3年度 第1回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）

##### ・インフラ等の液状化被害推定手法の高精度化（終了時評価）

評価結果を踏まえ、本成果の活用・展開に向け、情報・データの効率的な取得・更新方法や、共有する仕組み作りについて、本成果の利用者の状況等を十分に踏まえつつ、引き続き検討して参りたい。また、今後、リスク評価方法の検討を実施する際は、地下水位の適切な反映方法やネットワークとしての評価等、指摘いただいた内容に留意しながら検討して参りたい。

##### ・重要インフラの即時被害検知・強震モニタリングシステムの開発（終了時評価）

評価結果を踏まえ、学会などをはじめとする様々な場面で本研究成果の公表を積極的に行い、研究成果の公表にあたっては、学術的観点のみならず、本モニタリングシステムのコストや耐久性等、導入にあたって参考となる情報の公表を行って参りたい。その上で、観測データについても関連研究等で広く活用されるように、記録の整理・確認や関係機関との必要な調整等を実施した上で公表して参りたい。

また、観測データを活用した重要インフラの地震時挙動の解明や即時の被害検知手法の開発に向けては、多様な分野との連携を図りながら研究を遂行して参りたい。

#### ■令和3年度 第2回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第二部会）

##### ・RC造マンションの既存住宅状況調査等の効率化に向けたデジタル新技術の適合性評価基準の開発（事前評価）

評価結果を踏まえ、研究の実施にあたっては、下記のとおり研究を進めて参りたい。

- ・デジタル化のためのコストの算出やコストの抑制方法についても留意して検討を進める。
- ・将来にわたり維持管理に活用できるデータとなるよう留意して検討を進める。
- ・大規模修繕の実施時の調査といった他の調査やマンション管理業務との連携・情報共有についても留意して検討を進める。
- ・検査を実施する人材の育成についても留意して検討を進める。

その他、ご指摘いただいた事項についても十分留意して、研究を進めて参りたい。

#### ・既存オフィスビル等の省エネ化に向けた現況診断に基づく改修設計法に関する研究（事前評価）

評価結果を踏まえ、研究の実施にあたっては、下記のとおり研究を進めて参りたい。

- ・建物所有者や設計者に対する技術的な資料だけではなく、建物利用者に省エネ化・脱炭素化の意義や建物の効果的な使い方を理解してもらい行動変容を促すための資料についても検討する。
  - ・開発する現況診断法について、一次診断、二次診断等に分け、簡易に行う一次診断で省エネポテンシャルの概算や外皮改修の必要性（防露性や気密性の診断を含む。）を早い段階で判断できるように留意する。
  - ・様々な規模、築年数、構造、用途の建築物に対して、その特徴の違いを踏まえたうえで、多くの建築物に適用可能な改修設計法の開発を行う。
  - ・国土交通本省や地方自治体との連携を強化し、本研究で開発する改修設計法や費用対効果予測ツールが実際の省エネ施策に活用可能なものになるように留意して研究を進める。
- その他、ご指摘いただいた事項についても十分留意して、研究を進めて参りたい。

#### ■令和3年度 第3回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）

#### ・脱炭素化の推進に向けた沿岸環境保全技術における炭素貯留効果を最大化する手法の開発（事前評価）

評価結果を踏まえ、研究の実施にあたっては、下記のとおり研究を進めて参りたい。

- ・浚渫土砂を干潟・藻場における二酸化炭素の貯留と考えるだけでなく、防災における活用などより付加価値を付けることも考慮して検討を進めていくこととする。
- ・炭素残存率の定量化について、現地調査および室内実験を通じて、適切な算定手法を検討する。
- ・港湾毎に異なる浚渫土砂の性状や造成干潟・藻場の構造など、炭素貯留効果に影響を及ぼす要素を明確にすることに留意する。

その他、ご指摘いただいた事項についても十分留意して、研究を進めて参りたい。

#### ・効率的な維持管理に向けた既存港湾施設のBIM/CIM構築手法に関する研究（事前評価）

評価結果を踏まえ、研究の実施にあたっては、下記のとおり研究を進めて参りたい。

- ・港湾施設の点検診断・維持管理を実施している関係者から意見を聴取し、点検診断・維持管理業務の実態を踏まえたBIM/CIM要件を検討する。
- ・既存港湾施設のBIM/CIMは、複数の関係者が共有・使用することに留意して検討を行う。
- ・港湾施設の点検診断・維持管理に関係する既存資料や関連するデータ類との連携を考慮して検討を行う。

その他、ご指摘いただいた事項についても十分留意して、研究を進めて参りたい。

資料

令和3年度第1回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第一部会） 議事次第・会議資料

# 令和3年度第1回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）

## 議事次第

---

日時：令和3年7月8日（木）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 議事
  - ＜令和2年度に終了した研究課題の終了時評価＞
  - ・インフラ等の液状化被害推定手法の高精度化
  - ・重要インフラの即時被害検知・強震モニタリングシステムの開発
6. 国総研所長挨拶
7. 閉会

## 会議資料

---

	頁
資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）委員一覧	15
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	16
資料3 研究課題資料	
・インフラ等の液状化被害推定手法の高精度化	17
・重要インフラの即時被害検知・強震モニタリングシステムの開発	27
資料4 評価対象課題に対する事前意見	35

注) 資料3及び資料4については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会  
（第一部会）委員一覧

第一部会

主査

古関 潤一 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 教授

委員

鼎 信次郎 東京工業大学環境・社会理工学院  
土木・環境工学系 教授

里深 好文 立命館大学理工学部 教授

菅原 正道 (一社)建設コンサルタンツ協会 技術委員会委員長  
パシフィックコンサルタンツ株式会社  
取締役 常務執行役員

関本 義秀 東京大学空間情報科学研究センター 教授

田村 圭子 新潟大学危機管理本部危機管理室 教授

戸田 祐嗣 名古屋大学大学院工学研究科 教授

中島 典之 東京大学環境安全研究センター 教授

濱岡 秀勝 秋田大学大学院理工学研究科システムデザイン工学  
専攻土木環境工学コース 教授

※五十音順、敬称略

## 評価方法・評価結果の扱いについて

（第一部会）

### 1 評価の対象

- ・令和2年度に終了した事項立て研究課題の終了時評価

### 2 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を研究の目的、計画等へ反映することを目的とする。

### 3 評価の視点

[終了時評価]

必要性、効率性、有効性の観点を踏まえ、「研究の実施方法と体制の妥当性」「目標の達成度」について終了時評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

（ 初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組

中期段階：実用化に向けた取組

後期段階：普及あるいは発展に向けた取組

### 4 進行方法

（1）研究課題の説明（10分）

（2）研究課題の評価（15分）

① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。

② 審議内容、評価用紙等をもとに、主査が総括を行う。

### 5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

### 6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

# インフラ等の液状化被害推定手法の高精度化

研究代表者 : 企画部長 森田 康夫  
 課題発表者 : 企画部 企画課長 尾崎 悠太  
 関係研究部 : 下水道研究部、道路構造物研究部  
 研究期間 : 平成30年度～令和2年度  
 研究費総額 : 999百万円  
 技術研究開発の段階 : 中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

#### 平成30年北海道胆振東部地震(9月6日)により札幌市清田区里塚地区で発生した液状化被害の調査



国総研・土研・建築研専門家派遣(平成30年9月10日)  
 結果報告(平成30年10月26日)  
 土砂の噴出の様相やそれに伴う地盤変状の規模は、過去の地盤の液状化被害には見られないもの

札幌市清田区里塚地区  
 谷部に火山灰質の砂質土で埋められた土地

同種の土地ならば全国どの土地でも発生し得る現象

個々の構造物においては耐震性は考慮されているが、  
道路や下水道などのネットワーク状に面的な広がりを持つインフラの液状化被害に対するリスク  
 が把握されていない。

インフラの液状化被害に対するリスク評価手法を開発し、リスク評価に基づく脆弱度のスクリーニングを行うことで液状化対策の重点化を図り、インフラのネットワークとして機能を維持し、地震被害に対する強靱化を推進する必要がある。

## 1. 研究開発の背景・課題

### 課題

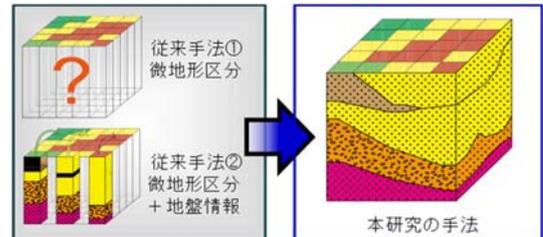
インフラの液状化被害に対するリスク評価手法に求める性能??

- ・地盤の液状化に伴う、**道路や下水道管路等のインフラ施設の被害**を評価できる
- ・**道路網や下水道管路網におけるネットワーク上の弱点**をピンポイントに明示できる

### 課題1

- 道路や下水道管路等の、地盤の液状化に伴う被害を高密度で的確に評価する手法が確立されていない
- ・(液状化を再現する)地盤モデルの、メッシュが粗く、また、**地層の連続性などの地盤構造の複雑さを十分に反映していない**
  - ・地盤の液状化被害に影響を与える条件(地下水位や人工改変等)を十分に考慮できていない
  - ・“インフラの被害”としての評価を行っていない

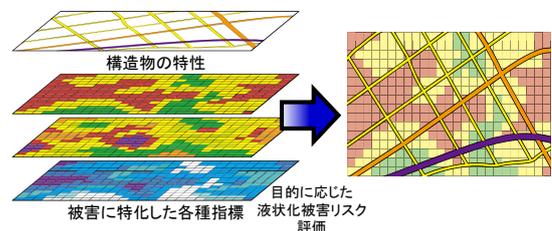
- ① 地盤の液状化に影響を与える地盤特性と条件を整理した上で、地盤の液状化被害を高密度で的確に評価できる**3次元地盤構造モデルの試作**を行う。
- ② **3次元地盤構造モデル作成手法を提案するとともに、それを活用した道路や下水道の被害リスクを評価する手法を提案する**



### 課題2

地盤情報は基本的に調査者が保有しており、流通しない。一部の地盤情報は公開されているものの離散情報且つ情報間のキャリブレーションがされていない。面的なインフラ施設のリスク評価等を促すために、統一的な水準に基づいた地盤情報の共有が必要。

- ③ **地域の地盤情報を3次元地盤構造モデルとして可視化・共有するシステムを構築**



3

## 2. 研究開発の目的・目標

### 目的・目標

- インフラの液状化被害に対するリスク評価手法の開発に向け

#### ① 3次元地盤構造モデルの試作

地盤の液状化に影響を与える地盤特性と条件を整理した上で、地盤の液状化被害を高密度で的確に評価できる3次元地盤構造モデルの試作を行う

#### ② モデル作成手法とインフラ被害リスク評価手法の提案

(①を通じ)3次元地盤構造モデル作成手法を提案するとともに、それを活用した道路や下水道の被害リスクを評価する手法を提案する

#### ③ 3次元地盤構造モデルデータ可視化・共有システムの構築

地域の地盤情報を3次元地盤構造モデルとして共有・可視化するシステムを構築

### 必要性

・橋梁など重要な土木構造物については、建設段階において個別に液状化に関する検討が行われているが、道路ネットワークや堤防周辺の地盤など**社会インフラの液状化に対する脆弱度は面的に把握されていない**。

⇒道路ネットワーク等の重要な社会インフラの液状化に対する脆弱度のスクリーニングを行うことで、液状化対策の重点化を図り、社会インフラ全体の地震被害に対する強靱化を進める必要がある。

・市区町村が現在作成している液状化ハザードマップでは既存の地質情報等のデータを用いているが、**社会インフラの脆弱度のスクリーニングを行うにあたっては、地盤情報の量と質の不足等により十分な精度が確保されていない**。

4



### 3. 研究開発の概要

#### 研究開発の概要

#### ①3次元地盤構造モデルの試作

- ・既往研究から3次元地盤構造モデルの作成フローを整理 P8
- ・地盤の液状化に影響を与える地盤特性と条件を整理 P9
- ・それらの情報を含むモデルを作成するための必要な現地調査手法の整理 P9
- ・特に重要なエリア(10地域)における3次元地盤構造モデルの試作 P10～P12
- ・既往地震での液状化被害評価による、モデル作成の手法の検証 P13～P14

#### ②モデル作成手法とインフラ被害リスク評価手法の提案

- ・①の試作を踏まえ、3次元地盤構造モデルの作成手法をガイドラインとしてとりまとめ P15
- ・既往の研究成果から、  
液状化に伴う道路施設や下水道施設等のインフラ施設の被害実態を整理
- ・上記と、3次元地盤構造モデルから評価した液状化被害評価結果から、  
道路や下水道の被害リスクを評価する手法を提案、ガイドラインに追加する P16

#### ③3次元地盤構造モデルデータ可視化・共有システムの構築

- ・3次元地盤構造モデルデータを任意の角度や断面で可視化するとともに  
任意地点の柱状図や任意範囲の地盤構造データの提供が可能なシステムを構築 P17

5



### 4. 研究のスケジュール

区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度		
	H30	R1	R2
①3次元地盤構造モデルの試作	■		
②モデル作成手法とインフラ被害リスク評価手法の提案			■
③3次元地盤構造モデルデータ可視化・共有システムの構築		■	



※新型コロナウイルスの影響により延長

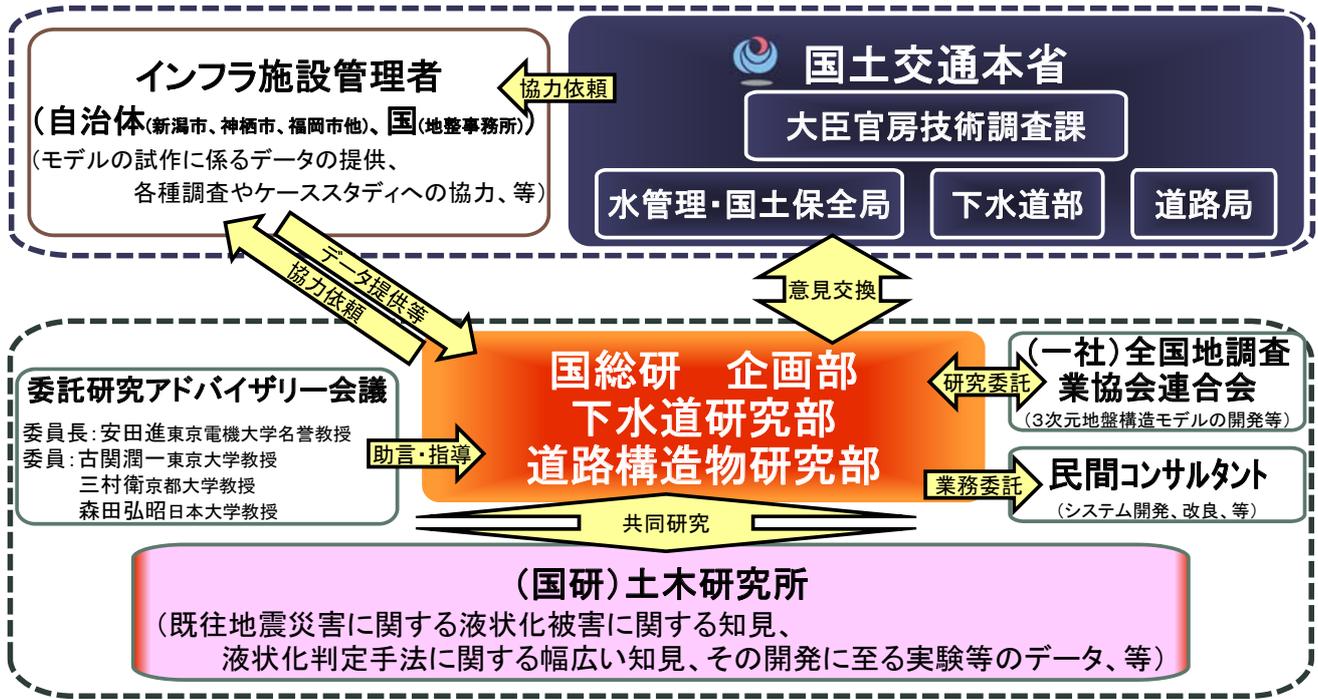
#### 効率性

有識者の意見も聞きながら地方公共団体と協力し、地盤データなどの既存データを効率的に収集した。

6



## 5. 研究の実施体制



### 効率性

液状化評価に精通している(国研)土木研究所 地質チーム及び土質・振動チームと情報共有を図った。  
3次元地盤構造モデル作成ガイドライン(案)のとりまとめ等にあたっては、委託研究アドバイザー会議を通じて有識者の助言・指導を受けるとともに自治体(新潟市、神栖市、福岡市)の意見を取り入れた。



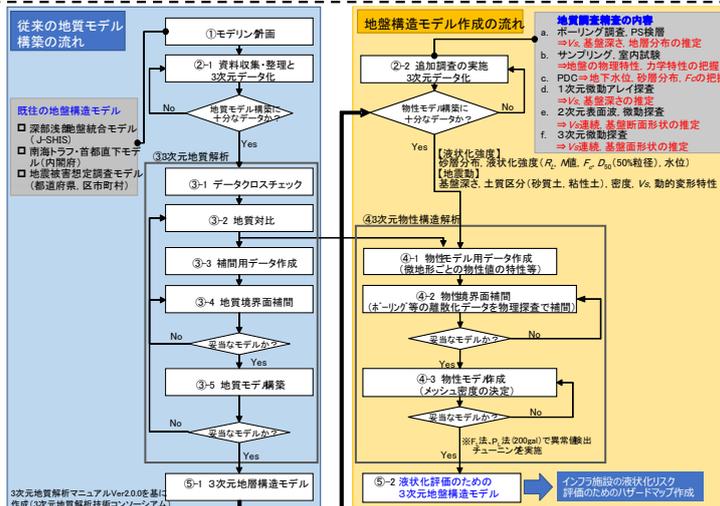
## 6. 研究成果: ①3次元地盤構造モデル作成の試作(フローの整理)

- ・ 既往研究から3次元地盤構造モデル作成フローを整理

既存の3次元地盤構造モデルの作成ワークフローを参考に、液状化対象層や工学的基盤を把握する必要性を鑑み、必要な地盤構造モデルや計算パラメータを考慮した。液状化ハザードマップ作成に資する3次元地盤構造モデル構築のワークフローの素案を整理した。

### 【フロー作成時のポイント】

- ・ 既往研究(3次元地質解析技術コンソーシアム: 3次元地質解析マニュアルVer2.00)で明らかにされている地質解析、地層構造モデルの構築の流れを活用
- ・ アドバイザー会議で委員より、SIPによる地盤調査結果の活用について助言があり、防災科研より情報提供を受けた。



3次元地盤構造モデルの試作の流れ



## 6. 研究成果: ①3次元地盤構造モデル作成の試作 (影響要因、現地調査手法の整理)

- ・地盤の液状化に影響を与える地盤特性と条件を整理
- ・それらの情報を含むモデルを作成するための必要な現地調査手法の整理

的確な地震応答解析を実施するために必要な地盤特性等のパラメータ等について、既往の研究から整理。  
そのパラメータを取得するために必要な現地調査手法をとりまとめた。

### 【パラメータの整理におけるポイント】

- ・過去の研究から、地下水位の設定が解析結果に影響を及ぼすことがわかっているため、パラメータとして地下水位(コンター)を採用
- ・各種パラメータについては、連続的に把握する必要がある

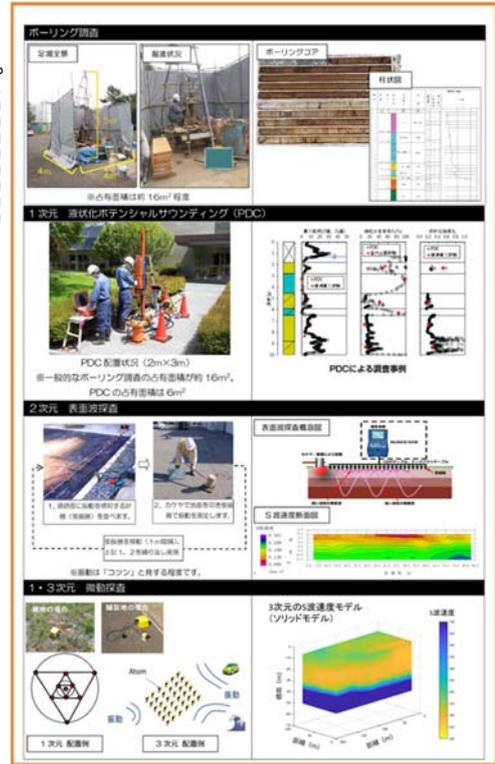
### ・取得すべき地盤特性と条件及びそれらを把握する調査手法

- a. ボーリング調査、PS検層 ⇒ Vs、基盤深さ、地層分布の推定
- b. サンプリング、室内試験 ⇒ 物理特性、動的特性の把握
- c. PDC ⇒ 地下水位、砂層分布、Fcの把握
- d. 1次元微動アレイド探査 ⇒ Vs、基盤深さの推定
- e. 2次元表面波探査、微動探査 ⇒ Vs、基盤断面形状の推定
- f. 3次元微動探査 ⇒ Vs、基盤面形状の推定

### ・調査手法、密度の地域毎に応じた設定の考え方

実施例)

- ✓ 収集した既往調査より調査地点が不足している場所や液状化・非液状化層の空間的連続性の把握(全地区)  
⇒ 追加ボーリング(PS検層・サンプリング含む)、PDC
- ✓ 工学的基盤の形状が把握(浜松・徳島・新潟の3地区)  
⇒ 1次元微動アレイド探査
- ✓ 表層のVsの把握(福岡地区以外の9地区)  
⇒ 2次元表面波探査
- ✓ 基盤層の不陸の把握(徳島・宮崎・福岡の3地区)  
⇒ 2次元微動探査
- ✓ 人工改変地や基盤形状の把握(苫小牧・福岡以外の8地区)  
⇒ 3次元微動探査



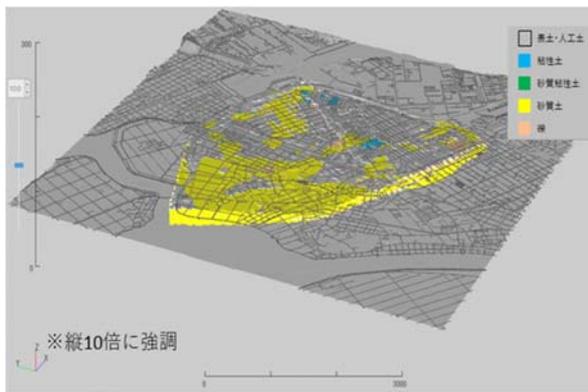
9



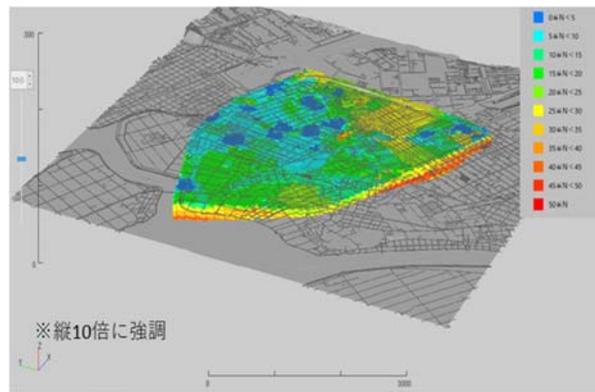
## 6. 研究成果: ①3次元地盤構造モデル作成の試作 (3次元地盤構造モデルの試作)

- ・特に重要なエリア(10地域)における3次元地盤構造モデルの試作

試作地域の自治体等の協力により、既存の土質調査資料を収集。不足する情報を整理し、3次元地盤構造モデルの作成に必要な、追加のボーリング等各種調査を実施し、モデルを作成。



3次元土質区分ボクセルモデル



3次元N値ボクセルモデル

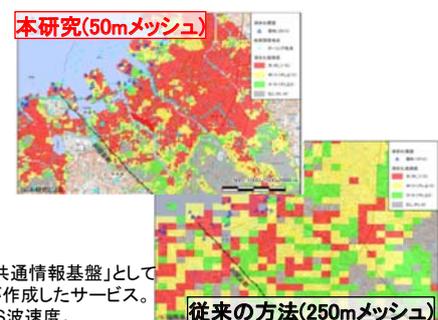
### ■ 既往(J-SHIS(注1))モデルと試作モデルとの比較

モデル	メッシュ解像度	地盤情報	表層30mの平均S波速度AVS30の評価
既往J-SHIS(2次元)	250m	微地形区分	微地形区分とAVS30(注2)の関係式より算定
本研究(3次元)	50m	土質区分 N値、S波速度	物理探査結果等で把握したS波速度を基に算定

⇒ 本モデルでは、原位置での詳細地盤調査結果を用い、さらに

メッシュ解像度を細かくすることで精度が向上。  
より詳細な地盤構造を表現することができた。

注1: 日本全国の「地震ハザードの共通情報基盤」として活用されることを目指し防災科研が作成したサービス。  
注2: 地表から深さ30mまでの平均S波速度。



従来(250mメッシュ)

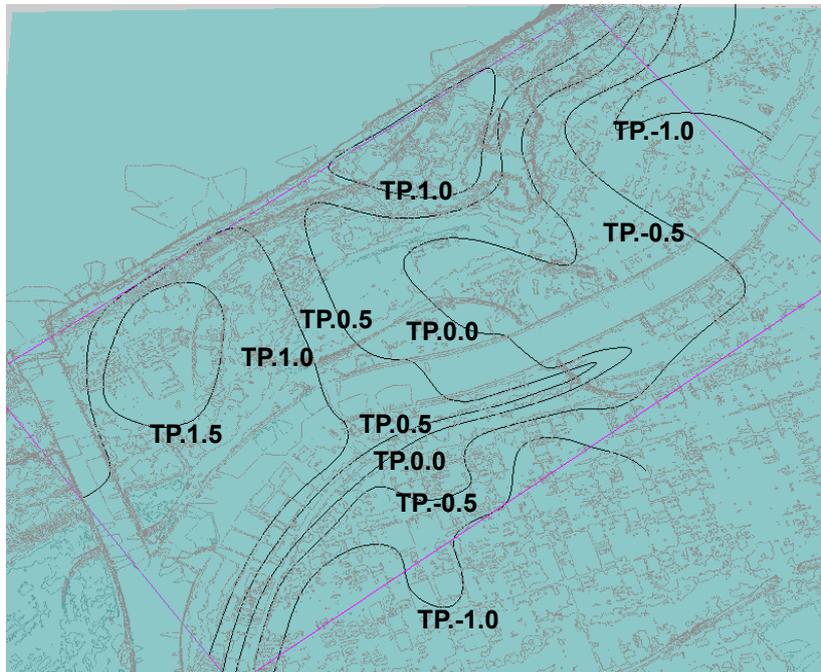


## 6. 研究成果:①3次元地盤構造モデル作成の試作(3次元地盤構造モデルの試作)

液状化の評価にあたって、地下水位を適切に推定することは極めて重要。

一方で、インフラ施設の耐震性(液状化危険性)を評価する場合、多くの場合、実務上安全側となる一定の値に設定される。

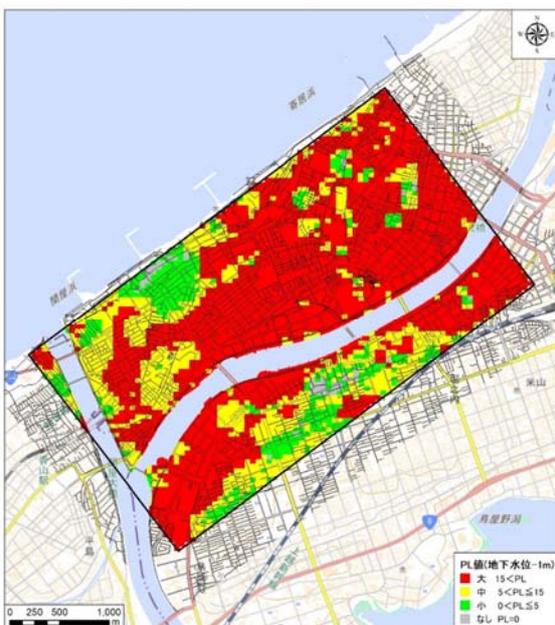
今回試作した、3次元地盤構造モデルでは、収集した資料および現地調査結果より、面的な地下水位コンターを作成し、任意地点における適切な地下水位を設定を可能とした。



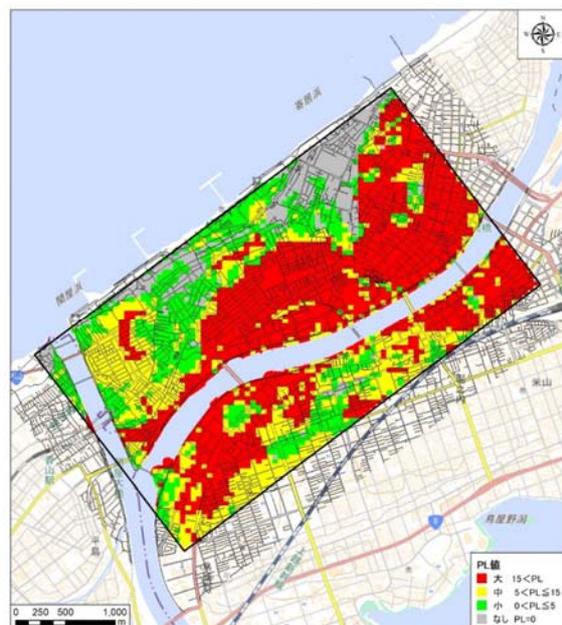
11



## 6. 研究成果:1)3次元地盤構造モデル作成フローの整理と試作 (地下水位の評価の違いによる影響)



従来の地下水位を一律(地表面-1m)としたPL値分布

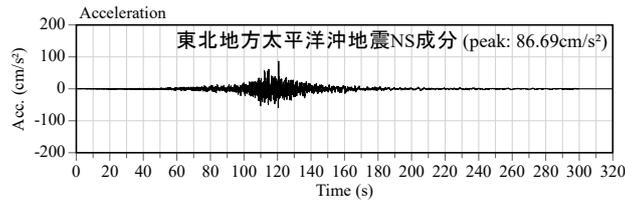


本試作で各地点の調査に基づき  
地下水位をコンターで設定したPL値分布

12

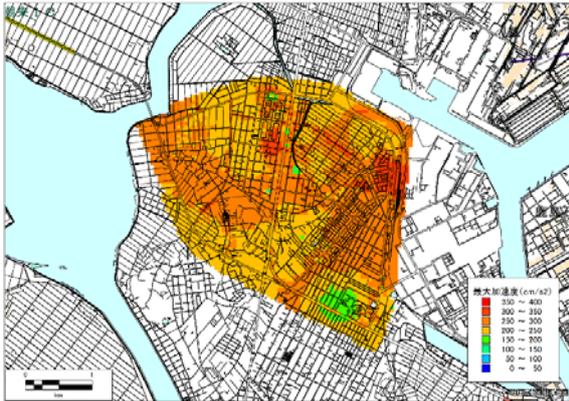
・既往地震での液状化被害評価による、モデル作成の手法の検証

神栖地域で液状化被害を発生させた、2011年東北地方太平洋沖地震を対象とした再現解析を実施。

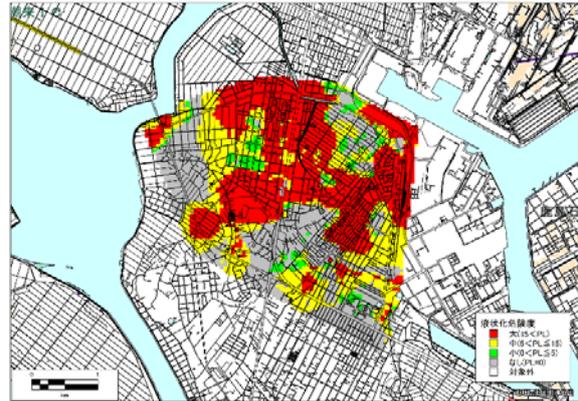


解析に用いた地震記録(KiK-net波崎2(注3))

注3: KiK-netは「Kiban Kyousin Network」の略称で、防災科研が整備した基盤強震観測網のこと。全国約700箇所に配置され、各観測施設には地表と地中に強震計が設置され、鉛直アレーを構成しているのが特徴。KiK-net波崎2は、KiK-netにおいて、観測点が茨城県の波崎(1BRH20)であること。



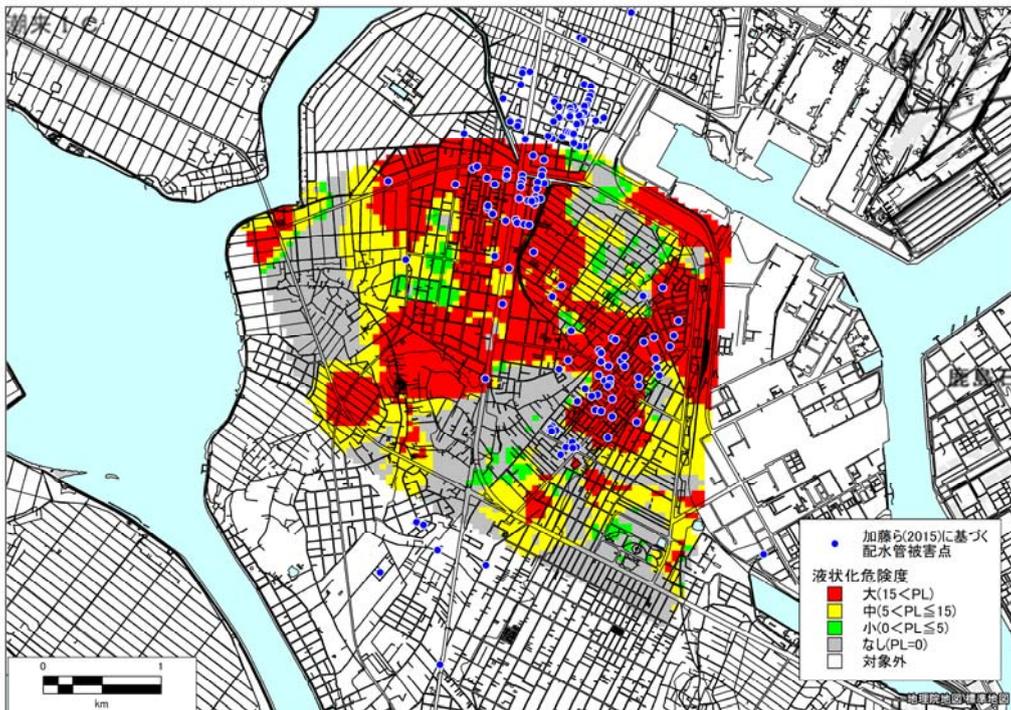
地震応答解析による地表最大加速度分布図



液状化指標値(PL値マップ)

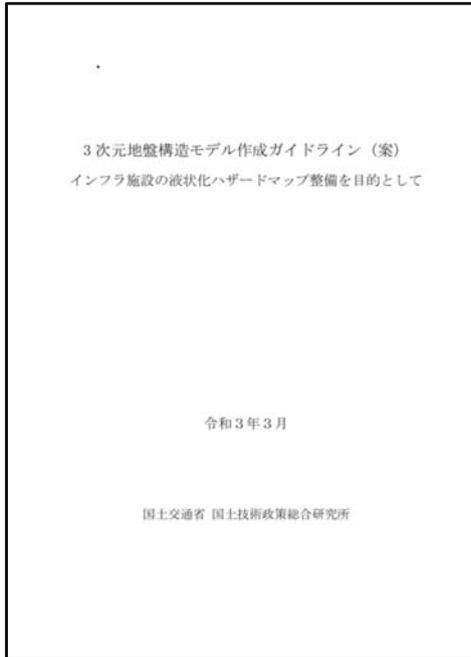
・既往地震での液状化被害評価による、モデル作成の手法の検証

2011年東北地方太平洋沖地震での当該地域の水道管路(配水管)被害地点結果と比較。水道管の被害地点では、液状化危険度は多くで「大」を示しており、概ね整合していることが確認された。



・3次元地盤構造モデルの作成手法をガイドラインとしてとりまとめ

試作を通じて、インフラ施設の液状化評価のための3次元地盤構造モデル作成ガイドライン(案)を取りまとめた。



### 【ガイドライン(案)の構成】

#### 第Ⅰ編 インフラ施設の液状化被害予測における着目点

1. 本ガイドライン(案)の背景及び目的
2. 3次元地盤構造モデルを活用したインフラ施設の液状化ハザードマップ整備の流れ

【参考】インフラ施設の液状化被害

#### 第Ⅱ編 液状化ハザードマップ作成のための3次元地盤構造モデルの作成

1. 3次元地盤構造モデルの作成手法
2. モデル作成に必要な地盤情報と収集方法
3. 地盤情報を得るための追加調査
4. 3次元地盤構造モデルの空間補間方法
5. 3次元地盤構造モデル作成時の留意点
6. 3次元地盤構造モデルの拡張性

#### 【巻末】液状化リスク評価のための3次元地盤構造モデルの作成事例およびその他の留意事項

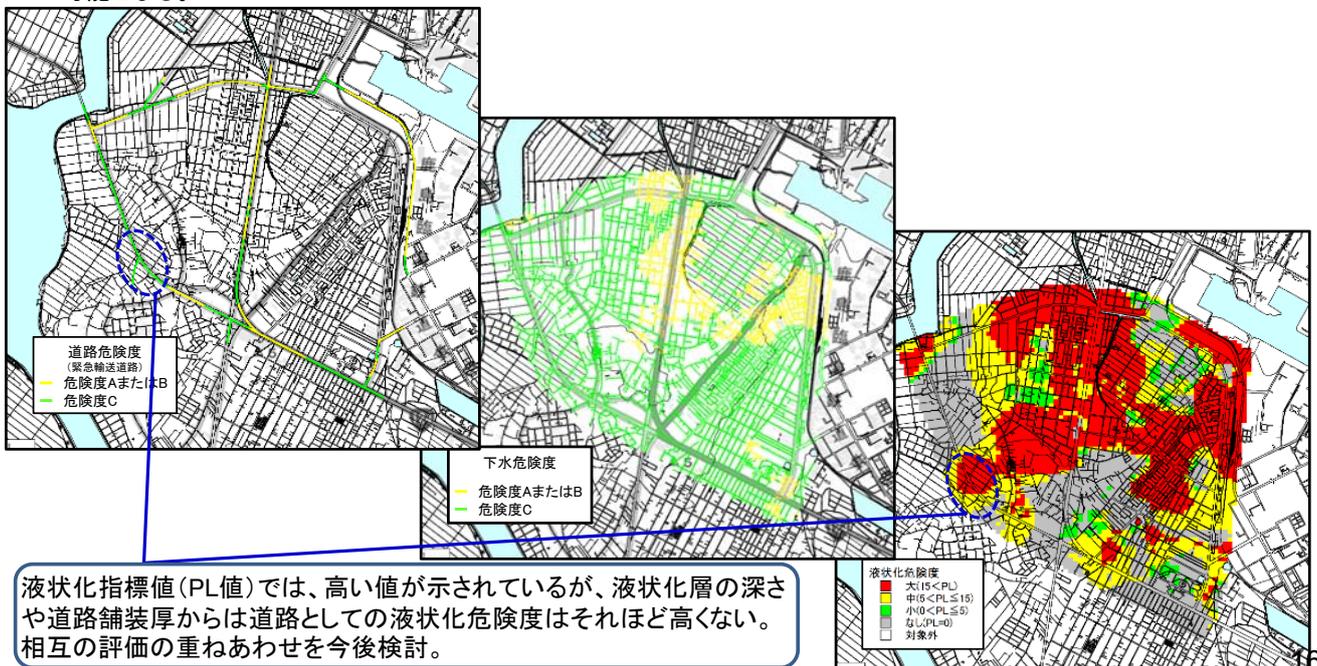
1. 新潟地区における3次元地盤構造モデルの作成事例
2. 神栖地区における3次元地盤構造モデルの作成事例
3. 福岡地区における3次元地盤構造モデルの作成事例
4. 地震動の設定について

【ガイドライン作成時のポイント】・アドバイザー会議で委員からの助言により、ガイドラインの利用者を踏まえた位置づけの整理、3次元地盤モデル作成の手引きとなるように具体事例の追加、ハザードマップ作成などに活用できる地震動の設定について情報の追加を行った。

- ・液状化に伴う道路施設や下水道施設等のインフラ施設の被害実態を整理
- ・道路や下水道の被害リスクを評価する手法を提案

国総研及び土木研究所の知見をもとに、道路施設及び下水道施設の液状化に伴うリスクを液状化層厚、砂層土のN値、それぞれの施設性状(舗装厚や対策工の有無)より評価し、マップに示した。

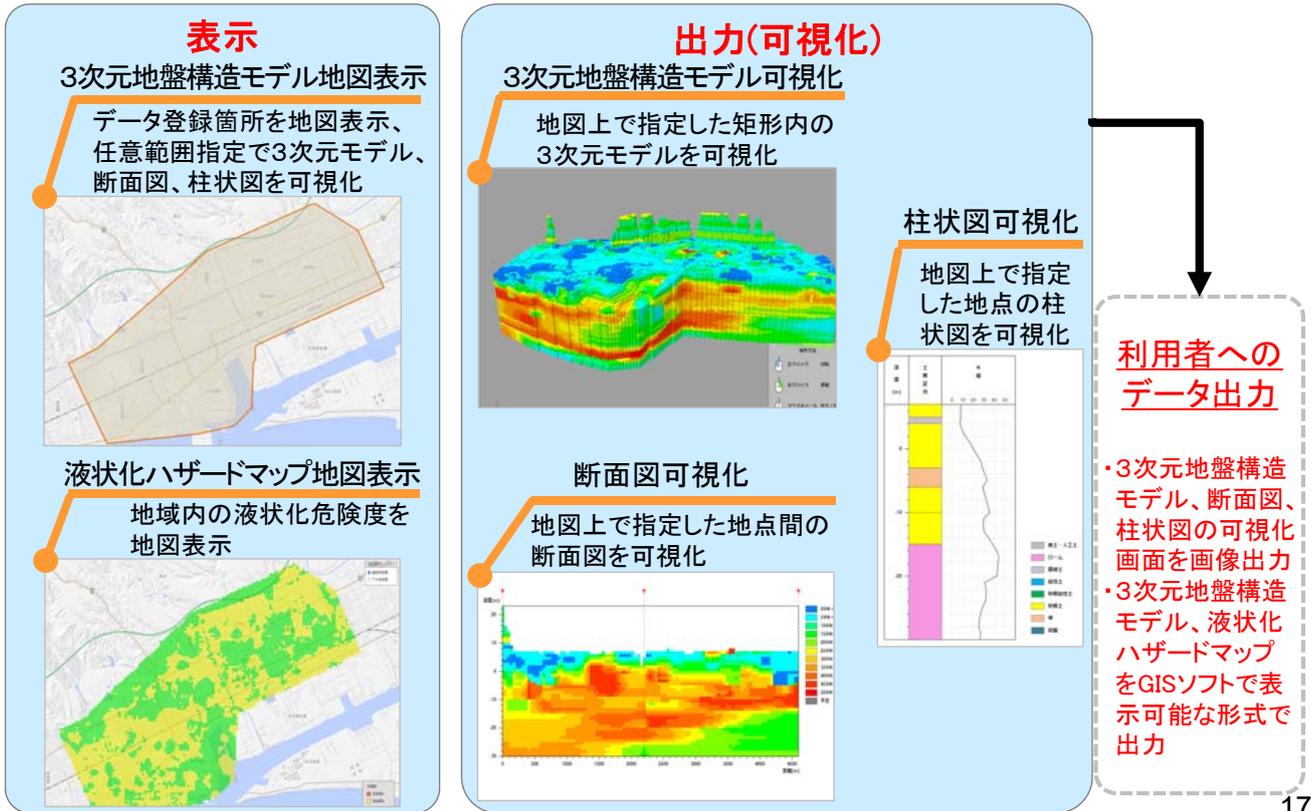
今後、地盤の液状化危険度の評価(PL値等)との重ねあわせにより、各インフラ施設のハザードマップとしての評価が可能となる。





## 6. 研究成果:③ 3次元地盤構造モデルデータ可視化・共有システムの構築

・3次元地盤構造モデルデータを、任意の角度、任意の断面から可視化可能なシステムを構築



17



## 7. 成果の普及等

### 【成果の普及】

○試作した3次元地盤構造モデルデータ、可視化システムを試作地域の自治体に提供  
⇒ 液状化対策はもちろん地盤関係の各種検討への活用を期待

○3次元地盤構造モデル作成ガイドライン(案)を国総研資料として発行(令和3年3月)  
⇒ 自治体等による

- ・高精度な3次元地盤構造モデル作成の促進
- ・より高精度且つインフラのネットワークを鑑みた液状化評価の促進に期待  
(作成したガイドラインに基づき、自治体によるモデル作成、インフラの被害リスク評価、弱点箇所の効率的な対策の推進により、国土の強靱化と対策費用の削減が見込まれる。)

○(今後検討)可視化システムを用いた3次元地盤構造モデルデータの提供  
※共同研究等を通じて、大学等へのデータ提供を検討中  
⇒ ハザードマップの更なる高度化等、研究開発の促進に期待

### 【今後の検討】

- 下水道構造物、道路構造物をはじめとするインフラ施設の液状化リスク評価の高精度化
  - ← 液状化に対する影響箇所のスクリーニング
  - ← 人工改変等が施された地盤の評価を高度化

18



## 8. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
インフラ等の液状化被害推定手法の高精度化	①3次元地盤構造モデルの試作	<ul style="list-style-type: none"> <li>・10箇所モデル地域において高精度な<b>3次元地盤構造モデルを作成</b></li> <li>・既往地震により液状化発生状況との比較により<b>モデルの妥当性を評価</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガイドラインはH.P.により公開、自治体による液状化リスク評価を支援(3次元地盤構造モデルの作成手法が標準化され、既往の地盤データを十分に活用した高精度な3次元地盤構造モデルの作成、より高精度かつインフラのネットワークを鑑みた液状化評価に期待)</li> </ul>	○	
	②モデル作成手法とインフラ被害リスク評価手法の提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試作を通じて、3次元地盤構造モデル作成フロー等を取りまとめた「<b>3次元地盤構造モデル作成ガイドライン(案)</b>」を発刊</li> <li>・3次元地盤構造モデルを使用した地盤の液状化リスク評価と、道路や下水道の構造評価を考慮して、<b>インフラの液状化被害リスクを評価する手法を提案</b></li> </ul>		○	
	③3次元地盤構造モデルデータ共有システムの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3次元地盤構造モデルデータを可視化するとともに<b>任意エリア、断面データ、任意地点の柱状図等を提供するシステムを構築</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・今後、液状化をはじめとする地盤関係の<b>研究実施者にデータを提供</b>(検討中) (液状化リスク評価等の研究開発の促進に期待)</li> </ul>	○

### 有効性

3次元地盤構造モデルの試作(全国10箇所)を通じてインフラ施設の液状化評価のための3次元地盤構造モデル作成ガイドライン(案)を取りまとめた。これにより液状化に対する脆弱箇所をスクリーニングに用いることができる高精度な液状化被害予測を行うことが可能となった。

# 重要インフラの即時被害検知・ 強震モニタリングシステムの開発

研究代表者	: 道路構造物研究部長 福田敬大
課題発表者	: 道路地震防災研究室長 増田仁
関係研究部	: 道路構造物研究部
研究期間	: 令和元年度～令和2年度
研究費総額	: 約300百万円
技術研究開発の段階	: 中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

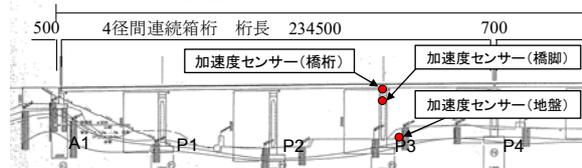


## 1. 研究開発の背景・課題

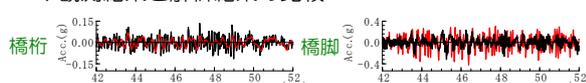
### 今までの地震時挙動観測の取り組みについて

- 土木構造物の耐震設計法の合理化・高度化および地震時挙動の解明を目的として、1958年より地震時挙動観測および観測記録の管理を実施
- 観測された記録を用いて各種研究を実施し、構造物の耐震設計に用いる設計用入力地震動や液化化判定手法等、成果を道路橋や河川構造物の耐震設計基準に反映
- 大規模な被害が発生した地震では、観測記録を用いて課題を把握し、記録を活用した検討、基準類の改定を実施するとともに、地震直後開催の外部委員会へ観測記録を提供
- 観測記録は、ウェブサイトや国総研資料で公表を実施

#### ◆従前の地震計の配置



#### ◆観測結果と解析結果の比較



従前の観測記録と研究イメージ

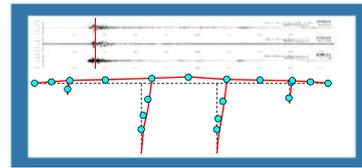
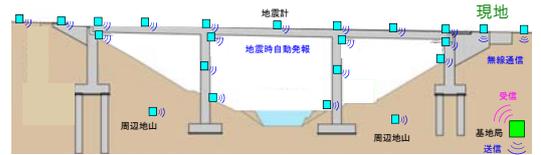


構造物の観測記録を用いた研究体制

## 背景・課題

- 軟弱地盤上に設置される重要インフラや新形式・新技術を用いた大規模な橋等の**構造物全体系の複雑な地震時挙動を把握し、その結果を踏まえた構造物の設計・対策手法の開発**が必要
- 新技術の開発や補強設計等の検討において、構造部材ごとの応答特性および相互作用を検証するため、**1構造物あたりの観測点数を増加**が必要  
⇒ 構造物の挙動を測定するための従来の計測技術は機器や設置費用が高額であり、全体系の挙動を観測する**大規模な計測が困難**
- 大規模地震※では、橋や土工構造物等に被害が発生し、**道路の通行支障**が発生。これらの影響は、災害後の二次被害や緊急活動の遅延に直結するため、**被害を早期発見するシステム**が必要

(※東北地方太平洋沖地震, 熊本地震, 北海道胆振東部地震 等)



きめ細やかな観測の必要性



熊本地震の被災事例

## 必要性

- 土木構造物(主に橋)について、新たな構造形式の開発や既設橋の補強設計等の検討において、**部材毎の減衰特性等やその構造物全体系の挙動との関係**をより高精度で把握することが必要
- 近年、地震等自然災害の発生や、南海トラフ地震や首都直下地震の発生の切迫により、**インフラの被害を早期に発見し、二次災害防止等の地震防災対策を充実**することが求められている



## 目的・目標

- ① **構造物全体系の地震時挙動をモニタリングするシステムの開発**
  - 容易に構造物全体系挙動を観測できるシステムを開発(**アウトプット**)
  - 全体系の挙動データを用いることによる構造物の設計法・対策法の高度化により、インフラの強靱化(**アウトカム**)
- ② **構造物の即時被害検知機能の開発**
  - 実データを用いて信頼性の高い即時被害検知機能を開発(**アウトプット**)
  - 被災した構造物を即時に把握することで、二次被害・人命被害の防止(**アウトカム**)

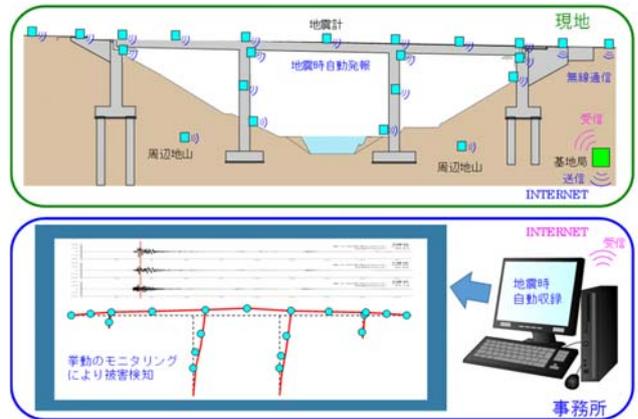
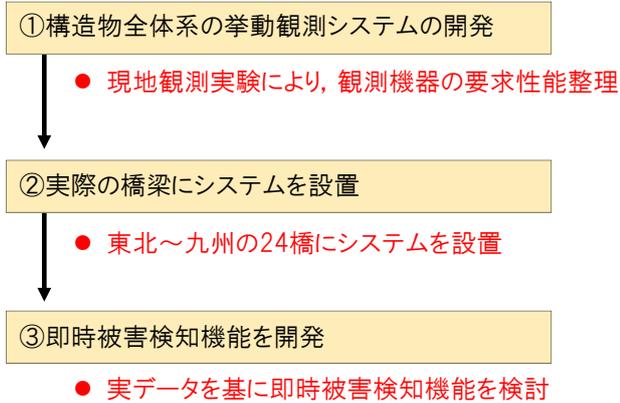


### 3. 研究開発の概要

#### 研究開発の概要

- 下記の観点で即時被害検知・強震モニタリングシステムを開発を実施
- ・ 構造物全体系が観測できるシステム
  - ・ 安価で高感度な観測機器
  - ・ 現地設置作業を容易かつ安価にするため、観測に無線ネットワーク
  - ・ 実データを用いた迅速・信頼性の高い被害検知機能

#### 検討フロー



即時被害検知・強震モニタリングシステムのイメージ

#### 後続研究

- ・ 構造物全体系の挙動データを用いた耐震対策技術の高度化・合理化
- ・ 挙動データをAI等を用いて分析し、インフラの即時被害検知機能の高度化



### 4. 研究のスケジュール

区分 (目標、テーマ、分野等)	実施年度		研究費配分
	R1	R2	
(研究費 [百万円])	300		
① 構造物全体系の挙動観測システム開発	[Bar chart showing duration from R1 to R2]		約30 [百万円]
②-1 システムの設計	[Bar chart showing duration in R1]		約60 [百万円]
②-2 システムを構成する機器の調達	[Bar chart showing duration in R1]		約70 [百万円]
②-3 システムの設置・現地計測 ※現地計測については継続実施	[Bar chart showing duration in R2]		約110 [百万円]
③ 即時被害検知機能の開発	[Bar chart showing duration in R2]		約30 [百万円]

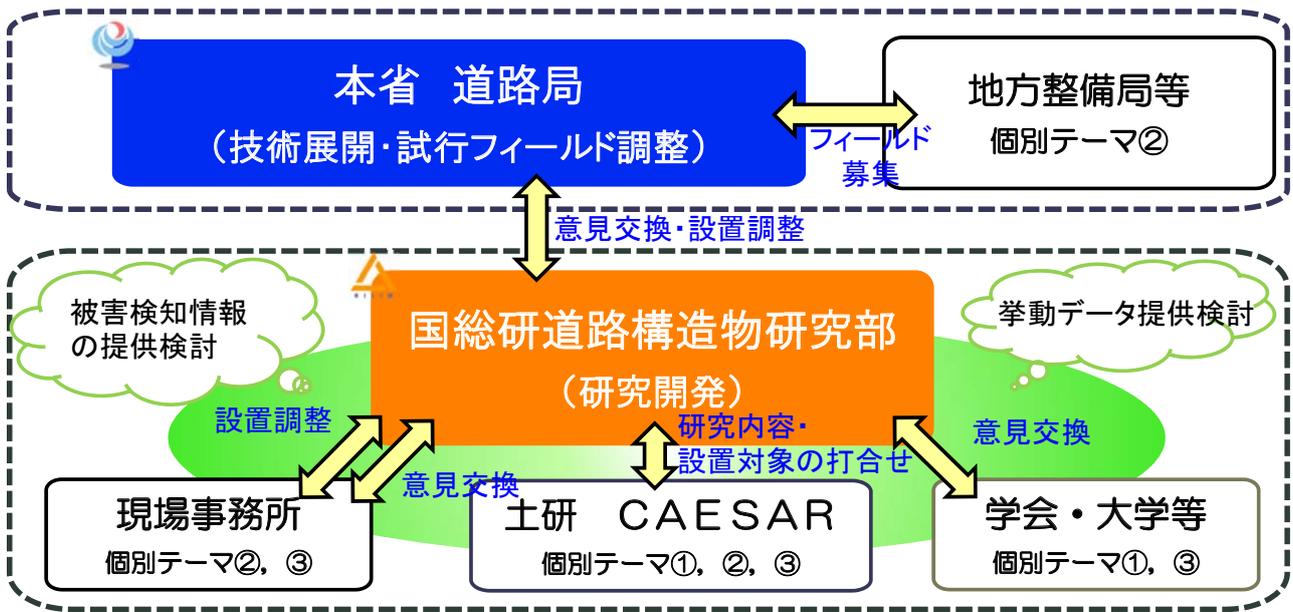
※新型コロナウイルスの影響により延期

#### 効率性

- ・ システム開発と機器調達等を並行して実施
- ・ 新型コロナウイルスの影響により現地作業を実施する業務および海外からの機器調達が一時中断されたため、一部繰越した業務があるものの、効率的に実施



## 5. 研究の実施体制



### 効率性

- 本省よりシステムを設置する試行フィールドの調整を実施するとともに、地方整備局の各事務所、および土研等と適宜意見交換を実施し、効率的に研究を推進
- 新型コロナウイルスの影響で現場の設置調整に一部遅延があったものの、効率的に実施

7



## 6. 研究成果: ① 構造物全体系の挙動観測システムの開発 (現地観測実験)

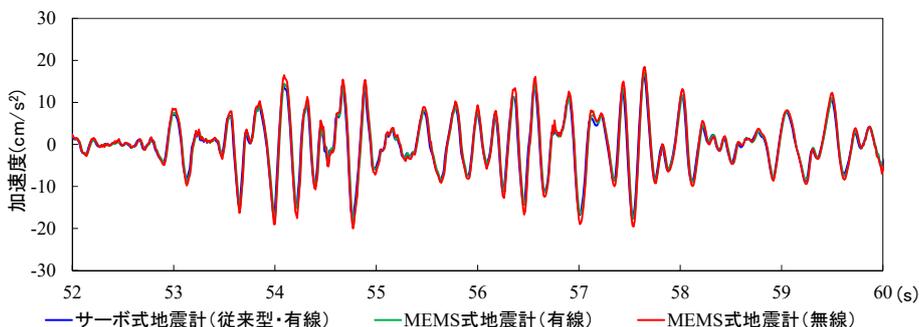
- 今回採用した地震計 (MEMSセンサー) と無線通信技術は、橋梁や土工構造物等観測への適用事例がないため、従来技術と比較するための同時観測実験を実施
- 検証の結果、MEMSセンサー地震計および無線通信で伝送された観測記録は、従来型の地震計で観測された記録と同等の精度を持つことを把握



実験状況



同時観測状況



無線式地震計で得られた波形の従来地震計との比較

8



## 6. 研究成果:① 構造物全体系の挙動観測システムの開発(システム概要)

- 現地実験結果を基に、観測に必要な機器の要求性能を検討し、システムを構築
- それぞれの機器から直接送信するより、リレー形式で記録を伝送することにより、無線通信の距離を短くし、通信安定性が向上

### 観測に必要な機器の要求性能

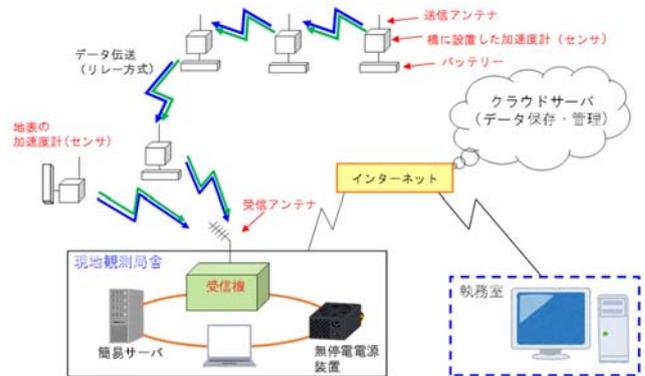
#### システムに用いた観測センサーの性能

センサー種別	加速度計
計測レンジ	±10 m/s <sup>2</sup>
感度	1 mm/s <sup>2</sup> 以下
計測軸	3軸(水平2方向, 上下1方向)
動作温度	-10 ~ 40°Cで動作可能なもの
防水性能	IP65 以上の性能を有するもの
重さ	1kg以下 ※磁石や接着剤での設置を想定

#### システムに用いた無線通信の性能

周波数帯	920MHz
通信速度	50Kbps
無線送信出力	最大20mW
通信可能距離	市街地300m程度(20mW時)
リレー通信	可

### 構築したシステムの簡易構成図



### システムの特徴

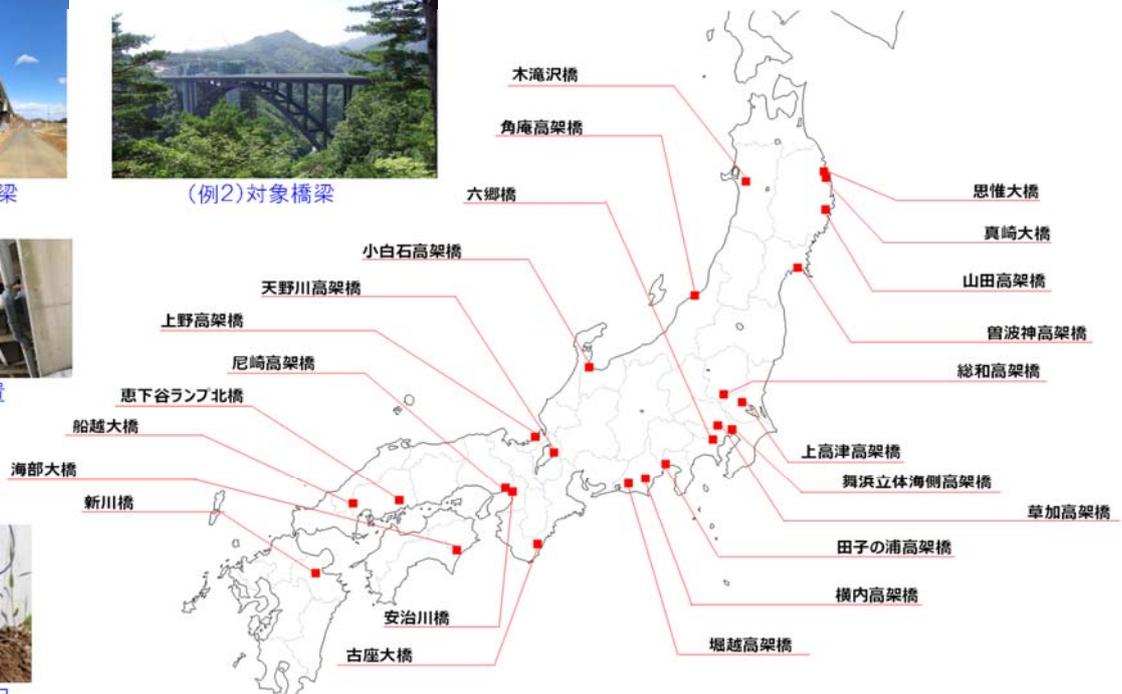
- 地震計1台あたりのコストが従来の1/10以下。さらに、無線通信による現場作業の効率化・簡略化により、従来より低コストで1構造物あたりの観測点を設置 ⇒ 構造物全体系の観測が可能
- 連続観測により、常時の挙動を執務室内から逐次確認することが可能 ⇒ メンテナンス等にも活用の可能性

9



## 6. 研究成果:② システムの設置(現地計測)

- 東北地方～九州地方の計24箇所システムを設置し、観測網を整備
- 設置は、従前観測していた橋に加え、ダンパー等の制震装置を設置している橋に実施し、様々な橋梁形式・地盤特性での橋の挙動データを収集

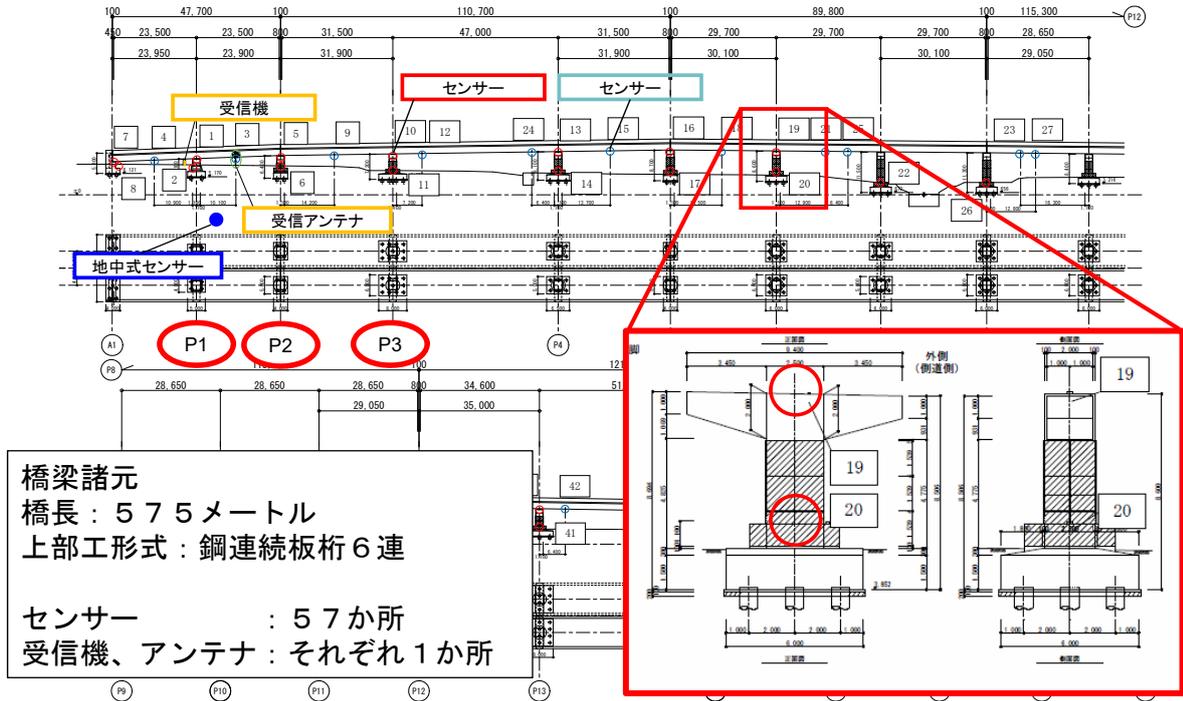


10



## 6. 研究成果:② システムの設置(現地計測)

- 1橋につき、10~50個程度のセンサーを設置(橋の規模や形式により個数は変化)  
→設置は2~5日程度で完了するため、従来より容易に計測が可能



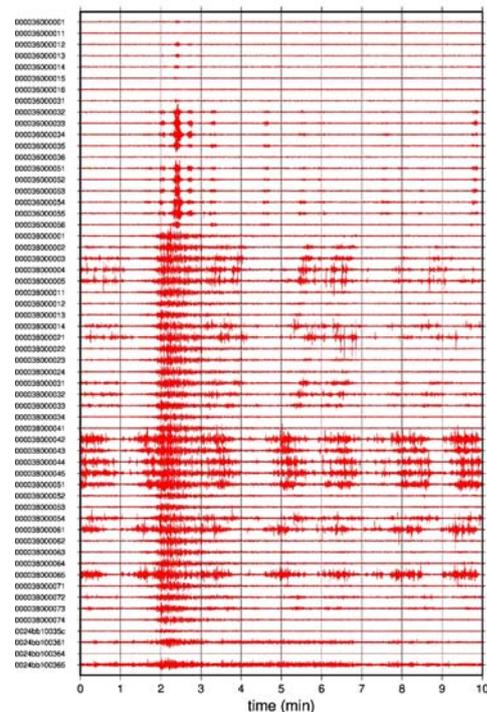
11



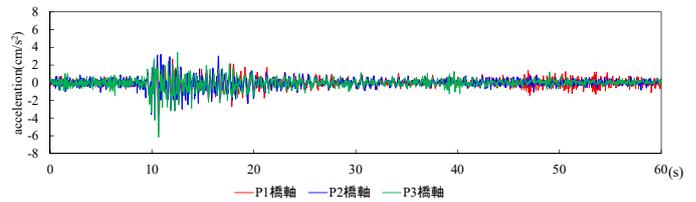
## 6. 研究成果:② システムで観測された記録

- 観測機器より得られた加速度記録の連続データ
- P1, P2, P3橋脚の記録を比較すると、それぞれの橋脚は異なる周期特性であることを確認

観測された連続記録(10分間切り出し)

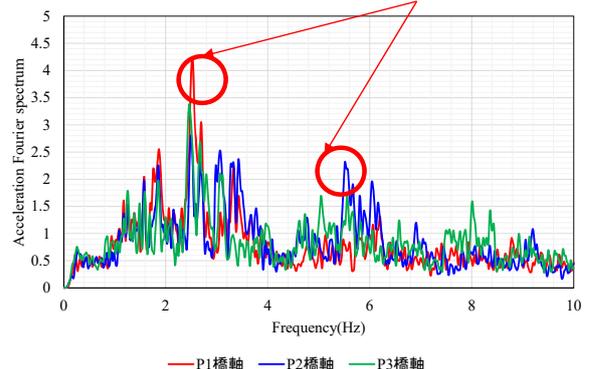


観測波形



フーリエスペクトル

橋脚ごとで異なる周期特性を確認



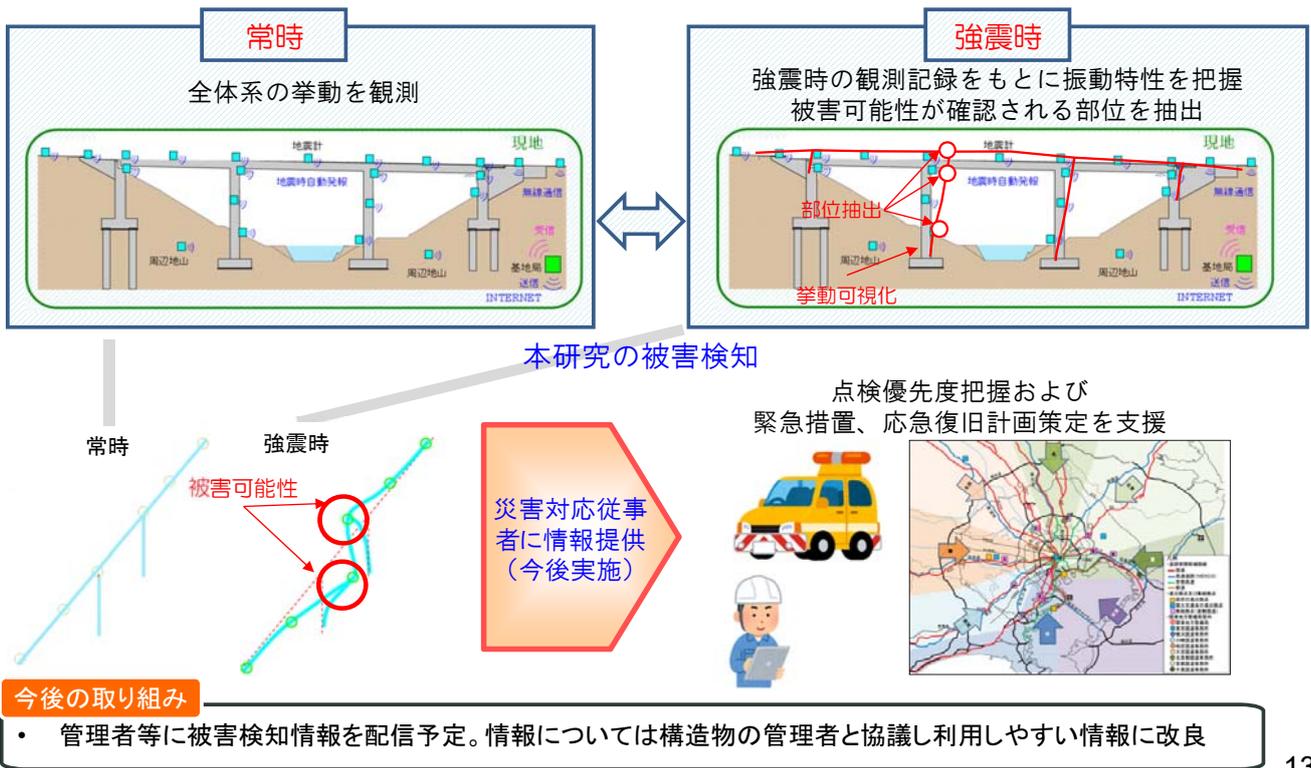
P1, P2, P3橋脚で得られた地震観測記録

12



## 6. 研究成果:③ 即時被害検知機能の開発

- 構造物の機能障害や二次被害につながる振動特性を検知する即時被害検知機能を開発

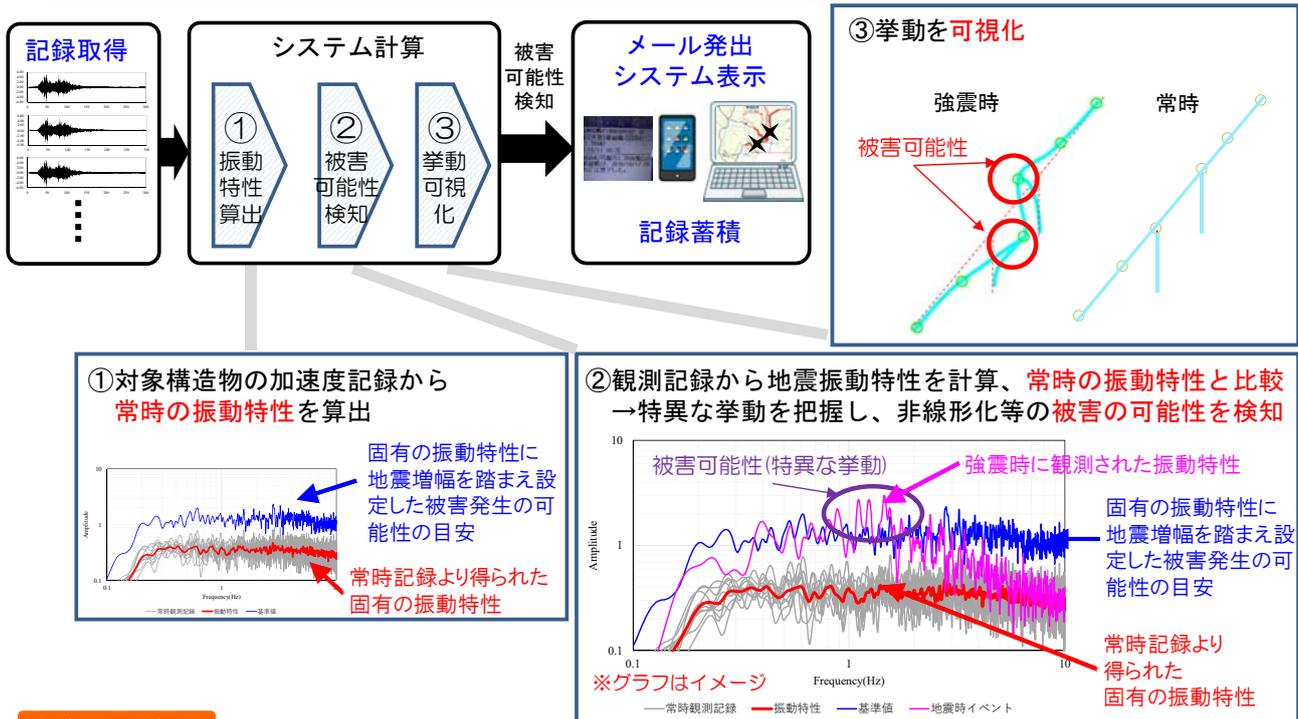


13



## 6. 研究成果:③ 即時被害検知機能の開発

- 常時と強震時の振動特性を逐次計算し比較するシステムを整備



### 今後の取り組み

- 実際の地震応答との比較・検証を実施し、検知内容と挙動の関係を検討することで被害検知を継続的に改良

14



## 7. 成果の普及等

### 【成果の普及】

- ・ 強震モニタリングシステムの論文取りまとめ
- ・ 構造物全体系の観測を行う上で機器が満たすべき仕様や設置方法を取りまとめた国総研資料発行(予定)
- ・ 地整等災害対応従事者へ即時被害検知情報の配信を実施(予定)
- ・ 挙動データは、記録の整理・確認や関係機関との必要な調整等を実施した上で公表

### 【今後の検討】

- 全体系の挙動データを用いた耐震対策技術の高度化・合理化
  - ・ 構造物全体系の固有振動特性や減衰特性の検証
  - ・ 実際の地震応答との比較・検証による動的解析手法の高度化

### ○ 構造物の即時被害検知機能の高度化

- ・ 災害時の道路通行可否情報(通れるマップ等)作成に活用
- ・ 検知内容と実際の被害状況の関係をAI等で分析し、被害検知能力を継続的に改良

### 【発表論文リスト】

- ・ 石井洋輔, 大道 一步, 片岡正次郎:無線通信を用いた構造物全体系の強震モニタリングシステムの構築, 土木学会第75回年次学術講演概要集, 2020.9.
- ・ 石井洋輔, 増田仁, 片岡正次郎 他:地盤-橋全体系の強震モニタリングシステムの構築へ向けた技術検証, 日本地震工学会・大会-2020梗概集, 2020.12.
- ・ 石井洋輔, 大道一步, 増田 仁, 片岡正次郎:土木構造物の地震時挙動観測システムの高度化～強震モニタリングシステムの構築～, 土木技術資料Vol.62, No.12, pp.44-47,2020.12.
- ・ 石井洋輔, 増田仁, 片岡正次郎:橋梁の多点挙動観測記録を用いた減衰特性の算出に関する基礎的研究, 第24回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集, 2021.7.

15



## 8. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
重要インフラの即時被害検知・強震モニタリングシステムの開発	①構造物全体系の挙動観測システムの開発	・ 構造物全体系の挙動観測システムに必要な機器の要求性能を把握した。 ・ 従前と比較して安価かつ高感度な構造物全体系の挙動観測システムを構築した。	・ 構造物全体系の挙動観測できるシステムの設置促進を図る。 ・ 観測データを基に、今後耐震対策技術の高度化・合理化に資する検討を実施する。	○	
	②構造物全体系の挙動観測システムの設置・計測	・ 構造物全体系の挙動観測システムを全国24箇所に設置した。		○	
	③即時被害検知機能の開発	・ 実データを基にした構造物の即時被害検知機能を構築した。	・ 災害対応従事者に情報提供することで、点検優先度把握、緊急措置、応急復旧計画策定を支援する。	○	

<目標の達成度> ◎:目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。 ○:目標を達成できた。  
△:あまり目標を達成できなかった。 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

### 有効性

- ・ 構造物全体系の挙動をリアルタイムで連続観測することは国内初であり、観測データは、耐震対策技術の高度化・合理化に資する検討に活用
- ・ 災害対応従事者に被害検知に関わる情報を提供することで、点検優先度把握、緊急措置、応急復旧計画策定を支援

16

## 評価対象課題に対する事前意見

研究名	インフラ等の液状化被害推定手法の高精度化に関する研究
<p>欠席の委員からのご意見</p> <p>○地震による液状化の事前予測という意義ある研究を実施されている。従来モデルよりも細かいメッシュによる解析であり、かつ高い精度での判別可能判別可能性を有することは魅力的である。本研究成果を多くの地域へ適用し、地盤防災に取り組んでもらいたい。</p> <p>○3次元の地盤構造の把握にはボーリングが必須と思われる。それをできるだけ少なくしながら、高精度での地盤構造モデルを作成可能な技術開発も期待したい。</p>	

## 評価対象課題に対する事前意見

研究名	重要インフラの即時被害検知・強震モニタリングシステムの開発
<p data-bbox="210 439 523 472">欠席の委員からのご意見</p> <p data-bbox="239 521 1407 638">○頻発する地震時の構造物の被害状況を即時に把握可能なシステム開発をされている。現地確認よりも早く把握できるメリットは大きい。通常時からのデータ取得により、異常検知システムへと発展できる可能性もある。</p> <p data-bbox="239 687 1407 721">○コストが従来の1/10以下と示されている。多くの橋梁に設置できるよう努めてもらいたい。</p>	

資料

令和3年度第2回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第二部会） 議事次第・会議資料

## 令和3年度第2回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第二部会）

### 議事次第

---

日時：令和3年7月15日（木）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 議事
  - ＜令和4年度新規事項立て研究課題の事前評価＞
  - ・ RC造マンションの既存住宅状況調査等の効率化に向けたデジタル新技術の適合性評価基準の開発
  - ・ 既存オフィスビル等の省エネ化に向けた現況診断に基づく改修設計法に関する研究
6. 国総研副所長挨拶
7. 閉会

### 会議資料

---

	頁
資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第二部会）委員一覧	39
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	40
資料3 研究課題資料	
3-1 RC造マンションの既存住宅状況調査等の効率化に向けたデジタル新技術の適合性評価基準の開発	41
3-2 既存オフィスビル等の省エネ化に向けた現況診断に基づく改修設計法に関する研究	47

注) 資料3については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会  
（第二部会）委員一覧

第二部会

主査

伊香賀 俊治

慶應義塾大学工学部 教授

委員

河野 守

東京理科大学工学研究科国際火災科学専攻 教授

清野 明

（一社）住宅生産団体連合会 建築規制合理化委員会  
副委員長  
（一社）日本ツーバイフォー建築協会 技術部会顧問

藤井 さやか

筑波大学大学院システム情報系 准教授

松本 由香

横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院  
教授

水村 容子

東洋大学ライフデザイン学部人間環境デザイン学科  
教授

※五十音順、敬称略

## 評価方法・評価結果の扱いについて

（第二部会）

### 1 評価の対象

- ・令和4年度新規事項立て研究課題

※事項立て研究課題：国総研が自ら課題を設定し、研究予算（行政部費）を確保し実施する研究課題

### 2 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を研究の目的、計画の見直し等へ反映することを目的とする。

### 3 評価の視点

必要性、効率性、有効性について、以下の観点を踏まえ、事前評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

（ 初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組  
中期段階：実用化に向けた取組  
後期段階：普及あるいは発展に向けた取組 ）

### 4 進行方法

（1）研究課題の説明（10分）

（2）研究課題の評価（30分）

- ① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。
- ② 審議内容、評価等をもとに、主査が総括を行う。

### 5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

### 6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

# RC造マンションの既存住宅状況調査等の効率化に向けたデジタル新技術の適合性評価基準の開発

研究代表者 : 建築研究部長 長谷川 洋  
 課題発表者 : 材料・部材基準研究室長 三島 直生  
 関係研究部 : 建築研究部  
 研究期間 : 令和4年度～令和6年度  
 研究費総額 : 約34百万円  
 技術研究開発の段階 : 中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

1



## 既存住宅状況調査等の普及の重要性

研究開発の背景・課題

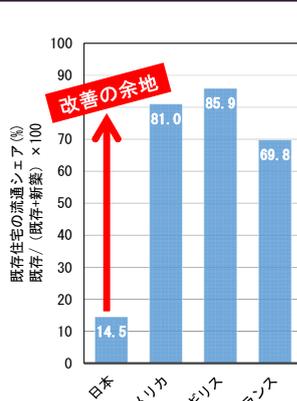
### 背景①

- 脱炭素社会に向けて既存住宅の流通促進が必要不可欠。
  - 既存住宅の購入に対する消費者の不安(老朽化や瑕疵等)の解消が必要。
  - ⇒ 取引時に劣化状況や不具合の有無を確認する「既存住宅状況調査(インスペクション)」や「既存住宅に係る瑕疵保険」の現場検査の普及が重要。

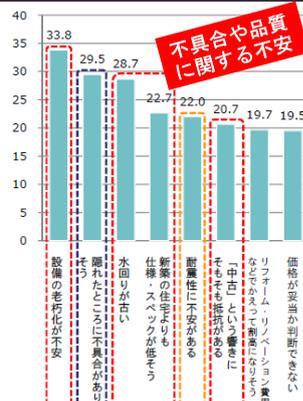
【住生活基本計画(全国計画)(令和3年3月19日閣議決定)】

(成果指標) 住宅性能に関する情報が明示された住宅の既存住宅流通に占める割合: 15%(令和元)→50%(令和12)

\* 瑕疵保険への加入のほか、インスペクション等を実施した安心R住宅を新たに含めたもの



既存住宅流通シェアの国際比較 (H30)  
 (H30住宅・土地統計調査、住宅着工統計他)



既存住宅を選ばなかった理由  
 (R1政策レビュー-既存住宅流通市場の活性化、国土交通省)

### 建物調査(インスペクション)の利用状況に関する国際比較

日本	既存住宅購入経験者のうち、インスペクションを利用した者は、 <b>1割未満</b> にとどまる。
アメリカ	買主の <b>約8割</b> がインスペクションを実施(買主が依頼)
イギリス	買主の <b>約8割</b> がインスペクションを実施(買主が依頼)

(R1政策レビュー-既存住宅流通市場の活性化、国土交通省)

欧米ではインスペクションが定着

2

## 背景②

- 既存住宅状況調査等の現行の調査方法は目視・計測が中心
    - 非効率な点や技術者の経験の差による判定誤差等の問題
    - 調査実施の課題\*の一つとして「十分な経験を持つ調査技術者が少ない」
- \* 既存住宅状況調査の実施状況に関するアンケート調査(国土交通省・令和2年9月実施)



- 既存住宅状況調査等の現場検査に「デジタル新技術」を活用することで、調査の効率化や精度向上が期待されている。

○ 社会資本整備審議会「既存住宅流通市場活性化のための優良な住宅ストックの形成及び消費者保護の充実に係る小委員会とりまとめ」(令和3年1月)

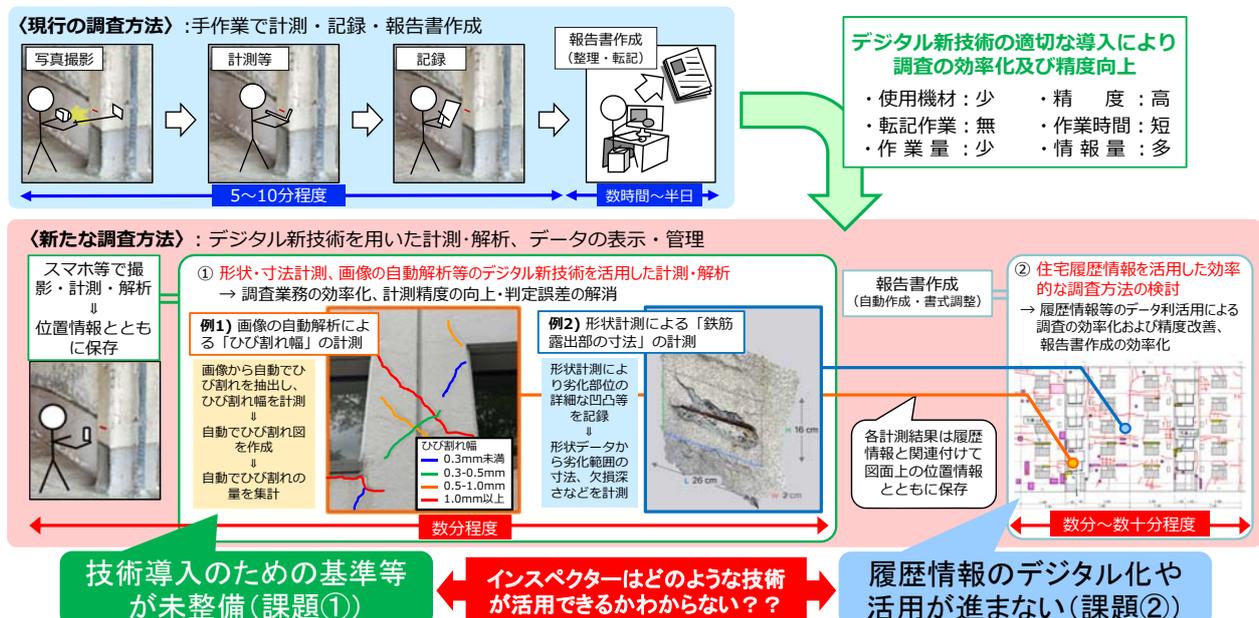
【既存住宅に係る各種調査の効率化と状況方法基準合理化等】 ②今後の方向性

- 既存住宅状況調査、瑕疵保険の現場検査、フラット35物件検査について、同時に実施する例や他の現場調査の結果を活用する例があり、このような各種調査の効率化の取組を推進していくべきである。
- 中長期的には、ドローン・点検ロボット等を用いた検査手法の整理や、赤外線やサーモグラフィ等の検査機器を用いた検査方法の開発や判断基準の策定等を行うべきである。

## 技術的課題

- 課題①: 既存住宅状況調査等の現場検査へのデジタル新技術の導入に際して、**拠り所となる考え方や基準等が未整備**
- 課題②: **調査結果のデジタル化、過去の調査結果・改修履歴等の活用が進まない**

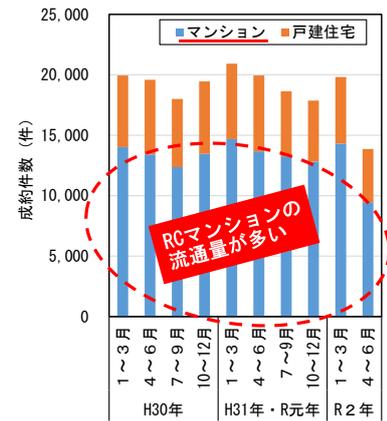
## 【デジタル新技術による効率化のイメージと実現に向けた技術的課題】



## 目的

供用期間が長く流通量の多いRC造マンションを対象とし、「既存住宅状況調査」や「既存住宅に係る瑕疵保険」の現場検査について、開発の進むデジタル新技術の適正な導入の促進により調査の効率化及び精度向上を図るための適合性評価基準を開発。

1. 各種の計測・解析技術の適合性評価基準
2. 住宅履歴情報を活用した効率的な調査方法の検討



首都圏および近畿圏における既存住宅流通量の推移 (指定流通機構における成約物件の動向)

## 目標

## 【アウトプット指標】

- ・ 「既存住宅状況調査」及び「既存住宅に係る瑕疵保険」の現場検査におけるデジタル新技術の適合性評価基準

## 【アウトカム指標】

- ・ 現場検査の効率化や精度の向上による「既存住宅状況調査」等の普及促進
- ・ 消費者の既存住宅の取得に係る安心感を高め、既存住宅の流通促進による環境負荷の低減に寄与
- ・ 開発目標の明示による民間での調査診断に係るデジタル新技術の開発促進に寄与

## 必要性・有効性

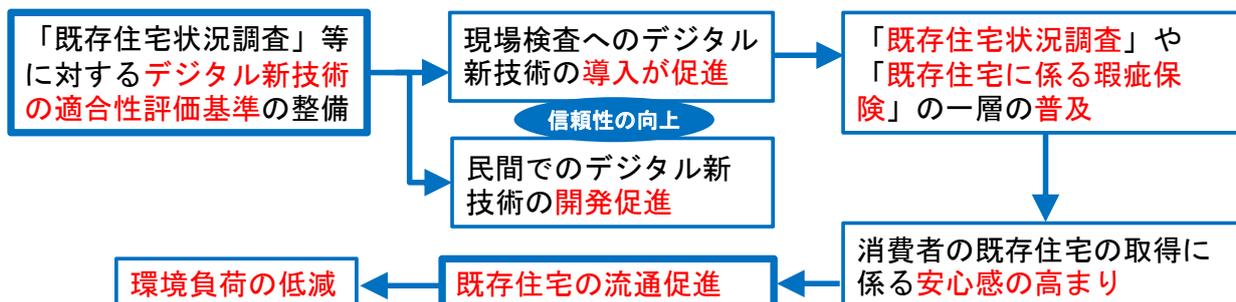
## 【必要性】

- ・ 既存住宅状況調査等の現場検査の普及のための技術的対策として、デジタル新技術の活用による調査の効率化や精度向上が期待されている。しかし、各種のデジタル新技術の現場検査への導入に際して、その拠り所となる適合性の評価基準が存在しないため、本研究の実施が必要である。

## 【有効性】

- ・ デジタル新技術の適正な導入が促進されることで、既存住宅状況調査等の普及が進み、既存住宅の流通促進による環境負荷の低減に寄与する。

(波及効果のイメージ)



【技術的課題①に対応した内容】

① 各種の計測・解析技術の適合性に関する評価基準の開発

- 1) デジタル新技術による劣化事象の検出精度の検証
- 2) 新技術の適合性の評価基準の開発

保存

参照

【技術的課題②に対応した内容】

② 住宅履歴情報を活用した効率的な調査方法の検討

- 1) 調査に必要な履歴情報の選定
- 2) 調査・実験等により履歴情報のデジタル化技術の効率性等を検証
- 3) 履歴情報の具体的な活用方法の検討

正確かつ網羅的な計測

時系列的な履歴情報

劣化の原因推定 → 建物寿命の推定

デジタル新技術の普及による、既存住宅状況調査等の高精度化、高効率化

1) デジタル新技術による劣化事象の検出精度の検証

- ・新技術の劣化対象ごとの適用性評価
- ・具体的な活用方法の検討

劣化種類	劣化事象	適用技術
劣化種類	バルコニーの鉄筋露出、漏水、エフロレシンス	画像・形状計測 AI抽出・判定
	ひび割れ	画像解析
	基礎コンクリートの劣化	画像・形状計測

- ・劣化事象の検出精度を調査・実験等により検証

(影響要因：仕上げ、使用環境、安定性、等)



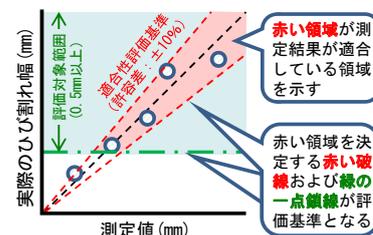
2) 新技術の適合性の評価基準の開発

- ・実態調査および実験結果等の分析
- ・新技術の適合性の評価基準を開発

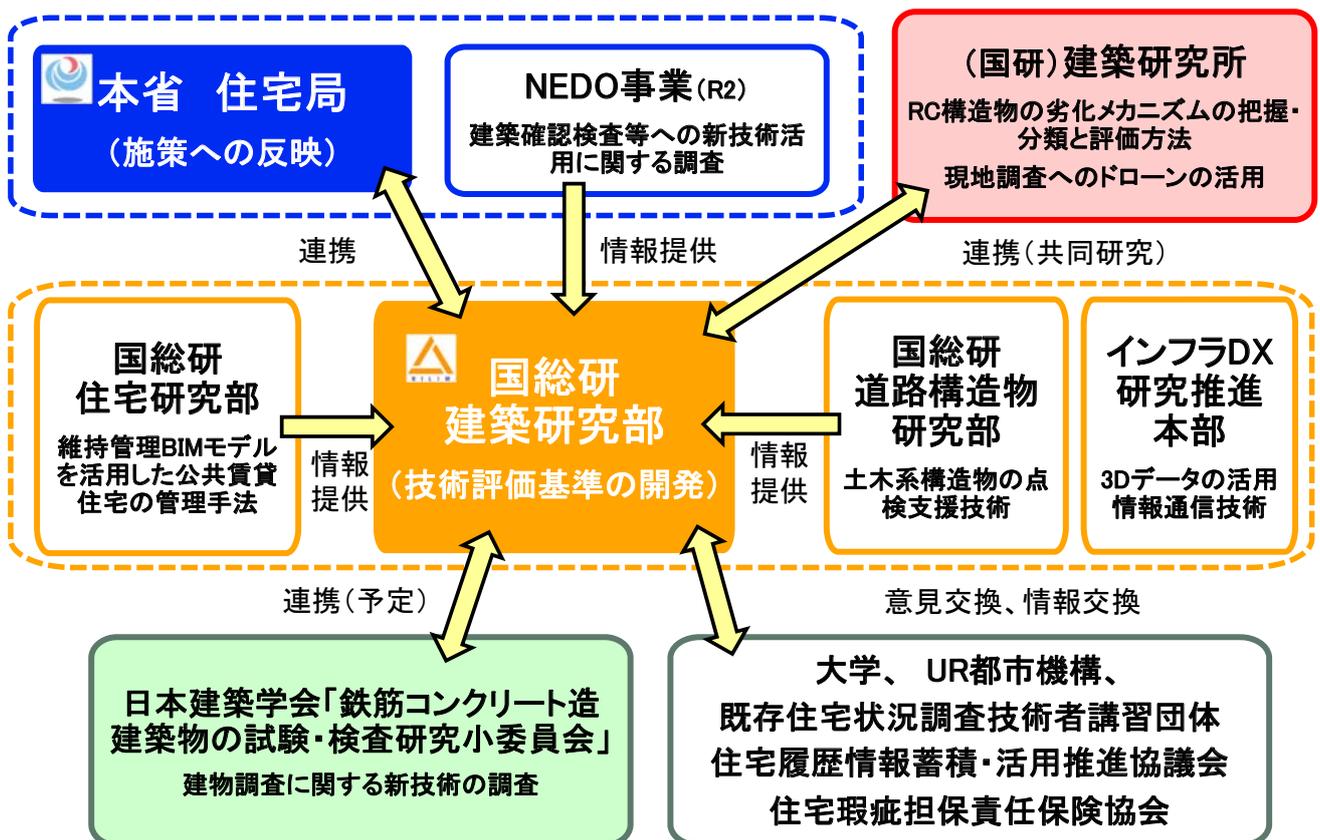
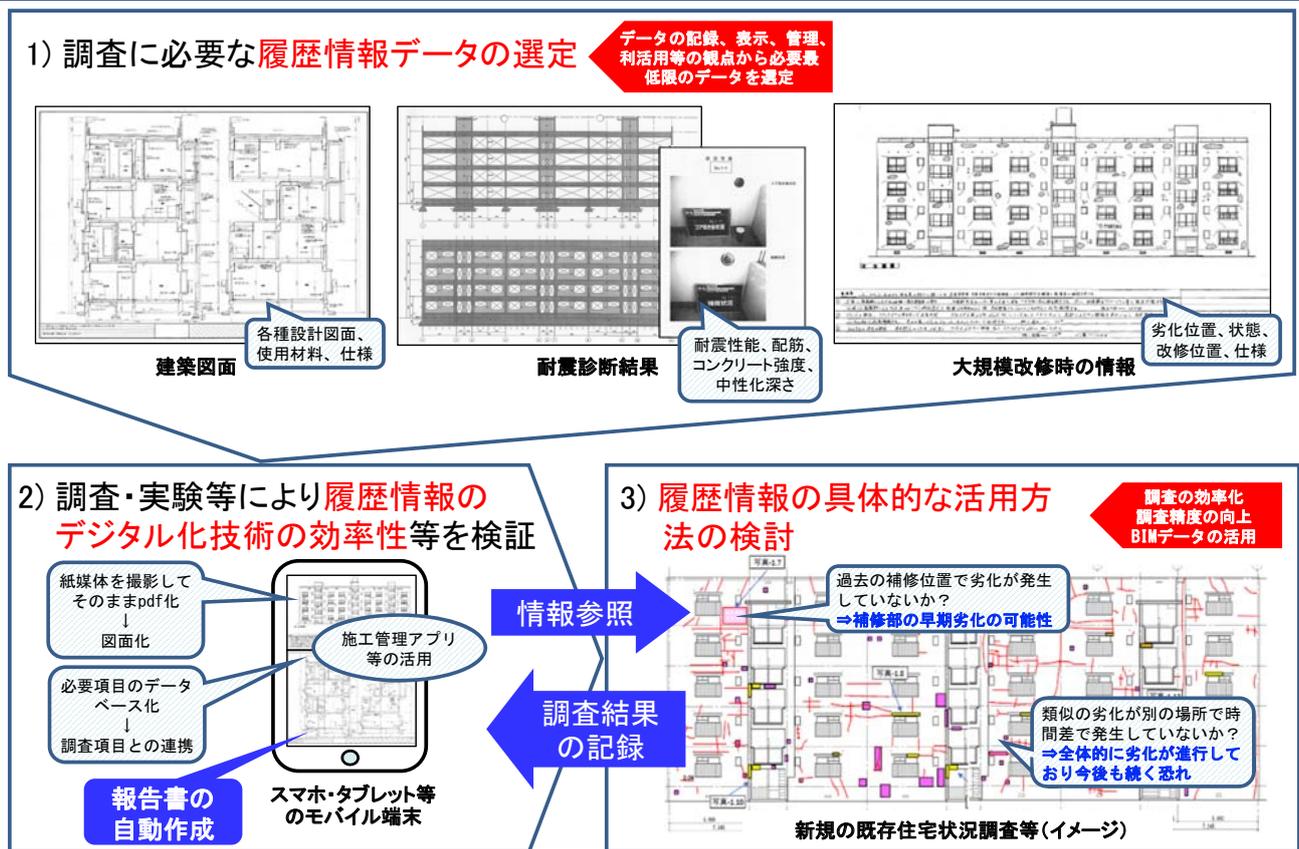
どの程度の性能・検査精度があれば「既存住宅状況調査」等の現場検査へ利用できるか？

評価項目・内容のイメージ

評価項目	評価内容
測定データの分解能	画像：解像度、形状計測：解像度
測定精度	寸法精度 (mm)、角度精度 (°)、測色精度 (色差)
劣化事象の自動認識の精度	ひび割れ (幅)、剥離・浮き、漏水痕、傾斜・変形
外乱事象の影響度	温度、振動、明るさ、風、騒音
測定効率	測定時間、装置サイズ、装置重量、装置電源



適合性評価基準の検討イメージ (ひび割れ幅の計測の例)



区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度			総研究費
	R4	R5	R6	研究費配分
	10	12	12	総額34
(研究費[百万円])				
①-1) デジタル新技術による劣化事象の検出精度の検証				約16 [百万円]
①-2) 新技術の適合性の評価基準の開発				約8 [百万円]
②-1) 調査に必要な履歴情報データの選定				約1 [百万円]
②-2) 調査・実験等により履歴情報のデジタル化の効率性等を検証				約4 [百万円]
②-3) 履歴情報の具体的な活用方法の検討				約5 [百万円]

効率性

- ・デジタル新技術について、**既存の調査結果等を最大限に活用**
- ・関係機関との連携により**各分野で進行中の最新の知見も反映**
- ・基準の開発にあたっては、**実験等による客観的検証を実施**
- ・本省や関係団体と連携しつつ**社会的妥当性の検証を行うことで、着実な社会実装につなげる**

<既存の調査結果の例>

- **建築系**：NEDO事業「建築確認検査等への新技術活用に関する調査」報告書（R2年度）、等
- **土木系**：国土交通省「点検支援技術性能カタログ(案)」(R2年6月公開)、i-Constructionコンソーシアム資料、等
- <各分野で進行中の最新の知見との連携>
- **本省住宅局**：既存住宅性能評価（現況検査）及び既存住宅状況調査方法基準の整合化・合理化等に関する検討（基準整備促進事業 M11）
- **国総研住宅研究部**：維持管理BIMモデルを活用した公共賃貸住宅の管理手法（PRISM）
- **(国研) 建築研究所**：RC建築物の劣化状況、調査におけるドローン等の活用に関する研究
- **日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の試験・検査研究小委員会」**：標準化されていない最新の調査技術の情報の調査

補足資料：用語説明 / 政策内容

■ 既存住宅状況調査（インスペクション）

既存住宅の構造上主要な部分等の状況について、現状把握および劣化事象等の有無を確認することを目的として実施する調査。既存住宅状況調査技術者講習を修了した技術者（既存住宅状況調査技術者）が**既存住宅状況調査方法基準に従って実施**する。宅建業法により既存住宅の媒介契約締結時に宅建業者が既存住宅状況調査技術者のあっせんの可否を示し、媒介依頼者の意向等に応じてあっせんすることとなっている。

■ 既存住宅状況調査方法基準

\* 既存住宅状況調査技術者講習を修了した建築士が実施

R C造等の既存住宅の調査内容（構造耐力上主要な部分に係る調査・概要）

部位	劣化事象等	方法
一 基礎（立ち上がり部分を含む。）	幅0.5mm以上のひび割れ 深さ20mm以上の欠損幅 コンクリートの著しい劣化 さび汁を伴うひび割れ又は欠損（白華を含む。） 鉄筋の露出	計測又は目視 計測又は目視 打診又は目視 目視
二 床	著しいひび割れ、劣化又は欠損（さび汁、白華又は鉄筋の露出を含む。） 6/1000以上の勾配の傾斜	計測又は目視 計測又は目視 計測
三 柱及び梁	著しいひび割れ、劣化又は欠損（さび汁、白華又は鉄筋の露出を含む。） 柱の著しい傾斜	計測又は目視 計測又は目視
四 イ コンクリート打放し又は塗装仕上げ	幅0.5mm以上のひび割れ 深さ20mm以上の欠損幅 コンクリートの著しい劣化 さび汁を伴うひび割れ又は欠損（白華を含む。） 鉄筋の露出	計測又は目視 計測又は目視 打診又は目視 目視
外壁	目視	目視
ロ タイル仕上げ（湿式工法）	下地材まで到達するひび割れ、欠損、浮き、はらみ又は剥落 複数のタイルにまたがったひび割れ又は欠損 仕上材の著しい浮き	計測又は目視 計測又は目視 打診又は目視
ハ 塗壁仕上げ	下地材まで到達するひび割れ、欠損、浮き、はらみ又は剥落 仕上材の著しい浮き	計測又は目視 打診又は目視
五 バルコニー及び共用廊下	支持部材又は床の著しいぐらつき、ひび割れ又は劣化（さび汁、白華又は鉄筋の露出を含む。）	計測又は目視

■ 住宅瑕疵担保履行法に基づく既存住宅に係る瑕疵保険（2号保険）

売買契約に伴う保険（**既存住宅売買瑕疵保険**）と、請負契約に伴う保険（リフォーム瑕疵保険、大規模修繕瑕疵保険）に大別される。前者は**消費者が安心して既存住宅を取得できるよう、「保険法人または建築士による検査」と「保障」がセットになった保険制度で、検査基準は既存住宅状況調査と同じ。**

※1 ■ 住生活基本計画（全国計画）  
（令和3年3月19日閣議決定）

【目標6 脱炭素社会に向けた住宅循環システムの構築と良質な住宅ストックの形成】  
（1）ライフスタイルに合わせた柔軟な住替えを可能とする既存住宅流通の活性化

（成果指標）

・住宅性能に関する情報が明示された住宅\*の既存住宅流通に占める割合  
15%（令和元）→ 50%（令和12）

\*瑕疵保険への加入のほか、インスペクション等を実施した安心R住宅を新たに含めたもの

※2 ■ 社整備小委員会の取りまとめ  
（令和3年1月）

【既存住宅に係る各種調査の効率化と状況方法基準合理化等】②今後の方向性

・既存住宅状況調査、瑕疵保険の現場検査、フラット35物件検査について、同時に実施する例や他の現場調査の結果を活用する例があり、このような**各種調査の効率化の取組を推進していくべき**である。

・中長期的には、ドローン・点検ボット等を用いた検査手法の整理や、**赤外線やサーモグラフィ等の検査機器を用いた検査方法の開発や判断基準の策定等を行うべき**である。

# 既存オフィスビル等の省エネ化に向けた現況診断に基づく改修設計法に関する研究

研究代表者 : 住宅研究部長 高橋 暁  
 課題発表者 : 建築環境研究室 主任研究官 宮田 征門  
 関係研究部 : 住宅研究部  
 研究期間 : 令和4年度～令和6年度  
 研究費総額 : 約35百万円  
 技術研究開発の段階 : 中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

## 研究の背景

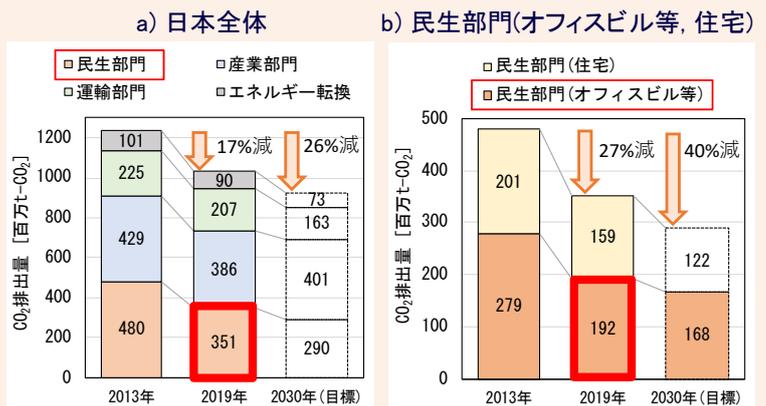
## 研究開発の背景・課題

### 背景

- **カーボンニュートラル化**に向けた動きが加速。
  - ✓ 2030年46%削減を表明(R3.4)
  - ✓ 改正温対法※成立(R3.5)
- **オフィスビル等の徹底した省エネ、省CO<sub>2</sub>化**が不可欠。
- **新築に比べ、既存オフィスビル等の省エネ化への対応は遅れている**(規制、基準、指針がない)。

※ 地球温暖化対策推進法

### 日本の温暖化ガス排出量



- 民生部門は全体の35%
- 2030年(目標)はH28年(2016年)対策計画の値

- オフィスビル等が55%を占める
- 温対法改正により、2030年の削減目標は強化される可能性大。

### 新築・増改築に対する規制(建築物省エネ法)

	オフィスビル等	住宅
大規模(2000m <sup>2</sup> 以上)	適合義務(H29.4施行)	届出義務
中規模(300~2000m <sup>2</sup> )	適合義務(R3.4施行)	
小規模(300m <sup>2</sup> 未満)	説明義務(R3.4施行)	

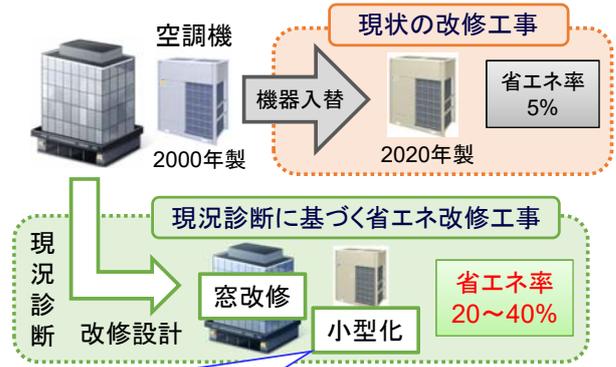
※ 既存建築物については、主に補助制度等で誘導

ストック床面積 21億m<sup>2</sup>に対し、  
新築は 0.4億m<sup>2</sup>/年(1.9%)



背景

- 設備の運用実態等を診断して、適切な省エネ改修設計をすれば大幅な省エネ化が期待できる。
  - 現状では診断・設計手法等が未確立で基準等が無く、現状の改修工事の多くは、同種・同等機器への安易な入れ替えに留まっている。
- 設備単体ではなく、外皮を含めた建築物全体で、省エネ化効果が最大となるように改修計画を立てることが重要。



当初設計時は不確定要素(在室人員やOA機器の量等)が大きく、オーバースペックになりがち。  
現況調査に基づき再設計することで、合理的な追加投資で、より大きな省エネ効果を。

課題

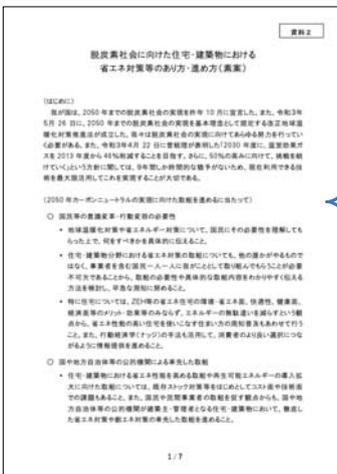
次の3つの手法が未確立。

- ① 設備の運用実態等(エネルギー消費性能や稼働時間等)を診断する手法
- ② 診断結果に基づき改修設計をする手法
- ③ 改修の費用対効果を予測する手法

3

国土交通省、経済産業省、環境省 (R3.4.19, 4.28, 5.19, 6.3, …)  
『脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会』

脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策等のあり方・進め方(素案)



既存ストック対策としての省エネ改修のあり方・進め方(抜粋)

- 国民等による省エネ改修の取組を促していく観点からも、国や地方自治体の率先した取組が重要であることから、その管理する住宅・建築物について、省エネ改修計画を立て、計画的な省エネ改修の取組を進めること。
- 省エネ改修しやすく、その効果を高めるため、省エネ性能に優れリフォームに適用しやすい建材・工法等の開発・普及を図ること。
- 既存の住宅・建築物については、建築時の省エネ性能が不明なものがあることも踏まえ、改修前後の合理的・効率的な省エネ性能の把握方法について検討すること。 → 課題③:費用対効果の予測法
- 実態に即した省エネ改修の取組にきめ細かく対応しつつ、取組の大幅な拡大を図るため、地方自治体の取組と連携して効率的かつ効果的な省エネ改修を促進すること。 → 課題②:省エネ改修設計法
- 国と地方自治体における省エネ改修に対する支援を継続・拡充すること
- 地方自治体において、きめ細かな普及啓発や住宅の現状把握のための簡易診断等を通じた国民への省エネ改修の働きかけを実施するとともに、国として当該取組を支援すること → 課題①:運用実態の診断法

<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001407475.pdf>

4

## 目的・目標

オフィスビル等を対象として、改修時に省エネ、省CO<sub>2</sub>効果を最大化するための技術的指針及び評価ツールを開発

【アウトプット】 省エネ改修法(診断法、設計法)を纏めた技術的指針(設計者向け)  
省エネ改修の費用対効果予測ツール(ビルオーナー、設計者向け)  
省エネ改修の具体的事例集(自治体、ビルオーナー向け)

【アウトカム】 より効果の大きい省エネ改修に誘導し、既存ストックの省エネ化を実現。

## 必要性・有効性

### 【必要性】

- ・ オフィスビル等の省エネ化に関する施策・検討は『新築』が中心。既存ストックの省エネ改修に関する知見・経験が不足。施主に対しても、十分な判断材料が提示されていない。
- ・ より効果の大きい省エネ改修に誘導するためには、本研究の実施により、国が公平・中立的な観点から技術的な指針やツールを整備して情報発信することが必要。

### 【有効性】

- ・ 既存ストックの省エネ化によりエネルギー需要を減らし、カーボンニュートラル化を支援。
- ・ 感染症対策や働き方改革で働き方が変化(人員密度減)。設備の小型化・分散化等により省エネ化を促進する好機。建設産業の活性化、地方創生にも貢献。

5

# 研究内容と成果

## 研究内容

### ① 現況診断法の開発

- 1) 診断実施事例の分析、
- 2) 現況診断法の開発

↓ 現状のエネルギー消費性能  
既存躯体の施工上の制約

↓ 現状の室の使い方、気象条件等  
現状の設備等の仕様、稼働時間

### ② 外皮・設備の改修設計法の開発

- 1) 改修設計事例の分析
- 2) 改修設計フローの開発

改修設計仕様  
⇄  
評価結果

### ③ 費用対効果の予測手法の開発

- 1) 省エネ量、省CO<sub>2</sub>量の予測手法の開発
- 2) 改修コスト推定モデルの開発
- 3) 費用対効果予測ツールの開発と検証

## 研究成果

省エネ改修手法  
(診断法、設計法)  
を纏めた技術的指針  
(設計者向け)

研究内容 ①-2)、②-2)の成果

省エネ改修の  
費用対効果を  
算出するツール  
(ビルオーナー、設計者向け)

研究内容 ③-1)、③-2)の成果

省エネ改修の  
具体的事例集  
(自治体、ビルオーナー向け)

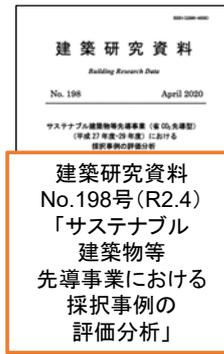
研究内容 ①-1)、②-1)、③-2)の成果

6

課題: 時間や費用等の制約がある中で、合理的かつ効率的に現況診断を行う方法が未確立。

## ①-1: 診断実施事例の分析

- 国交省補助事業等\*の採択事業者を対象。
- 調査目的、項目、方法(測定技術)の把握
- 時間や費用等の制約の把握

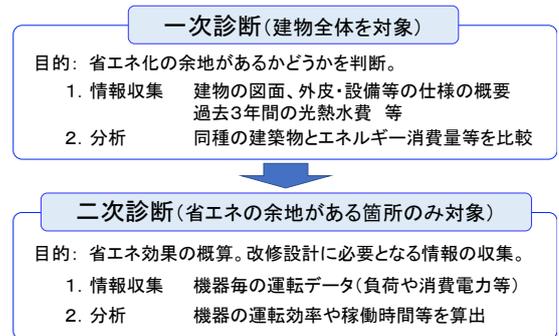


採択物件の例	
物件	採用された省エネ技術
事務所H改修(H27)	<ul style="list-style-type: none"> <li>高断熱ガラスへの交換</li> <li>既存サッシを活用したダブルスキニング</li> <li>人検知センサーによる空調・換気の制御</li> </ul>
ホテルJ改修(H28)	<ul style="list-style-type: none"> <li>高断熱ガラスへの交換</li> <li>空調熱源再設計</li> <li>照明のLED化と自動制御ブラインドの導入</li> <li>駐車場換気ファン縮小</li> </ul>

## ①-2: 現況診断法の開発

事例調査結果等を基に現況診断法を開発。

- 診断プロセス: 一次診断、二次診断に分けて、診断フローを開発。
- 調査対象項目・方法: 制約等に応じて3段階程度に分ける。調査項目チェックシートを作成。
- 診断結果の見せ方: 診断カルテを作成。



開発する現況診断法(診断フロー)のイメージ

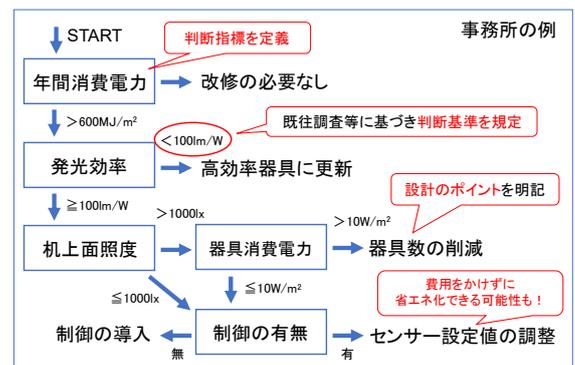
\* 次の補助事業を想定

- サステナブル建築物等先導事業: 建築物の省エネに係る先導的な技術の普及啓発に寄与するリーディングプロジェクトに対して、補助対象費用の1/2を国土交通省が支援する事業。
- 既存建築物省エネ化推進事業: 20%以上の省エネ効果が見込まれる躯体及び設備の改修工事に対して、補助対象費用の1/3を国土交通省が支援する事業。

課題: 外皮を含めた建築物全体で、省エネ効果が最大となるように改修計画を立てる方法が未確立。

## ②-1: 改修設計事例の分析

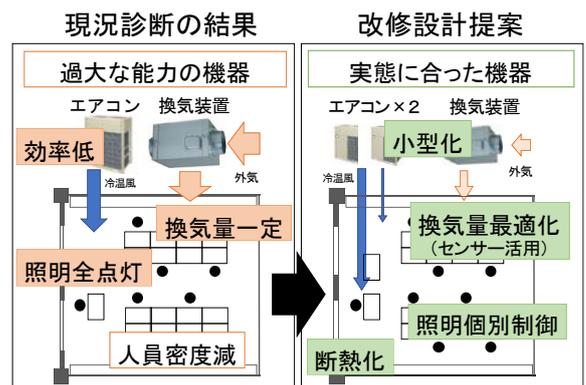
- 補助事業採択物件等を対象に、改修設計プロセスに関するヒアリング調査を実施。
- 現況診断データの活用法、分析法を調査。
- 改修設計における制約(主に躯体)を把握。



開発する設計フローのイメージ(照明)

## ②-2: 改修設計フローの開発

- 事例調査結果に基づき、改修箇所を判断する設計フローを開発。
  - 対象は外皮、空調、換気、照明、給湯。
- 現況診断データから算出すべき判断指標及び判断基準を規定。
- 設備機器のダウンサイジング手法を開発。
  - 特に、外皮(壁・窓)の断熱化等による空調熱源機器の小型化手法を提案。



断熱改修等による空調熱源機器の小型化の例

課題: 改修効果を評価する公平・中立的なツールがない。

新築ビルのエネルギー消費性能評価ツール

## ③-1: 省エネ量、省CO<sub>2</sub>量の予測手法の開発

新築ビル用ツール(先行課題で開発)の機能を拡張。

新築ビルと既存ビルの評価法の違い

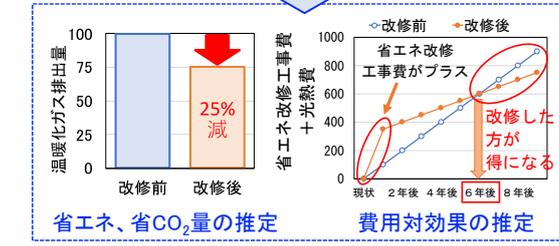
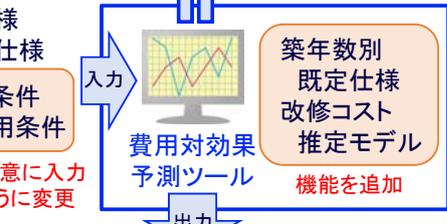
項目	新築ビル	既存ビル
気象条件	標準気象データ	当該地点の気象データ(基整備E12※で整備した1kmメッシュデータ)
室使用条件	標準室使用条件	当該室及び設備の使用時間や負荷(現況調査データから推定)
外皮や機器の仕様	全て把握可能	既存部分の把握は困難(築年別別に既定値を設定。実データで補正)

## ③-2: 改修コスト推定モデルの開発

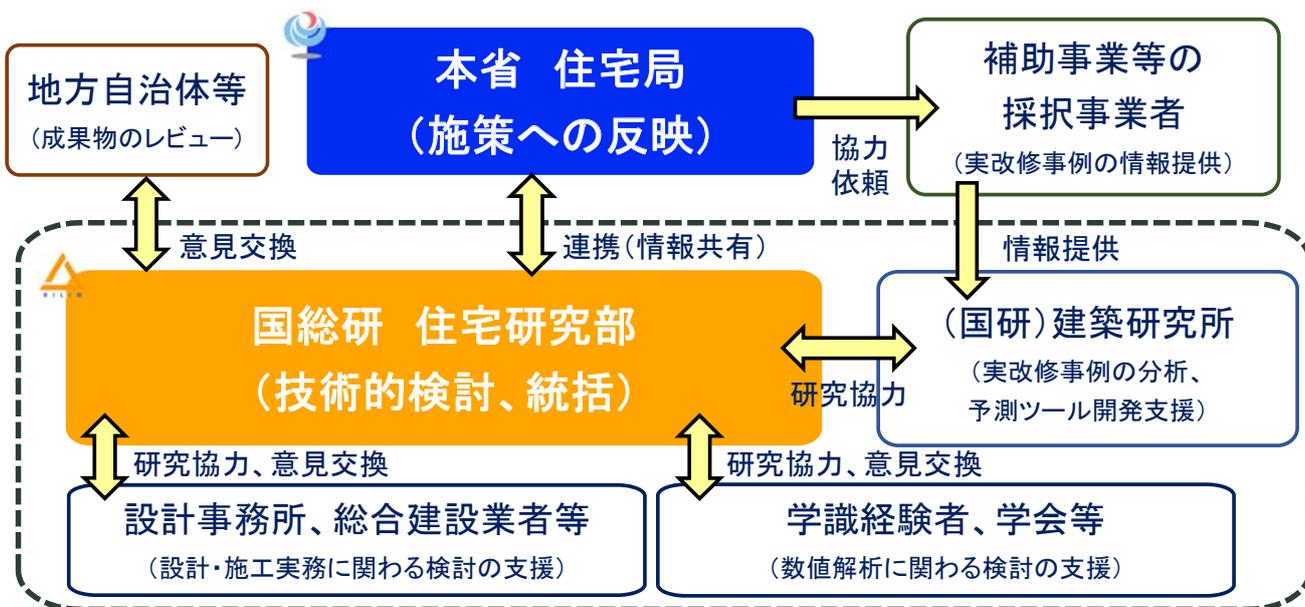
補助事業採択事例を調査し、コスト推定モデルを開発。複数箇所の同時改修によるコスト増も考慮。

## ③-3: 費用対効果予測ツールの開発と検証

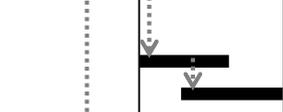
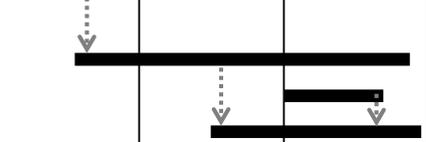
費用対効果、省エネ効果、省CO<sub>2</sub>効果の予想ツールを開発。実物件に適用し推定精度を検証。



※ 建築基準整備促進事業(E12): エネルギー消費性能の評価の前提となる気候条件の詳細化に向けた検討(R1~R2)



- 本省によるサステナブル建築物先導事業や既存建築物省エネ化推進事業等の採択事例に関するデータを有効活用し、効率良く研究を進める。
- 設計実務者及び学識経験者と連携し、既往研究成果を最大限活用して研究を進める。
- 地方自治体等と意見交換を行い、成果物の社会実装イメージを固めつつ検討を行う。

区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度			総研究費
	R4	R5	R6	研究費配分
(研究費[百万円])	12	12	12	総額36
① <b>現況診断法の開発</b> 1) 診断実施事例の分析 2) 現況診断法の開発				約6 [百万円]
② <b>外皮・設備の改修設計法の開発</b> 1) 改修設計事例の分析 2) 改修設計フローの開発				約10 [百万円]
③ <b>費用対効果の予測手法の開発</b> 1) 省エネ量、省CO <sub>2</sub> 量の予測手法の開発 2) 改修コスト推定モデルの開発 3) 費用対効果予測ツールの開発と検証				約20 [百万円]

**効率性**

- 本省による補助事業(サステナブル建築物先導事業や既存建築物省エネ化推進事業等)の採択事例に関するデータを有効活用。
- 先行課題による新築ビルのエネルギー消費性能評価ツール(省エネ基準の適合性判定ツールとして社会実装済)開発時の知見を活用。

資料

令和3年度第3回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第三部会） 議事次第・会議資料

# 令和3年度第3回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）

## 議事次第

---

日時：令和3年7月20日（火）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 議事
  - ＜令和4年度新規事項立て研究課題の事前評価＞
  - ・脱炭素化の推進に向けた沿岸環境保全技術における炭素貯留効果を最大化する手法の開発
  - ・効率的な維持管理に向けた既存港湾施設のBIM/CIM構築手法に関する研究
6. 国総研副所長挨拶
7. 閉会

## 会議資料

---

	頁
資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）委員一覧	55
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	56
資料3 研究課題資料	
・脱炭素化の推進に向けた沿岸環境保全技術における炭素貯留効果を最大化する手法の開発	57
・効率的な維持管理に向けた既存港湾施設のBIM/CIM構築手法に関する研究	62

注) 資料3については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会  
(第三部会) 委員一覧

第三部会

主査

兵藤 哲朗 東京海洋大学 学術研究院 流通情報工学部門 教授

委員

岩波 光保 東京工業大学 環境・社会理工学院  
土木・環境工学系 教授

富田 孝史 名古屋大学大学院環境学研究科 教授

野口 哲史 (一社)日本埋立浚渫協会 技術委員会委員長  
五洋建設(株) 取締役 常務執行役員 土木本部長

二村 真理子 東京女子大学 現代教養学部 教授

山田 忠史 京都大学経営管理大学院 教授  
京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 教授

横木 裕宗 茨城大学 工学部 都市システム工学科 教授

※五十音順、敬称略

## 評価方法・評価結果の扱いについて

（第三部会）

### 1 評価の対象

・令和4年度新規事項立て研究課題

※事項立て研究課題：国総研が自ら課題を設定し、研究予算（行政部費）を確保し実施する研究課題

### 2 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を研究の目的、計画の見直し等へ反映することを目的とする。

### 3 評価の視点

必要性、効率性、有効性について、以下の観点を踏まえ、事前評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

（ 初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組

中期段階：実用化に向けた取組

後期段階：普及あるいは発展に向けた取組

### 4 進行方法

（1）研究課題の説明（10分）

（2）研究課題の評価（30分）

① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。

② 審議内容、評価等をもとに、主査が総括を行う。

### 5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

### 6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

# 脱炭素化の推進に向けた沿岸環境保全技術における炭素貯留効果を最大化する手法の開発

研究代表者	:	海洋環境・危機管理研究室長	岡田知也
課題発表者	:	海洋環境・危機管理研究室長	岡田知也
研究期間	:	令和4年度～令和6年度	
研究費総額	:	約60百万円	
技術研究開発の段階	:	初期段階	



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



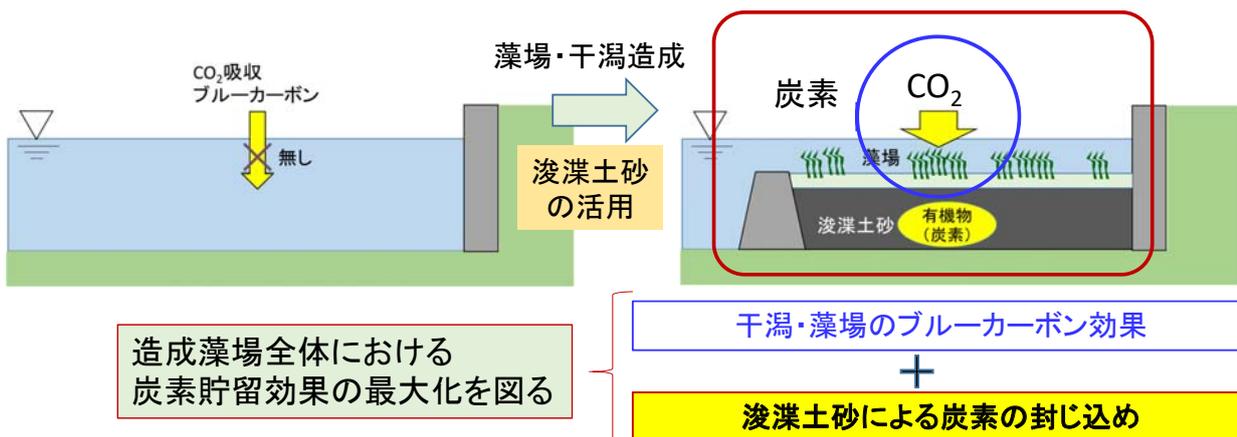
## 研究の背景・課題

## 研究開発の背景・課題

### 背景

- 地球温暖化抑制として温室効果ガスの削減は世界的な課題
- カーボンニュートラルポート(2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン戦略)の実現に向けて様々な技術開発が必要。CO<sub>2</sub>排出ネットゼロを目指すためには、**排出源対策(排出量の削減)**だけでなく、**吸収源対策が不可欠**
- 沿岸域における**吸収源対策**として**ブルーカーボン**が注目されている。
  - ブルーカーボン**とは、沿岸域における新たな**吸収源**であり、**海草・海藻**など海の生物の作用で海中に取り込まれる**炭素**ことである。

このブルーカーボンを推進し、干潟・藻場全体の炭素貯留効果を高めるため、次のことを考える



## 浚渫土砂中の炭素について

- 日本の浚渫土砂量: 937万 $\text{m}^3$ /年 (H25年からH29年平均)
- 浚渫土砂中の炭素含有量 (TOC): 1.5% (全国平均)
- 937万 $\text{m}^3$ 中の炭素量: 42万 $\text{t-CO}_2$
  
- 日本の特定重要港湾・重要港湾の排出量: 972万 $\text{t-CO}_2$ /年 (H15からH17) (国土交通省港湾局, 2009)
  
- 浚渫土砂に含まれる炭素量は, 特定重要港湾・重要港湾の排出量の**4%**に相当

3

## 課題

- 干潟・藻場造成に活用された浚渫土砂中の炭素貯留量 (**炭素残存率**) は未解明
- **炭素残存率が高い**干潟・藻場の**設計条件**は判っていない

## 目的 (アウトカム)

炭素貯留効果の高い干潟・藻場の造成方法を開発し, ブルーカーボンの推進, ひいては脱炭素化に貢献する

## 目標 (アウトプット)

次の3点を個別目標とする

- ① 造成干潟・藻場に活用した浚渫土砂中の炭素の残存率の算定
- ② 炭素残存率と諸条件の関係の整理
- ③ 炭素貯留効果を考慮した造成干潟・藻場の造成方法の開発

4

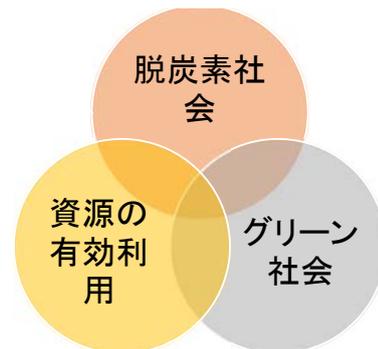
必要性

- 温室効果ガスの削減は喫緊の世界的な課題であり、社会的意義は高い。
- 浚渫土砂等の海底土砂の有効活用後の炭素残存率に着目した研究事例はなく、科学的意義は高い。
- 炭素残存率を高める新たな干潟・藻場の造成技術の開発は、環境保全技術の革新となり技術的意義も高い。

有効性

- 浚渫土砂を干潟・藻場造成に活用した温室効果ガスの削減技術の開発は、
  - 脱炭素社会
  - Nature-based Solutions (グリーン社会)
  - 資源の有効利用
 に貢献し、有効性が高い。

浚渫土砂を活用した干潟・藻場



①造成干潟・藻場に活用した浚渫土砂中の炭素の残存率の算定

研究内容

【目的】

- 炭素残存率の算出(一次調査)

【具体的な実施事項】

- 現地調査
  - 完成後10年以上経過した既往の複数の造成干潟・藻場の炭素量(TOC)を測定
  - 施工時の炭素量と比較し、残存率を算出

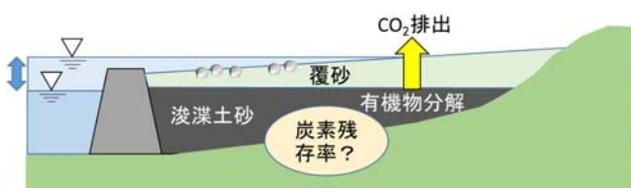
基本事項

好気条件(酸素がある): 有機物が分解されCO<sub>2</sub>排出  
 嫌気条件(酸素がない): CO<sub>2</sub>排出しない。ただしCH<sub>4</sub>排出の懸念あり

造成干潟

潮位により、干出・冠水を繰り返す

好気・嫌気状態が変動



造成藻場

常に水没状態

嫌気状態



$$\text{炭素残存率} = \frac{\text{現状の浚渫土砂中の全有機炭素量 (TOC) (mg/g)}}{\text{施工時(浚渫時)の浚渫土砂中の全有機炭素量 (TOC) (mg/g)}}$$

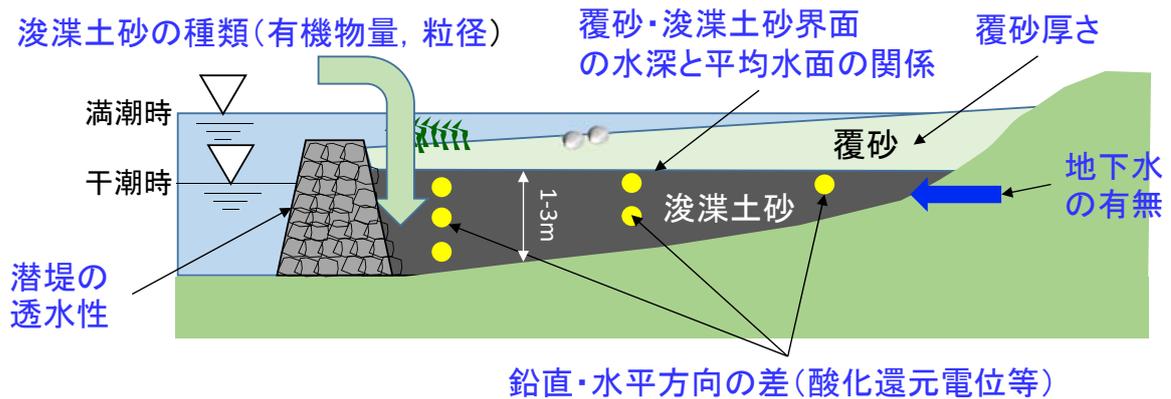
### 【目的】

- ・ 造成干潟・藻場における、炭素残存率の高い条件の抽出(二次調査)

### 【具体的な実施事項】

- ・ 現地調査
  - ・ ①の調査結果を踏まえて、複数の造成干潟・藻場を抽出
  - ・ **異なる造成干潟・藻場間における、炭素残存率と条件の関係を整理**
  - ・ **同じ干潟・藻場内で、鉛直・水平方向のデータを取得し、環境条件の違いを整理**
- ・ 室内実験
  - ・ **実験室内における種々の条件下における、有機物分解、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>排出量の測定**

例)干潟の場合 ・下記の種々な項目を複数の干潟で比較



7

### 【目的】

- ・ 炭素残存率が高く、かつ、ブルーカーボン生態系による炭素貯留量が高い造成干潟・藻場の造成方法の開発

### 【具体的な実施事項】

- ・ 「②の検討による炭素残存率が高い条件」と「良好な生物の生息環境および海草・海藻の生育環境」を考慮した造成方法(設計, 施工方法等)を提案



8

**国総研**  
調査・評価・体系的整理

目標①, ②

【調査・データ収集協力・調整】  
各地方整備局  
【調査方法】  
港湾空港技術研究所

【評価】  
港湾空港技術研究所  
九州大学

目標③

【技術の提案】  
港湾空港技術研究所  
九州大学(港湾LCA)  
各地方整備局(実現可能性に関する情報交換)

**効率性**

本研究は**複数の既往**の造成干潟・藻場の調査を要し、調査時における関係機関との調整、および**過去造成時の浚渫土砂のデータ**が必要なことから、**各地方整備局と密に連携**する体制としている。

大学等の研究機関ではこのような現場データに基づく全国的な調査体制を組むことは困難であり、国総研でしか実施できない。

区分(目標、テーマ、分野等)		実施年度			総研究費
		R4	R5	R6	研究費配分
	(研究費[百万円])	20	20	20	総額60
①	造成干潟・藻場に活用した浚渫土砂中の炭素の残存率の算定(現地調査)	データ収集・計算			20
②-1	炭素残存率と諸条件の関係の整理(現地調査)		データ解析・整理		18
②-2	炭素残存率と諸条件の関係の整理(室内実験)	事前準備	室内実験		10
③	炭素貯留効果を考慮した造成干潟・藻場の造成方法の開発			結果の整理 技術の提案	12

# 効率的な維持管理に向けた 既存港湾施設のBIM/CIM構築手法に関する研究

研究代表者	:	港湾施工システム・保全研究室長	辰巳大介
課題発表者	:	港湾施工システム・保全研究室長	辰巳大介
研究期間	:	令和4年度～令和6年度	
研究費総額	:	約36百万円	
技術研究開発の段階	:	中期段階	



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

BIM: Building Information Modeling  
CIM: Construction Information Modeling, Management



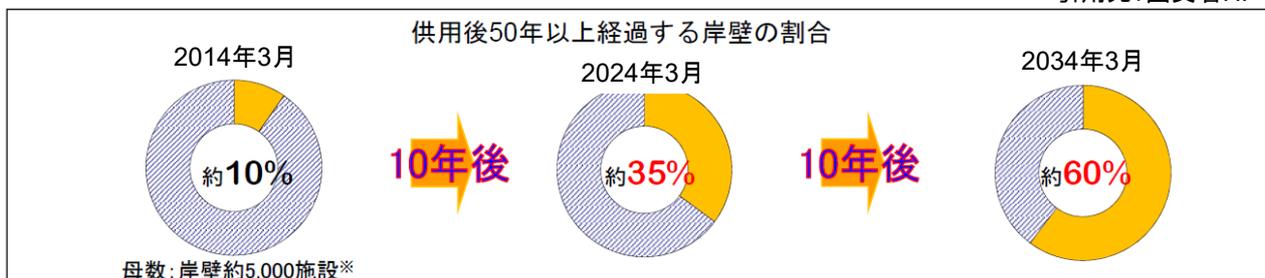
## 研究開発の背景（1）

研究開発の背景・課題

### 背景

- 高度経済成長期に集中的に整備した港湾施設の老朽化が進んでおり、建設後50年以上経過する岸壁の割合は、2034年に全体の約6割を占める。
- 港湾施設は、塩害などの厳しい環境下におかれ、水中部等点検が困難な箇所も多いことから、施設の供用に影響を及ぼす劣化・損傷事例も発生。

引用元: 国交省HP



エプロンの陥没



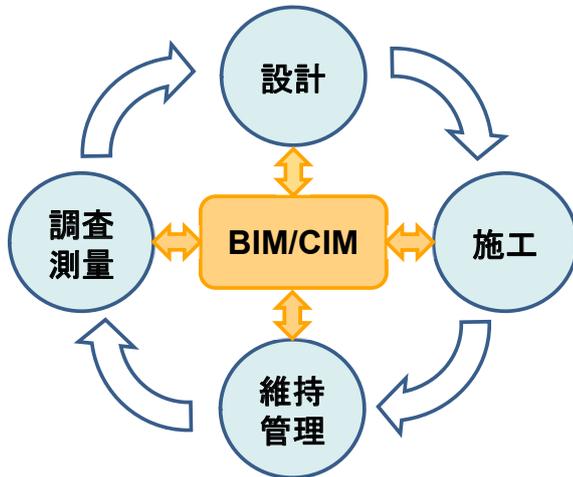
栈橋下面のコンクリート剥離



栈橋杭の破断

## 背景

- 令和2年7月に「国土交通省インフラ分野のDX推進本部」を設置。建設生産プロセス全体を3次元データで繋ぐBIM/CIMの導入も拡大され、令和5年度までに小規模を除く全ての公共工事において、BIM/CIMを原則適用。
- 港湾分野においても、平成30年度～令和2年度に、BIM/CIM活用の設計業務を34件、工事を26件実施。



建設生産プロセス全体を  
3次元データで繋ぐ

港湾におけるBIM/CIM活用業務・工事の推移

	設計業務 (件数)	工事 (件数)
平成29年度	0	0
平成30年度	10	0
令和元年度	11	4
令和2年度	13	22
計	34	26

引用元：国交省HP

※表中の件数は着手時期で集計（令和2年9月末時点）

3

## 背景

- 老朽化する港湾施設が増大する中で、適切な維持管理を実施することが必要不可欠。
- 適切な維持管理を継続的に実施するためには、維持管理の生産性を向上する必要がある、BIM/CIMの導入が重要。

想定されるBIM/CIMの活用例：

- 設計図書・施工記録・点検記録等の一元管理
- 劣化・損傷状況等の可視化
- 点検機器による点検記録等の自動入力

情報検索の効率化  
点検作業の効率化  
補修・補強方法選定の効率化



## 課題

- 設計業務や工事と比較して、維持管理段階でのBIM/CIM導入が進んでいない。
- 特に既存港湾施設の場合、新設時と同様の高精度なBIM/CIMを新たに作成することは、経済的に困難。

## 研究課題

既存港湾施設を対象に、維持管理に着目したBIM/CIMの要件（モデル詳細度、属性情報等）を策定し、既存港湾施設のBIM/CIM構築手法を開発。

4



必要性・有効性

- BIM/CIMに関する要領類としては、「BIM/CIM活用ガイドライン」・「3次元モデル標記標準」・「3次元モデル成果物作成要領」等が既に策定・公表済み。
- しかし、これらの要領類は、主に新設の構造物を設計・施工することを前提としており、既存港湾施設の維持管理用のBIM/CIMとしては必ずしも最適化されたものではない。
- 港湾施設は、気中部・水中部で点検診断方法や使用機材等が異なるので、施設単位ではなく点検診断項目に対応した構造部位ごとに、維持管理で要求されるBIM/CIMの要件を策定することが必要。
- また、維持管理の要件を満たすBIM/CIMを、2次元図面や計測データ等から効率的に作成する手法を開発することにより、維持管理におけるBIM/CIMの導入を促進。

目的・目標

アウトプット

- 維持管理に着目した既存港湾施設のBIM/CIMの要件策定
- 既設港湾施設のBIM/CIMの効率的な構築手法の開発
- 既存港湾施設のBIM/CIMの要件及び構築手法をとりまとめ、要領類へ追加

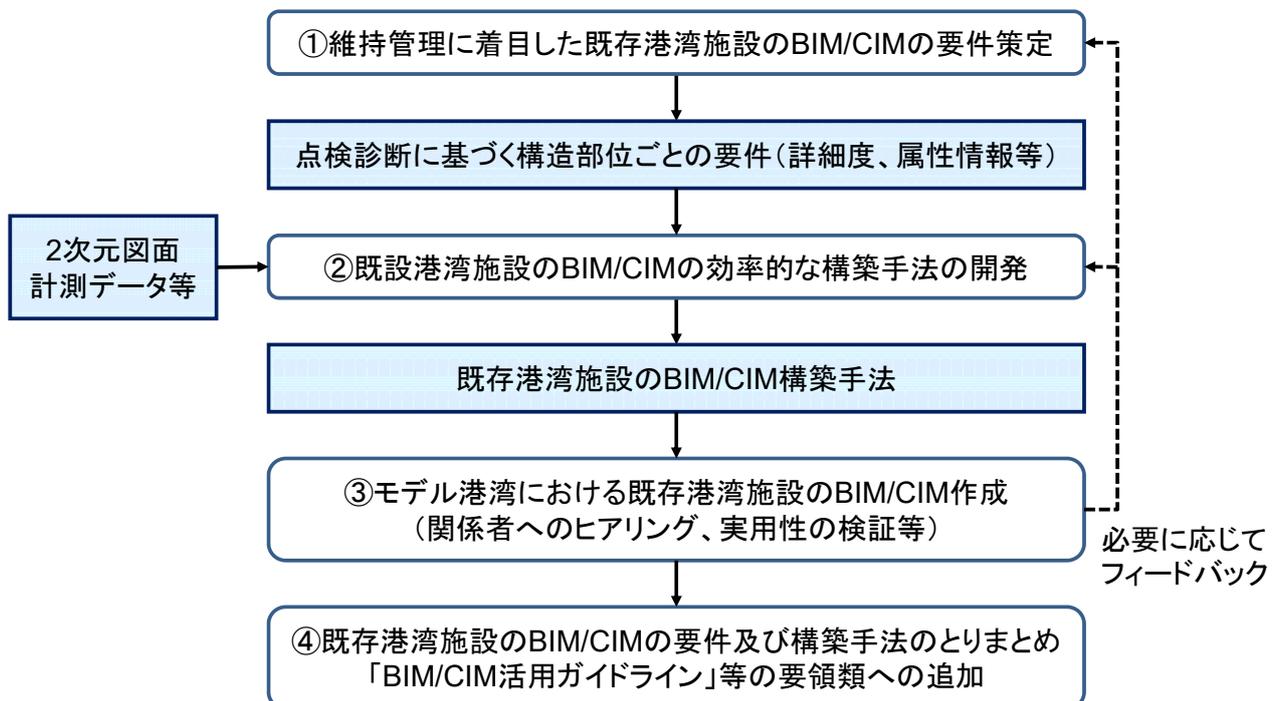
アウトカム

- BIM/CIMの導入促進による、既設港湾施設の維持管理の生産性向上（情報検索の効率化、点検作業の効率化、補修・補強方法選定の効率化等）

5



○本研究では、港湾施設の中でも施設数が一定程度あり、構造が複雑で塩害の劣化が顕著である棧橋（直杭式横棧橋）を対象に、以下のフローに示す研究を行う。

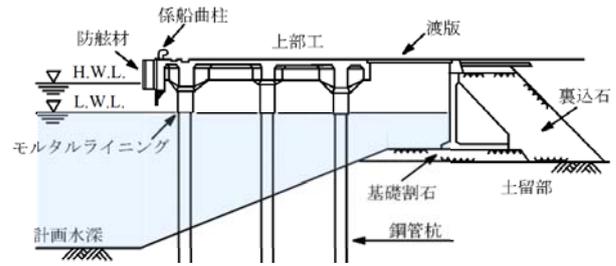


6



研究内容

○施設単位ではなく点検診断項目に対応した構造部位ごとに、維持管理で想定される活用方をふまえ、BIM/CIMの要件(モデル詳細度、属性情報等)を策定。



直杭式横棧橋の概略断面図

引用元: 国交省HP

		点検診断項目に対応した構造部位					
		エプロン	鋼管杭	防食工	上部工(下面・側面)	土留部	渡版
維持管理での活用方策	情報の一元管理						
	点検結果の可視化						
	点検記録の自動入力						
	改良設計の入力条件						

○各セルでモデル詳細度、属性情報等を検討。  
 ○属性情報は、内容と合わせて入力方式(直接入力、外部参照)も検討。



研究内容

- 維持管理の要件を満たす既存港湾施設のBIM/CIMを、2次元図面や計測データ等から効率的に作成する手法を開発。
- 以下に例示するBIM/CIM作成手法を組み合わせ、最適な構築手法を検討。
  - ー標準断面図をスweep(法線方向に引き延ばす)
  - ー標準的な3次元モデルを準備し、構造パラメータを入力して寸法の正確なモデルを作成
  - ーUAVやマルチビーム等で計測される3次元点群データから作成
  - ーROV等で撮影される写真画像から作成



直杭式横棧橋のBIM/CIM(例)



引用元: 国交省HP



棧橋上部工下面をROVで撮影し、撮影した画像を3次元化

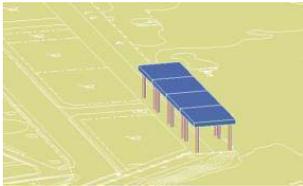
UAV: Unmanned Aerial Vehicle  
ROV: Remotely Operated Vehicle



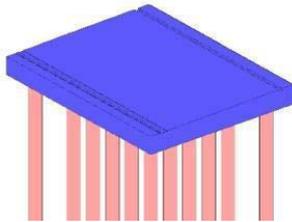
研究内容

- 詳細度を上げるとモデル作成に時間を要し、2次元図面からの手作業による変換や詳細な計測データが必要。また、属性情報の情報量を増やし、外部参照ではなく検索や分析ができる直接入力にするほど、属性情報入力に時間を要する。
- 一方で、点検結果の可視化・点検記録の自動入力など、維持管理での活用方策によっては正確な形状が必要となるため、詳細度300以上が要求される。
- 施設単位ではなく点検診断項目に対応した構造部位ごとに、維持管理で想定される活用方策をふまえ、BIM/CIMの要件を策定し、利用可能なBIM/CIM作成手法の最適な組み合わせを検討することにより、既存港湾施設のBIM/CIM構築手法をとりまとめる。

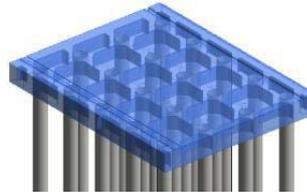
引用元:国交省HP



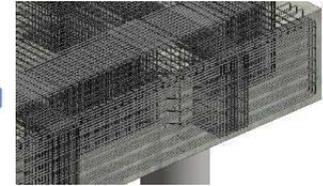
詳細度100  
対象を記号等でモデル化。港湾計画図に高さ情報を追加した程度。



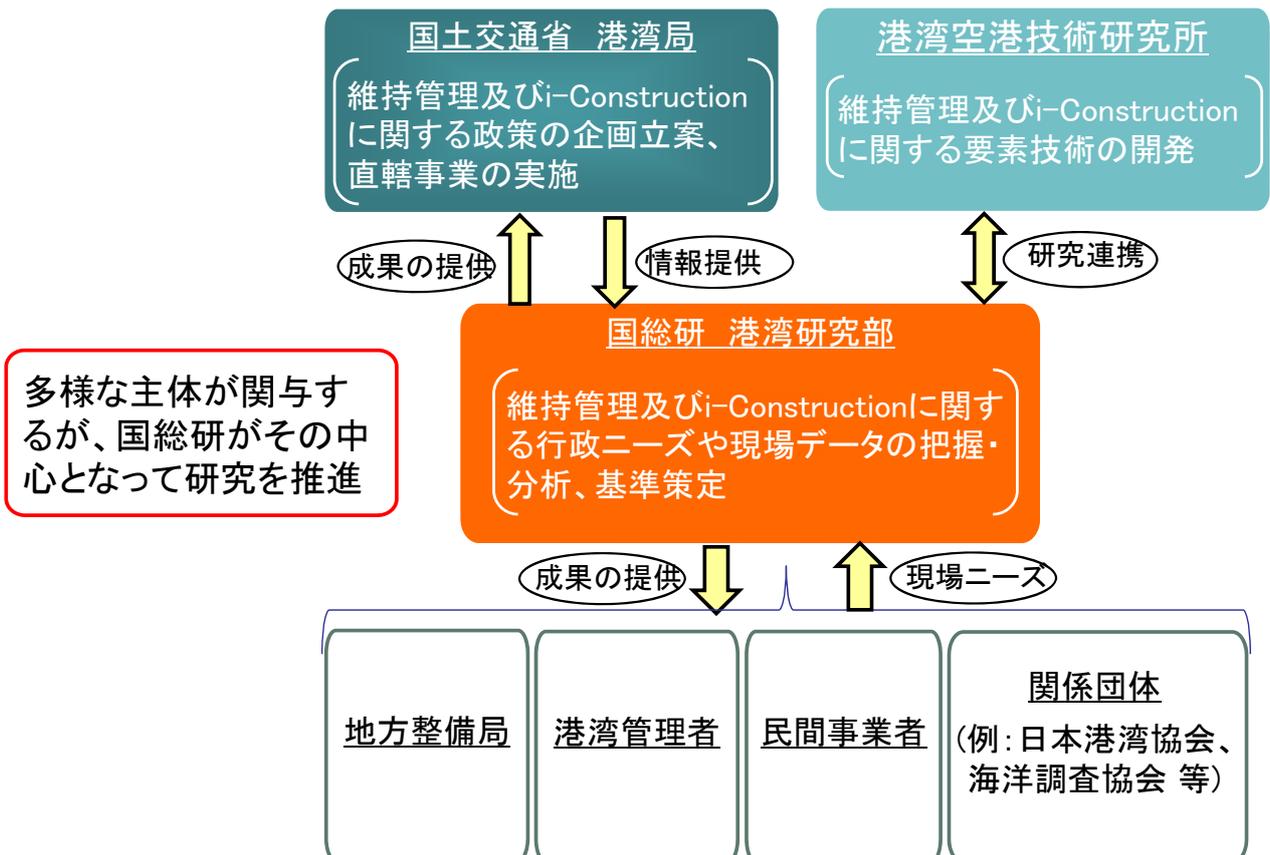
詳細度200  
対象の構造形式が分る程度のモデル。寸法は必ずしも正確ではない。



詳細度300  
対象の主構造の形状が正確なモデル。



詳細度400  
詳細度300に加えて、配筋、付属工等もモデル化。



区分(目標、テーマ、分野等)		実施年度			総研究費
		R4	R5	R6	研究費配分
	(研究費[百万円])	13	13	10	総額36
①	維持管理に着目した既存港湾施設のBIM/CIMの要件策定	■			約6 [百万円]
②	既設港湾施設のBIM/CIMの効率的な構築手法の開発		■		約13 [百万円]
③	モデル港湾における既存港湾施設のBIM/CIM作成			■	約15 [百万円]
④	既存港湾施設のBIM/CIMの要件及び構築手法のとりまとめ、要領類への追加			■	約2 [百万円]

**効率性**

- 国総研は、港空研と連携して、維持管理及びi-Constructionに関するデータ分析や基準策定の豊富な経験・ノウハウを有する。
- 港湾局及び地方整備局に加えて、港湾管理者・民間事業者・関係団体との意見交換等により、現場ニーズに則した実効性の高い検討を行うことが可能。



第2編 (10, 11月開催分)

令和3年度第4回～第6回国土技術政策総合研究所

研究評価委員会分科会

## 第1章 評価の方法等

### 1 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を今後の研究の目的、計画等へ反映することを目的とする。

### 2 評価の対象

令和2年度に終了した研究課題の終了時評価を行った。令和3年10、11月の分科会の評価対象となった研究課題は9課題である。

#### 第一部会（終了時評価）

- ・ 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究
- ・ 避難・水防に即応可能な情報伝達のための決壊覚知・氾濫実況予測に関する研究
- ・ 大規模地震に起因する土砂災害のプレアナリシス手法の開発
- ・ 洗掘の被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と改造マニュアルの開発

#### 第二部会（終了時評価）

- ・ 緑地等による都市環境改善効果の定量的評価手法に関する研究
- ・ ライフステージに即したバリアフリー効果の見える化手法の確立
- ・ 建築物の外装・防水層の長寿命化改修に資する既存RC部材の評価技術の開発
- ・ 建築物の外装材及び屋根の耐風性能向上に資する調査研究

#### 第三部会（終了時評価）

- ・ 大規模地震時の港湾施設の即時被害推定手法に関する研究

### 3 評価の視点

必要性、効率性及び有効性の観点を踏まえ、「研究の実施方法と体制の妥当性」「目標の達成度」について終了時評価を行った。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

#### 4 研究評価委員会分科会の開催

専門的視点からの評価を行うため、各分野の専門家で構成された国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会を開催することとし、第4回分科会を令和3年10月28日、第5回分科会を令和3年11月2日、第6回分科会を令和3年11月11日に開催した。また、事前意見を伺うため、欠席の委員には事前に担当部会の資料を送付した。なお、分科会の前に国土技術政策総合研究所研究評価所内委員会を開催し、評価対象課題について、研究所として自己点検を行っている。

研究評価委員会分科会は、「国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会設置規則」に基づき、以下の構成としている。

<b>第一部会</b>	主査	古関 潤一	東京大学教授
	委員	鼎 信次郎	東京工業大学教授
	委員	里深 好文	立命館大学教授
	委員	菅原 正道	(一社)建設コンサルタンツ協会技術委員会委員長 パシフィックコンサルタンツ(株)取締役 常務執行役員
	委員	関本 義秀	東京大学教授
	委員	田村 圭子	新潟大学教授
	委員	戸田 祐嗣	名古屋大学教授
	委員	中島 典之	東京大学教授
	委員	濱岡 秀勝	秋田大学教授
	<b>第二部会</b>	主査	伊香賀 俊治
委員		河野 守	東京理科大学教授
委員		清野 明	(一社)住宅生産団体連合会建築規制合理化委員会 副委員長 (一社)日本ツーバイフォー建築協会 技術部会顧問
委員		藤井 さやか	筑波大学准教授
委員		松本 由香	横浜国立大学教授
委員		水村 容子	東洋大学教授
<b>第三部会</b>		主査	兵藤 哲朗
	委員	岩波 光保	東京工業大学教授
	委員	富田 孝史	名古屋大学教授
	委員	野口 哲史	(一社)日本埋立浚渫教会技術委員会委員長 五洋建設(株) 取締役 土木本部長
	委員	二村 真理子	東京女子大学教授
	委員	山田 忠史	京都大学教授
	委員	横木 裕宗	茨城大学教授

(令和3年11月現在、主査以外五十音順・敬称略)

第4回分科会（令和3年10月28日）の評価担当部会は第二部会であり、伊香賀主査と河野委員、清野委員、藤井委員、松本委員、水村委員にオンラインでご出席いただいた。

第5回分科会（令和3年11月2日）の評価担当部会は第一部会であり、古関主査と鼎委員、里深委員、関本委員、田村委員、戸田委員、中島委員、濱岡委員にオンラインでご出席いただいた。

第6回分科会（令和3年11月11日）の評価担当部会は第三部会であり、兵藤主査と岩波委員、富田委員、二村委員、山田委員、横木委員にオンラインでご出席いただいた。

## 5 評価の進め方

令和3年度の分科会では、以下のように評価を進めることとした。

- (1) **2 評価の対象**については、研究課題が主に対象とする分野に応じて、第4～6回分科会に分けて評価を行う。
- (2) 主査及び各委員から意見をいただくとともに、欠席の委員から事前に伺っている意見を紹介する。また、終了時評価について評価用紙にご記入いただく。
- (3) 会議当日の審議内容、事前意見及び評価用紙の指標集計結果に基づき、主査が総括を行う。

### <分科会委員が評価対象課題に参画している場合等の対応について>

評価対象課題のうち、当該部分の評価は行わないこととする。また、主査が評価対象課題に参画している場合には、当該部分の評価を行う間、予め委員長が他の委員から指名する委員が、主査の職務を代理することとする。（該当なし）

## 6 評価結果のとりまとめ

評価結果は、審議内容、評価用紙に基づき、主査の責任においてとりまとめられた。

## 7 評価結果の公表

評価結果は、本資料及び国総研ホームページにて公表することとした。また、議事録については国総研ホームページにて公開し、議事録における発言者名については、「主査」、「委員」、「事務局」等として表記することとした。

## 第2章 評価の結果

本評価結果は、令和3年度、第4回、第5回及び第6回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会における審議に基づきとりまとめたものである。

■令和3年度 第4回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第二部会）

- ・「緑地等による都市環境改善効果の定量的評価手法に関する研究」の評価結果（終了時評価）

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、地方公共団体と連携し実務の課題ニーズを把握するとともに、開発した技術を実際に活用し、そこで得た知見を技術開発に反映していることから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、手間のかかる緑の定量的な計測手法を効率化・高度化する技術の開発に加え、その技術により得られたデータを用いた他のシミュレーションへの適用や地方公共団体の「緑の基本計画」の策定にも活用されており、目標を達成できたと評価する。

今後は、更に「AI 緑視率調査プログラム」の実用性を高めるために、緑の種類（高木・中木・低木・下草等、特に雑草や幹の苔）の判別と緑の質の計測・評価といった機能の拡充を期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	<p>★★★★★</p> <p>★</p>
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>② 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	<p>★★★★★★</p>

【指摘事項等】

- ・ ウェルネスオフィスのバイオフィリックの評価などにも有用なプログラムである。今後の展開として、室内の緑視率評価等への拡張も期待する。
- ・ 研究機関、地方公共団体等の公的な組織のみでなく、民間でもプログラム等を活用できるよう、その提供方法の工夫や利用マニュアルの作成等を進められたい。
- ・ 将来的に、住宅周辺環境の経済的な価値の算定にもつながることを期待する。
- ・ 緑地化を推進するためには、緑視率調査効率化に加え、緑地化することによるメリットをどのように住民に伝えていくかも重要である。
- ・ 緑地には多面的な効果があり、多様な社会問題解決が期待されるため、幅広い分野における活用を検討されたい。

令和3年10月28日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第二部会主査 伊香賀 俊治

・「ライフステージに即したバリアフリー効果の見える化手法の確立」の評価結果（終了時評価）

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、多様な主体からなる委員会におけるバリアフリー環境評価ツールの方向性の議論を踏まえ、身体活動量の実測やツールの開発が行われたことから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、身体活動量を指標としたバリアフリー環境評価ツールの開発と年代ごとの生活行動モデルの作成により、将来のライフスタイルを見据えた検討を可能としたことから、目標を達成できたと評価する。

今後は、物理的なバリアフリー改修に加え、断熱改修といった温度のバリアフリーも含めた総合的な改修の検討・提案が可能な手法への展開を期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	★★★★★★
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>② 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	★★★★★★

【指摘事項等】

- 運動疫学研究分野において、国際的にも着目されている座位行動について、今後の検討に活かされたい。
- 運動能力のみならず感覚機能や認知機能といったものも含めた評価が必要になると考える。
- 経済的な負担も課題のため、その点も含めて提示できるようになると実用的になると考える。
- 玄関から敷地外までの段差といった住戸外のバリアフリーについても評価できるようになると手法の有効性の拡がりが期待できる。

令和3年10月28日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第二部会主査 伊香賀 俊治

・「建築物の外装・防水層の長寿命化改修に資する既存 RC 部材の評価技術の開発」の評価結果  
(終了時評価)

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、実建物の材料・工法に詳しい専門技術者協会等と連携した情報収集や大学等の有識者との意見交換を踏まえた実験計画をしていることから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、長期暴露試験等による複数回改修の有用なデータを得られていること、またその知見を実務者が使える技術資料としてまとめていることから、目標を達成できたと評価する。

建築物の改修の際、最終的な判断はマンション管理組合等の居住者であるため、専門家でない方が理解しやすい技術資料の作成・普及を期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	★★★★★★
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>② 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	★★★★★★

【指摘事項等】

- ・ 実建築物における改修に伴う経年劣化を継続的に調査、または、経年の違う同様の構法の実建築物を調査する等により実情把握に資する研究も進められたい。
- ・ 勾配屋根の防水層に関する研究も期待する。
- ・ 次のステップとして、複数回改修時の適切な工法・材料等が分かると有意義である。
- ・ 軽微な水漏れについて原因が特定できないケースが多い。本研究成果を踏まえ、その原因特定に結びつく成果が上がることを期待する。

令和3年10月28日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第二部会主査 伊香賀 俊治

・「建築物の外装材及び屋根の耐風性能向上に資する調査研究」の評価結果（終了時評価）

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、学識経験者や関係団体と連携するとともに、研究成果を連携している団体発行のガイドライン等に反映し、効率よく成果のとりまとめ及び普及を図っていることから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、外装材や木造小屋組の耐風性の確保に資する構造方法等を明確化するとともに、それらに関係団体発行のガイドライン等に反映していることから、目標を達成できたと評価する。

今後は、既存建築物の耐風性能診断や補修・改修への展開を期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	★★★★★
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>② 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	★★★★★

【指摘事項等】

- ・ 非住宅用途の中高層木造建築に対応した耐風性能の検討も期待する。
- ・ 瓦や小屋組等の耐力は、材料のばらつきや施工精度、経年劣化による影響を受けるため、実験結果に対する試験数の影響や耐力を発揮させるために必要な施工管理等に関する情報発信を期待する。
- ・ 既存建築物の屋根ふき材の耐風診断においては、専門家ではない所有者にも配慮したまとめかたとするを期待する。

令和3年10月28日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第二部会主査 伊香賀 俊治

■令和3年度 第5回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）

・「下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究」の評価結果（終了時評価）

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、地方公共団体や民間企業と連携し、点検・調査及び修繕・改築等の実施状況や技術等に関する情報を収集するとともに、これまで国総研や他研究機関で蓄積してきた知見も活用し効率的に研究を実施したことから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、得られた成果を「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン」等に反映し、地方公共団体の実務で活用されていることから、目標を達成できたと評価する。下水道管きょ健全率予測式を定式化したことも大きな成果である。

今後は、点検・調査技術等の選定方法について、現場状況に即したマネジメントがより進むよう、地方公共団体にとってより分かりやすい形で技術資料等を整理されることを期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	<p>★★★★★★</p> <p>★★</p>
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>② 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	<p>★★★★★★</p> <p>★</p>

【指摘事項等】

- ・ 下水道管きょ劣化データベースの充実や劣化傾向分析、健全率予測式作成に際して、データ提供等で協力していただいた地方公共団体にとってのメリットも明示した形での成果公表が望ましい。
- ・ AIによる画像診断といった最新技術との組合せによる技術革新も期待する。
- ・ 地方公共団体が詳細を把握、分析するための技術開発等（特にGISや位置情報等を用いた管理）も重要と考える。
- ・ 重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法やリスク保有額を勘案した点検調査技術の選定方法は実用的な提案であるため、他のインフラ部門への展開を期待する。技術の選定方法に関し、より理解しやすいフローチャートの整備も望ましい。
- ・ 自治体協力による劣化データベースについて、充実度の定量的目標を持って実施できると良い。
- ・ 実現場でどのように展開すべきかの方向性も提示する「総合マネジメント」の実現に向けた検討を、今後も継続していただきたい。

令和3年11月2日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第一部会主査 古関 潤一

・「避難・水防に即応可能な情報伝達のための決壊覚知・氾濫実況予測に関する研究」の評価結果  
(終了時評価)

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、解析方法について学術研究を実施している大学と連携するとともに、既に構築されている「水害リスクライン」の協働体制を活用し、多様な主体と協議しながら研究を進めたことから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、決壊覚知・氾濫発生の実況予測手法を開発するとともに、氾濫流の流れを可視化する等、減災行動につなげるための情報伝達方法についても一定の成果を得ていることから、目標を達成できたと評価する。

今後は、予測手法の実河川等における有用性の検証や更なる改善、また、情報発信の在り方・手法等について社会実装に向けた検討を期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	★★★★★★★
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>② 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	★★  ★★★★★

【指摘事項等】

- ・ 実河川あるいはそれに近い状況での氾濫流量の予測の有効性確認が望まれる。適切な減災行動につなげるための情報伝達方法についても、有用性の検証も含めてさらなる改善が望まれる。
- ・ 決壊によるもののほか、より多様なタイプの氾濫に対応可能な手法の確立を期待する。
- ・ 数理技術の確立に加えて、実務的にはユーザーにとって分かりやすい Web システム (シンプルなユーザーインターフェイスデザイン) とすることも重要なので、出口戦略にも力を割いていただきたい。
- ・ 破堤点からの距離に応じて予測情報の避難促進に係る有効性・有用性が異なると考えられるので、その情報発信の在り方については慎重に検討すべきである。
- ・ 決壊覚知の観点から危機管理水位計等の必要配置密度の提示と適正な設置計画の提案にもつなげられたい。

令和3年11月2日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第一部会主査 古関 潤一

・「大規模地震に起因する土砂災害のプレアナリシス手法の開発」の評価結果（終了時評価）

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、国内外の大学や国土地理院、現場をもつ砂防事務所等、包括的な連携体制のもとで研究を進めたことから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、近い将来に発生することが想定されている巨大地震に対して、斜面崩壊の発生を定量的に推定する手法を開発されたことから、目標を達成できたと評価する。

今後は、崩壊土砂量やその範囲、また、その復旧に要する期間等、現場の対策につながる詳細な解析や検討を期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	★★★★★★
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>② 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	★  ★★★★★★

【指摘事項等】

- ・ 初生ではなく、既に斜面崩壊が生じた地域における推定式の適用性の検討も今後必要ではないか。
- ・ 降下火山灰のある地区では大被害が生じる可能性が高く、社会的にも重要な課題であるため、検討の深度化が望まれる。
- ・ 崩壊面積率だけでなく崩壊土砂量などの規模の推定や崩壊発生箇所の予測につながる検討や、大規模斜面崩壊の社会への影響度（土砂量や範囲、復旧の時間等）についての検討を期待する。
- ・ プレアナリシス手法に求められる精度は、その活用方法によって異なるを考える。成果の活用方法を想定した更なる研究の進展を期待する。
- ・ 地震動の加速度応答スペクトルから斜面崩壊発生の有無を判定できるような成果もでており、今後の精度向上と活用幅の拡がりに期待する。

令和3年11月2日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第一部会主査 古関 潤一

・「洗掘の被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と改造マニュアルの開発」の評価結果（終了時評価）

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、橋梁を管理する地方整備局から被災状況や道路橋の諸元データを入手するとともに、大学や関係機関と連携して実験データを得るなど効率的に研究を進めたことから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、洗掘・流出危険度の高い橋梁の抽出方法の提案に加え、流出対策として防護柵を外せるような設計という新たな方向性を示していることから、目標を達成できたと評価する。

今後は、危険度の高い橋梁に対する対策方法について、現場で活用できるようなマニュアル等に知見を整理されることを期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	★★★★★★
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>② 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	★★ ★★★★★

【指摘事項等】

- ・ 洗掘に起因する被害の発生は、上下流側での護岸工事等による河川流路の変化の影響も受けるため、これらについても日常の維持管理業務でチェックできるようなマニュアルの作成が望まれる。
- ・ 同様の課題を抱える鉄道側とも情報共有や意見交換を行うとともに、鉄道橋も対象とした逆解析により危険度評価フローの妥当性の検証を進めることを期待する。
- ・ 道路橋の防災力評価、復旧方法の検討等の議論の活性化に期待する。
- ・ 洗掘への影響が大きい河川材料の特性や洪水の特性についても考慮し、より確度の高い方法に進展されることを期待する。
- ・ 橋梁への外力としての流木の影響についても今後検討していただきたい。
- ・ 洗掘による橋梁の被災という従来知見の少なかった事象について、河川や地盤、構造といった様々な分野の知見を動員して有意義な成果を出している。

令和3年11月2日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第一部会主査 古関 潤一

■令和3年度 第6回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）

- ・「大規模地震時の港湾施設の即時被害推定手法に関する研究」の評価結果（終了時評価）

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、国土交通省港湾局や各地方整備局等と協力して、実際の地震観測データを活用するとともに、港湾空港技術研究所と連携して先進的な技術的検討を進めた点は、国総研の研究実施体制を活かした遂行がなされたことから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、大規模地震発生時に速度 PSI 値を活用した被災の即時判定手法を構築する等、地震災害の多い我が国で防災体制の整備を考える上で極めて重要な成果であり、当初の目標を達成していると言える。さらに、地震動の作用を把握する術のない個別施設の被災判定について、強震観測網を補完するための常時微動観測の活用方法を精力的に検討し、被災リスクを把握するための方法論を提案していることから、目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができたとして評価する。

今後は、他のパラメータを活用し解析手法を工夫することで、被災の程度や構造形式ごとの被災の評価なども行えるように、研究をさらに発展させることを期待する。

【評価指標別評価結果】

研究の実施方法と体制の妥当性	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切であった</li> <li>2 概ね適切であった</li> <li>3 やや適切でなかった</li> <li>4 適切でなかった</li> </ol>	★★★★★★
目標の達成度	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた</li> <li>2 目標を達成できた</li> <li>3 あまり目標を達成できなかった</li> <li>4 ほとんど目標を達成できなかった</li> </ol>	<p>★★★★</p> <p>★★</p>

【指摘事項等】

- ・ 学術的にも新規性のある方法論が提案されていることから、学術誌や学会におけるアカデミックな第三者評価が不可欠である。
- ・ 本研究成果をガイドラインやマニュアル等で整備して、広く普及させる方策についても検討されたい。

令和3年11月11日

国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会  
第三部会主査 兵藤 哲朗

### 第3章 評価の結果に対する対応方針

分科会の評価結果を受けて、国土技術政策総合研究所では以下のように対応する。

#### ■令和3年度 第4回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第二部会）

##### ・緑地等による都市環境改善効果の定量的評価手法に関する研究（終了時評価）

評価結果を踏まえ、「AI 緑視率調査プログラム」については、実用性を高めるために、緑の種類（高木・中木・低木・下草等や雑草、苔など）の判別能力の強化を行うとともに、緑の質の計測・評価のための機能の拡充やバイオフィリックの評価などの室内の緑視率調査等への拡張に向けた研究を進めて参りたい。また、緑地化の推進を図るため、スマートフォンアプリの公開やこれに併せて行う出前講座の実施など住民や民間への普及にも資する取組を継続して参りたい。

その他、ご指摘いただいた事項についても十分留意して、研究を進めて参りたい。

##### ・ライフステージに即したバリアフリー効果の見える化手法の確立（終了時評価）

評価結果を踏まえ、身体的な衰えなどに対応するための物理的なバリアフリー改修に加え、ヒートショックに対応する断熱改修といった温度のバリアフリーも含めた総合的な改修の検討・提案が可能な手法への展開を今後の視野に入れるとともに、住戸内について適用した手法を援用して住戸外のバリアフリーの評価に繋げるなど、今回の研究で獲得した成果の有効性を更に上げられるよう研究を進めて参りたい。

その際には、評価における感覚機能や認知機能の取り扱い方や、今回は積極的な身体活動量を評価したため取り上げなかった座位行動の位置付けなどに充分留意しつつ、ご指摘頂いた課題に対応できるように努めて参りたい。

##### ・建築物の外装・防水層の長寿命化改修に資する既存RC部材の評価技術の開発（終了時評価）

評価結果を踏まえ、RC造建築物の外装・防水層の改修において、最終的な判断は建物所有者およびマンション等であれば管理組合等の居住者が行わなければならないことを踏まえ、建築の専門家ではない者が理解しやすい技術資料の作成に努めて参りたい。

また、今後の研究のあり方として、実建築物における改修に伴う経年劣化の継続的な調査、ならびに各部位・部材の実情に合わせた劣化調査への対応、複数回の改修に対応した適切な改修工法・材料の検討、ならびに雨水等浸入の原因特定に資する検討についても十分留意して、研究を進めて参りたい。

・建築物の外装材及び屋根の耐風性能向上に資する調査研究（終了時評価）

評価結果を踏まえ、中高層木造の非住宅建築物に対して耐風性能確保に資する知見を適用するとともに、外装材や小屋組の耐力に影響を与えうる材料のばらつきや施工精度等の要因についても考慮することで、成果の更なる展開と普及につながるよう努めて参りたい。

また、既存建築物の屋根ふき材を対象に令和3年度から実施する耐風診断・補強技術評価に関する研究において、既存建築物の耐風性能診断や補強・改修への展開、建築の専門ではない所有者にも配慮した耐風診断の考え方の提示などの検討についても十分留意し、今後も研究を進めて参りたい。

■令和3年度 第5回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）

・下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究（終了時評価）

評価結果を踏まえ、下水道管きよの点検・調査技術等の選定方法についてフローチャートで示すなど、地方公共団体にとってより理解しやすい形で技術資料等を整理し、提供して参りたい。また、GIS や AI 等の活用による下水道施設のマネジメントの効率化及び高度化についても検討して参りたい。

その他、ご指摘いただいた事項についても十分留意して、総合的かつ実効性のある管きよのマネジメントの方策を提示できるよう研究を進めて参りたい。

・避難・水防に即応可能な情報伝達のための決壊覚知・氾濫実況予測に関する研究（終了時評価）

評価結果を踏まえ、氾濫流量の予測手法については、実河川やそれに近い事象を再現した実験等の情報収集に努め、有効性の検証や更なる改善について検討して参りたい。また情報発信の在り方・手法等については、情報の受け手にとってのわかりやすさや有効性・有用性等の観点を踏まえて、検討を進めて参りたい。

その他、ご指摘いただいた事項についても十分留意して、研究を進めて参りたい。

・大規模地震に起因する土砂災害のプレアナリシス手法の開発（終了時評価）

評価結果を踏まえ、被害拡大の主要因となる大規模斜面崩壊発生の危険度評価手法の高度化およびその影響度の推定手法の検討を進めて参りたい。また、本研究では対象としなかった他の地盤条件、崩壊発生形態に着目した分析を行うことによって、研究成果の有効性・汎用性を高めるとともに、地方整備局等と連携しながら成果の活用、成果の活用方法に応じた研究を進めて参りたい。

その他、ご指摘いただいた事項についても十分留意して、研究を進めて参りたい。

・洗掘の被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と改造マニュアルの開発（終了時評価）

評価結果を踏まえ、台風等による洗掘や流失被害を受ける危険性の高い橋梁に対する対策方法について、管理者が実務で活用しやすいようなマニュアルに知見を整理していけるよう努めて参りたい。

また、洗掘や流失被害の影響要因としての、上下流側での護岸工事等による河川流路の変化や、河川材料の特性、外力としての流木などについても、ご指摘いただいたご意見を参考に、今後の研究のとりまとめに向けて検討を進めて参りたい。

その他、ご指摘いただいた事項についても十分留意して、研究を進めて参りたい。

■令和3年度 第6回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）

・大規模地震時の港湾施設の即時被害推定手法に関する研究（終了時評価）

評価結果を踏まえ、現場で直ぐに活用できる研究成果については、関係部署や機関と連携し、研究所資料や現場向けの解説書を早期に整備し、初動対応への活用方法も含めて成果を広く普及させる取り組みを進めて参りたい。また、新規性のある方法論の提案部分については、今後、査読付き論文への投稿を行い、当該専門分野の第三者評価を受け、研究のブラッシュアップを図って参りたい。

また、即時被害推定手法については、他の説明変数を統計モデルに組み入れるなど推定手法を工夫することで、被災の程度や構造形式ごとの被災の評価なども行えるように、その他ご指摘頂いた事項も踏まえて、さらに研究を継続して参りたい。

資料

令和3年度第4回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第二部会） 議事次第・会議資料

## 令和3年度第4回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第二部会）

### 議事次第

日時：令和3年10月28日（木）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 議事
  - ＜令和2年度終了の事項立て研究課題の終了時評価＞
    - ・ 緑地等による都市環境改善効果の定量的評価手法に関する研究
    - ・ ライフステージに即したバリアフリー効果の見える化手法の確立
    - ・ 建築物の外装・防水層の長寿命化改修に資する既存 RC 部材の評価技術の開発
    - ・ 建築物の外装材及び屋根の耐風性能向上に資する調査研究
6. 国総研副所長挨拶
7. 閉会

### 会議資料

	頁
資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第二部会）委員一覧	87
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	88
資料3 研究課題資料	
3-1 緑地等による都市環境改善効果の定量的評価手法に関する研究	89
3-2 ライフステージに即したバリアフリー効果の見える化手法の確立	98
3-3 建築物の外装・防水層の長寿命化改修に資する既存 RC 部材の評価技術の開発	108
3-4 建築物の外装材及び屋根の耐風性能向上に資する調査研究	117

注) 資料3については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会  
（第二部会）委員一覧

第二部会

主査

伊香賀 俊治

慶應義塾大学工学部 教授

委員

河野 守

東京理科大学工学研究科国際火災科学専攻 教授

清野 明

（一社）住宅生産団体連合会 建築規制合理化委員会  
副委員長

（一社）日本ツーバイフォー建築協会 技術部会顧問

藤井 さやか

筑波大学大学院システム情報系 准教授

松本 由香

横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院  
教授

水村 容子

東洋大学ライフデザイン学部人間環境デザイン学科  
教授

※五十音順、敬称略

## 評価方法・評価結果の扱いについて

（第二部会）

### 1 評価の対象

令和2年度に終了した事項立て研究課題の終了時評価

### 2 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を今後の研究の目的、計画等へ反映することを目的とする。

### 3 評価の視点

必要性、効率性、有効性の観点を踏まえ、「研究の実施方法と体制の妥当性」「目標の達成度」について終了時評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

（ 初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組  
中期段階：実用化に向けた取組  
後期段階：普及あるいは発展に向けた取組 ）

### 4 進行方法

（1）評価対象課題に参画等している委員の確認

評価対象課題に参画等している委員がいる場合、対象の委員は当該研究課題の評価には参加できない。（該当なし）

（2）研究課題の説明（10分）

（3）研究課題についての評価（15分）

① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。

② 審議内容、評価等をもとに、主査が総括を行う。

### 5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

### 6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

# 緑地等による都市環境改善効果の 定量的評価手法に関する研究

研究代表者	: 都市開発研究室長 石井 儀光
課題発表者	: 都市開発研究室主任研究官 大橋 征幹
関係研究部	: 都市研究部
研究期間	: 平成30年度～令和2年度
研究費総額	: 約49百万円
技術研究開発の段階	: 中期段階



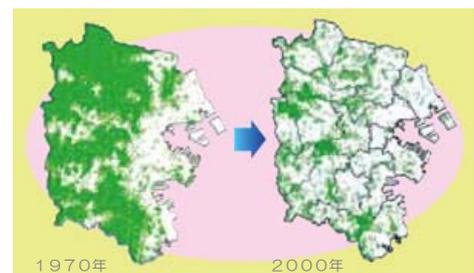
National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

- 都市の緑は、良好な都市環境形成に必要不可欠であるが、近年、都市の緑の総量は、減少し続けており、地球温暖化やヒートアイランドへの対応など都市環境の改善に資する緑の効用が大幅に失われていくことが危惧されている。
- 都市の緑が大幅に減少している中での緑化施策には、これまでの総量目標では限界があり、緑の形態や連続性など機能別の効用を評価し、緑地等の持つ多様な機能を効果的に発揮させるための計画手法が必要となっている。
- 地方の厳しい財政状況から、民活の政策や民有地の緑化が必要となっており、緑化の必要性をわかりやすく示して、住民等の理解を深め、意識を高めるとともに、緑化政策の効果を説明できる定量的な根拠データの提示が求められている。



都市環境改善に寄与する緑が減少 出典) 横浜市



(延焼中)

(火災後)

公園の樹木による燃え止まり効果の例  
出典) 国土交通省都市局

### 課題

- 緑の効用(都市環境改善効果)を評価する手法が未確立。  
↓  
住民等に緑化の必要性をわかりやすく説明するツールがない。
- 緑の定量的な計測技術(立体的な緑量把握手法 等)が未確立。  
↓  
地方公共団体にとっては、緑の量を把握するための調査コストが高額。



## 2. 研究開発の目的・目標

### 目的・目標

緑地等の多面的な機能を効果的に発揮させ計画的に活用するための緑の定量的な計測・評価手法を開発することにより、地方公共団体が緑の多面的効果をわかりやすく「見える化」して緑化政策の根拠を示すこと等を可能とするとともに、民有地等の緑化の普及啓発を促し、もって良好な都市環境の形成に寄与する。



- ・緑地等の機能を数値化して分析し、その効果を客観的に評価することができるよう、デジタル技術を用いて緑の定量的な計測技術を高度化する。
- ・緑化政策の根拠等をわかりやすく示すことできるよう、緑地等の多面的効果の評価技術を開発する。
- ・開発したツールの有効性を確認し速やかに普及を図るため、ケーススタディによる事例を作成する。

### 必要性

緑の効果をわかりやすく示して、地方公共団体と住民等との協働による良好な都市環境の形成を図るためには、緑の定量的な計測・評価手法を開発し、緑地等の多面的な機能を効果的に発揮させ計画的に活用するための技術的知見の整備が必要

3



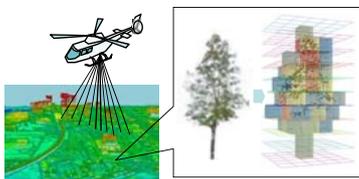
## 3. 研究開発の概要

### 研究開発の概要

都市の緑の状況調査において、従来、総量目標の指標として活用されてきた航空写真による緑被率調査を航空レーザ計測により高度化する手法や、地上からの緑量指標となる緑視率の調査をAI※の画像認識技術を用いて効率化すると同時にスマートフォンアプリ化して住民協働の調査を可能にする手法といった都市の緑を定量的・効果的に調査する技術を開発し、これらの手法により計測した緑の量を指標として、緑地等の持つ多面的な機能を都市の様々な問題解決に活用するための評価手法を開発した。

※ Artificial Intelligence: 人工知能

#### ①緑の定量的な計測技術の高度化

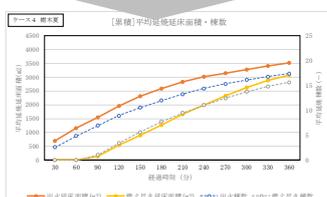


航空レーザ計測による緑の総量把握技術の開発



AIを活用した緑視率調査技術の開発

#### ②緑地等の多面的効果の評価技術の開発



延焼遅延効果の評価技術の開発



景観向上効果の評価技術の開発

#### ③ケーススタディによる事例の作成

4



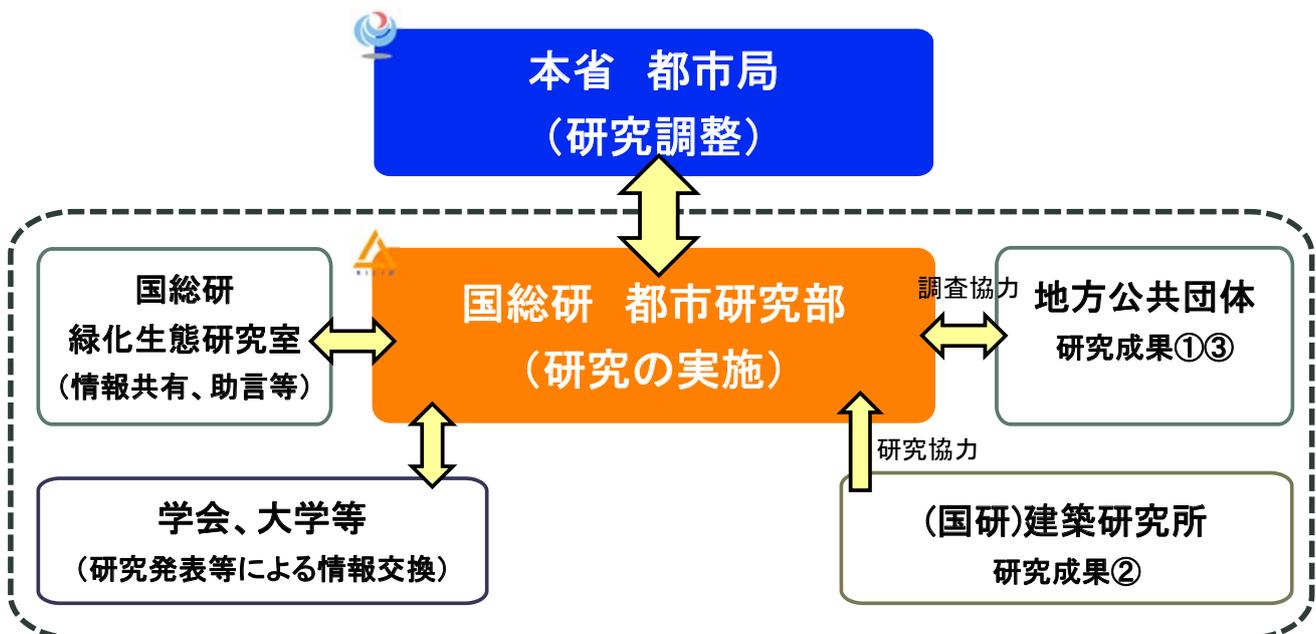
## 4. 研究のスケジュール

区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度			総研究費
	H30	R1	R2	研究費配分
(研究費[百万円])	17	16	16	総額49
① 緑の定量的な計測技術の高度化 ・航空レーザ計測による緑の総量把握技術の開発 ・AIを活用した緑視率調査技術の開発	■	■		約22 [百万円]
② 緑地等の多面的効果の評価技術の開発 ・延焼遅延効果の評価技術の開発 ・景観向上効果の評価技術の開発		■	■	約17 [百万円]
③ ケーススタディによる事例の作成			■	約10 [百万円]

5



## 5. 研究の実施体制



### 効率性

実務の課題・ニーズを取り込み、開発した成果を速やかに普及できるように地方公共団体と連携した研究実施体制を構築した。

既往研究により開発された市街地火災シミュレーション技術をベースとして利用するなど、既存の成果を有効に活用して効率的に研究を進めた。

6



## 6. 研究成果:①緑の定量的な計測技術の高度化

### 航空レーザ計測による緑の総量把握技術の開発

ALB ※（河川や海岸の航空測深レーザ）を市街地の地物から「緑」のみを抽出して計測する調査手法を新たに開発。  
 樹木の「高さ」を計測し、従来の空中写真による緑被分布に樹高の情報を付加することにより、樹木現況を立体形状で把握することが可能に。

※ Airborne LiDAR Bathymetry

航空レーザ計測による点群データから樹木の形状を3次的に調査



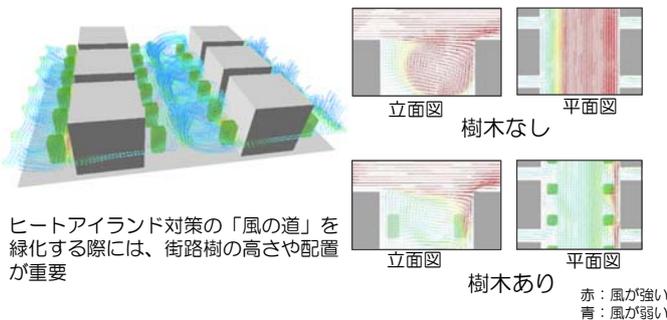
## 6. 研究成果:①緑の定量的な計測技術の高度化

### 航空レーザ計測による緑の総量把握技術の開発

樹木現況の立体形状データを使うことにより、街路の風通しや火災時の火炎の遮蔽効果を精度良く反映したより実状に近いシミュレーションをすることが可能に※

※ 従来は樹木の立体形状が把握できなかったため、樹木を仮定し又は存在しないものとして検討していた

#### 街路樹の「風の道」への影響



#### 高木による延焼遅延効果



航空レーザ計測の代替となる、よりコストを抑えた調査法、それぞれの特性を活かした利用法についても整理



都市を広域に調査するときに最も効率が良い

道路沿いの詳細な調査を効率的に行うことが可能

調査エリア内を管理しやすい公園・緑地等での詳細な調査に向いている

(地上付近からの調査では、航空レーザ計測では把握することが難しい横から見た樹冠下の様子が調査可能。)



## 6. 研究成果:①緑の定量的な計測技術の高度化

### AIを活用した緑視率調査技術の開発

人の視界に占める緑の割合（緑視率）を、写真から瞬時に算出する「AI緑視率調査プログラム」を開発。調査のコスト削減に寄与。



調査写真



- 自動運転等で利用されるAIモデルを改良
- 地方公共団体の調査データで緑の特徴を学習
- 新宿区、江東区、武蔵野市の協力を得て開発



AIの計測結果（緑視率52.95%）

AIの画像認識によって、写真に写っている緑を瞬時に抽出することが可能

従来は、人が画像編集ソフトを使って塗り分けていた1枚あたり数時間かかる作業が自動化され、大幅なコスト削減を実現

#### 「AI緑視率調査プログラム」(パソコン版)の使い方

写真を指定のフォルダに入れて、実行するだけで緑視率が簡単に計測

地方公共団体を中心に、広く公開・配布中



デジカメ写真を保存



緑の抽出画像が作成される



緑視率.csv	
A	B
1	画像ファイル名 緑視率
2	IMG_1196.JPG 55.15995732
3	IMG_1197.JPG 33.56187609
4	IMG_1198.JPG 30.87158203

緑視率のリストも

9



## 6. 研究成果:①緑の定量的な計測技術の高度化

### AIを活用した緑視率調査技術の開発

車載360度カメラ画像との組み合わせで、より効率的に緑視率の調査範囲を、点から面に拡大することが可能に



MMS (Mobile Mapping System) 車両搭載型測量システムの車載360度カメラ画像を用いた分析の例



調査範囲のイメージ

従来は、写真の加工（緑部分の塗りつぶし）に手間がかかっていたため、調査写真の枚数を増やすことができなかったが、AI緑視率調査プログラムを利用することで調査範囲を、点から線、面へ拡大することが可能になった

10



## 6. 研究成果:①緑の定量的な計測技術の高度化

### AIを活用した緑視率調査技術の開発

スマートフォンで誰でも簡単に周りの緑の量が計測可能に。  
これにより、住民協働の調査、緑化意識の醸成が期待。



AI緑視率調査プログラムを組み込んだスマートフォンアプリの試作品（公開準備中）  
スマートフォンをかざすとリアルタイムで緑視率を表示

11



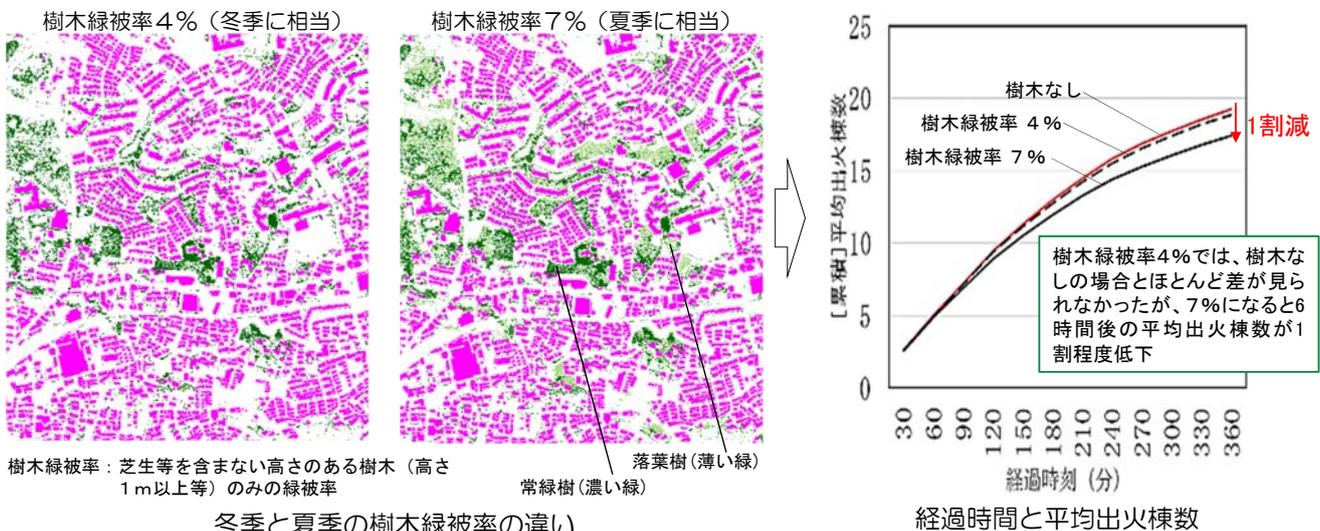
## 6. 研究成果:②緑地等の多面的効果の評価技術の開発

### 延焼遅延効果の評価技術の開発

市街地火災シミュレーション※に立体的な樹木の緑を反映する手法を開発。  
都市の緑が延焼遅延効果にどの程度効果があるかを定量的に示すことが可能に。

※ 建築研究所・国総研で  
共同開発済み

航空レーザ計測から作成した樹木現況の立体形状データ（DCHM）を用いた延焼遅延効果のケーススタディ



#### シミュレーションの条件設定

- ・計算領域の大きさ 東西 3.0km、南北 3.25 km
- ・計算対象樹木 高さ1m以上かつ水平面積1㎡以上の樹木
- ・出火点の設定 250mメッシュ分割の中心近傍の木造建物156棟
- ・風の設定 8風向×3風速 (0.5, 10 [m/s])の17パターン

緑が全くない場合と2種類の緑の状況設定で、出火点や風の設定を変えた2652通りの計算を行い、出火棟数や焼損延べ床面積等の平均を求めた。

12



## 6. 研究成果:②緑地等の多面的効果の評価技術の開発

### 景観向上効果の評価技術の開発

緑視率の増加に伴う心理的景観向上効果の評価技術（評価尺度）を開発。  
「安らぎがある」「歩きたい」等と感ずるのは「緑視率25%以上」※であることを検証。

※「緑視率25%以上で『緑が多い』と感ずる。」(国土交通省記者発表「都市の緑量と心理的効果の相関関係の社会実験調査について」(H17年8月)より抜粋)



10代~60代の男女100名を対象に緑視率の異なる13枚の市街地画像を3面スクリーンに提示して15種類の形容詞対に7段階評価での回答を得て集計。

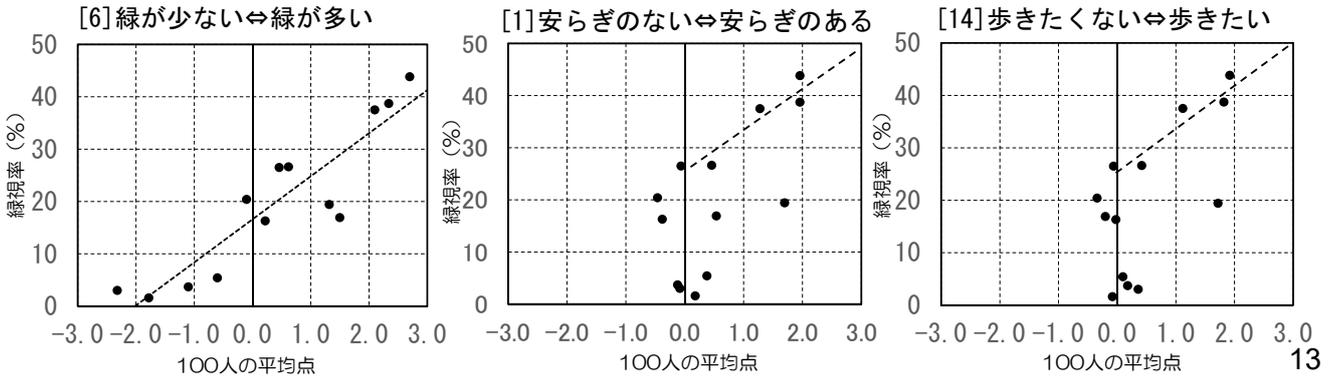
評価	安らぎがある	洗練された	活気がある	さわやかな	整然とした	緑が多い	観しやす	安らぎのない	洗練されていない	活気のない	うっとうしい	雑然とした	緑が少ない	観しにくい
1	<input type="checkbox"/>													
2	<input type="checkbox"/>													
3	<input type="checkbox"/>													
4	<input type="checkbox"/>													
5	<input type="checkbox"/>													
6	<input type="checkbox"/>													
7	<input type="checkbox"/>													

回答の集計では、  
・とてもあてはまる (3点)  
・あてはまる (2点)  
・ややあてはまる (1点)  
・どちらともいえない (0点)

「安らぎのある」等の形容詞を(+), 「安らぎのない」等の形容詞を(-)として平均点を算出。

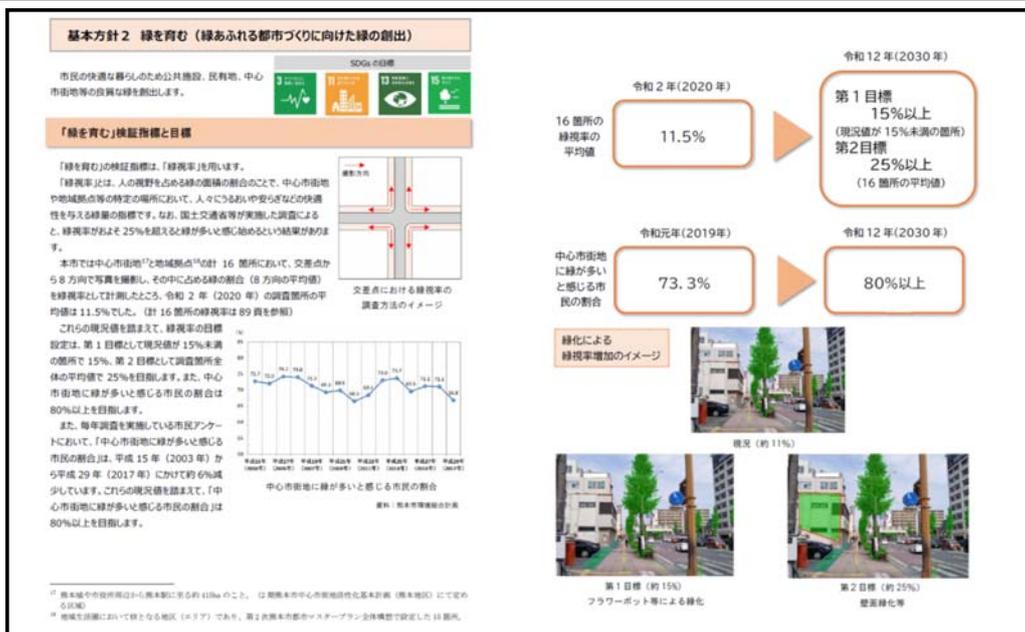
回答用紙

3面スクリーンによる市街地画像の提示



## 6. 研究成果:③ケーススタディによる事例の作成

熊本市の「緑の基本計画」は、「AI緑視率調査プログラム」による緑視率調査の結果を反映して策定。今後継続して調査へ協力、住民協働調査も検討中。



熊本市 緑の基本計画 2021年(令和3年)3月改定版(抜粋)

その他のケーススタディとして、実市街地を対象とした市街地火災シミュレーションで立体的な樹木状況の違いによる延焼遅延効果の比較事例を作成。



○ 実施済みの取組み

- ・ 記者発表「都市の緑視率をAIで瞬時に計測～AIを利用した緑視率調査プログラムの開発・公開について～」(令和3年5月25日)
- ・ AI緑視率調査プログラム(パソコン版)の配布 (地方公共団体、コンサルタント、大学等の39機関。引き続き実施予定)
- ・ AI緑視率調査プログラム(スマートフォンアプリ版)(試験運用)の配布 (地方公共団体 1団体。引き続き実施予定)
- ・ AIを活用した緑視率調査技術や景観向上効果の評価技術の実装として、「緑の基本計画」や地区計画の策定検討等を行う地方公共団体に対して個別に技術支援 (3団体。引き続き実施予定)

○ 今後の取組み

- ・ 地方公共団体やコンサルタント、大学の研究者等が業務の実施や研究開発の参考として活用できるよう本研究成果を技術資料(国総研資料)として公表予定。
- ・ AIを活用した緑視率調査技術や景観向上効果の評価技術は、導入した地方公共団体からの意見を反映して改良を実施するとともに、導入事例から得られた知見とともにガイドライン案としてとりまとめる予定。
- ・ 航空レーザ計測による緑の総量把握技術や延焼遅延効果の評価技術は、事項立て研究「都市関連データのオープン化と利活用の推進に関する研究」(R3～5年度)において、国土交通省が整備を進めている3D都市モデルPLATEAUを用いて樹木の影響を考慮した市街地火災シミュレーションを可能にするための技術開発に展開。

○ 発表論文等

- ・ 大橋(2019)、「セマンティックセグメンテーションによる画像認識を用いた緑視率調査法に関する検討」  
(日本建築学会2019年度大会(北陸)学術講演梗概集)
- ・ 大橋(2020)、「AIを利用した緑視率調査のためのスマートフォン用学習済みモデルの作成に関する検討」  
(日本建築学会2020年度大会(関東)学術講演梗概集)
- ・ 大橋(2021)、「都市の緑視率と心理的効果に関する被験者実験」  
(日本建築学会2021年度大会(東海)学術講演梗概集)
- ・ 大橋(2021)、「AI緑視率調査プログラムの開発・公開について」 (日本公園緑地協会「公園緑地」第82巻2号)<sup>15</sup>



8. 事前評価時の指摘事項と対応

事前評価時の指摘事項	対応
緑の効果について、従来指摘されてきた機能をより詳細に質的側面も含めて評価されるよう進めること。	緑地等の多面的な機能(環境、防災、景観など)について、少ない緑であっても、緑のまとまりやつながりによって発揮される効果も評価できるように検討を進めました。
各々の地域が自らの緑化環境を理解・評価することに本評価手法を利用できることを期待する。	住民と地方公共団体による協働調査を可能とする「AI緑視率調査プログラム」を開発しました。さらに、個々の住民の方々が容易に周りの緑を計測できるよう本プログラムのスマホアプリ版の公開に向けて作業を進めているところです。
都市空間の再構築にあたり、空き家を緑地化することで地域環境の質を高められる可能性もあるため、そのような観点からの検討にも本評価手法を活用できることを期待する。	AI緑視率調査技術などの緑の計測手法、その景観向上効果の評価手法等は、地域環境の質を高める空き地や空き家の緑化など地方公共団体の施策検討の際に活用されることを念頭に置いて、開発を進めて参りました。引き続き、緑の基本計画策定等において当該評価手法の活用がなされるよう普及に努めて参ります。
評価の結果が、高木と低木の組み合わせ方など、効果的な植樹配置の提案につながると有意義であるため、その点も含めて検討されたい。	高木植栽による遮炎効果・市街地における延焼遅延効果の分析を可能にする立体的な緑の計測手法や、高木とその樹冠下の低木等の緑を効率的に計測し視覚的效果を評価する手法等は、高木・低木の効果的な植樹配置の検討の際にも活用されることを念頭に置いて、開発を進めて参りました。引き続き、当該評価手法が植樹配置の検討にも活用できることの周知等に努めて参ります。



## 9. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
緑の定量的な計測・評価手法の開発により、良好な都市環境の形成に寄与する	① 緑の定量的な計測技術(緑被率、緑視率)の高度化	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空レーザ計測等の点群データを用いて緑被分布に高さ情報を付加すること等による立体的な緑の調査手法を開発した。</li> <li>緑視率調査のコストを削減する「AI緑視率調査プログラム」を開発した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>立体的な緑の調査法は、国土交通省が整備を進めている3D都市モデルPLATEAUの樹木データ作成に活用</li> <li>AI緑視率調査プログラム(パソコン版、スマートフォンアプリ版(試験運用))の配布</li> <li>AIを活用した緑視率調査技術や景観向上効果の評価技術の実装として、「緑の基本計画」や地区計画の策定検討等を行う地方公共団体に対して個別に技術支援</li> </ul>	○	
	② 緑地等の多面的効果(延焼遅延効果、景観向上効果)の評価技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>市街地火災における緑の延焼遅延効果をシミュレーションで評価する手法を開発した。</li> <li>緑視率の増加に伴う心理的景観向上効果の評価技術(評価尺度)を開発した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D都市モデルPLATEAUを用いて樹木の影響を考慮した市街地火災シミュレーションを可能にするための技術開発に展開</li> <li>AIを活用した緑視率調査技術や景観向上効果の評価技術は、導入した地方公共団体からの意見を反映して改良を実施するとともに、導入事例から得られた知見とともにガイドライン案としてとりまとめ</li> </ul>	○	
	③ ケーススタディによる事例の作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>地方公共団体を技術支援し、延焼遅延効果及び景観向上効果に関する活用事例を作成した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本研究で開発したツールや知見を、地方公共団体やコンサルタント、大学の研究者等が業務の実施や研究開発の参考として活用できるよう技術資料(国総研資料)として公表</li> </ul>	○	

<目標の達成度> ◎: 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。 ○: 目標を達成できた。  
 △: あまり目標を達成できなかった。 ×: ほとんど目標を達成できなかった。

### 有効性

都市の緑の現況を立体的に計測して、緑地等による都市環境改善効果をシミュレーション等で定量的に評価することを可能にした。

開発した「AI緑視率調査プログラム」により地方公共団体の調査コスト削減が図られ、緑視率を取り入れた「緑の基本計画」の策定など定量的な目標設定による緑化施策の普及が期待できる。

# ライフステージに即したバリアフリー効果の見える化手法の確立

研究代表者	: 住宅研究部長 高橋 暁
課題発表者	: 住宅生産研究室長 脇山 善夫
研究期間	: 平成30年度～令和2年度
研究費総額	: 約38百万円
技術研究開発の段階	: 中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



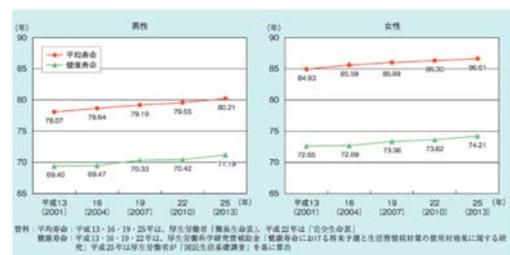
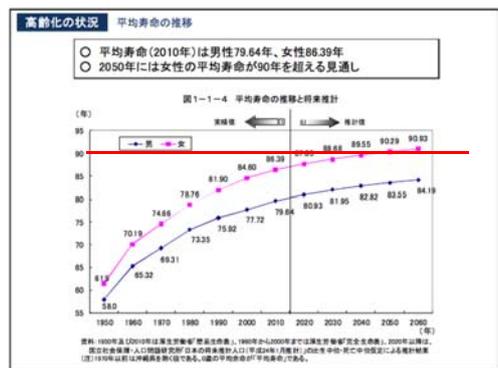
## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景・現状

住宅・建築におけるバリアフリー化は、超高齢化の中で喫緊の課題。超高齢社会に向かう日本において、平均寿命ほどには健康寿命は延びていない。身体活動量が多い者は、虚血性心疾患、高血圧等の罹患率や死亡率が低いこと、また、特に高齢者においては、日常生活における身体活動が、寝たきりや死亡を減少させる効果のあることが示されている(厚労省「健康日本21」サイトより)。

### 問題点

住宅・建築分野において、新築におけるバリアフリー化率は増加の傾向である。しかし、既存建物のバリアフリー化は個別の要求に適用する改修技術という位置付けにとどまっており、活動のしやすさや健康を維持増進させるという総合的なバリアフリーの観点からみた評価に基づく改修技術にまでは至っていない。また、将来を見通せる総合的なバリアフリーの情報(活動のしやすさと負担の軽減、介護負担の軽減、改修コスト、介護コスト等)が整っておらず、場当たりの改修や事業計画となっている。



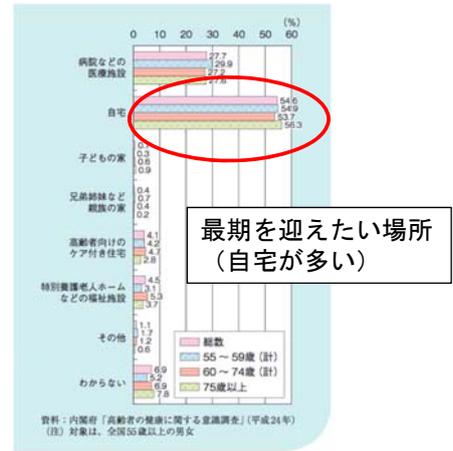
- 1) U.S. Department of Health and Human Services: Physical Activity and Health. A Report of the Surgeon General, International Medical Publishing, 1996
- 2) 厚生省保健医療局健康増進栄養課: 健康づくりのための年齢・対象別身体活動指針, 1997



## 2. 研究開発の目的・目標

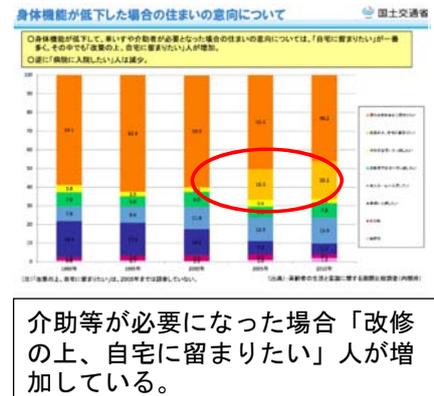
### 必要性

「住生活基本計画」(H28年3月)では「住宅のバリアフリー化、高齢者の身体機能の状況を考慮した部屋の配置等」の中で、身体機能に応じた高齢者向け住まいを求めている。調査の中でも、自宅を改修し最期を迎えたい希望が多く、ライフステージに応じて身体機能を維持できる改修が望まれる。また、バリアフリーの仕様と身体機能の関係については、実験等を通じて、定量的な把握に繋げることが必要と考えられる。



### 目的・目標

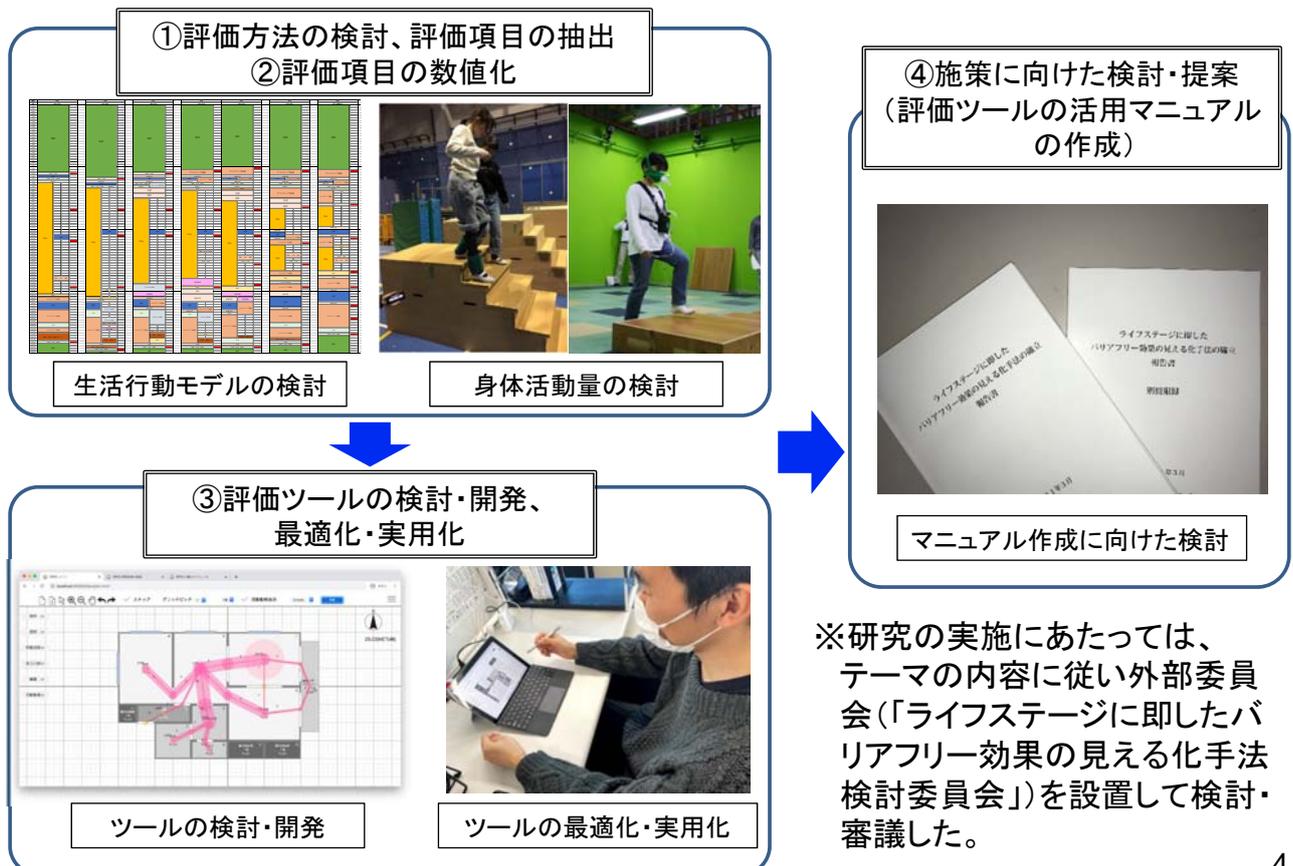
研究開発により、ライフステージに即したバリアフリー効果の見える化手法の確立、並びに、建築関連法令に向けた評価基準に資する事を目的とする。本研究のアウトプットとしては、  
① バリアフリー環境評価ツール及びチェックリスト  
② 見守り技術等、AI、IoT技術に向けた要素技術等が挙げられる。



3



## 3. 研究開発の概要



4



## 4. 研究のスケジュール

区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度			研究費総額
	H30	R1	R2	研究費配分
(研究費[百万円])	14	13	11	総額38
① 評価方法の検討、評価項目の抽出	■			約6 [百万円]
② 評価項目の数値化 及び 見守りへの活用に向けたIoT技術の検討	■	■		約7 [百万円]
③ 評価ツールの検討・開発、最適化・実用化		■	■	約17 [百万円]
④ 施策に向けた検討・提案 (評価ツールの活用マニュアルの作成)		■	■	約8 [百万円]

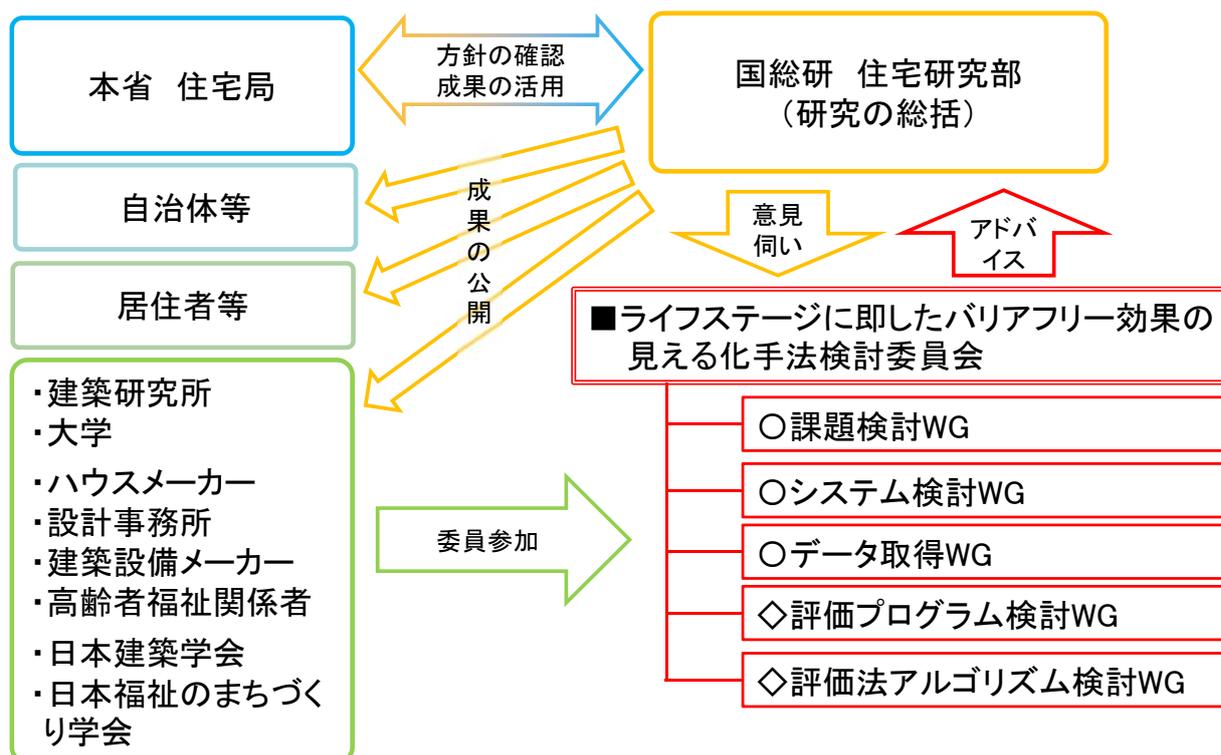
### 効率性

本研究で目標とした成果は、その活用をもって民間の技術開発や最適設計を促すことに繋がる。関連学会の専門研究者や住宅建設・高齢者福祉の現場に関わる専門職との連携・情報共有により研究開発項目の作り込み、データの取得等を行い、評価ツール等のシステム開発を外注することで、研究開発を効率的に進めることができた。

5



## 5. 研究の実施体制



6



## 6. 研究成果：評価ツールの検討・開発、最適化・実用化（区分③）

- ・住環境を身体活動量等によって評価する「バリアフリー環境評価ツール」を開発した。
- ・ツールによる評価において基本となる指標として、「総活動量」を定義・設定した。

**「総活動量」＝「総行為活動量」＋「総移動活動量」**

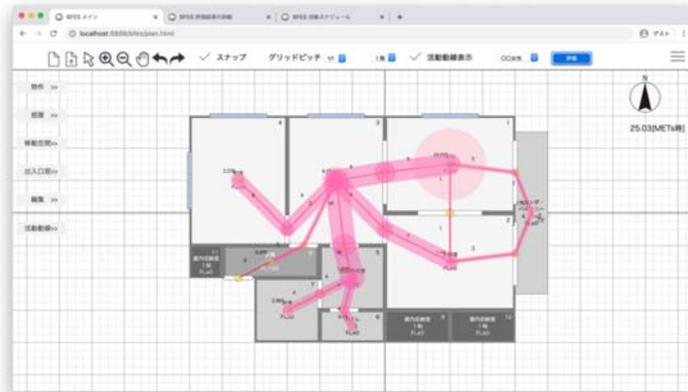
「総行為活動量」：生活行為による活動量の総和

「総移動活動量」：部屋間を移動する際の活動量の総和

※「活動量」は、「活動強度(METs) × 時間」とする。

METsは運動強度の単位であり、安静時を1として設定されている。

- ・住環境について、「総活動量」および「バリアフリーチェックリスト」により評価する。



開発した「バリアフリー環境評価ツール」

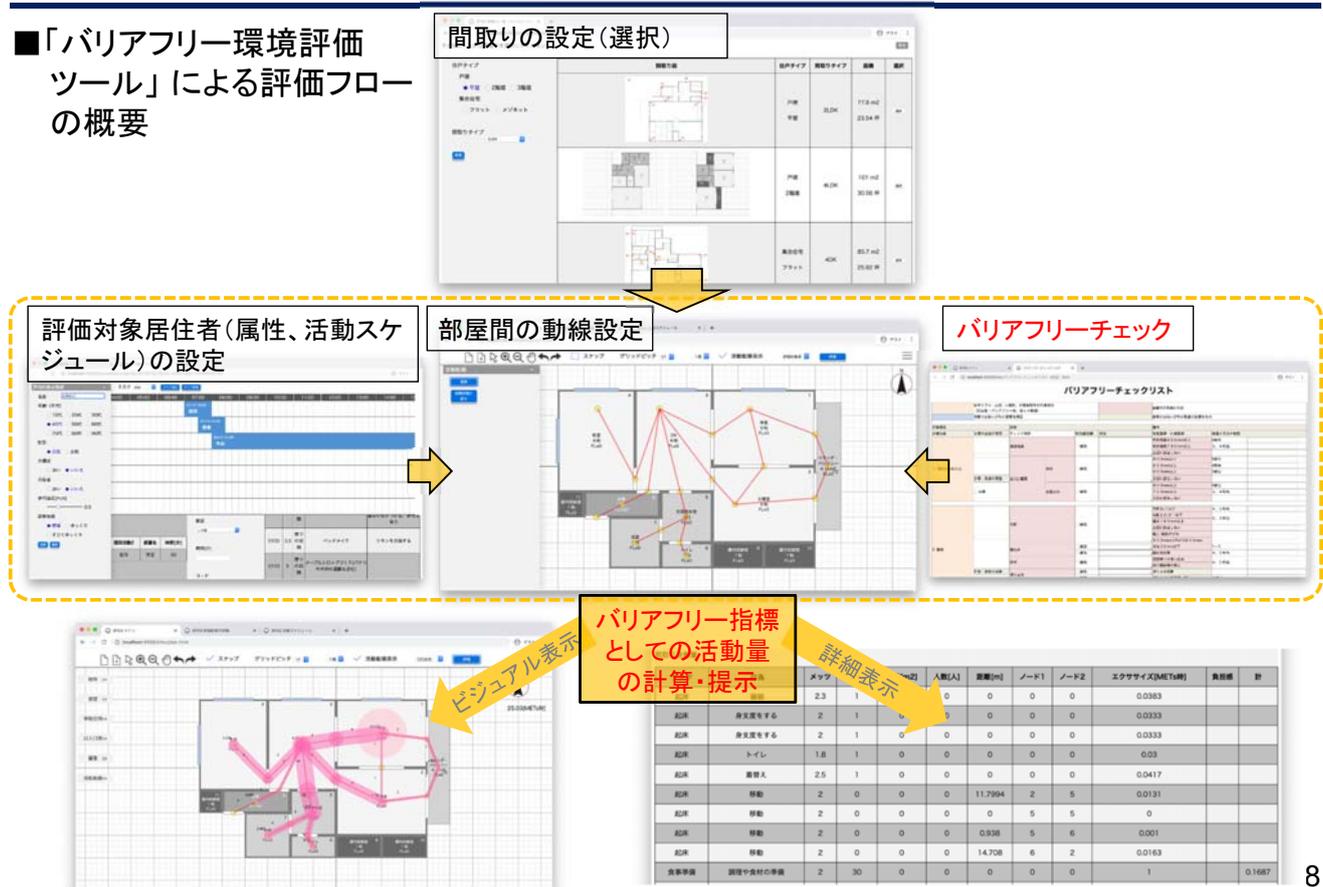
※主婦を想定した評価結果のビジュアル表示例

7



## 6. 研究成果：評価ツールの検討・開発、最適化・実用化（区分③）

### ■「バリアフリー環境評価ツール」による評価フローの概要

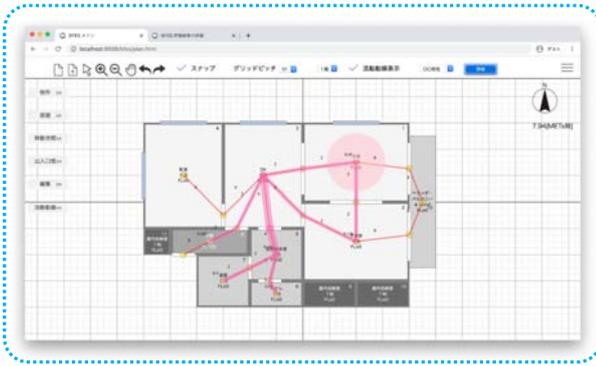


8

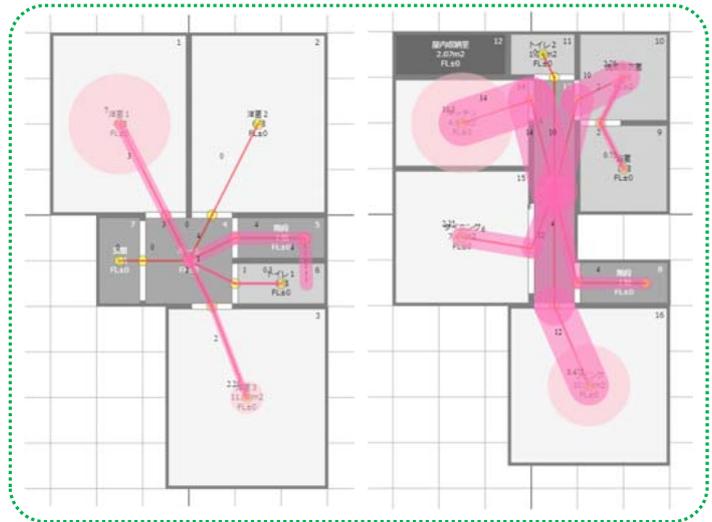


## 6. 研究成果：評価ツールの検討・開発、最適化・実用化（区分③）

### ■「バリアフリー環境評価ツール」の活用例



▲前頁と同じ間取りでの評価例(男性・会社員)



▲2階建ての間取りでの評価例(女性・主婦)

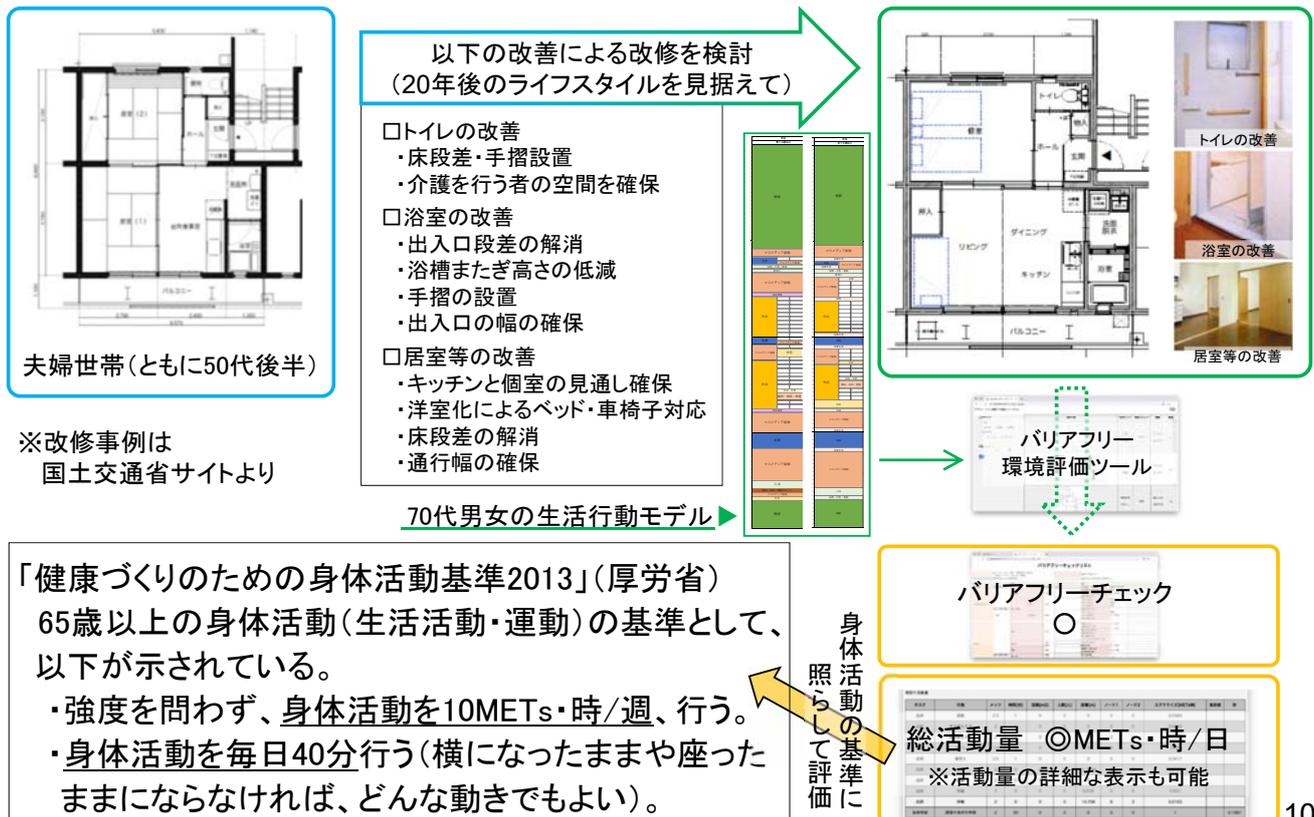
- ・同一の間取りに対して、異なる評価対象者毎にビジュアル及び詳細に評価を表示できる。
- ・生活行為の活動強度等のデータについては、実装されているもの以外に、実験等により取得されたデータを外挿できるようにしている。

9



## 6. 研究成果：評価方法の検討、評価項目の抽出（区分③）

### ■ライフスタイルの変化に伴う改修へのバリアフリー環境評価ツールの活用イメージ



10



## 6. 研究成果：評価方法の検討、評価項目の抽出（区分①）

### ■評価方法の検討、評価項目の抽出

#### 1. バリアフリー環境評価ツールのあるべき姿

- ・一般への公開を目指すことが望ましい。
- ・高齢者等のみならず、一般の居住者も対象とする。
- ・現在のライフスタイルにおける住宅間取の評価を可能とする。
- ・ライフスタイルの変化に伴う住宅間取の評価点の変化が、リフォームの時期や方法を検討する材料となる。
- ・将来は修繕費などに関連付け、住宅用バリアフリー指向長期修繕計画の立案に使えるようにする。

#### 2. バリアフリー環境評価ツールに具備すべき機能

##### 1) 装備すべき機能

- ・間取りデータ関連（間取りデータの属性入力、配置、変更、保存・呼出）
- ・表示一般（全体表示・縮小表示、拡大・縮小、部屋属性表示、活動量表示、階の切替）
- ・居住者データ関連（居住者属性の選択、居住者固有データの入力、保存・呼出）
- ・評価実行関連（評価関数の実行、評価値の表示）
- ・結果表示関連（身体活動量、間取ネットワーク図）

##### 2) 検討すべき要件

- ・非機能的要件
- ・その他の要件（Webでの実行・閲覧、入力者属性、データベース化、METs値との関連付け、ライフステージによる提案出力、部屋の識別の統一）

11



## 6. 研究成果：評価項目の数値化（区分②）

### ■「生活行動モデル」の作成

- ・開発する評価ツールで活用するために、標準的な1日の生活の流れを示す「生活行動モデル」を、各年代（10～60代の各年代と70歳以上の各区分）、性別、平日・休日の別について作成。  
※右図は、平日についての、40代女性（左）、70代女性（右）
- ・生活行動調査についてWebアンケート（回答者は15～89歳について各年代を均等に500人）を実施。
- ・日常生活行動調査（後述）と「NHK国民生活時間調査（2015年版）」を踏まえて、生活行動モデルを作成。

平日	データ数	最小値	1/4値	中央値	3/4値	最大値	標準偏差
睡眠	480	0.50	6.00	7.00	8.00	18.00	1.528
食事	478	0.20	1.00	1.25	2.00	15.00	1.301
入浴	425	0.02	0.33	0.42	0.50	1.67	0.234
洗面化粧	459	0.02	0.17	0.25	0.33	1.25	0.190
着替え	421	0.02	0.08	0.17	0.25	0.83	0.126
食事支度	297	0.02	0.25	0.50	1.00	3.50	0.671
洗濯物干し	158	0.02	0.17	0.33	0.50	2.00	0.327
洗濯片付け	106	0.02	0.17	0.33	1.00	1.48	0.148
布団干し	28	0.05	0.08	0.17	0.33	4.00	0.793
掃除	138	0.02	0.17	0.33	0.50	1.65	0.320
育児	27	0.50	1.00	3.00	10.50	24.00	6.703
介護	6	1.00	1.25	2.00	2.38	6.00	1.855
メディア視聴	348	0.20	2.00	3.00	4.63	24.00	2.709
メディア接触	183	0.25	1.00	1.50	3.00	20.00	2.388
オンライン	107	0.02	0.17	0.50	1.00	6.00	1.077
学習仕事	146	0.02	0.50	1.33	3.00	6.00	2.053
座くつろぎ	230	0.02	0.50	1.00	1.46	6.00	1.191
床くつろぎ	133	0.02	0.50	0.83	1.50	6.00	1.190
横臥くつろぎ	149	0.03	0.50	0.50	1.00	6.00	1.101
弱エクササイズ	106	0.02	0.17	0.25	0.50	1.67	0.295
強エクササイズ	12	0.17	0.25	0.50	0.75	2.00	0.574
ペット	52	0.05	0.25	0.50	1.00	2.00	0.539
その他	18	1.00	1.00	2.00	3.00	6.00	1.728
合計				27.50			
トイレ回数	478	1	4	5	7	30	2.720
階段回数	254	2	6	10	12	80	10.553

生活行動調査のWebアンケート結果の例



12



## 6. 研究成果：評価項目の数値化（区分②）

### ■「身体活動量」の実験による検討

- ・活動強度を示すMETs表に記載のない行為（右表）を踏まえて、対象とする各行為の要素にバリエーションを与えて、計44のMETs値データを取得した。
- ・活動量計と呼気代謝計でデータを取得することにより、行為毎に望ましい取得方法を検討できた。
- ・同じ階高であれば、より緩勾配の階段の方が活動量が多くなる結果が見られた。



車椅子で廊下を曲がる



車椅子で段差を乗り越える

#### 取得したMETs値の例

行為種別			活動量 (METs)	呼気代謝 (METs)	METs 表の値	住居内の 想定場所
行為者	段差	程度				
健常者	0cm	ゆっくり	2.63	2.60	2.0	バリアフリー
健常者	0cm	速歩	3.19	3.23	~4.3	
健常者	5cm	—	2.79	3.13	—	畳⇄板の間
健常者	10cm	—	2.85	3.24	—	トイレ・風呂⇄廊下
健常者	20cm	—	2.90	3.67	—	玄関⇄廊下

#### METs表に記載のない行為（赤下線が実験対象）

和式生活を想定して	
1	床座
	正座
	あぐら
2	ドアの開閉
	引き戸
	開き戸
3	布団の上げ下ろし
4	入浴
	洗体
	浴槽への出入り
5	コンセントの着脱（立位・座位）
6	電気のスイッチのオン・オフ（立位・座位）
介護・介助を想定して	
7	寝返りの介助（中等度の介助・ベッド・床に布団）
8	起き上がり介助（中等度・全介助、ベッド・床に布団）
9	立ち上がり介助（中等度・全介助、いす・床）
10	歩行の介助（中等度の介助）
11	移乗の介助（中等度・全介助）トイレ・車いす・ベッド
12	車いすの介助（車いすを押し・ブレーキをする）
	有効幅員が十分な場合の直進・曲がり
	有効幅員が狭い場合の直進・曲がり
13	車いすに乗った人の姿勢を正す介助
14	入浴介助（中等度の介助）
15	着替えの介助
16	食事の介助（皿にある食べ物を対象者の口に運ぶ）
17	整容の介助
18	清拭の介助
19	車いすの自走
	有効幅員が十分な場合の曲がり
	有効幅員が狭い場合の曲がり
20	階段歩行の介助（中等度）
その他・現代生活を想定して	
21	PC操作（椅子に座って机に向かって）
22	スマートフォン操作（椅子に座って）
23	電話をする。（立って・座って）
24	ファクシミリを操作する。
25	会話（対話）する。（立って・座って）
26	隣の部屋、別の階の人を大声で呼ぶ
27	読書、新聞を読むなど

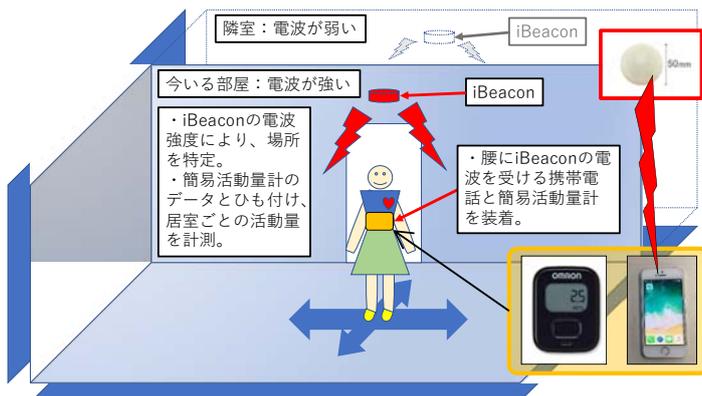
13



## 6. 研究成果：評価項目の数値化（区分②）

### ■「身体活動量」の検討

- ・住宅内での日常生活行動と身体活動状況について、居住者の属性（性別、子育て、高齢、要介護等）の多様性を考慮しながら、11家族20人を対象にモニタリング調査を実施。
- ・日常生活行動調査は、バリアフリー環境評価ツールの標準的な行動モデルの作成に活用。
- ・身体活動状況の調査では、活動状況（加速度）を簡易活動量計で計測し、対象者の位置を、各部屋に設置したBeaconが発する電波の携帯電話での受信感度の強弱から把握した（作成したプログラムは、IoT技術を活用した見守り技術への応用を想定できる。）
- ・活動状況の計測より、評価ツールにMETs表の値を利用することは妥当との結果を得た。



モニタリング調査方法の概要図

時刻	活動強度	活動種別	average	time	1	4	3	4	5	6	7	8	9	10
時刻	活動強度	活動種別	name		リビング	ダイニング	キッチン	廊下1	廊下2	廊下3	廊下4	トイレ1	トイレ2	風呂/洗面所
11:34:10	1.3	生活活動		11:34:10										
11:34:20	1.1	生活活動		11:34:20										
11:34:30	1.2	生活活動		11:34:30										
11:34:40	2.5	生活活動		11:34:40										
11:34:50	2.8	生活活動		11:34:50										
11:35:00	1.2	生活活動		11:35:00										
11:35:10	4.3	生活活動		11:35:10	6.4			6.6667				14		16
11:35:20	2.7	歩行		11:35:20	8.8				16					16
11:35:30	2.6	歩行		11:35:30	10									
11:35:40	2.1	歩行		11:35:40	4					10				
11:35:50	2.6	歩行		11:35:50	13.6					8				13
11:36:00	1.8	生活活動		11:36:00	8.8					16				16
11:36:10	2.9	歩行		11:36:10	5.2			5.7143		12.4				
11:36:20	3.8	生活活動		11:36:20	5.2			7.6		16				
11:36:30	2.3	生活活動		11:36:30	4			14.8		16				
11:36:40	1	生活活動		11:36:40	4					16				
11:36:50	0	計測なし		11:36:50	4									
11:37:00	0	計測なし		11:37:00	4									
11:37:10	0	計測なし		11:37:10	4									
15:42:00	2	生活活動		15:42:00	4			16		4				
15:42:10	1.7	生活活動		15:42:10	6.4			14.8		16				
15:42:20	1.9	生活活動		15:42:20	7.6			8.8		12				
15:42:30	2	歩行		15:42:30	4			16		13.6				
15:42:40	1.4	生活活動		15:42:40	4			16		16				
15:42:50	2	生活活動		15:42:50	4			16		16				
23:59:00	0	計測なし		23:59:00						1				
23:59:10	0	計測なし		23:59:10						1				
23:59:20	0	計測なし		23:59:20						1				
23:59:30	0	計測なし		23:59:30						1				
23:59:40	0	計測なし		23:59:40						1				
23:59:50	0	計測なし		23:59:50						1				

居住者の行動計測結果の集計例

14



### 「バリアフリー環境評価ツールの活用マニュアル」目次(案)

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>1. はじめに<ul style="list-style-type: none"><li>1.1 バリアフリー環境評価ツール開発の背景</li><li>1.2 バリアフリー環境評価ツールの概念整理</li></ul></li><li>2. バリアフリー環境評価ツール利用マニュアル<ul style="list-style-type: none"><li>2.1 運用環境</li><li>2.2 評価ツールの概要</li><li>2.3 評価ツールの基本操作方法<ul style="list-style-type: none"><li>2.3.1 基本設定</li><li>2.3.2 間取りの設定</li><li>2.3.3 住宅基本情報の設定</li><li>2.3.4 部屋・移動空間・出入口等の入力・編集</li><li>2.3.5 活動動線の設定</li><li>2.3.6 活動スケジュールの設定</li><li>2.3.7 バリアフリーチェック</li><li>2.3.8 環境評価結果</li></ul></li><li>2.4 評価ツールの拡張<ul style="list-style-type: none"><li>2.4.1 身体活動量</li><li>2.4.2 活動スケジュール</li></ul></li></ul></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>3. バリアフリー環境評価ツールの活用方法<ul style="list-style-type: none"><li>3.1 新築時の利用<ul style="list-style-type: none"><li>3.1.1 新築時の間取りの評価</li><li>3.1.2 ライフステージに伴う間取り変更時の評価</li></ul></li><li>3.2 改修時の利用</li></ul></li><li>4. おわりに</li></ul> <p>附録</p> <ul style="list-style-type: none"><li>A. バリアフリー環境評価ツール開発概要</li><li>B. バリアフリー環境評価ツールに実装するデータの取得</li><li>C. 関連研究及び論文</li></ul> |
|---|---|



- ・「バリアフリー環境評価ツール」の開発は、評価対象者、評価項目、等の抽出整理から、評価のアルゴリズムの定義、各データを用いたプログラム開発まで実施し、当初の目標を達成した。
- ・今後は、本評価ツールに必要なデータの蓄積や機能の発展充実を図り、「バリアフリー環境評価プログラム」の構築に繋げるための、具体的な評価基準の整備に繋げることが想定される。
- ・居住者データの取得について精度をより高くするために、「負担感」を評価するために主観的な疲労度(きつさ)を測定するBorg(ボルグ)スケールの併用などによる拡充が想定される。
- ・社会実装にあたっては、バリアフリー改修に関わる「ケアマネジャー」、「住宅改修業者」、「自治体窓口」への認知が必要であり、特に、中小企業、個人事業主の工務店・施工者等が想定される。



## 8. 事前評価時の指摘事項と対応

事前評価時の指摘事項	対応
モニタリングする住宅について、住人の数や主要家具の配置といった住まい方も含めて調査、評価する方法に留意されたい。	住宅は、戸建、集合、2世帯等、多様な対象を選択し、住人についても年齢なども考慮した。また今回作成した評価ツールは、家具等の配置と身体活動量の関係も反映できるようにした。
高齢者は個人差が大きいため個人差の観点も検討し、多様化した高齢者の生活シーンごとに対してきめ細やかに対応可能な評価手法の開発を期待する。	研究の初年度において高齢者の多様性についても検討し、実際の住居におけるモニタリング調査の対象者の選定に反映させた。
バリアフリー効果は必ずしもハード面のみによるものだけではないため、熱的環境等の他の要因を含めた概念整理をふまえた上で本研究を実施されたい。	バリアフリー環境評価の評価軸として、ハード面から把握する運動強度(METs)の他に、活動の促進・抑制に繋がる「心理的バリア」も重要なことを認識し、評価ツールの開発は運動強度を中心に進める一方で、心理的バリアとしての「負担感」を合わせた評価について検討した。
実証実験等における簡易活動量計の有効活用に期待する。	実際の住宅内でのモニタリング調査では、簡易活動量計とBeaconを組み合わせ、部屋と活動量を紐付けて記録した。また、そのアプリも開発した。
評価結果が、改修時期のみきわめや今後どこを改修すればよいのかの判断材料となっていくよう研究を進められたい。	年齢、性別等を反映した「生活行動モデル」を作成し、将来の住宅内での行動を予測することで、改修時期の見極めが可能となるようにした。
本研究の成果が、将来的に戸外を含めたバリアフリー効果の評価にも発展することを期待する。	身体活動量と負担感の関係をBorg(ボルグ)スケールで関連付ける今回の評価手法は、将来的に戸外のバリアフリー効果の評価が可能である。

17



## 9. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法(施策への反映・効果等)	目標の達成度
ライフステージに即したバリアフリー効果の見える化手法の確立、並びに、建築関連法令に向けた評価基準に資する	①バリアフリー環境評価ツール及びチェックリスト	①-1 バリアフリー環境評価ツールの作成 住宅間取りのバリアフリー度の評価方法及びバリアフリーチェックリストについて検討し、評価ツールとして作成した  ①-2 生活行為における身体活動量の取得 既往でMETs値が設定されていない生活行為について実験による取得方法を検討するとともに実測値を取得し、評価ツールに実装した。  ①-3 生活行動モデルの作成 評価ツールに外挿するために、年代・性別区分による一日の生活モデルを作成した。	・「バリアフリー環境評価ツールの活用マニュアル」を公開予定。  ・身体活動量の実測はバリアフリー関連基準の水準を検討する上で活用することに繋がられる。	○
	②見守り技術等、AI、IoT技術に向けた要素技術	② 所在及び活動記録のためのシステムの作成 居住者の住宅内位置情報(Beaconとスマートフォンで取得)と活動計記録を連携して居住者の屋内活動を把握するシステムを作成した。	・「バリアフリー環境評価ツールの活用マニュアル」の中で公開予定。	○

<目標の達成度> ◎: 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。 ○: 目標を達成できた。  
△: あまり目標を達成できなかった。 ×: ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

総合的なバリアフリーの評価手法として、間取りを「総活動量」(=「総行為活動量」+「総移動活動量」)を指標として評価する評価ツールを新たに開発するとともに、評価に際して必要となる身体活動強度データを実測により新たに取得して評価ツールに実装した。評価ツールを改修時の設計案の作成過程に適用することで改修によるバリアフリー効果を案相互で評価することができ、効果的かつ合理的なバリアフリー改修に繋げることが可能となる。

18



■日本インテリア学会大会梗概発表

「バリアフリー効果の見える化手法に関する研究」(その1~その8)

- その1 ライフステージに即したバリアフリー環境評価法の考え方 2019.10
- その2 評価法確立に向けたモニタリング調査の方法 2019.10
- その3 評価法確立に向けたモニタリング調査の結果 2019.10
- その4 評価法確立に向けた階段歩行実験 2019.10
- その5 評価法確立に向けた廊下および段差歩行実験 2019.10
- その6 評価ツールで用いる生活行動モデルの作成 2021.10
- その7 評価ツールで用いる身体活動量と負担感の関係 2021.10
- その8 居住者の生活行動に対するWEBアンケート調査結果から捉えた身体活動量の分析 2021.10

■日本リハビリテーション工学協会カンファレンス梗概発表

「車いす推進の身体活動負荷 アクティブタイプと標準型の比較」 2019.8

■東京都理学療法士協会区西北部ブロック部学術集会梗概発表

「身体活動量計測方法の比較検討」 2019.2



参考資料：METs表について

METs(=metabolic equivalents)

- ・運動強度の単位であり、安静時を1とした時と比較して何倍のエネルギーを消費するかで活動の強度を示したもの。
- ・国内では、国立研究開発法人国立健康・栄養研究所 栄養・代謝研究部のサイトで、身体活動量やエネルギー消費量を算出する根拠となる様々な身体活動強度としてのメッツ値の一覧が、改訂版「身体活動のメッツ(METs)表」(2012年4月11日改訂)により示されている。
- ・同METs表の作成では以下の海外論文が参照されている。

2011 Compendium of Physical Activities: A Second Update of Codes and MET Values.  
Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS.  
Med Sci Sports Exerc. 2011, 43(8):1575-1581.

歩行に関連するMETs値(改訂版『身体活動のメッツ(METs)表』より抜粋)

CODE	METs	大項目	個別活動
5165	3.5	家での活動(home activities)	歩行：ほとんどの労力の仕事、掃除以外(例：外出の準備、戸締り、窓の施錠)(walking, moderate effort tasks, non-cleaning (readying to leave, shut/lock doors, close windows, etc.))
11805	3.5	職業(occupation)	歩行：車いすを押して歩く(walking, pushing a wheelchair)
17150	2.0	歩行(walking)	歩行：家の中(walking, household)
17250	3.5	歩行(walking)	歩行：散歩、仕事の合間に歩く(walking, for pleasure, work break)
20036	2.0	宗教的な活動 (religious activities)	歩行：3.2km/時(53m/分)未満、とてもゆっくり(walking, less than 2.0 mph, very slow)
20037	3.5	宗教的な活動 (religious activities)	歩行：4.8km/時(80m/分)、ほとんどの速さ、何も持たずに(walking, 3.0 mph, moderate speed, not carrying anything)
20038	4.3	宗教的な活動 (religious activities)	歩行：5.6km/時(93m/分)、速い、何も持たずに(walking, 3.5 mph, brisk speed, not carrying anything)
21040	2.0	ボランティア活動 (volunteer activities)	歩行：3.2km/時(53m/分)未満、とてもゆっくり(walking, less than 2.0 mph, very slow)
21045	3.5	ボランティア活動 (volunteer activities)	歩行：4.8km/時(80m/分)、ほとんどの速さ、何も持たずに(walking, 3.0 mph, moderate speed, not carrying anything)
21050	4.3	ボランティア活動 (volunteer activities)	歩行：5.6km/時(93m/分)、速い、何も持たずに(walking, 3.5 mph, brisk speed, not carrying anything)
20035	2.0	宗教的な活動 (religious activities)	教会を歩く(walking in church)
17160	3.5	歩行(walking)	散歩(walking for pleasure (Taylor Code 010))
17165	3.0	歩行(walking)	犬の散歩(walking the dog)
17250	3.5	歩行(walking)	歩行：散歩、仕事の合間に歩く(walking, for pleasure, work break)

# 建築物の外装・防水層の長寿命化改修に資する 既存RC部材の評価技術の開発

研究代表者	: 建築研究部材料・部材基準研究室長 三島直生
課題発表者	: 材料・部材基準研究室主任研究官 根本かおり
関係研究部	: 建築研究部、住宅研究部
研究期間	: 平成30年度～令和2年度
研究費総額	: 約31百万円
技術研究開発の段階	: 中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

- 建築物ストックの長寿命化には供用期間中の維持保全・改修が不可欠であり、経済性への配慮も重要。
- 長寿命化の実現には建築物の耐久性向上が有効であり、(RC構造躯体よりも耐久性が低い)外装・防水層の適切な補修・改修の実施によりRC構造躯体の保護効果を維持することが重要。

### 屋根防水の劣化



### 外装材の劣化

仕上塗材(塗膜、モルタル)  
タイル張り仕上げが対象

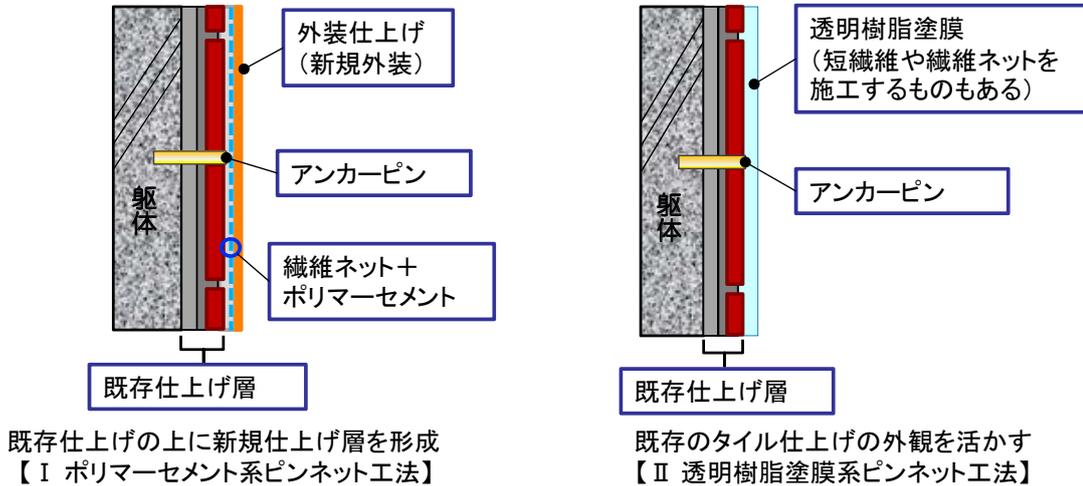
### 課題

- ① **【外装・防水層】: 改修工事における既存部材の評価方法が未確立**
  - 大規模改修工事が2回以上となる建築物が増加し既存部材の劣化調査・診断が複雑化。
  - 外装・防水層の下地となる既存部材(旧防水材・旧仕上材)の状態が新規の改修層の耐久性に及ぼす影響が十分に明らかになっていない。
- ② **【外装】: 改修工事仕様の決定に必要な劣化調査手法が未確立**
  - 改修工事仕様の決定に必要な外装の劣化調査技術が個々の知識・知見に依存。
  - タイル張り仕上げ外壁等の改修工法として「ピンネット工法(外壁複合改修構工法)」の施工実績が拡大しつつあるが(普及から20年経過)、劣化調査技術が未確立。

※ 既存RC部材: RC構造躯体、外装仕上げ及び防水層の全てが対象となるが、本研究では主に既存の外装・防水層を対象としている。 2

- タイル等の外装材の剥落を防止するため、劣化した箇所をアンカーピンで躯体に固定し、その上に新たな外装仕上げを施す改修手法。既存仕上げのカバー方法は、主に2タイプ(下図Ⅰ及びⅡ)に分類される。
- ピンネット工法は、建設技術評価規定の技術開発目標※に則って民間で開発が進められ、多数の工法が存在し、標準仕様がない。
- アンカーピン、繊維ネット層、既存仕上げ層の経年等により生じる変状を調査する技術が未整備。

【ピンネット工法による改修外壁の主な断面構成】



※ 平成8年度建設技術評価規定(平成7年 建設省告示1860号)第9条1項の技術開発目標による。

2. 研究開発の目的・目標

目的・目標

建築物の外装・防水層の改修工事において、改修後の品質を確保し、耐久性向上を図るための技術的知見を提供することを目的とする。

① 外装・防水層の改修工事における既存部材の評価方法・基準の整備

- 外装・防水層の改修工事による機能回復及び品質確保を実現するための下地となる既存部材の評価項目・評価基準を整備する。

② 外装の改修工事仕様の決定に必要な調査技術の整備

- 外装塗り仕上げの改修後の品質確保に対する劣化調査技術の精度向上。
- ピンネット工法により改修された外装・外壁の劣化調査技術を提案する。

必要性

① インフラ長寿命化等に向けた技術的対応が必要

- 「インフラ長寿命化基本計画(平成25年)」等において、新たな技術的知見を踏まえた、点検・診断に係る基準類やマニュアルの整備などの技術的対応が求められている。

② 建築物の改修工事に係る技術者不足等への対応が必要

- 補修・改修工事は小規模の会社が請け負うことが多く、建築物の劣化状態等の診断や補修・改修工法選定への対応が個々の技術に依存している。
- 今後、技術者の不足が顕在化し、調査診断における技術の蓄積や継承が困難になることが予想される。



### 3. 研究開発の概要

#### 研究開発の概要

**研究開発目標①**  
外装・防水層の改修工事における既存部材の評価方法・基準の整備

**①-1. 既存部材の要求性能の明確化**  
 ・既存部材の仕様の整理と改修外装・防水層の施工における要求性能の抽出  
 ・既存部材の要求性能を表示する評価指標の抽出

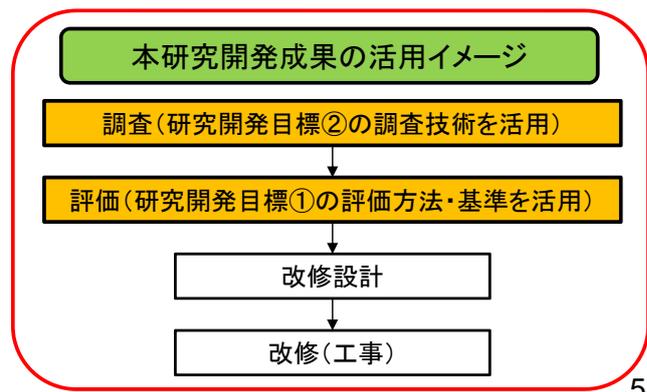
**①-2. 既存部材の保有性能の調査・評価**  
 ・既存部材の経年後の各種性能値の実態データの収集

**①-3. 外装・防水層の改修工事における既存部材の評価基準の検討**  
 ・既存部材の状態と改修外皮の性能の関係の検証・整理  
 ・要求性能に対応する既存部材の要件を整理

**研究開発目標②**  
外装の改修工事仕様の決定に必要な調査技術の整備

**②改修工事仕様の決定に必要な建築物外装の調査技術の精度向上**  
 ・品質確保にむけた改修工事仕様選定のための調査技術の検討・整理 [塗り仕上げ]  
 ・各種仕様に対応する既存部材の劣化調査技術を検証・整理 [ピンネット]

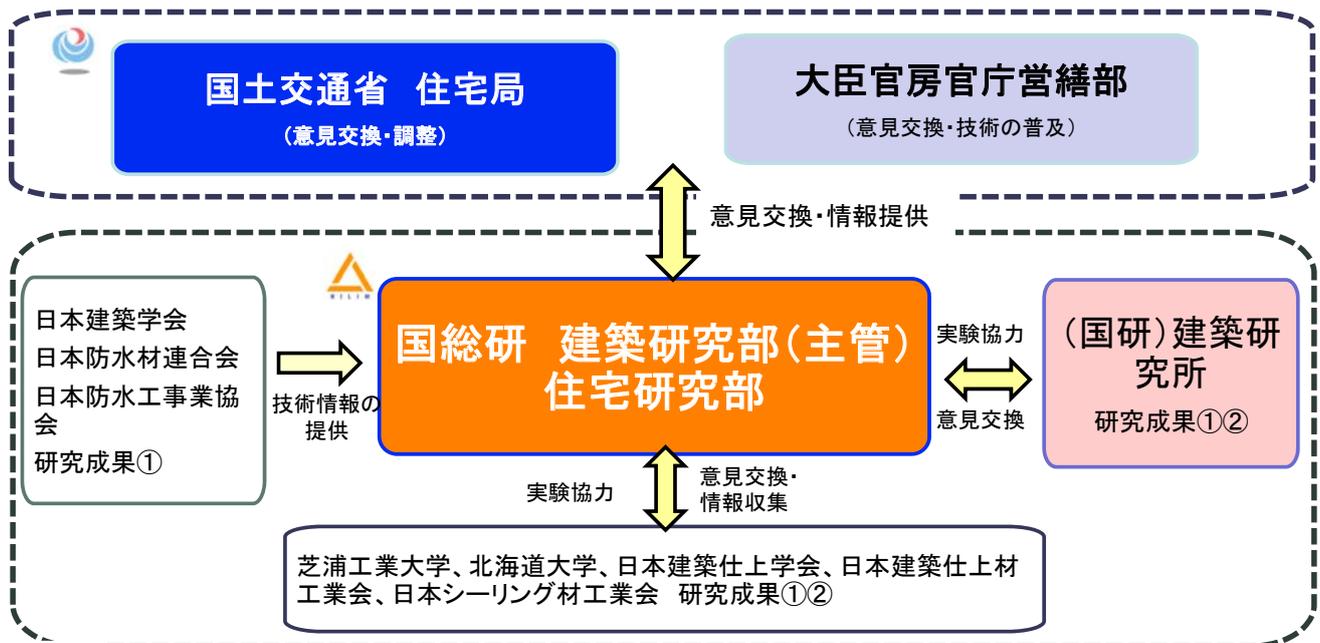
要求性能を参照



### 4. 研究のスケジュール

区分(目標、テーマ、分野等)		実施年度			総研究費 研究費 配分
		H30	H31/R1	R2	
		11	11	9	総額31 [百万円]
① 外装・防水層の改修工事における既存部材の評価方法・基準の整備	①-1. 既存部材の要求性能の明確化	・既存部材の仕様・要求性能の抽出 ・既存部材の評価指標の抽出			約2 [百万円]
	①-2. 経年後の既存部材の保有性能の調査・評価	・経年後の既存部材の保有性能に関する実態調査	・経年後の補修工法の性能評価		約9 [百万円]
	①-3. 改修工事における既存部材の評価基準の検討	既存部材の状態による外装・防水層の性能への影響の検証		既存部材の評価基準の整備	約9 [百万円]
② 外装の改修工事仕様の決定に必要な調査技術の整備	②. 改修工事仕様の決定に必要な調査技術の精度向上	・改修工事仕様の決定に必要な調査技術の検討・提示 ・品質確保にむけた改修工事仕様選定のための調査技術の検討・提示			約11 [百万円]

## 5. 研究の実施体制



### 効率性

上記実施体制を構築したことにより、実建物の材料・工法に詳しい専門技術者の協会及び団体等と調査協力することで、ヒアリング調査などでは実情に即した情報の収集が可能となった。また、得られたデータ等は大学等の有識者との意見交換により、分析・整理する際の参考意見を伺うことができ、かつ、これに即した実験を実施することができた。

7

## 6. 研究成果：①-1既存部材の要求性能の明確化〔外装(塗り仕上げ・ピンネット工法)〕

- ・塗り仕上げの改修後の美観の確保、躯体保護機能の保持等の要求性能に対して、既存部材の劣化状況、材料種類・材質・工法、改修履歴、ならびに複数回改修としては仕上げ材層間の付着性及び塗り重ねによる仕上げ層の厚さを評価項目に設定した。
- ・ピンネット工法について、情報収集により仕様の抽出及びアンカーピンや表面をカバーする部材性能の情報を整理した。

【塗り仕上げの劣化調査に用いている項目】

劣化状況 後期	要求性能	
	美観の確保	躯体保護機能の保持
白亜化	○	—
摩耗	○	○
ふくれ・浮き	○	○
割れ	○	○
剥がれ	○	○
付着性	—	○

○: 関係性が強い、—: 関係性が弱い

ピンネット工法の仕様として、新規仕上げ材の種類、使用材料(ネット種類、アンカーピン種類)について整理

使用する材料や施工の性能判定に用いる基準(付着性、ネットの引張強度、アンカーピンの引抜強度)について整理

【ピンネット工法の仕様及び性能判定の参考値の整理】

項目	樹脂系ネット層	
	ポリマーセメント系ネット層	樹脂系ネット層
新規仕上げ材種類	・塗装仕上げ ・タイル張り仕上げ ・石調こて塗り ・シート建材仕上げ	透明樹脂塗装仕上げ/アクリルウレタン樹脂、ウレアウレタン樹脂、アクリルシリコン樹脂等 (既存仕上げはタイル張り仕上げが主)
ネット種類	・ネット形状: 2軸、3軸、2軸+立体繊維 ・材質: ビニロン繊維、アラミド繊維、ポリプロピレン繊維、ガラス繊維	・短繊維/材質: ナイロン、ポリエチレン透明繊維 ・ネット形状: 2軸 ・材質: ポリエチレン透明繊維、ビニロン繊維、ポリプロピレン繊維
アンカーピン種類	形式: 打込み式ピン(ワッシャーあり)、注入口付アンカーピン(ワッシャーあり)、タッピンネジ、T字型ピン ・ピン材質: SUS304	形式: 打込み式ピン(ワッシャーあり)、注入口付アンカーピン、タッピンネジ、全ネジピン+キャップ ・ピン材質: SUS304が主流、 ・その他: SUSXm7、SUS410(防錆加工)、ピン材SUS431-ピンキャップ真鍮
付着性試験判定採用値	・0.4N/mm <sup>2</sup> 以上 ・0.7N/mm <sup>2</sup> 以上	・0.4N/mm <sup>2</sup> 以上 ・0.7N/mm <sup>2</sup> 以上
アンカーピン引抜試験採用値	・1.470N/本 (UR規定値) ・1.800N/本 ・2.75kN/本	・1.50kN/本 ・2.55kN/本 ・1.470N/本 (UR規定値) ・3.425N/本 ・1.800N/本

8



## 6. 研究成果:①-1 既存部材の要求性能の明確化 [防水層(屋根防水)]

既存屋根防水の要求性能は、「改修後の耐久性予測式」の考え方にに基づき、「改修工事制約」及び「改修防水工法種別」を対象とし、これに対する評価項目・評価基準について、既存防水層の種類[保護防水、アスファルト防水(露出)、シート防水(塩化ビニル系)、シート防水(加硫ゴム系)、ウレタン塗膜防水、FRP防水]別に整理した。

【既存屋根防水の要求性能の評価項目および基準と対象】

【整理した既存屋根防水の評価基準】

評価項目			評価基準と対象			評価基準	解説
大分類	中分類	小分類	i)	ii)	iii)		
下地状態	防水層の経年による劣化		防水工法ごと	防水工法ごと		i) 改修施工に特に問題の無い状況	・補修や撤去などがほとんど必要ない状態。
納まり具合	躯体形状等	立ち上がり高さ				ii) 既設防水層として問題はあるが改修施工に大きな問題は無い状況	・補修や撤去が必要だが、軽微な躯体補修、防水業者だけで対応が可能な状態。
		立ち上がり水切り納まり					
		勾配不良				iii) 改修施工に際して大きな問題があり、撤去又は防水下地としての大規模な改修が必要となる状況	1) 防水施工業者だけでは対応できない状態。 2) 設計上問題があり、防水保証ができない状態。 3) 設備などの撤去・再設置などの対応が必要な状態。
		排水ドレンまわり					
		パラペット、ドレンの位置					
		ドレン形状					
	貫通部等	貫通配管等					
	積載物等	屋上設置物(架台、設備)					
	躯体の劣化						

※ 本評価基準は、同種の工法で改修することを想定。

評価項目ごとに、詳細な評価の視点を抽出・整理

改修にあたっての、既存防水層の状態を評価する基準を設定 (具体の基準は、①-3で説明)

9



## 6. 研究成果:①-2 経年後の既存部材の保有性能の調査・評価 [外装]

(塗り仕上げ)

暴露20年目の改修塗り仕上げ試験体(38体)および各種塗り仕上げ試験体(約120体)を用いて長期暴露データを収集し、次の結果を得た。

- ①表面塗料、外装薄塗材、複層塗材、防水形薄塗材、防水形複層塗材の劣化は、赤枠の美観保持に関係する仕上塗材劣化が目立ち、改修の有無で白亜化の程度に違いが見られた。
- ②躯体保護機能に影響する割れや剥がれは、塗材の硬軟性及び耐候性機能により差が生じた。

【暴露20年目の各種外装塗り仕上げ試験体の劣化事例】

【改修後20年暴露外装塗り仕上げ試験体の劣化事例】

外装塗り仕上げの種類	劣化現象と劣化程度											
	汚れ		白亜化		摩耗		ふくれ・浮き		割れ		剥がれ	
	南	北	南	北	南	北	南	北	南	北	南	北
外装薄塗材E	4	4	3	2	0	1	0	0	4	4	0	0
防水形薄塗材E	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0
耐候形3種複層塗材E(水系)	0	0	5	4	0	0	0	0	5	5	0	2
耐候形2種複層塗材E(水系)	0	1	5	4	0	0	0	0	0	2	0	0
耐候形2種複層塗材E(溶剤系)	0	3	5	4	0	0	0	0	5	5	0	0
耐候形1種複層塗材E(水系)	0	1	5	5	0	0	0	0	0	5	0	4
防水形複層塗材(溶剤系アクリルウレタン仕上げ)	0	2	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
常温硬化無機質コーティング材	4	3	1	1	0	0	0	0	5	4	4	4
水系アクリルシリコン	0	2	5	4	0	0	0	0	0	0	0	1
弱溶剤系アクリルシリコン	2	4	5	5	0	0	0	0	0	1	1	3
水系反応硬化形アクリルシリコン	1	1	5	5	0	0	0	0	3	4	0	0
水系ふっ素	1	3	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
低汚染弱溶剤ウレタン	1	4	5	1	0	0	0	0	0	4	0	0
低汚染弱溶剤ふっ素	0	2	5	5	0	0	0	0	0	3	0	0
低汚染弱溶剤シリコン	0	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0

既存仕上げ	改修後仕上げ種類 1998年改修	劣化現象と劣化程度										
		白亜化		摩耗		ふくれ・浮き		割れ		剥がれ		
		南	北	南	北	南	北	南	北	南	北	
アクリルリシン(砂壁状) 1975年施工	外装薄塗材E(RP塗替え)	3	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0
	外装薄塗材E	3	1	5	3	0	0	0	5	1	0	0
	防水形外装薄塗材E	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	複層塗材E	3	1	0	0	0	0	0	5	5	1	0
	防水形複層塗材E	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0



暴露20年目劣化調査 [複層塗材E]南面



白亜化-劣化程度5



割れ-劣化程度5

※数値は劣化デグリー:(軽度)1 ↔ 5(重度)

「0」:劣化なし

「3」:はっきり認められる

「1」:ほとんど認められない

「4」:かなり認められる

「2」:わずかに認められる

「5」:顕著に認められる

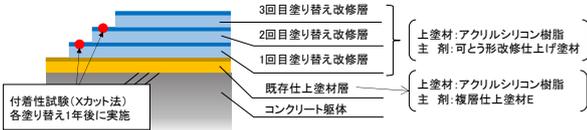


## 6. 研究成果:①-3 外装・防水層の改修工事における既存部材の評価基準の検討 [外装(塗り仕上げ)]

①複数回改修後の品質を対象とした既往研究がないことに対応し、3回の塗り替え改修(1回/年を3年間)を実施した。改修には塗材の厚みに変化をもたせ、塗り替え後1年間暴露した後の付着測定を行った。改修塗材に主材(可とう形改修塗材)を施工しない場合に著しい付着低下が生じており、既存部材の評価項目・基準を抽出し、整理した。

②塗り重ね改修の評価として、各種外装仕上塗材の既存塗材と改修塗材の組合せ適合性に関する屋外暴露による実験を行った。ふっ素樹脂塗料の改修後の付着性は低いなどの結果を得ることができ、それらを表に整理した。

### ①塗り替え改修検討(2回目改修の結果まで)



[仕上塗材の改修断面イメージ図(上塗材+主材の施工例)]

改修前	改修後	各改修1年後の付着測定結果	回数
			1回目改修
			2回目改修
・高圧水洗→シーラ→上塗材(アクリルシリコン)のみ塗り替え			
			1回目改修
			2回目改修
・高圧水洗→主材(可とう形改修塗材800g/m <sup>2</sup> ) + 上塗材(アクリルシリコン)の塗り替え			



改修前



塗り替え後

### ②既存塗材と改修塗材の適合性実験(南面)

既存仕上塗材の種類	改修仕上塗材の種類※1	劣化現象と劣化程度※2						付着性※3 (Xカット法)	
		汚れ		割れ		剥がれ		1年	2年
		1年	2年	1年	2年	1年	2年	1年	2年
外装薄塗材E	可とう形改修塗材	0	1	0	0	0	0	8	4
耐候形3種複層塗材E(水系)	可とう形改修塗材	0	1	0	0	0	0	4	2
耐候形2種複層塗材E(水系)	水系ふっ素	0	1	0	0	0	0	6	2
耐候形2種複層塗材E(溶剤系)	水系ふっ素	0	1	0	3	0	0	6	2
耐候形1種複層塗材E(水系)	防水形薄塗E	0	2	0	0	0	0	10	10
防水形複層塗材(溶剤系アクリルウレタン仕上げ)	防水形上塗材(弱溶剤ウレタン)	0	1	0	1	0	0	10	6
防水形複層塗材(溶剤系アクリルウレタン仕上げ)	溶剤系ウレタン	0	1	0	0	0	0	8	4
下地調整材+水系アクリルシリコン	可とう形改修塗材・(300g仕様水系アクリルシリコン)	0	0	0	0	0	0	10	6
下地調整材+水系ウレタン	可とう形改修塗材(800g仕様水系アクリルシリコン)	0	0	0	0	0	0	10	10
下地調整材+溶剤系アクリルシリコン	可とう形改修塗材(800g仕様水系アクリルシリコン)	0	0	0	0	0	0	10	10
水系ふっ素	水系アクリル	0	0	0	0	0	0	0	0
水系アクリル	水系アクリル	1	0	0	0	0	0	8	4
水系アクリルシリコン	水系アクリルシリコン	0	0	0	0	0	0	8	8
弱溶剤系アクリルシリコン	可とう形改修塗材(水系アクリルシリコン仕上げ)	0	0	0	0	0	0	8	6

※1 色分け: ■ 主材 ■ 上塗材 ■ 主材+上塗材  
 ※2 劣化デグリーの数値:(軽度)1 ↔ (重度)5、0:劣化なし  
 ※3 付着性Xカット法の数値:(低い)0 ↔ (高い)10



## 6. 研究成果:①-3 外装・防水層の改修工事における既存部材の評価基準の検討 [防水層]

・エキスパートの知見を集約し、既存屋根防水の要求性能を確保する評価項目及び基準を抽出し、各種屋根防水ごとの状況により既存部材(下地)の処理にかかるレベルを可視化できるように画像と合わせて分類・整理し、実務者が使える資料を作成した。

評価項目	下地状態			納まり具合	
	アスファルト(露出)	シート防水(加硫ゴム)	ウレタン塗膜防水	ドレン	屋根勾配
i)改修施工に特に問題の無い状況				-	-
	アスファルトのひび割れ	異常のみられない(平場)	水溜まり部で経年の耐久劣化により発生した白亜化・変退色		
ii)既設防水層として問題はあるが改修施工に大きな問題は無い状況					
	ジョイントの剥がれ	防水層のしわ	長期間の下地ひび割れの繰り返し疲労による破断	ドレンまわりの勾配不良	一部に生じる水溜まり
iii)改修施工に際して大きな問題があり、撤去又は防水下地としての大規模な改修が必要となる状況	防水工事業のみでの機能回復が難しいレベルの劣化事象				
				パラペットとドレンの近接	全体的な水溜まり



## 6. 研究成果:② 外装の改修工事仕様の決定に必要な調査技術の精度向上 [塗り仕上げ]

エキスパートの知見を可視化し、外装塗り仕上げの現地劣化調査に技術者が携行し、用いることのできる技術解説書を作成した。

セメント系外壁塗り仕上げの長寿命化改修設計に資する劣化調査のポイント

### 目次

第1章 概要および目的 ..... 7

1.1 本書の目的および構成 ..... 7

1.2 劣化調査の目的 ..... 7

1.3 適用範囲 ..... 8

1.4 劣化調査の構成 ..... 8

1.5 用語 ..... 8

1.6 劣化調査の方法 ..... 8

第2章 外装用仕上塗材の劣化調査のポイント ..... 14

2.1 基本調査 ..... 14

2.1.1 基本調査の概要 ..... 14

2.1.2 調査項目ごとの基本調査のポイント ..... 15

2.2 詳細調査 ..... 19

2.2.1 詳細調査の概要 ..... 19

2.2.2 仕上塗材の劣化現象ごとの詳細調査のポイント ..... 20

第3章 仕上塗材の基本事項 ..... 31

3.1 仕上塗材の性能および機能 ..... 31

3.2 仕上塗材の種類および形状の特徴 ..... 31

3.3 仕上塗材の劣化の進行モデル ..... 36

3.5 仕上塗材の劣化原因 ..... 38

第4章 おわりに ..... 39

付録 ..... 39

付録1 既存仕上塗材の種類と推定 (その1) ..... 39

付録2 仕上塗材の調査表の例 ..... 40

付録3 劣化調査結果の改修設計への応用例 ..... 42

付録4 仕上塗材の劣化程度 (劣化デグリー) ..... 46

付録5 劣化調査に活用できる画像集 ..... 56

参考文献 ..... 78

調査の目的、調査の要点と調査方法、調査上の留意点を解説

調査時見落としによる改修工法選定不適により生じる可能性のある早期劣化事例と、改修設計に有用なポイントを解説

〈例〉

・既存仕上材と改修仕上材の付着性が確保できていない場合、剥がれ、浮きにつながるおそれあり  
・柔軟性のある既存仕上塗材に柔軟性のない仕上塗材を塗り重ねると、経年で改修仕上塗材に割れが生じるおそれがある

基本調査	No.	1)	既存仕上塗材の種類と推定
------	-----	----	--------------

調査の目的

調査目的	調査方法
1. 既存仕上塗材と塗り重ね適性のある改修仕上塗材の選定のため。	
2. 改修仕上塗材の仕上り性の確保のため。	

調査時に確認すべき点および調査方法

調査の要点	調査方法
① 既存仕上塗材の上塗材の結合材種類の特定	過去の設計図書の確認 (製品名・JIS名称等)。
② 既存仕上塗材の主材層の柔軟性の特定	目視・指触による確認。
③ 既存仕上塗材の模様	目視確認。

調査上の留意点

既存仕上塗材と付着性のある改修仕様選定を回避するため、事前情報として既存仕上塗材の上塗材の結合材種類の情報を入手しておく。情報が無い場合は現地調査詳細にて調査し推定する。

調査時見落としによる改修工法選定不適により生じる可能性のある早期劣化事例

早期劣化の事例	不具合発生の原因
剥がれ、 浮き、 割れ	既存仕上塗材と改修仕上塗材との付着性が確保できていない場合、剥がれ、浮きや割れにつながる可能性がある。
割れ	柔軟性のある既存仕上塗材に柔軟性のない改修仕上塗材を塗り重ねると、経年で改修仕上塗材に割れを生じることがある。

改修設計に有用なポイント

- ・既存仕上塗材が高強度 (柔軟性のある材料) の場合、改修仕上塗材として硬質の材料を選定すると、下地となる既存仕上塗材の挙動に追従できず割れが生じることがあるため注意する。
- ・既存仕上塗材の上塗材と改修仕上塗材の組み合わせによっては、付着適性の悪いものがある。既存仕上塗材の製品名などの情報はあった方が良いが (取替施工を省略できることがある)、情報が無い場合は詳細調査の際に既存仕上塗材の種類または改修仕上塗材との付着適性を確認する。

⇒ 「セメント系外壁の塗り仕上げの長寿命化改修設計に資する劣化調査のポイント」を国総研資料として令和3年中に出版予定

13



## 6. 研究成果:② 外装の改修工事仕様の決定に必要な調査技術の精度向上 [ピンネット工法]

・ほとんど既往研究がないことに対応し、ピンネット工法により改修された外壁試験体を用いて、各種調査技術を適用した検証実験を行った。外装内の浮きやアンカーピンの位置確認に、目視・打診と合わせ赤外線サーモグラフィ法の併用が効果的であることを確認した。

### 【打診と赤外線サーモグラフィ法による調査結果について】

壁 No.	調査者A打診※1	調査者B打診※2	赤外線画像※3
1			
2 (二重タイル)			
3			

・打診調査は、調査者による検出精度に違いがある。  
・赤外線サーモグラフィ法は、アンカーピンの施工位置、浮き箇所及び樹脂注入の有無の確認が可能。一方、温度差を生じる空気層が不十分な浮きは検出できないものもあった。  
➢ 打診は調査者の技能による差異があり、打診調査と赤外線サーモグラフィ法を併用することで見落としなく詳細調査の要否判定が可能となる。

- ※1 調査者A打診画像: 赤枠→浮き
- ※2 調査者B打診記録図: 黄色→浮き、緑色→表面タイル仕上げ浮き
- ※3 赤外線画像: 赤色→浮き、緑色の丸形→樹脂注入箇所、黒丸→アンカーピンの施工位置
- ※4 赤枠: 浮き検出箇所
- ※5 その他点線四角枠は模擬剥離設置箇所

14

### 成果の普及

- 建築物の施設管理者や劣化調査を行う技術者向けの技術資料(国土技術政策総合研究所資料)として「セメント系外壁の塗り仕上げの長寿命化改修設計に資する劣化調査のポイント」を令和3年12月までに公表し、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 建築改修工事監理指針の技術資料等にするなどして普及に努める。

### 今後の課題の展開

- 外装塗り仕上げの既存塗材と改修塗材の適合性は、3年間分の暴露データは得ることができたが、正確性を期するため実験を継続しデータの収集に務める。
- ピンネット工法による改修外壁の劣化調査技術は、運用にむけた評価指標の整備に務める。
- 今後の展開として、専門技術者が実施している劣化調査・診断に関して、安定した劣化調査と診断精度の向上をめざし、AIを活用した点検や劣化調査・診断の開発を検討する。

#### 【発表論文】

- ・根本他；複合改修構工法で改修されたRC造建築物外壁の再改修工事仕様選定のための劣化調査・診断手法に関する研究(その1)ヒアリングによる課題抽出、日本建築学会大会学術講演梗概集、2020年9月
- ・根本他；根本他；複合改修構工法で改修されたRC造建築物外壁の再改修工事仕様選定のための劣化調査・診断手法に関する研究(その2)試験体を用いた調査手法の検証実験(非破壊調査)、日本建築学会大会学術講演梗概集、2021年9月
- ・根本他；AIを活用した外装仕上塗材仕上げの劣化ひび割れに関する画像診断の検討、日本建築工上学会大会、2020年10月
- ・根本他；AIを活用した外装仕上塗材仕上げの劣化ひび割れに関する画像診断の検討 その2 精度向上のための検討、日本建築工上学会大会、2021年10月
- ・古賀他；改修後の防水層の品質確保のための既存防水層の状態評価手法、日本建築学会大会学術講演梗概集、2020年9月
- ・古賀他；仕上塗材改修条件の改修後の性能への影響に関する研究 その1 改修後1年目の性能確認、日本建築工上学会大会、2020年10月
- ・千歩他；モデル建物の30年屋外暴露試験に基づく各種仕上材の躯体保護効果 その1 試験概要と仕上材の劣化状況、日本建築工上学会大会、2019年10月
- ・米谷他；モデル建物の30年屋外暴露試験に基づく各種仕上材の躯体保護効果 その2 中性化抑制効果および鉄筋腐食抑制効果、日本建築工上学会大会、2019年10月

15



## 8. 事前評価時の指摘事項と対応

事前評価時の指摘事項	対応
対象とする建築物の選定条件を明確にし、年代、特質を把握・整理した上で研究を進められたい。	RC造建築物で竣工後20年以上経過し、かつ大規模改修工事を実施したことがある建築物を対象としている。
実際の建築物を対象とした実態調査やケーススタディの実施を検討されたい。	実建物の現地調査を行い実態把握を行った。ケーススタディは屋外暴露している壁体試験体を用いて実施した。
本研究において開発する評価手法と既存の評価手法との関係性を明確にすべき。	既存の評価手法は1回目の改修について提示されていた。開発する評価手法は、複数回改修を考慮した評価手法としている。
開発しようとする技術の有効性が分かりやすくなるよう、成果をまとめてほしい。	外装仕上げの調査・診断技術者が現場に携行して用いる解説書を作成する。

16



## 9. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
建築物の外装・防水層の長寿命化改修に資する既存RC部材の評価技術の開発	①外装・防水層の改修工事における既存部材の評価方法・基準の整備	・各種屋根防水の改修による回復・品質確保に制約を及ぼす既存部材の状態を評価項目として抽出し、その判断基準と合わせて整理した。	・改修された屋根防水の耐久性予測を見直しする際に、改修工事制約係数及び仕様選定の参考として活用されることが考えられる。	○	
		・複数回改修の3回塗り替えの検証実験を行い知見を得た。 ・外装塗り仕上げの塗り替え改修のための塗材の適合性に関するデータの蓄積を行った。	・国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 建築改修工事監理指針等の外装塗り仕上げの改修材の適合表等の充実に寄与することができる。		
	②外装の改修工事仕様の決定に必要な建築物の調査技術の整備	・ピンネット工法による改修外壁の劣化調査に適用できる技術を検証し知見を得た。	・ピンネット改修外壁の劣化調査方法を整備することで、改修工事の品質確保が期待できる。	○	
		・「セメント系外壁の塗り仕上げの長寿命化改修設計に資する劣化調査のポイント」という解説書を作成した。	・国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 建築改修工事監理指針等の参考資料として活用予定。		

<目標の達成度> ◎: 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。 ○: 目標を達成できた。  
△: あまり目標を達成できなかった。 ×: ほとんど目標を達成できなかった。

### 有効性

外装・防水層の改修工事は小規模の事業者が実施している場合が多く、また、建設工事全般で危惧されている今後の担い手不足により専門技術者の減少が予想される。改修工事における既存部材の評価基準が整備されれば技術の確保を支援することができ、改修工事における品質確保が実現できる。また、本研究により補修・改修工事の耐久性が向上することにより、改修部分の長寿命化による改修サイクルの長期化、建築物のライフサイクルコストの低減が図られる。

# 建築物の外装材及び屋根の耐風性能向上に資する調査研究

研究代表者	: 建築研究部長 長谷川 洋
課題発表者	: 構造基準研究室長 喜々津 仁密
関係研究部	: 住宅研究部
研究期間	: 令和元年度～令和2年度
研究費総額	: 約50百万円
技術研究開発の段階	: 中期～後期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



## 1. 研究開発の背景

### 背景

- 平成30年台風第21号や令和元年房総半島台風では、建築物の外装材（屋根瓦、低層店舗のフロントサッシ等）と木造小屋組の強風に対するぜい弱性が顕在化。
  - 令和元年房総半島台風での被害屋根のうち8割が瓦屋根。また、沿岸部での木造住宅の小屋組に複数の被害を確認。
  - 低層店舗のフロントサッシの脱落・転倒被害が発生。
- 外装材や屋根の損壊で強風・雨水が浸入し、被災直後からの居住・業務継続や原状回復の著しい阻害状況も顕在化。
- 近年の異常気象傾向を踏まえると、ぜい弱な部位の耐風性能向上は喫緊の課題。
  - IPCC第6次評価報告書WG1報告書<sup>※</sup>では、将来予測される変化として「非常に強い熱帯低気圧の発生割合と強度最大規模の熱帯低気圧のピーク時の風速は、地球規模では、地球温暖化の進行と共に上昇」と評価。

※) [http://www.jma.go.jp/jma/press/2108/09a/ipcc\\_ar6\\_wg1\\_a2.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/press/2108/09a/ipcc_ar6_wg1_a2.pdf)

フロントサッシの脱落・転倒  
(平成30年台風第21号)



屋根瓦の脱落・飛散(令和元年房総半島台風)



木造小屋組の飛散(令和元年房総半島台風)





## 2. 研究開発の課題・目的・目標・必要性

### 課題

- **屋根瓦**: 沿岸部での風圧力に対応した緊結方法等の仕様、許容耐力の評価法が未整備。
- **木造小屋組**: 風圧力の実況に応じた適切な緊結方法が不明確。
- **フロントサッシ**: 躯体との接合部の許容耐力の評価法が未整備。

### 目的と3つの目標

- 外装材のうち屋根瓦とフロントサッシ、木造小屋組の耐風性能の確保に資する緊結方法や耐力評価法等の整備と明確化。
- ① **屋根瓦**の仕様検証及び耐力試験・評価法等の整備
- ② **木造小屋組**の耐風性に配慮した仕様の整備
- ③ **フロントサッシ**接合部の耐力試験・評価法の整備

### 必要性

- 近年の台風により、建築物の外装材（屋根瓦、低層店舗のフロントサッシ等）や木造小屋組の強風に対するぜい弱性が顕在化。これらは、風圧力に応じた構造方法等が建築基準法令に詳細に規定されておらず、法令を補完する技術資料の整備が必要。
- 令和2年7月に社会資本整備審議会の部会がとりまとめた「令和元年房総半島台風を踏まえた建築物の強風対策」を踏まえ、瓦屋根及び木造小屋組の沿岸部仕様の検討が必要。

3



## 3. 研究開発の概要

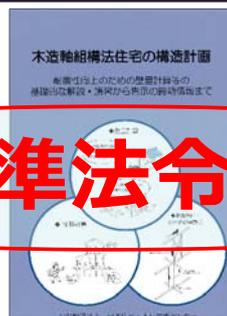
### 研究開発の概要

- 近年の台風によって強風に対するぜい弱性が顕在化した屋根瓦、木造小屋組、フロントサッシを対象に、耐風性能向上に資する仕様と試験評価法を検討する。
- 主な被害実態を踏まえて、以下の課題を設定。
  - ① **屋根瓦**の仕様検証及び耐力試験・評価法等の整備
  - ② **木造小屋組**の耐風性に配慮した仕様の整備
  - ③ **フロントサッシ**接合部の耐力試験・評価法の整備

⇒ 法令に適合する仕様や試験方法を示したガイドライン等（関係団体発行）へ、研究成果を反映するための原案をとりまとめ



瓦屋根標準設計・施工ガイドライン  
（全日本瓦工事業連盟ほか）



木造軸組構法住宅の構造計画  
（日本住宅・木材技術センター）



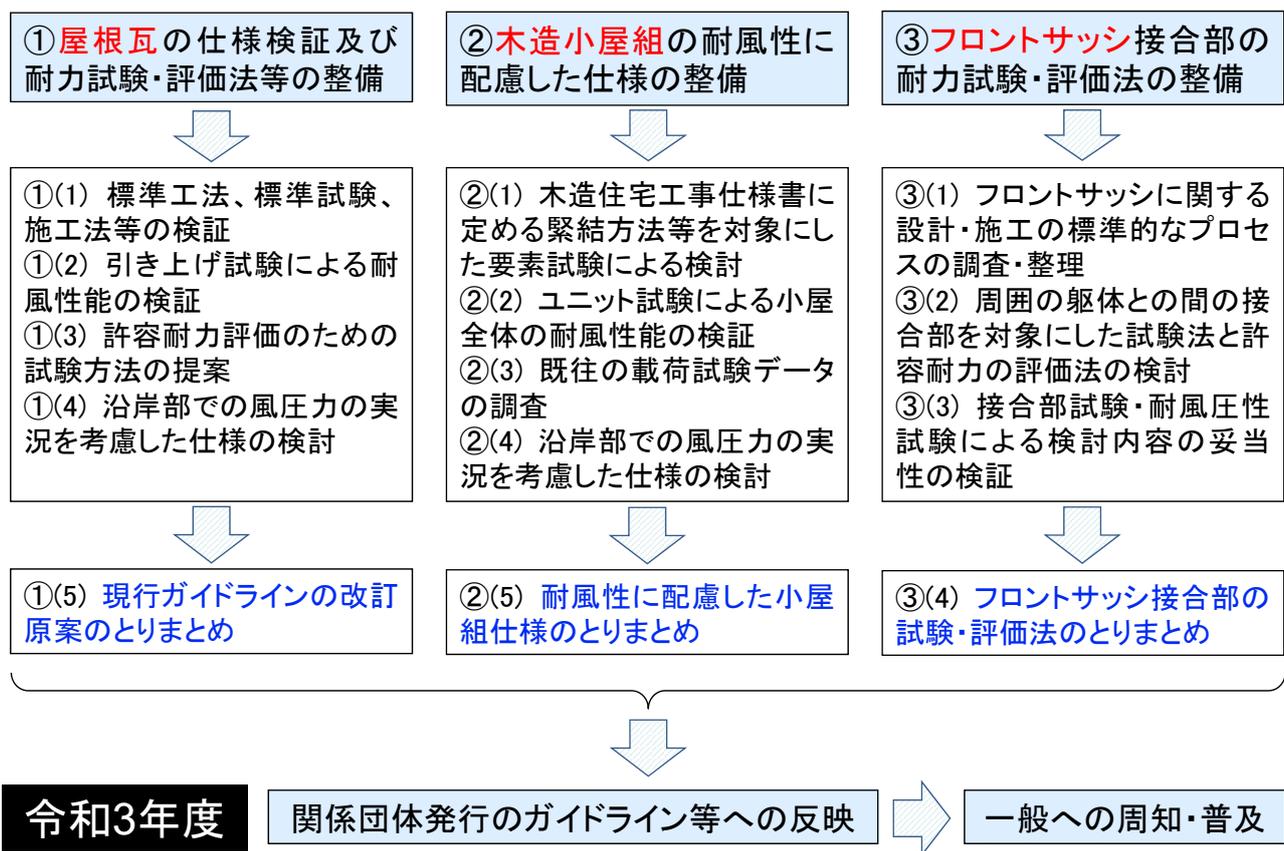
アルミフロント品質基準  
（日本サッシ協会）

**建築基準法令を補完**

研究成果の反映先

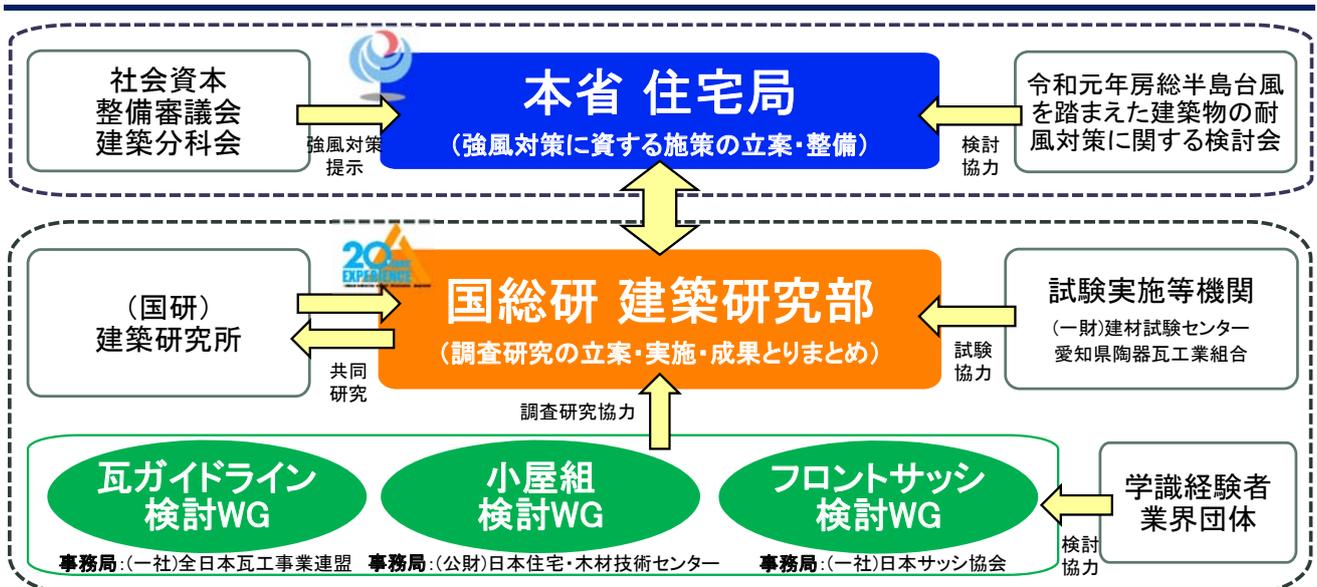
4

## 4. 研究フロー図



5

## 5. 研究の実施体制



### 効率性

- 各検討WGのもとで学識経験者や業界団体と連携し、効率よく研究開発を実施。
- 現行のガイドライン等での一般的な仕様や被害が確認された仕様から試験体仕様を設定し、効率よく系統的な試験を実施。
- 研究成果を関係団体発行のガイドライン等に反映して改訂・増補することで、効率よく研究成果のとりまとめと一般への普及を実施。

6



## 6. 研究成果: ①屋根瓦の仕様検証及び耐力試験・評価法等の整備

- 既往の調査では現行ガイドラインの一定の効果が確認されたが、沿岸部で局所的な強風による被害も確認。同ガイドラインの内容をアップデートするための以下の項目を実施。
  - ✓ 棧瓦の許容耐力算出のための単調引き上げ試験・評価法を提案。
  - ✓ 瓦屋根に関する改正告示に従った工法・仕様として、試験結果に基づき、基準風速ごとに採用できる「標準仕様」を明確化。
  - ✓ 沿岸部(海岸線からの距離が200m以内を目安)等での採用を推奨するための、より高い耐風性能を有する仕様も整備。

⇒ 現行ガイドラインの改訂原案のとりまとめ【令※第39条・関連告示を補完】

引き上げ試験による破壊性状や耐風性能の検証



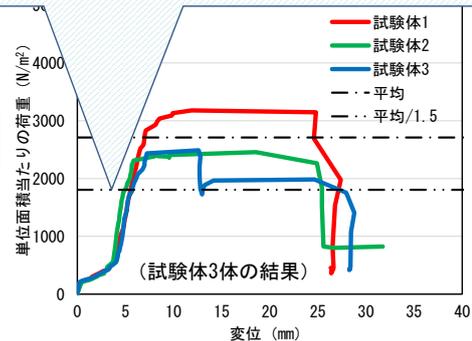
突発的な風圧力(ピーク風力)の大きさを考慮した載荷

棧木からの釘の引き抜け

※) 建築基準法施行令

➡ 目標を達成

単調引き上げ試験での最大荷重の平均値を1.5で除した数値を、棧瓦の許容耐力として評価する方法を整備



粘土瓦の単調引き上げ試験結果の例

7



## 6. 研究成果: ①屋根瓦の仕様検証及び耐力試験・評価法等の整備

標準仕様の例

※) J形の粘土瓦の場合

瓦の種類	緊結材の種類	緊結材の仕様	緊結数	基準風速 (m/s)		
				30	32~36	38~46
				引き上げ試験の荷重 (N/m <sup>2</sup> )		
J形	くぎ	径2.7mm×長さ65mm	1本	○	○	○
		径4.2mm×長さ57mm	1本	○	○	○
		径3.8mm×長さ51mm	1本	○	○	○
J形 防災瓦	くぎ	径2.4mm×長さ55mm	1本	○	○	○
		径2.4mm×長さ65mm	1本	○	○	○
	ねじ	径3.8mm×長さ45mm	1本	○	○	○
		径3.8mm×長さ51mm	1本	○	○	○

より高い耐風性能を有する仕様の例  
(沿岸部等での採用を推奨)

瓦の種類	緊結材の種類	緊結材の仕様	緊結数	基準風速 (m/s)			
				30	32~36	38~40	42~46
				引き上げ試験の荷重 (N/m <sup>2</sup> )			
J形 防災瓦	くぎ	径2.4mm×長さ55mm	1本	○	○	○	○
		径2.4mm×長さ65mm	1本	○	○	○	○
	ねじ	径3.8mm×長さ45mm	1本	○	○	○	○
		径3.8mm×長さ51mm	1本	○	○	○	○

「標準仕様」よりも想定する風圧力の大きさを割り増し

- 沿岸部等の強風の実況に配慮し、より高い耐風性能を有する仕様として整備
- 採用できる仕様の範囲が、「標準仕様」よりも制限



J形防災瓦での組み合わせ部分  
(突起があることで、隣接する瓦と一体となって浮き上がりや脱落等を抑制)

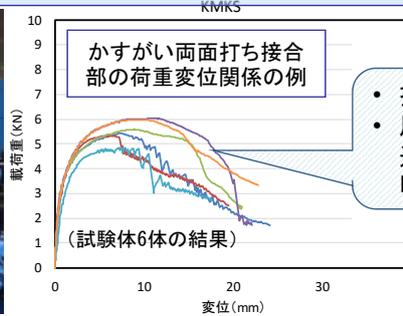
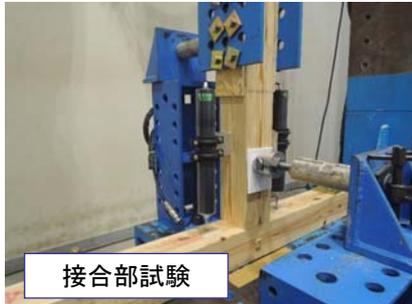
8



## 6. 研究成果: ②木造小屋組の耐風性に配慮した仕様の整備

- 木造住宅工事仕様書に定める接合方法等を対象に、接合部試験と既往データの調査を実施し、各接合ごとの耐力特性を確認。ユニット試験により、小屋組全体の損傷進展過程等を把握。
- 風圧力と耐力との比較により、基準風速ごとに採用できる接合方法を明確化。
- 沿岸部(海岸線からの距離が200m以内を目安)等での採用を推奨するための、より高い耐風性能を有する仕様も整備。

⇒ 耐風性に配慮した小屋組仕様のとりまとめ【令第47条を補完】



目標を達成

- 接合部ごとに引張り耐力特性を把握
- 風圧力との比較結果に基づき、基準風速ごとの耐風性に配慮した接合方法を明確化

小屋組全体の損傷進展過程を把握



## 6. 研究成果: ②木造小屋組の耐風性に配慮した仕様の整備

接合方法の仕様の例(基準風速30、38、46m/sの場合)

基準風速 (m/s)			30			38			46		
標準仕様/強風の実況に配慮した仕様			標準仕様	強風の実況に配慮した仕様		標準仕様	強風の実況に配慮した仕様		標準仕様	強風の実況に配慮した仕様	
				吹込みあり			吹込みあり			吹込みあり	
接合部位	接合の種類	許容耐力 (kN)	適用の可否			適用の可否			適用の可否		
たるき-軒げた接合 (軒の出0.6m以下の場合)	ひねり金物ST-9, ST-12	1.1	○	○	×	○	×	×	×	×	×
	ひねり金物ST-15	2.2	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	四角穴付きタッピンねじ STS6.5F脳天打ち	2.5	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	くら金物SS	4.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○
小屋束-小屋ばり接合 小屋束-もや(むなぎ)接合	かすがいC両面打ち	2.2	○	×	×	×	×	×	×	×	×
	ひら金物SM-12	2.1	○	×	×	×	×	×	×	×	×
	長ほぞ割くさび	3.5	○	○	○	○	×	×	×	×	×
	長ほぞくさびN90-2本 平打ち	3.5	○	○	○	○	×	×	×	×	×
	長ほぞ込み栓	3.7	○	○	○	○	×	×	○	×	×
	ひら金物SM-15S	4.5	○	○	○	○	○	×	○	×	×
	かど金物CP-T	5.6	○	○	○	○	○	○	○	×	×
コーナー金物CP・ZS	10.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

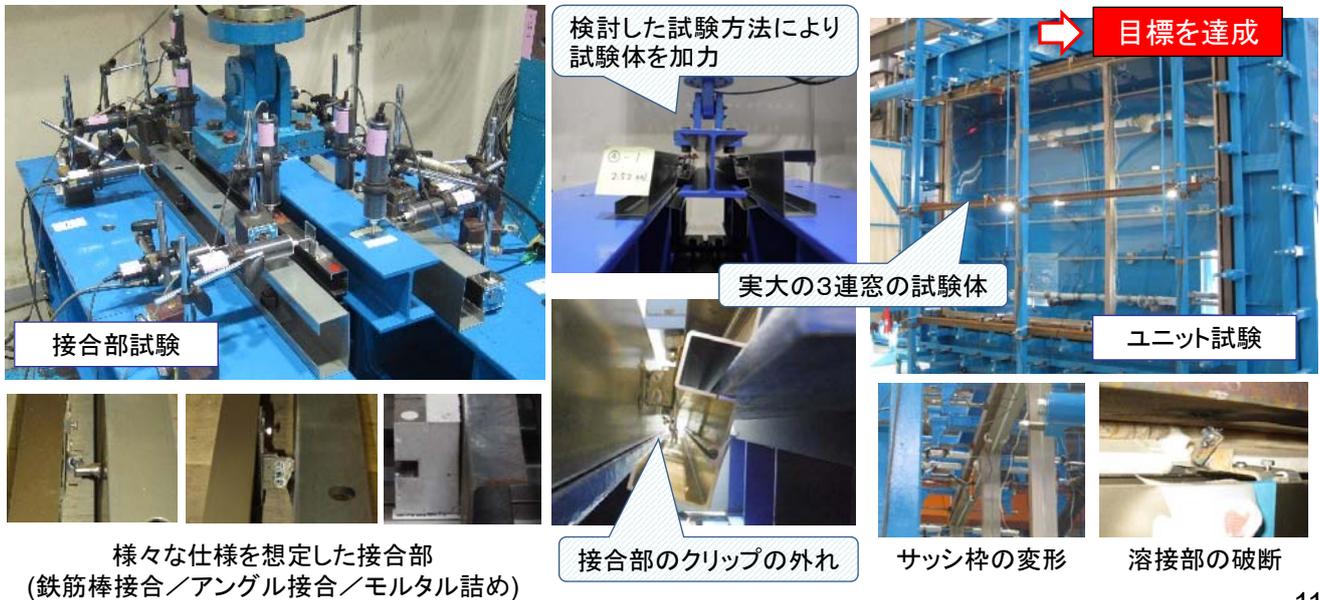
- 基準風速が大きいほど、適用可能な接合方法が制限
- 沿岸部等での吹込みを想定した場合の仕様も整備

※) 許容耐力はスギ等の樹種の場合の数値。



## 6. 研究成果：③フロントサッシ接合部の耐力試験・評価法の整備

- ・ 周囲の躯体との接合部の許容耐力評価のための試験・評価法を検討・整備。許容耐力と業界基準での風圧力との比較による安全性の確認方法を提示。
  - ・ ユニット試験(耐風圧性試験)により、既往の被害例でみられた脱落・転倒の起因となりうる接合部の損傷を確認。
  - ・ 標準的な設計・施工プロセスを把握し、強風被害の検証のための技術資料を整備。
- ⇒ **フロントサッシ接合部の試験・評価法のとりまとめ【令第82条の4・関連告示を補完】**



11



## 7. 成果の普及等(令和3年度以降の取組み)

### ① 瓦屋根

- ・ 令和3年7月: 成果を反映した「2021年改訂版 瓦屋根標準設計・施工ガイドライン」の発行。
- ・ 令和3年8～9月: 講習会での成果の周知・普及(主催: 日本建築防災協会、約1,600名受講)。
- ・ 令和4年1月～: 瓦屋根に関する改正告示の施行。改正告示に準拠した方法として、成果の実効的な普及が期待。

「2021年改訂版 瓦屋根標準設計・施工ガイドライン」(監修: 国土技術政策総合研究所・建築研究所、発行: 全日本瓦工事業連盟ほか) ⇒

### ② 木造小屋組

- ・ 令和3年11月: 成果を反映した解説書「木造軸組構法住宅の構造計画」増補版の発行。
- ・ 令和3年11月～: 講習会での成果の周知・普及(主催: 日本住宅・木材技術センター)。



### ③ フロントサッシ

- ・ 令和3年7月: 成果をとりまとめた「アンカー部強度試験及び許容耐力評価方法」等を、日本サッシ協会からフロントサッシメーカーに周知。
- ・ 令和4年4月～: 成果を反映した業界基準「アルミフロント品質基準」改訂版の発行。※発行までは、各メーカーでの商品確認、体制整備等に要する準備期間

### 令和3年度からの研究課題

- ・ 既存の屋根ふき材を対象に、「既存建築物における屋根ふき材の耐風診断・補強技術評価に関する研究(令和3～5年度)」において、耐風性向上に資する研究を継続。

### 成果に関する公表論文等

- ・ 喜々津、山崎: 木造小屋組の風圧力に対する引張耐力特性の検証のためのユニット試験, 2021年度日本建築学会大会梗概集, 2021.8.
- ・ 脇山、喜々津、馬立、阿部、小野、倉田、高嶋: フロントサッシと躯体との間の接合部を対象とした耐風性評価に資する実験的検討, 2021年度日本建築学会大会梗概集, 2021.8.
- ・ 喜々津: 屋根ふき材と木造小屋組の耐風性能向上に資する研究の概要, 住宅と木材, 2021.9.

12

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法(施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
建築物の外装材(屋根瓦、フロントサッシ)と木造小屋組の耐風性の確保に資する構造方法等を明確化	屋根瓦の仕様検証及び耐力試験・評価法の整備	<p>既往の調査では現行ガイドラインの一定の効果が確認されたが、沿岸部で局所的な強風による被害も確認されたことから、同ガイドラインの内容をアップデートするための以下の検討を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 瓦屋根の「標準工法」を検証した。</li> <li>• 引き上げ試験結果をもとに、基準風速ごとに採用できる仕様を「標準仕様」として明確化した。さらに「標準仕様」とは別に、沿岸部等での採用を推奨するための、より高い耐風性能を有する仕様も整備した。</li> <li>• 椽瓦の許容耐力算出のための単調引き上げ試験・評価法を提案した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 「2021年改訂版 瓦屋根標準設計・施工ガイドライン」に成果を反映した。これは2021年7月に発行済み。</li> <li>• 成果を改正後の告示基準に従った工法・仕様、社整備「強風対策」の受け皿として位置づけた。</li> </ul>	○	
	木造小屋組の耐風性に配慮した仕様の整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 木造住宅工事仕様書に定める垂木・小屋東上下端の接合方法等を対象に、接合部試験と既往データの調査・収集を実施し、各方法ごとの耐力特性を確認した。</li> <li>• 風圧力と各接合方法の耐力との比較により、基準風速に応じて採用できる接合方法を明確化した。さらに、沿岸部等での採用を推奨するための、より高い耐風性能を有する仕様も整備した。</li> <li>• ユニット試験により、小屋組全体の損傷進展過程等を把握した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 解説書「木造軸組構法住宅の構造計画」増補版に成果を反映する。</li> <li>• 成果を社整備「強風対策」の受け皿として位置づける。</li> </ul>	○	
	フロントサッシ接合部の耐力試験・評価法の整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 周囲の躯体と間の接合部の許容耐力の評価に資する試験方法を検討した。検討した方法は安定的に加力できることを確認し、許容耐力の評価法を整備した。</li> <li>• 実大の三連窓の試験体でユニット試験(耐風圧性試験)を実施し、被害が確認された接合方法ではサッシの脱落・転倒の起因となりうる接合部の損傷を確認した。</li> <li>• 強風被害につながる損傷の再現やフロントサッシの標準的なプロセスの把握を含め、サッシの強風被害の発生を検証するための基礎的な技術資料を整備した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 「アルミフロント品質基準」改訂版に成果を反映する。</li> </ul>	○	

<目標の達成度> ◎:目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。○:目標を達成できた。△:あまり目標を達成できなかった。  
×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

- 屋根瓦、木造小屋組、フロントサッシの耐風性の確保に資する構造方法等を明確化し、関係団体発行のガイドライン等へ反映することにより、法令の構造関係規定を補完。
- 新築建築物における屋根瓦、木造小屋組、フロントサッシの耐風性能が確保され、気象災害時の被災リスクの低減に貢献。

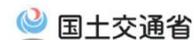
13



社会資本整備審議会 建築分科会 建築物等事故・災害対策部会「建築物の強風対策」と本研究との関係

参考①

令和元年房総半島台風を踏まえた建築物の強風対策(案)



<p><b>1. 屋根ふき材に対する強風対策</b></p> <p>①建築基準法の告示基準の改正</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 瓦屋根のガイドライン工法を建築基準法の告示基準に位置付け、新築時等に義務付ける。</li> <li>• 平成17年国交省告示第566号の枠組みを活用し、既存不適格建築物の増改築時に、増改築部分以外の既存部分へは、新基準を基本的に遡及適用しない扱いとする。</li> </ul> <p>②沿岸部仕様の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 沿岸部向けの対策については、十分な知見の蓄積がないため、国総研等において試験等を実施し、望ましい緊結方法のあり方について検討を進める。</li> </ul> <p>③既存建築物の屋根ふき材の改修の促進</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 強化される告示基準に適合させるための屋根ふき材の改修等に対する支援制度の活用について周知を図るとともに、さらなる支援策の必要性について検討</li> <li>• 屋根ふき材の補強技術(部分改修を含む)の評価方法等について、国総研等において開発を進める。</li> </ul> <p>④屋根ふき材の耐風性能の見える化の推進</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 上記の対策を踏まえて、住宅性能表示制度における耐風等級の見直し(屋根ふき材の耐風等級の追加)を検討</li> </ul>	<p>本研究の項目</p> <p>①屋根瓦の仕様検証及び耐力試験・評価法等の整備</p>
<p><b>2. 小屋組に対する強風対策</b></p> <p>○沿岸部仕様の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 沿岸部向けの対策については、十分な知見の蓄積がないため、国総研等において試験等を実施し、望ましい緊結方法のあり方について検討を進める。</li> </ul>	<p>②木造小屋組の耐風性に配慮した仕様の整備</p>
<p><b>3. 基準風速の検証</b></p> <p>○現行の建築基準法の基準風速の妥当性の検証(全国)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 最新の気象データの分析により、現行の基準風速の妥当性を検証(全国)</li> </ul>	

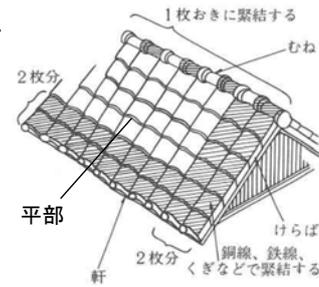


### 改正の概要

建築物の瓦屋根に係る現行の仕様基準(S31年に政令に規定、S46年に告示に移行)を改正し、業界団体※1作成の「瓦屋根標準設計・施工ガイドライン」の仕様を義務化する。

#### <主な改正事項>

(緊結箇所)	軒、けらば(端部から2枚までの瓦) むね(1枚おきの瓦)	⇒	軒、けらば、むね、平部の全ての瓦
(緊結方法)	銅線、鉄線、くぎ等で緊結	⇒	瓦の種類、部位、基準風速に応じた緊結方法を規定



### 改正告示概要

瓦屋根は、以下の緊結方法又はこれと同等以上に耐力を有する方法でふくこと。ただし、平成12年建設省告示第1458号に従った構造計算によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合はこの限りではない。

緊結箇所	<b>全ての瓦</b>	
緊結方法(※2)	軒、けらば	<b>3本のくぎ等(くぎ*又はねじ)で緊結</b>
	むね	<b>ねじで緊結</b>
	平部	<b>くぎ等で緊結(詳細は下表参照)</b>
耐久性	屋根ふき材・緊結金物にさび止め・防腐措置をすること	

#### 棧瓦の種類

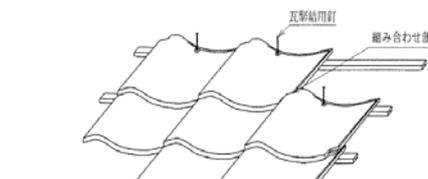


#### <平部の瓦の緊結方法>

\*容易に抜け出ないように加工したものに限る。

瓦の種類	基準風速V <sub>0</sub> ※3		
	30m/s	32~36m/s	38~46m/s
F形	くぎ等2本で緊結	くぎ等2本で緊結	使用不可
J形、S形			
防災瓦(J形、S形、F形)	くぎ等1本で緊結		

#### 防災瓦(J形・組み合わせぎ\*\*)



\*\*フックその他これに類する部分によって構造耐力上有効に組み合わせる方法

※1 (社)全日本瓦工事業連盟、全国陶器瓦工業組合連合会、全国厚形スレート組合連合会

※2 緊結強度は銅線、鉄線、くぎ、ねじ

※3 平成12年建設省告示第1454号に規定

資料

令和3年度第5回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第一部会） 議事次第・会議資料

# 令和3年度第5回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）

## 議事次第

日時：令和3年11月2日（火）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 評価  
    <令和2年度終了の事項立て研究課題の終了時評価>
  - ・下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究
  - ・避難・水防に即応可能な情報伝達のための決壊覚知・氾濫実況予測に関する研究
  - ・大規模地震に起因する土砂災害のプレアナリシス手法の開発
  - ・洗掘の被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と改造マニュアルの開発
6. 国総研所長挨拶
7. 閉会

## 会議資料

	頁
資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）委員一覧	127
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	128
資料3 研究課題資料	
3-1 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究	129
3-2 避難・水防に即応可能な情報伝達のための決壊覚知・氾濫実況予測に関する研究	140
3-3 大規模地震に起因する土砂災害のプレアナリシス手法の開発	148
3-4 洗掘の被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と改造マニュアルの開発	156

注) 資料3については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

注) 資料3の一部の図表等について、著作権等の関係により非掲載としている。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会  
(第一部会) 委員一覧

第一部会

主査

古関 潤一 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 教授

委員

鼎 信次郎 東京工業大学環境・社会理工学院  
土木・環境工学系 教授

里深 好文 立命館大学理工学部 教授

菅原 正道 (一社)建設コンサルタンツ協会 技術委員会委員長  
パシフィックコンサルタンツ株式会社  
取締役 常務執行役員

関本 義秀 東京大学空間情報科学研究センター 教授

田村 圭子 新潟大学危機管理本部危機管理室 教授

戸田 祐嗣 名古屋大学大学院工学研究科 教授

中島 典之 東京大学環境安全研究センター 教授

濱岡 秀勝 秋田大学大学院理工学研究科システムデザイン工学  
専攻土木環境工学コース 教授

※五十音順、敬称略

## 評価方法・評価結果の扱いについて

（第一部会）

### 1 評価の対象

令和2年度に終了した事項立て研究課題の終了時評価

### 2 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を今後の研究の目的、計画等へ反映することを目的とする。

### 3 評価の視点

必要性、効率性、有効性の観点を踏まえ、「研究の実施方法と体制の妥当性」「目標の達成度」について終了時評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

（初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組

中期段階：実用化に向けた取組

後期段階：普及あるいは発展に向けた取組

### 4 進行方法

（1）評価対象課題に参画等している委員の確認

評価対象課題に参画等している委員がいる場合、対象の委員は当該研究課題の評価には参加できない。（該当なし）

（2）研究課題の説明（10分）

（3）研究課題についての評価（15分）

① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。

② 審議内容、評価等をもとに、主査が総括を行う。

### 5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

### 6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

# 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究

- 研究代表者 : 下水道研究部長 南山 瑞彦  
 課題発表者 : 下水道研究室長 岡安 祐司  
 関係研究部 : 下水道研究部  
 研究期間 : 平成30年度～令和2年度  
 研究費総額 : 約45百万円  
 技術研究開発の段階 : 中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

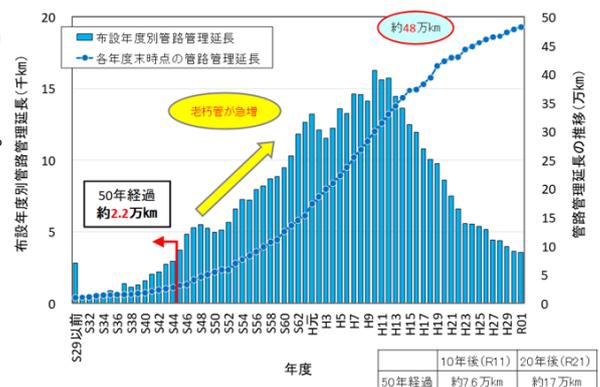


## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

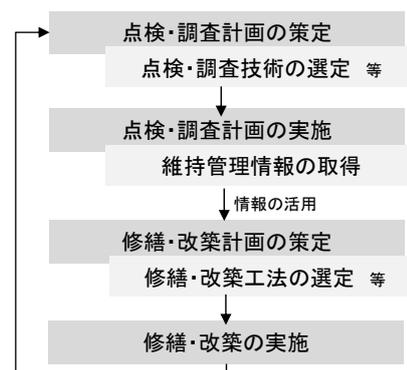
- 下水道管路ストックは令和元年度末時点で約48万kmと膨大になり、標準耐用年数50年を経過した管渠の延長は現時点では約2.2万km(総延長の5%)だが、10年後は7.6万km(16%)、20年後は17万km(35%)と今後急速に老朽管が増加する。
- 老朽化等に起因する道路陥没は年間約2,900件発生(R1年度)。
- 平成27年の下水道法改正により、腐食のおそれの大きい箇所5年に1回以上の点検や異常判明時の措置等が地方公共団体に義務づけられ、法定事業計画に基づく点検調査が本格化している。
- これまで、国交省や企業等において、管路の点検調査の効率化・高速化を目的に、机上スクリーニング手法の検討や点検調査技術の開発等に取り組んできている。
- しかし、地方公共団体の下水道職員数が減少し、人口減少による下水道使用料収入の減少など財政状況も厳しくなる中、より効率的な管路の点検・調査や管路管理に係るコストの最適化が必要である。

■ 管路施設の年度別管理延長(R1末現在)



### 課題

- 現在、管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定の考え方が明確でないことに加え、スクリーニング調査方法など新技術の開発加速により技術の多様化が進み、予算・人材の限られる中小都市では効率的な点検・調査手法の選定・実施が困難な状況。
- 平成27年の下水道法改正等により、地方公共団体において点検・調査結果等の情報が蓄積されつつあるが、これら維持管理情報をどのように効率的な修繕・改築等につなげ、適切な管路マネジメントサイクルを構築していくかが課題。



基本的な管路マネジメントサイクル



## 2. 研究開発の目的・目標

### 目的・目標

効率的かつ実効性のある管路マネジメントサイクルの構築を実現し、管路システムの持続的な機能確保及びコスト最適化を図ることを研究開発の目的とし、以下の項目を開発目標として研究を実施した。

- ①効率的な点検調査を実施するため、管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定手法を開発する。
- ②事故リスクの低減を図りながら経済的に管路施設を管理するため、維持管理情報を活用した修繕・改築工法の選定手法を開発する。

### 必要性

#### インフラの維持管理・更新に関する政府の方針(平成29年度:研究開始時)

- 経済財政運営と改革の基本方針2017(H29.6閣議決定),未来投資戦略2017(H29.6閣議決定)  
「快適なインフラ・まちづくり」を戦略分野として、政策資源を集中投入し、老朽化施設の更新において効率性と安全性を両立させ、安定した維持管理・更新を浸透させていくこととしている。
- 下水道法改正(H27下水道法改正)  
管路のうち腐食のおそれの大きい箇所について、5年に1回以上の点検や異常判明時の措置等を地方公共団体に義務づけ、法定事業計画に点検の方法・頻度を記載することとしている。
- 社会資本整備重点計画(H27.9閣議決定)  
政策パッケージとして、「メンテナンスサイクルの構築による安全・安心の確保とトータルコストの縮減・平準化の両立」、「メンテナンス技術の向上とメンテナンス産業の競争力の強化」が位置づけられ、戦略的な維持管理・更新を推進することとしている。

(参考)令和3年度に策定された政府方針

- 経済財政運営と改革の基本方針2021(R3.6月閣議決定)
  - ・新技術等の導入促進や集約・再編等の広域的取組による公的ストック適正化も含め予防保全型のメンテナンスへの早期転換を図る。
- 成長戦略フォローアップ(R3.6月閣議決定)
  - ・インフラメンテナンスの効率化を図るため、新技術やデータの利活用、包括的民間委託等を円滑に導入できる仕組みを2024年度までに検討するとともに、官民の技術マッチング等を図るためインフラメンテナンス国民会議の機能を強化する。

2



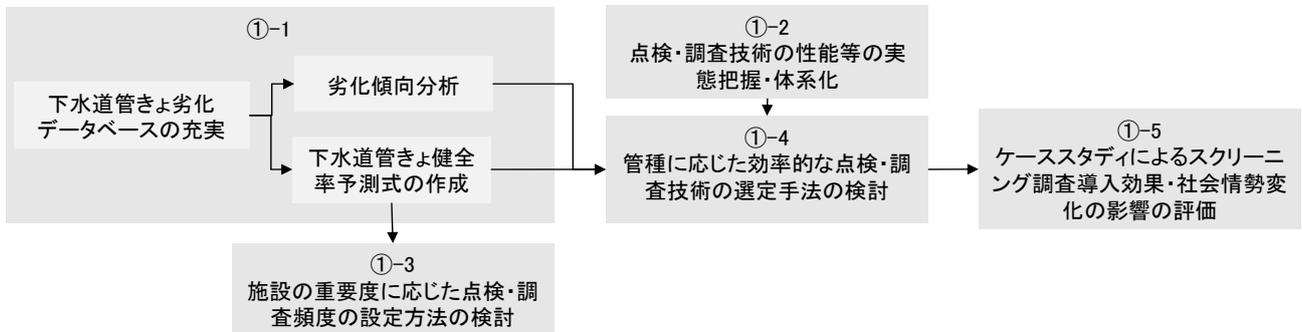
## 3. 研究開発の概要

### 研究開発の概要

- 本研究では、効率的かつ実効性のある管路マネジメントサイクルの構築に向け、管材の種類等の状況に応じた点検・調査技術の効率的な選定手法を検討するとともに、蓄積された維持管理情報を活用した、効率的な修繕・改築工法の選定手法を検討した。

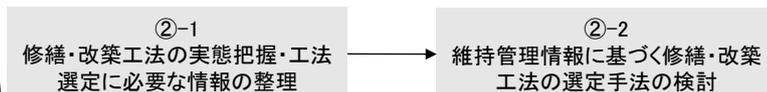
#### 研究開発目標①

管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定手法の開発



#### 研究開発目標②

維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発



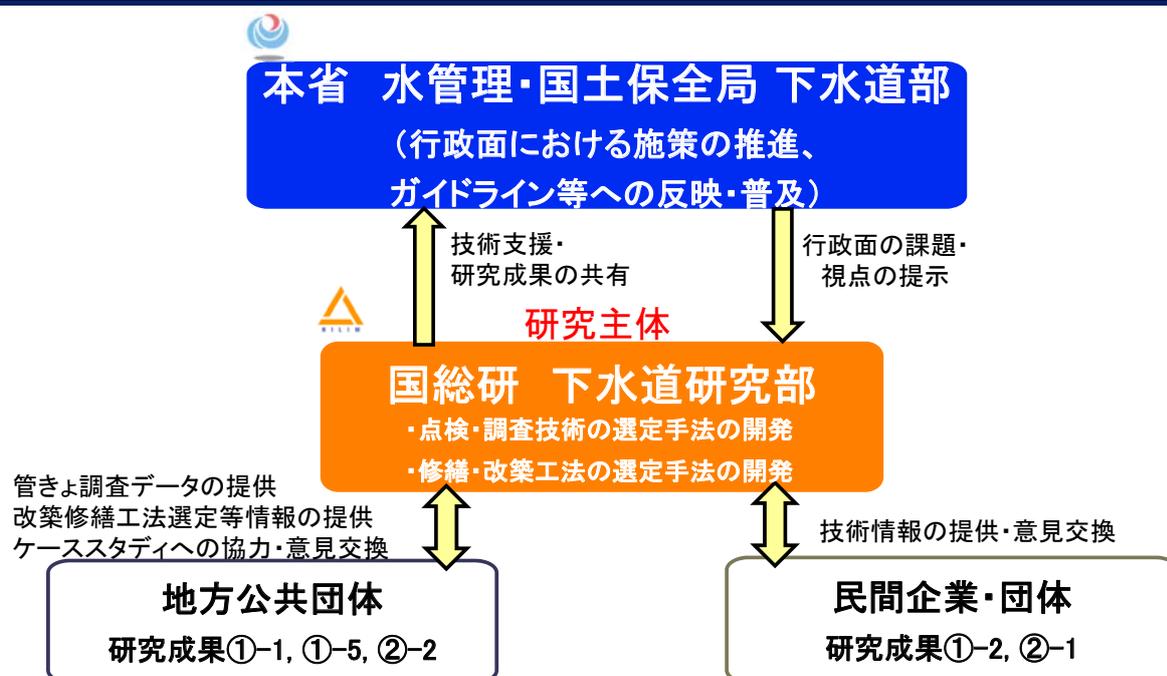
3

## 4. 研究のスケジュール

区分(目標、テーマ、分野等)		実施年度			総研究費
		H30	R1	R2	研究費配分
(研究費[百万円])		16	16	13	総額45 [百万円]
① 管材の種類など に応じた点検・調査 技術の選定手法 の開発	①-1 下水道管きよ劣化データベースの充実・劣化傾向分析・健全率予測式作成	[Gantt chart: H30, R1]			約30 [百万円]
	①-2 点検・調査技術の性能等の実態把握・体系化	[Gantt chart: H30]			
	①-3 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討	[Gantt chart: R1]			
	①-4 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法の検討	[Gantt chart: R1, R2]			
	①-5 ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価	[Gantt chart: R2]			
② 維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発	②-1 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理	[Gantt chart: H30]			約15 [百万円]
	②-2 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討	[Gantt chart: R1]			

4

## 5. 研究の実施体制



### 効率性

地方公共団体や民間企業との連携の下、点検・調査及び修繕・改築等の実施状況や技術等に関する情報を収集するとともに、これまで国総研や他研究機関で蓄積してきた管路劣化等に関する知見も活用して効果的に分析・検討を行うなど効率的に研究を実施した。また、国土交通本省下水道部と連携し、ガイドラインへの反映等により成果の早期普及を図った。

5



## 6. 研究成果:①-1 下水道管きよ劣化データベースの充実・劣化傾向分析・健全率予測式作成

- 下水道管きよ劣化データベースを充実し、公開した(令和3年6月)。
- 劣化傾向の分析を行なった。
- 下水道管きよ健全率予測式を作成し、公開した(令和3年6月)。

### ●下水道管きよ劣化データベースの充実

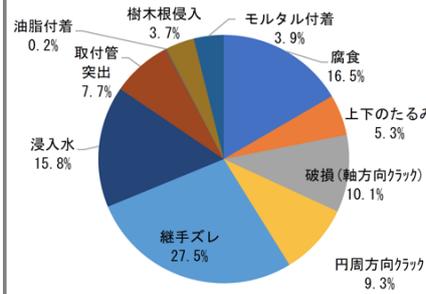
- 平成29年(2017年)公開版(Ver.2)から約5.9万スパン分を追加(24%増)し、計60地方公共団体、約31万スパン分のデータをVer.3として公開(R3.6月)。
- 点検調査データの蓄積の少ない地方公共団体の点検調査優先箇所や改築需要予測の検討に活用可能。



- 【参考】
- 劣化データベース(公開版ver.3)のカバー率:約2%
    - ・データベース約31万スパン:約9,000km
    - ・全国の整備済み下水道管きよ:約48万km
  - 次は、令和7年度初旬を目処に拡充予定

### ●劣化傾向分析

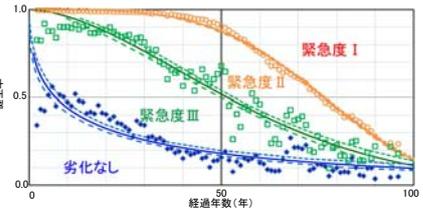
- 劣化データベースのデータに基づき、管種ごとの異常発生傾向を分析した。
- 異常発生傾向を考慮した管きよの点検・調査技術の選定により、異常の発見の効率化と、不具合発生 of 未然防止につながる。



コンクリート管の異常発生割合

### ●下水道管きよ健全率予測式作成

- 劣化データベース(分析用・非公開)のデータに基づき、健全率予測式2021を作成し公開(R3.6月)。
- 点検調査データの蓄積の少ない地方公共団体において、管路施設全体の劣化状態(緊急度)や将来の改築需要を予測する際に活用可能。(→参考資料2参照)



コンクリート管の健全率予測式

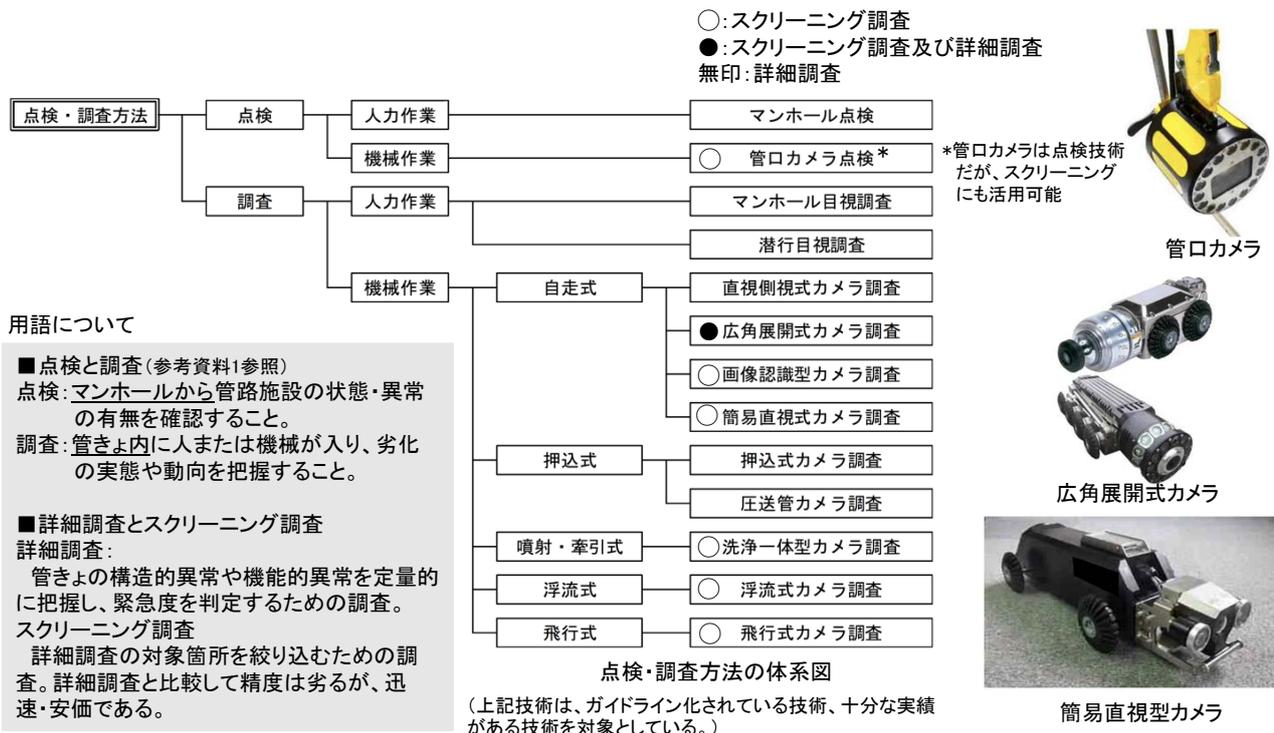
- 【参考】
- 劣化データベース(分析用)のカバー率:約3%
    - ・データベース約46万スパン:約14,000km
    - ・全国の整備済み下水道管きよ:約48万km
  - 次は、令和7年度初旬を目処にデータベースを拡充し、健全率予測式を更新予定

6



## 6. 研究成果:①-2 点検・調査技術の性能等の実態把握・体系化

- スクリーニング調査方法など新技術の開発加速により多様化が進む下水道管きよ点検・調査技術に関し、文献調査や企業へのヒアリング等を通じ、その技術概要や適用範囲等を調査し、整理体系化した。
- 「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン(令和2年3月 国交省下水道部・国総研下水道研究部)【参考資料3】」に反映された。→点検・調査手法の選定の円滑化を促進につながる。

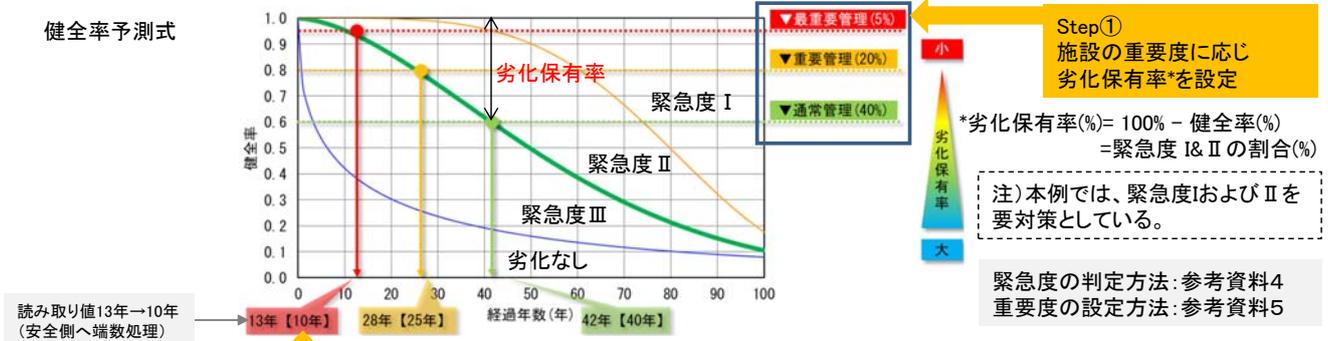


7



## 6. 研究成果: ①-3 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討

- 予算や人員の制約等により、下水道維持管理指針で示されるような頻度(10年に1回)での詳細調査が困難な場合が多いため、管きよの重要度に応じたメリハリのある調査頻度を設定する必要がある。
- 本研究では、管きよの重要度に応じて「劣化保有率」を設定することで、点検・調査頻度を設定する手法を提示した。
- 本手法は、「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン(令和2年3月 国交省下水道部・国総研下水道研究部)」に反映された。
- 従来手法(信頼性重視保全)と比較して設定が容易であり、維持管理情報が少なく独自に点検・調査頻度の設定が困難な都市における活用が期待される。



Step②  
劣化保有率が設定値となる経過年数 = 点検調査1回目(着手時期)とする。

頻度区分	前回点検・調査結果		最重要管理 【線的管理】	重要管理 【線的管理】	通常管理 【面的管理】
	判定	対策区分			
1回目 (着手時期)	—	—	10年	25年	40年
2回目以降 (サイクル)	劣化なし	改築を実施 修繕を実施	5年*	10年*	20年*
	緊急度 I または II				
	緊急度 III				

※ 予防保全の観点から1回目の頻度の概ね1/2以下に設定。

Step③  
2回目以降の頻度は、前回の点検調査結果もしくは対策に応じ設定。

例えば、1回目の点検調査の結果、改築を実施した場合、2回目の調査点検時期は、1回目と同様の時期とする。

8

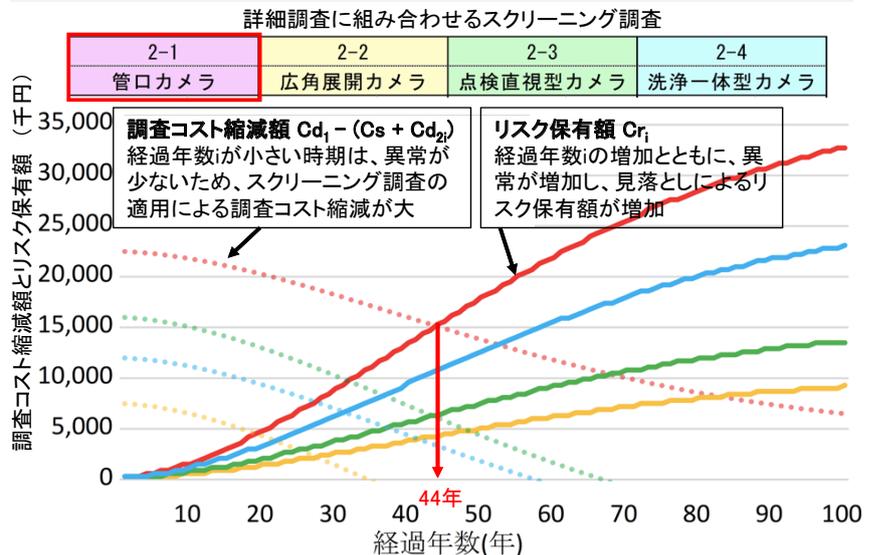
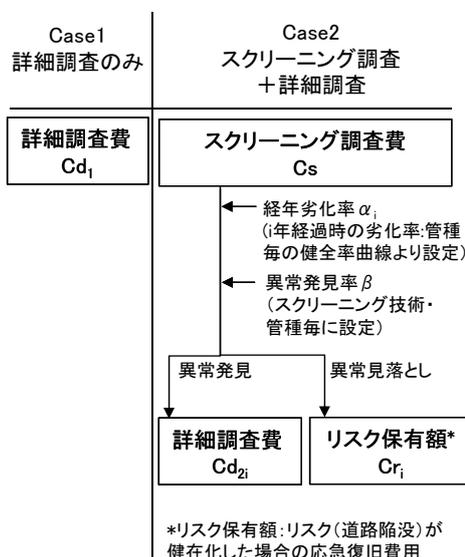


## 6. 研究成果: ①-4 管種に応じた効率的な点検調査技術の選定手法の検討

- 膨大な下水管きよに対し詳細調査を行うことは、コスト・人員面等の制約の中で困難な状況にある。
- そのため、迅速かつ安価なスクリーニング調査で、ある程度の異常を把握した後に、詳細調査を実施することが有効。
- しかし、スクリーニング調査は異常を一定程度見落としすることがあり、リスクを保有することにつながる。
- 本研究では、スクリーニング調査による異常見落としによるリスク保有も勘案した経済性比較により、管種に応じた点検調査技術の選定を行う手法を提示した。

スクリーニング調査の活用の  
経済性比較手法

コンクリート管※におけるスクリーニング調査の活用による調査コスト縮減額とリスク保有額の試算例 (※本研究では、陶管・塩ビ管についても同様の手法を提示。)



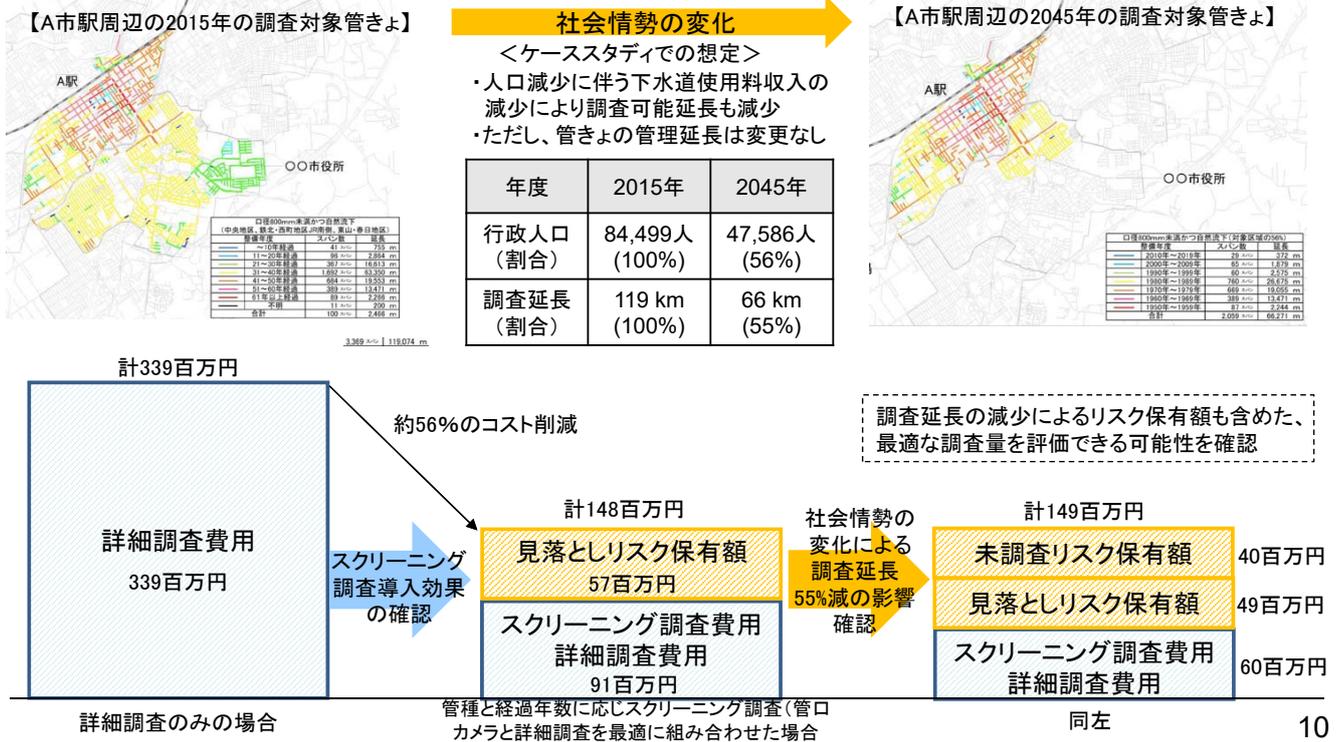
→ 本試算例では、コンクリート管設置から44年までは、管口カメラ(スクリーニング) + 詳細調査の組合せが経済的であり、それ以降は、詳細調査のみが経済的。

9



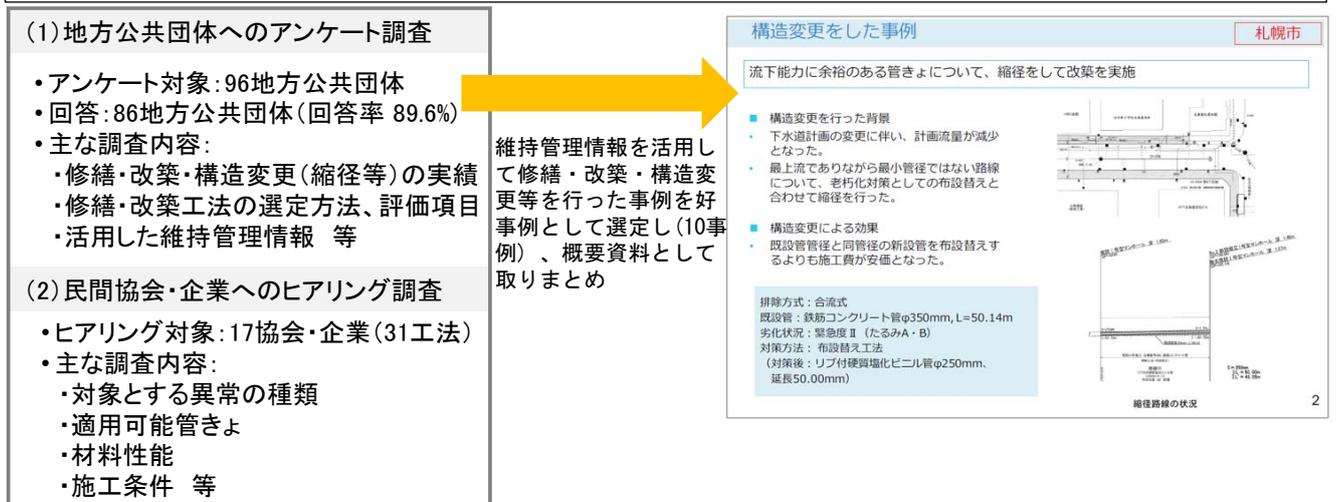
## 6. 研究成果:①-5 ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価

- 研究成果①-4で検討した点検・調査技術の選定手法を用いたケーススタディにより、スクリーニング調査の導入によるコスト削減効果を確認した。
- また、人口減少に伴う下水道使用料収入の減少の影響で調査延長が縮小した場合における、リスク保有の影響を定量的に評価した。



## 6. 研究成果:②-1 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理

- 地方公共団体に対し、修繕・改築工法選定に関する実態調査を実施し、修繕・改築工法選定に用いた維持管理情報や判断基準等を確認するとともに、工法選定の参考となる好事例(10事例)を抽出し、概要資料として取りまとめた。
- また、多種多様な修繕・改築工法について、民間協会・企業ヒアリングを通じ適用範囲等を整理した。
- 以上の成果に基づき、修繕・改築工法選定に必要な維持管理等情報を整理した。



情報の種別	工法選定に必要な維持管理等情報
維持管理情報 (調査により把握した異常項目)	腐食、たるみ、逆勾配、マンホール部逆段差、破損、軸方向クラック、円周クラック、継手ズレ、浸入水
管きよ情報	管種・形状・管径・最大施工延長・施工幅・取付管同時施工の必要性
施工条件	供用中の施工・滞留水の水深・施工スペース・施工時間の制約



## 6. 研究成果:②-2 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討

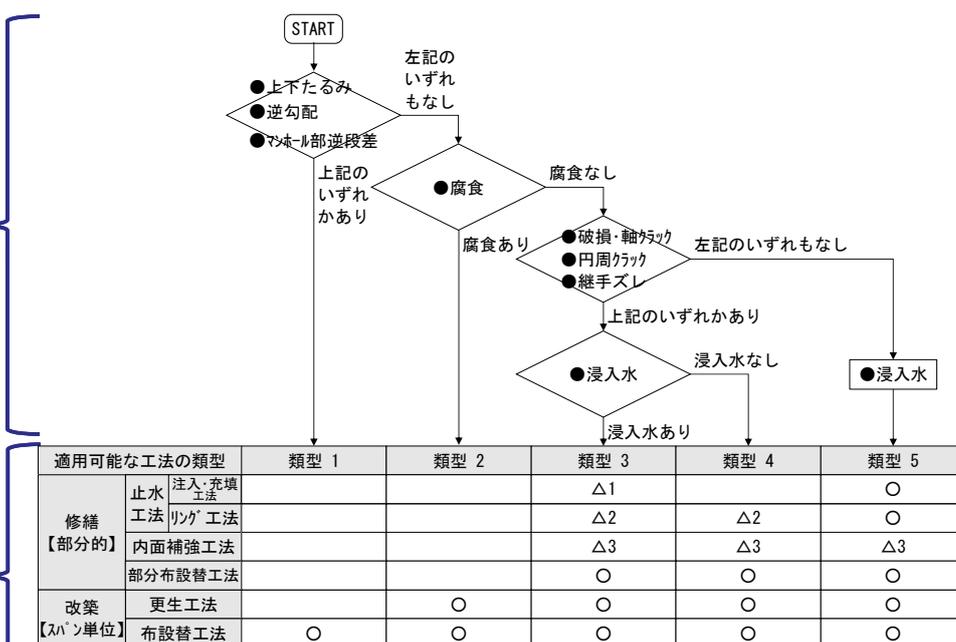
- 20工法以上\*の多種多様な修繕・改築工法のすべてについて経済性(LCC)比較等の詳細検討を行うことは非効率。
- そこで、修繕・改築工法選定プロセスを効率化するため、研究成果②-1で整理した、異常項目と適用可能な修繕・改築工法の整理に基づき、詳細検討すべき工法の類型を絞り込むための一次選定(スクリーニング)のフローを提示した。

\*「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015年版-(H27.11)」に示された修繕・改築工法の種類数

維持管理情報  
(●調査により把握した異常項目)

技術的に適用可能な工法の  
類型を絞り込み

絞り込まれた工法の類型に対し、  
経済性比較を実施し工法を選定  
(地方公共団体の参考となるよう、本研究  
では経済性比較のケーススタディを提示)



△1：内面補強工法では対応できない浸入水がある場合に、内面補強工法と併用して実施する。  
△2：円周方向クラックのみ対応可能。止水工法の位置づけであるが、管きよ内の土砂流入の効果も期待できる。  
△3：異常の程度（ランク）によっては、対応できない場合もある。

修繕・改築工法の一次選定(スクリーニング)のフロー



## 7. 成果の普及等

### 実施済みの取組み

- 下水道管きよ劣化データベースVer.3を公開【令和3年6月】  
(平成29年(2017年)公開版(Ver.2)から約5.9万スパン分を追加し、計60地方公共団体、約31万スパン分のデータを掲載)
- 下水道管きよ健全率予測式2021を公開【令和3年6月】
- 「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン(国交省下水道部・国総研下水道研究部)」への反映【令和2年3月】
  - ・下水管きよの点検・調査手法の体系
  - ・管きよの重要度に応じて「劣化保有率」を設定し、点検調査頻度を設定する手法

### 今後の取組み

- 多くの地方公共団体職員や下水道関連企業社員が参加する下水道研究発表会において研究成果を発表。
- 地方公共団体職員やコンサルタント、点検・調査・改築関連企業が事業実施や技術開発の参考として活用できるよう、技術資料(国土技術政策総合研究所資料)として公表。
- 本省下水道部と連携し、今後の下水管きよマネジメントに関連するガイドライン等の策定/改定の資料として活用。
- 現在データが不足している塩ビ管に関するデータ蓄積や劣化メカニズムに関する研究を進め、点検・調査技術の選定手法の精度向上等を図る。

### 発表論文等

- 川島ら(2019),下水管きよの異常に伴うリスクの発生傾向,第56回下水道研究発表会講演集(日本下水道協会),p883
- 川島ら(2019),下水道における管路閉塞の発生傾向に関する調査,土木技術資料(土木研究センター),令和元年11月号,p28-31
- 原口ら(2020),下水道管路の点検調査頻度設定方法に関する検討第,57回下水道研究発表会講演集(日本下水道協会),p79
- 田本ら(2021),下水道管路における道路陥没の実態と新たな点検調査手法の提案,土木技術資料(土木研究センター),令和3年3月号,p8-11



## 8. 事前評価時の指摘事項と対応

### 【総合評価】

研究の実施にあたっては、利用者にとって使いやすい管路の劣化データベースの充実や、中小規模自治体の実情や官民の役割分担も踏まえた社会実装のあり方に留意して勧められたい。

【研究を実施するにあたっての留意事項】	対応
<b>＜下水道管きよ劣化データベース＞</b> ・利用者にとって使いやすい下水道管路情報に関するデータベースの構築に期待する。 ・維持管理情報の収集やデータベースのあり方について十分な検討を進められたい。 ・調査過程で得られる管路内の画像データ等は、今後AIの活用を進める上での貴重な資料であるため、データベースでの蓄積・公開を期待する。	・令和3年6月、「下水道管きよ劣化データベース Ver.3」を公開した。（平成29年のVer.2と比較し5.9万スパンのデータを追加し、登録総データは 60 団体約 31 万スパン分となった。） ・データベース拡充に向け、劣化傾向の分析等を実施した。（継続検討） ・画像データは容量が膨大であるため、公開については、用途・利用方法・管理方法等について今後検討していく。（継続検討）
<b>＜社会情勢の変化への対応＞</b> 人口減少等の社会情勢の変化に伴う下水道インフラの将来像予測とそれへの対応について検討すべき。	人口減少に伴う下水道使用料収入の減少を考慮したケーススタディにより、社会情勢の変化に対応した効率的な点検調査技術の選定手法を提示した。
<b>＜施設重要度の視点＞</b> 管路の不具合が下水道インフラの機能に与える影響は施設ごとに異なるため、施設重要度という視点も入れると良い。	施設の重要性に応じた点検調査頻度の設定方法を提示し、「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの確立に向けたガイドライン（管路施設編）-2020年版-(国交省下水道部・国総研下水道研究部(R2.3月))」に反映された。
<b>＜官民の役割分担＞</b> 将来的な官民の役割分担も踏まえて研究を進める必要がある。	官民連携の推進により、民の役割がマネジメント領域にも拡大していることを踏まえ、データベースの公開・拡充等を通じ、引き続き官民の情報の共有化に努めていく。

14



## 9. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度
効率的かつ実効性のある管路マネジメントサイクルの構築を実現し、管路システムの持続的な機能確保及びコスト最適化を図る	①管材の種類などに応じた点検調査技術の選定手法の開発	①-1下水道管きよ劣化データベースの充実、劣化傾向分析、健全率予測式作成を行なった。	「下水道管きよ劣化データベース Ver.3」、「下水道管きよ健全率予測式2021」を公開（令和3年6月）。地方公共団体等の管路マネジメントに活用されている。	○
		①-2点検・調査技術を体系化した。	「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン（国交省下水道部・国総研下水道研究部）」へ反映（令和2年3月）。地方公共団体等の管路マネジメントに活用されている。	
		①-3施設の重要度に応じた新たな点検・調査頻度の設定手法を提示した。	本省下水道部と連携し、今後の下水道管きよマネジメントに関連するガイドライン等の策定/改定の資料として活用予定。	
		①-4管種に応じた効率的な点検調査技術の選定手法を提示した。（スクリーニング技術適用による見落としリスクの考慮）		
		①-5ケーススタディによりスクリーニング調査導入効果および社会情勢変化の影響を評価した。		
	②維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発	②-1修繕・改築工法の実態把握を行い、修繕・改築工法選定の好事例の概要をとりまとめた。また、修繕・改築工法の選定に必要な維持管理等情報を整理した。	本省下水道部と連携し、今後の下水道管きよマネジメントに関連するガイドライン等の策定/改定の資料として活用予定。	○
		②-2維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法（スクリーニング）を提示した。		

＜目標の達成度＞ ◎:目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。 ○:目標を達成できた。

△:あまり目標を達成できなかった。 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

- ・地方公共団体における効率的かつ実効性のある管路マネジメントサイクルの構築を促進するために有効な情報（下水道管きよ劣化データベース、下水道管きよ健全率予測式等）の作成や具体的な手法（点検・調査技術および修繕・改築工法の選定手法等）の開発を実施したことから、研究開発の目標を達成できたと評価できる。
- ・また、研究成果の一部を迅速に公開するとともにガイドライン等に反映させるなど、研究成果の早期普及および実務の現場への還元を図った。

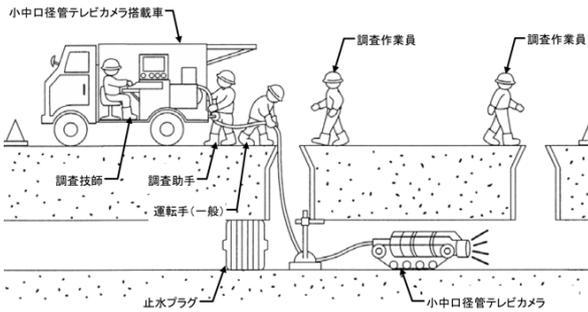
15



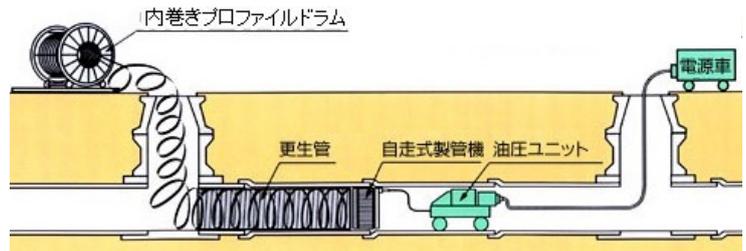
# 参考資料 1 下水道管きよの点検・調査および修繕・改築の定義

管理の種別	実施内容
点検	施設の状態および異常の有無を確認すること。 マンホール内部からの目視、地上からマンホール内に管口テレビカメラを挿入する方法等。
調査	施設の健全度評価等のため、定量的に劣化の実態や動向を確認すること。 調査員による管内潜行目視、テレビカメラ挿入等。
修繕	老朽化、故障、損傷した施設を対象として、所定の耐用年数内において機能を維持させるために行われるもの。
改築	更新または長寿命化対策により、所定の耐用年数を新たに確保するもの。 ・更新：施設を新たに取替えること。 ・長寿命化：施設の一部を新しくすること。

「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの確立に向けたガイドライン(管路施設編)-2020年版-(国土省下水道部・国総研下水道研究部(R2.3月))」に基づき作成



テレビカメラ調査の例



日本SPR工法協会HPより引用

改築(更生工法)の例



# 参考資料 2-1 下水道管きよ健全率予測式とは

- 下水道管きよの健全率：布設済みの全管きよに対する健全な(ある緊急度ランク以上の)管きよの割合のこと。
- 健全率予測式：健全率と経過年数の関係式。TVカメラ調査結果や改築状況等を基に算定する。国総研では、地方公共団体から提供された下水道管きよ劣化データベースのデータ(約46万スパン)に基づき、管種毎に算定し公表。  
→管路施設全体の劣化状態(緊急度)を管種・経過年数毎に予測することが可能となる。

例えば、設置後50年を経過したコンクリート管の全体(100%)のうち、

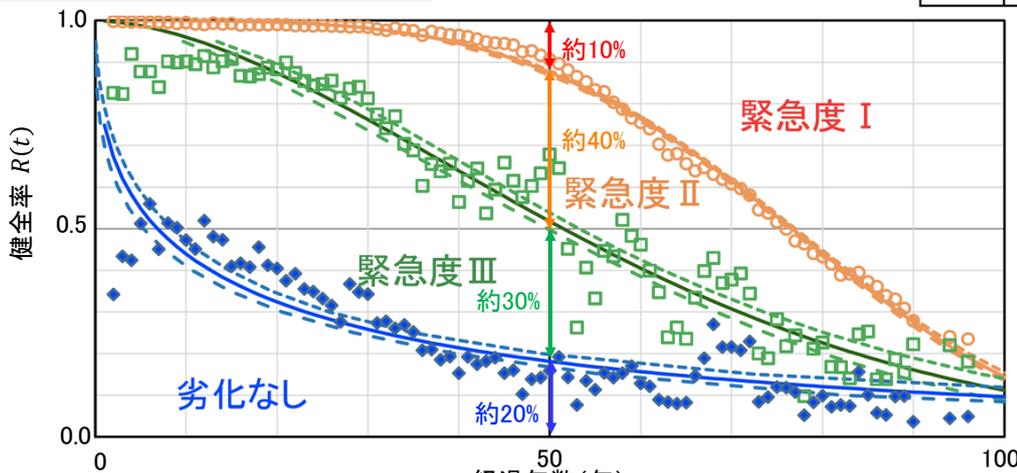
- ・緊急度Ⅰ(重度)の管きよ：約10%
- ・緊急度Ⅱ(中度)の管きよ：約40%
- ・緊急度Ⅲ(軽度)の管きよ：約30%
- ・劣化なし(健全)の管きよ：約20%

要対策  
簡易対策  
対策不要

緊急度Ⅱ以上を要対策とすると、50年経過したコンクリート管全体の健全率は0.5と予測できる。

### 緊急度の区分

区分	緊急度の区分	
緊急度Ⅰ	重度	速やかに措置が必要な場合
緊急度Ⅱ	中度	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合
緊急度Ⅲ	軽度	簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる場合
劣化なし	健全	特別な措置を講じる必要がない場合



健全率

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

t:経過年数、a,b:定数、R<sup>2</sup>:決定係数

項目	劣化なし	劣化なし～緊急度Ⅲ	劣化なし～緊急度Ⅱ
a	20.55	57.75	84.15
b	0.68	1.82	3.92
R <sup>2</sup>	0.89	0.95	1.00

健全率予測式(コンクリート管, 2021年6月公表)



## 参考資料 2-2 ワイブル分布を用いた健全率予測式の導出

- 下水道管きよの経過年数と劣化割合の実測データがワイブル分布に精度良く近似することから、国総研では、ワイブル分布を下水道管きよの健全率予測式の関数モデルとして使っている。
- ワイブル分布とは、機械や物体の故障確率を数式化するのに適した確率分布。ワイブル係数( $b$ )により、初期故障、偶発故障、摩耗故障等の時間経過に応じた故障確率を数学的に記述することが可能。

以下に、ワイブル分布の関数と健全率予測式の関係を示す。

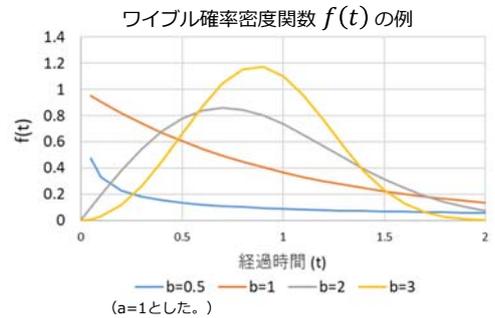
ワイブル確率密度関数  $f(t)$  (時間  $t$  で最初の故障が起こる確率を示す)

$$f(t) = \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

$a$ : 尺度係数 (時間のスケールを決める係数)

$b$ : 形状係数 (ワイブル係数) (分布の形を決める係数)

- $0 < b < 1$  : 初期故障確率
- $b = 1$  : 初期故障後の安定状態における「偶発故障確率」
- $1 < b$  : 劣化に伴い時間と共に故障が多くなる「摩耗故障確率」



ワイブル累積分布関数  $F(t)$

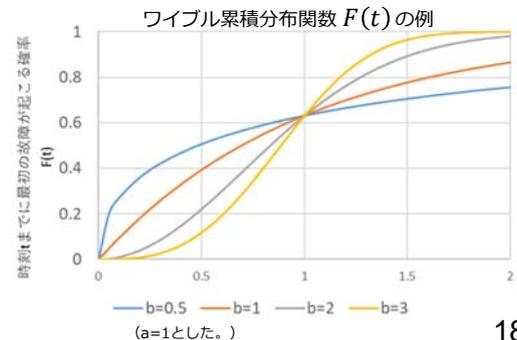
$f(t)$  を 0 から  $t$  まで積分したもの = 時間 0 から  $t$  の間に故障が起こる確率

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

➡ 健全率予測式は、時間 0 から  $t$  の間に故障が起らない(=健全)確率として表すため、以下の式となる。

$$\text{健全率 } R(t) = 1 - F(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

(健全率予測式の作成においては、最小二乗法でパラメータ  $a, b$  を決定している。)



18



## 参考資料 3 「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン(管路施設編)」

(令和2年3月 国交省下水道部・国総研下水道研究部)

- 本ガイドラインは、管路施設を対象に、既存の「下水道維持管理指針(日本下水道協会)」や「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン(国交省下水道部・国総研下水道研究部)」を補完し、マネジメントサイクルの実現に必要な情報の内容や、データベースシステムの効率的な運用方法、維持管理情報等の活用等に関する技術事項を整理したもの。

(ガイドラインP10より抜粋)

【既存のガイドラインに対して充実を図った主な内容】

(ガイドラインP10より抜粋)

### (1) 管路施設における情報管理の内容及びデータベースシステムの運用方法

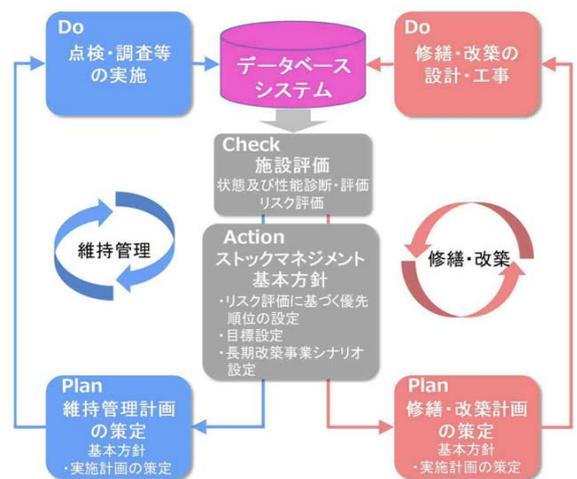
- スtockマネジメントに必要な情報の充実を図るために、管理すべき具体的な情報項目・内容を整理するとともに、情報の段階的な整備方法を整理。
- 各種情報を効率的、効果的に蓄積・活用するために、必要なデータベースシステムの機能や運用形態及び導入方法を整理するとともに、他システムとの情報連携のあり方やシステム管理体制を整理。

### (2) 維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの実施方法

- 維持管理情報等のデータベースシステムを活用したマネジメント業務の手順を整理するとともに、地方公共団体、維持管理者、コンサルタント等の関係者が連携した各種情報の蓄積・共有・活用方法を整理。
- ICT 等を用いた効率的な維持管理情報等の収集・蓄積技術を整理。

### (3) 点検・調査方法の充実

- 技術開発の進むICT 等を用いた点検・調査技術を体系的に整理して示すとともに、維持管理情報を活用したリスク評価により、点検・調査の優先順位や頻度を設定する方法を整理。



維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル

研究成果①-2, ①-3が反映された箇所

19



## 参考資料4 緊急度の判定方法

- 調査の結果発見された異常の程度を、判定基準により診断評価し、その結果をもとに緊急度の判定を行い、修繕・改築等対策の必要性を判断する。

### 【スパン全体評価①】腐食・たるみに関しスパン全体でA,B,Cランク評価

項目	ランク		
	A	B	C
管の腐食	鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態
上下方向のたるみ	管きよ内径700mm未満	内径以上	内径の1/2以上
	管きよ内径700mm以上1650mm未満	内径の1/2以上	内径の1/4以上
	管きよ内径1650mm以上3000mm以下	内径の1/4以上	内径の1/8以上

### スパン全体で評価

管の腐食 上下方向のたるみ (A, B, Cで評価)	A	B	C
----------------------------------	---	---	---

管1本ごとの評価	
破損及び軸方向けり、円周方向けり、継手ズレ、浸入水、取付け管突出し、油脂付着、樹木根侵入、砂り付着、偏平、変形（内面に突出し） (a, b, cで評価)	

不良発生率によるスパン評価 (R2)	
a ランクの不良発生率 a + b ランクの不良発生率 = a, b ランクの合計本数 / 1 スパンの管きよ本数 a + b + c ランクの不良発生率 = a, b, c ランクの合計本数 / 1 スパンの管きよ本数 c ランクの不良発生率 = c ランクの合計本数 / 1 スパンの管きよ本数	
a ランク20%以上 もしくは a + b ランク40%以上 または 縦割れかつ偏平あり もしくは継手ズレのa ランクあり (R2)	A
a ランク20%未満 もしくは a + b ランク40%未満 もしくは a + b + c ランク60%以上	B
a, b ランクがなく、 c ランク60%未満	C

### 【管一本ごと評価】クラック・継手ズレ等に関し管一本ごとに a,b,c ランク評価

項目	ランク		
	a	b	c
管の破損及び軸方向クラック	鉄筋コンクリート管等 欠落 軸方向のクラックで幅5mm以上	軸方向のクラックで幅2mm以上	軸方向のクラックで幅2mm未満
	陶管 欠落 軸方向のクラックが管長の1/2以上	軸方向のクラックが管長の1/2未満	—
管の円周方向クラック	鉄筋コンクリート管等 円周方向のクラックで幅5mm以上	円周方向のクラックで幅2mm以上	円周方向のクラックで幅2mm未満
	陶管 円周方向のクラックでその長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3未満	—
管の継手ズレ	脱却	鉄筋コンクリート管等：70mm以上 陶管：50mm以上	鉄筋コンクリート管等：70mm未満 陶管：50mm未満
浸入水	噴き出ている	流れている	にじんでいる
取付け管の突出し	本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満
油脂の付着	内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
樹木根侵入	内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
モルタル付着	内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満

### 【スパン全体評価②】管一本毎のa,b,c評価からスパン全体でA,B,Cランク評価

### 【緊急度評価】

スパン全体評価①&②から、スパン全体の緊急度 I, II, III, 劣化なしを判定

緊急度の判定 (A, B, Cの合計で判定)	
緊急度 I	スパン評価Aが2項目
緊急度 II	スパン評価Aが1項目もしくはスパン評価Bが2項目
緊急度 III	スパン評価Aがなく、スパン評価Bが1項目もしくはスパン評価Cがある
劣化なし	スパン評価Cもない健全な状態

緊急度の区分		
緊急度 I	重度	速やかに措置が必要な場合
緊急度 II	中度	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合
緊急度 III	軽度	簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる場合
劣化なし	健全	特別な措置を講じる必要がない場合

下水道維持管理指針2014年版(実務編)  
(日本下水道協会)に基づき作成

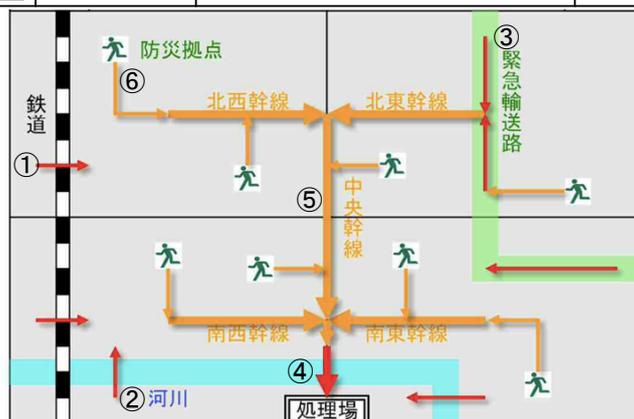


## 参考資料5 重要度の設定方法

- 施設の重要度は、被害規模(影響度)の評価に基づき、「最重要管理」、「重要管理」、「通常管理」等に区分する。
- 被害規模(影響度)の評価にあたっては、「社会的な影響が大きな施設」、「機能上重要な施設」、「事後時等に対応が難しい施設」等の施設特性を総合的に評価する。

### ■事故発生時の社会的影響の大きさを重視した管きよの重要度の区分の例

施設特性	凡例	重要度の区分	対象管きよ	対象管きよ選定の考え方
社会的な影響が大きな施設	→	最重要管理	① 鉄道・軌道横断管きよ	日常または緊急時の交通機能等を確保する
			② 河川横断管きよ	
			③ 緊急輸送路下の管きよ	
			④ 処理場に直結した管きよ	
機能上重要な施設	→	重要管理	⑤ 幹線管きよ	各処理区域の流下機能を確保する
			⑥ 重要な防災拠点につながる管きよ	防災拠点の流下機能を確保する
上記以外	□	通常管理	上記以外の管きよ	—



「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの確立に向けたガイドライン(管路施設編)-2020年版-(国交省下水道部・国総研下水道研究部(R2.3月)」に基づき作成

# 避難・水防に即応可能な情報伝達のための 決壊覚知・氾濫実況予測に関する研究

研究代表者	:	河川研究部長 福濱方哉
課題発表者	:	水環境研究官 服部 敦
関係研究部	:	河川研究部
研究期間	:	令和元年度～令和2年度
研究費総額	:	約30百万円
技術研究開発の段階	:	中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

- 近年、立て続けに洪水氾濫が発生。死者数が2桁に及ぶなど甚大な被害。
- 人的被害等の軽減(災害対策基本法改正：H25年)
  - 市町村長から、立ち退き避難や屋内待避等の避難の勧告・指示
  - 国土交通省は市町村長からの要請に応じて必要な助言を行う
- 被災者が避難行動を起こしたきっかけ(関東・東北豪雨後の調査)
  - 身近な人の呼びかけや自治体等からの通知
  - 氾濫や浸水の発生に関する情報
- 自治体からは氾濫発生や氾濫水到達見込み等を十分に周知できなかった(中央防災会議：H28年)
 

↓
- 大規模氾濫減災協議会の設置、河川管理者からのホットライン等による情報提供・助言をより一層強化(水防法改正：H29年)
- 流域治水プロジェクト(R2年～)：「リアルタイム浸水・決壊把握」を対策の一部として挙げている。

### 課題

- 本研究の切り口⇒よりの確な助言のための裏付けとなる情報のより一層の強化
- 「よりの確」＝「住民等の避難、自衛水防を促すことに繋がる」
  - 「浸水」に関する情報の追加(従来の「雨量」「水位」「巡視」情報に加えて)
  - 氾濫発生により早期把握のための手段の拡充(従来のCCTV、巡視、水位状況に加えて)



## 2. 研究開発の目的・目標

### 目的・目標

- 目的
  - 国河川管理者による「河川・氾濫状況に関する信頼性の高い情報」に裏付けされた助言
- 目標
  - ①決壊・氾濫発生を捉える解析法の構築
    - 1: 決壊覚知
    - 2: 氾濫実況予測
  - ②上記情報の提供(インターフェース)の提案
    - 氾濫水の到達見込み
    - 避難場所、浸水・倒壊想定ゾーンなど
    - 地図上に重ね合わせて表示

### 必要性

- 第5期科学技術基本計画 (H28閣議決定)
  - 自然災害に対して、国民の安全・安心を確保してレジリエントな社会を構築する
- 未来投資戦略2018 (H30閣議決定)
  - 危機管理型水位計を洪水予測等の高度化に活用する

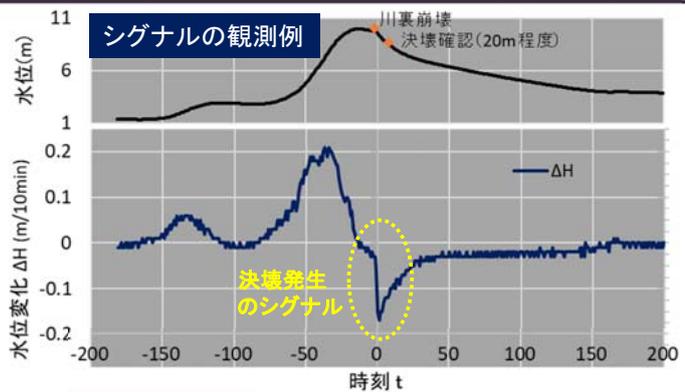


## 3. 研究開発の概要

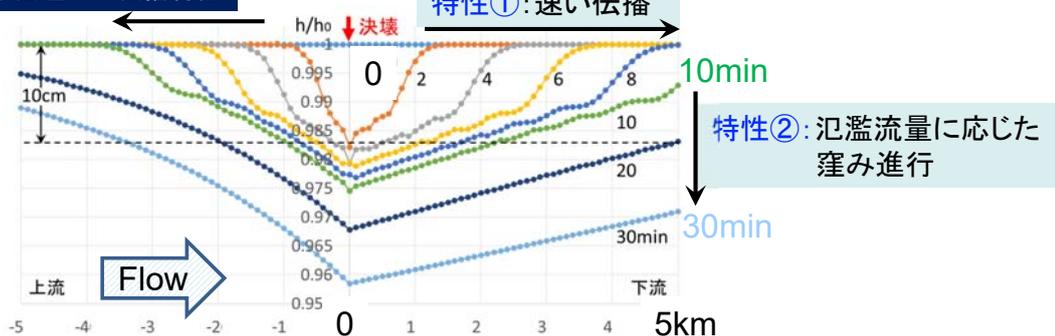
### 研究開発の概要

- 目標①、②について、危機管理型水位計等による水位観測と水位予測との組み合わせによる技術開発を実施
- その水理的な背景は「決壊による水面窪みの伝播」(決壊直後の段波とその後の拡散波の伝播特性)

### 水位計でシグナルをキャッチ

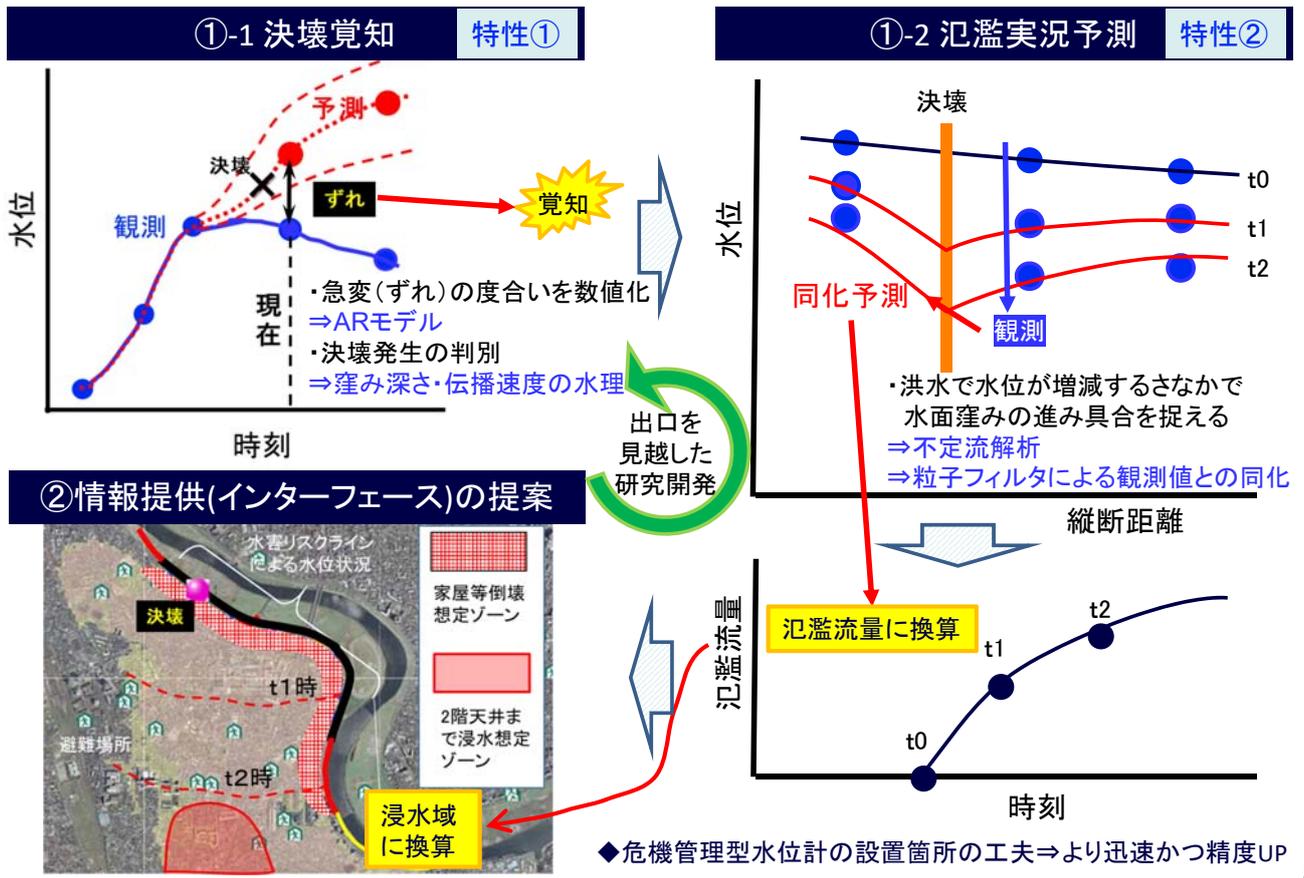


### 水面窪みの伝播特性





### 3. 研究開発の概要



5



### 4. 研究のスケジュール

### 5. 研究の実施体制

区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度		総研究費
	R1	R2	研究費配分
(研究費[百万円])	15	15	総額30
① 決壊覚知および氾濫発生の実況予測手法の開発			約26 [百万円]
② 水防活動に即応できる情報提供の提案			約4 [百万円]



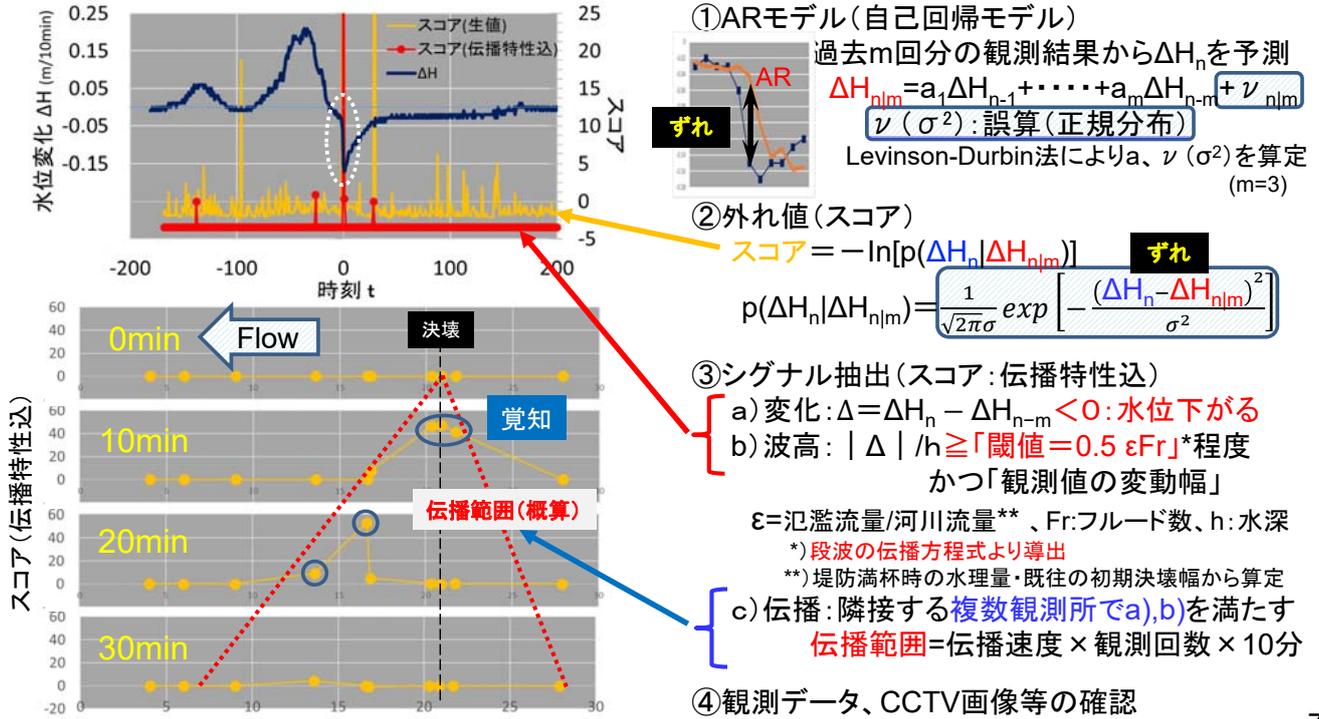
#### 効率性

- ・国総研は、「『水害リスクライン』による連続的な水位等の情報提供」のためのシステム開発を進めており、本省・地方整備局と協働で社会実験を行っている。
- ・本研究で開発する解析法は、『水害リスクライン』に用いられている解析法をもとに機能拡張を加えることで開発されるものである。
- ・また既に構築されている協働体制を活用することで、インターフェースなど「情報提供の提案」のための情報を本省・地方整備局・減災対策協議会(事務所)から得ることが可能である。

6

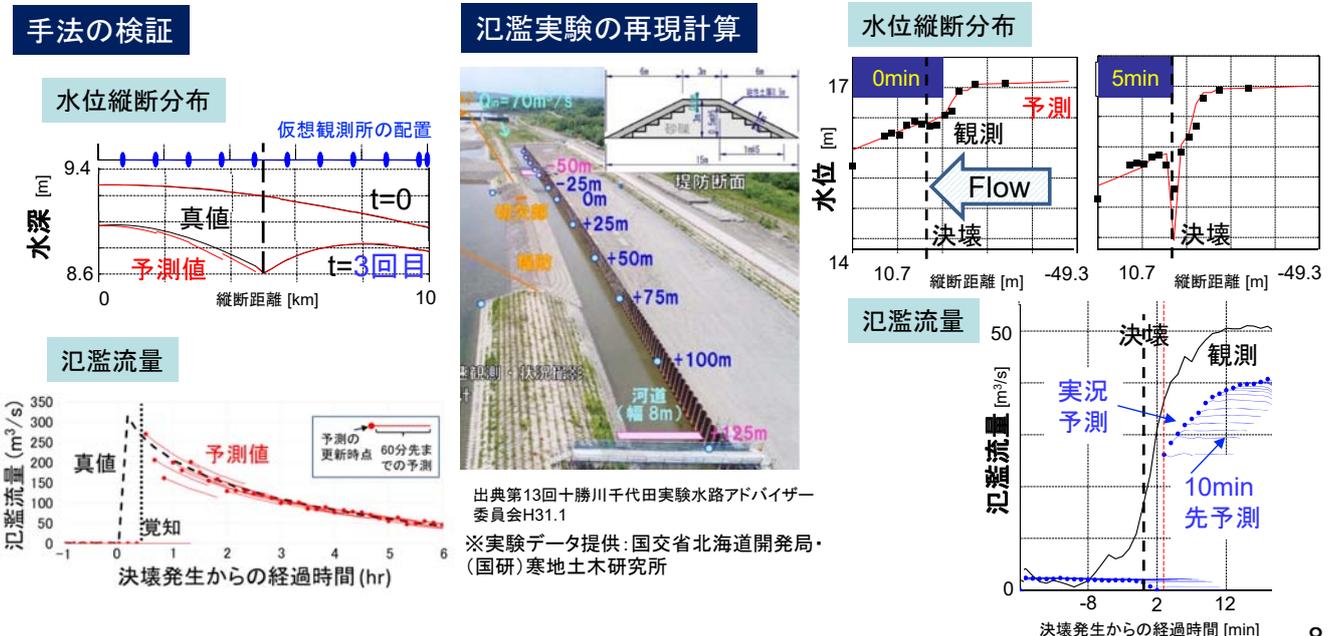
## 6. 研究成果: ①-1 決壊の覚知

- ①~③からなる覚知手法を提案
- <観測データへの適用> 決壊発生から2回目の観測(20分後)で覚知可能なことを確認(3河川で検討)
- [今後の課題] 観測値の時間変動の大きさが、覚知の確からしさ、時間(観測回数)に影響  
決壊発生個所のさらなる絞り込み(観測所間(区間)→地点へ)



## 6. 研究成果: ①-2 氾濫発生の実況予測

- 決壊発生から2回目観測で検知できるとの前提で、3回目以降の観測水位を粒子フィルタで同化することで氾濫流量を推定する一次元不定流解析を提案(氾濫推定の2回分の遅れを3回目を取り戻す解析手順の検討)
- <手法の検証> 決壊氾濫を伴う不定流解析結果を真値として、その再現予測計算を実施: ⇒ 良好な再現性
- <実際の決壊・氾濫への適用> 越流決壊実験※を対象に再現計算⇒増加傾向を「実況」予測は概ね再現(過小評価)
- 10min先予測は観測と乖離: (約10分間での氾濫流量の急増を予測できない)
- [今後の課題] 十分な再現性が得られる観測環境(観測所の配置間隔など)を含めた再現性向上の検討  
より実河川の破堤氾濫状況に近い実測データによる検証



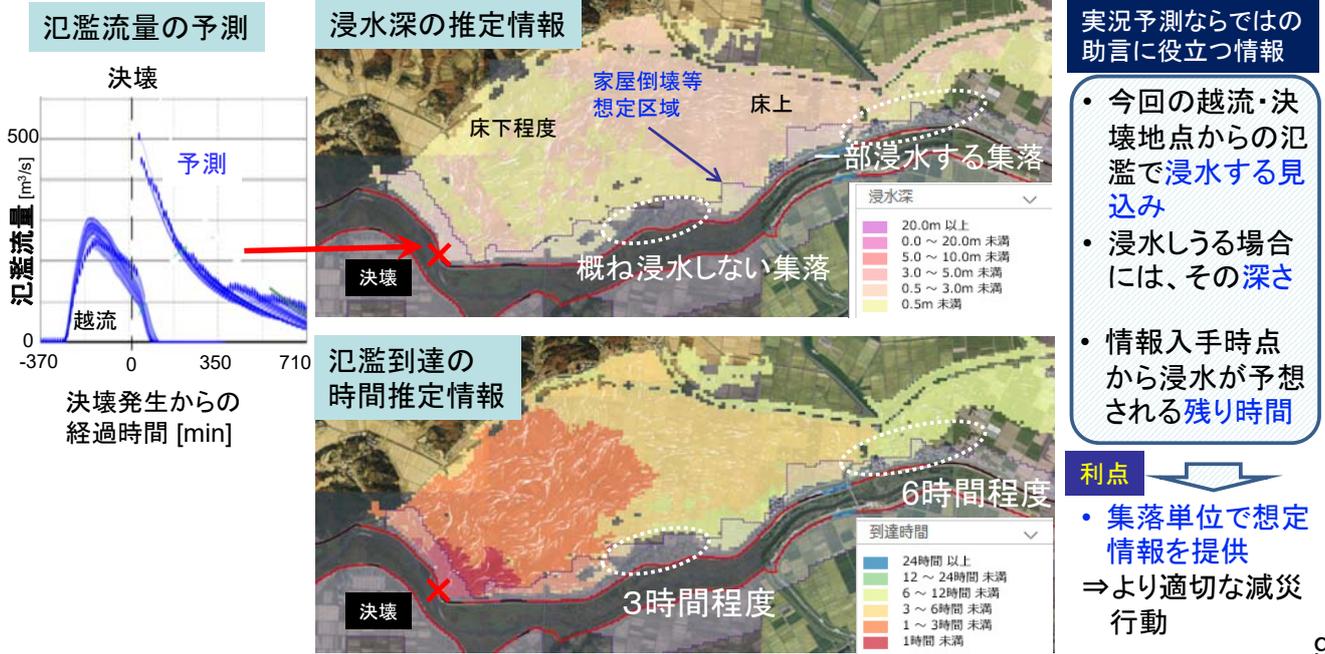


## 6. 研究成果：② 水防活動に即応できる情報提供

<越水・決壊を伴う洪水が生じたモデル河川で事例検討>

- ①の成果を適用⇒予測情報として使用
- 空中写真、既往の家屋倒壊等想定、2階床上浸水想定と重ね合わせた情報インターフェースを作成
- 避難等への助言に役立つ実況予測ならではの情報(利点)を確認

[今後の課題] 決壊地点や氾濫流量などの予測のブレが情報に及ぼす影響 (氾濫解析技術の向上は当然として)  
地点別の氾濫解析の即時提供(例:国土交通省地点別浸水シミュレーション検索システム「浸水ナビ」との連携)

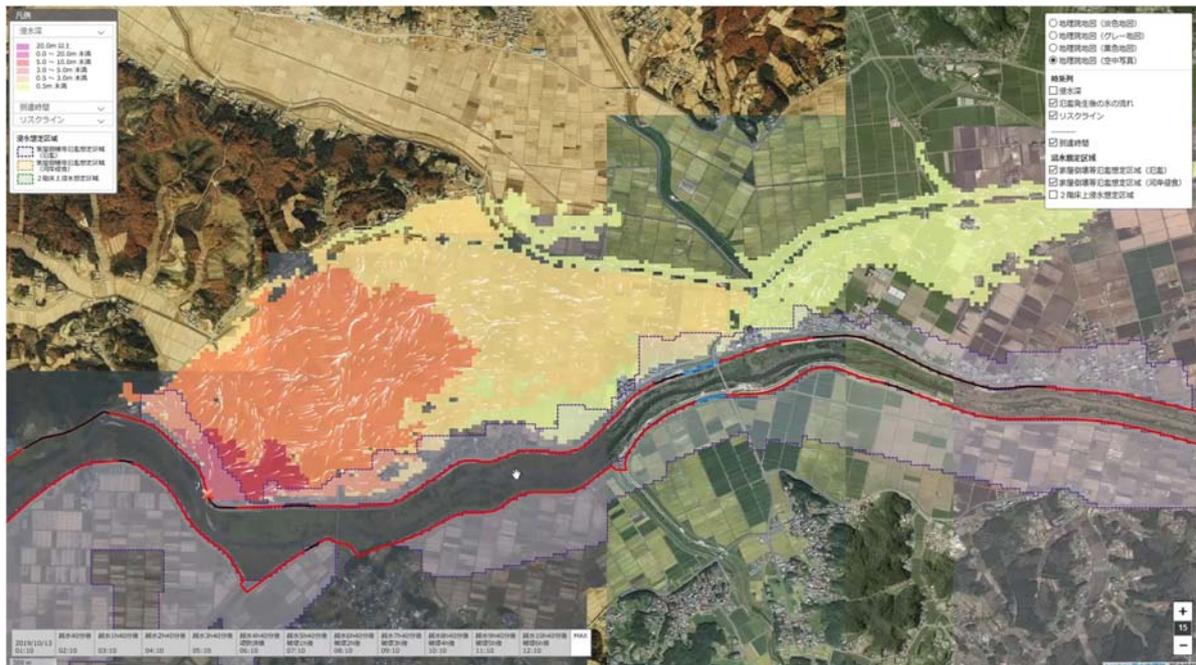


9



## 7. 成果の普及等

- 研究開発中の2か年に「国総研レポート」に途中成果をとりまとめた記事を掲載した。
- 6.に記載した[今後の課題]について引き続き検討を加える。
- 「氾濫発生 of 早期把握の実用化」について本成果が有効活用されるよう努めていく。
- 一般の方々も視野に入れて、目を繋ぎ止めるインターフェイスの工夫についても同様に検討を進めていく。



10



## 8. 事前評価時の指摘事項と対応

事前評価時の指摘事項	対応
<ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模な本川の堤防決壊を対象としているが、タイトルだけ見ると中小河川も対象にしているように思われるため、もっと限定的なタイトルに修正してはどうか。</li> <li>・研究のタイトルを「情報提供に関する研究」と設定するのであれば、システム開発のみに留まるのではなく、システムについての意見をフィードバックし、アウトプットとして役立つ情報を提供するという形で成果をまとめると良い。</li> </ul>	<p>事前評価結果を踏まえ、本研究の力点を置く部分を決壊覚知・氾濫実況予測の技術開発に見直し、それに合わせてタイトルを修正した。 (以前のタイトル: 避難勧告等の助言に資する洪水情報提供に関する研究)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・開発したシステムによる洪水情報提供が助言や自衛水防の促進に資するものとなるよう、情報提供のあり方についての付加的な検討を期待する。</li> </ul>	<p>氾濫水の到達見込みなど解析情報提供の具体像(インターフェース)を描き、実況予測ならではの役立つ情報が得られるように予測技術開発にフィードバック(2回目観測で覚知)した。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・推定値に誤差があったとしても、実用的には相当程度役に立つことも考えられる。推定値の精度を上げると同時に、この程度の誤差があっても役に立つという勘所についても検討してほしい。</li> <li>・データ同化の精度や計算時間について、2年間の研究期間における目標を具体的に設定すると良い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・決壊のシグナル判定について、1カ所の観測所では判定誤差が生じうるが、複数個所で判定することで判定精度と実用性をともに向上させる工夫を加えた。</li> <li>・水位観測の時間間隔内に一連のデータ同化・解析を行うことを目標として、決壊発生～覚知以降の解析手順や粒子数など設定した。</li> </ul>

11



## 9. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法(施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
河川管理者による信頼性の高い情報に裏付けされた助言により、水防災意識社会の再構築に寄与し、逃げ遅れゼロを達成する	決壊の覚知および氾濫発生の実況予測手法の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 危機管理型水位計等データから決壊・氾濫発生を捉える解析法開発</li> <li>・ 決壊地点を挟んだ上下流の河道内流量の差分として氾濫流量を推算する技術開発</li> </ul>	既存システムを氾濫発生を考慮した洪水予測システムへとさらにレベルアップ	◎	既存システム水位予測改善(粗度係数-水深関係の導入と同化地点の追加)
	水防活動に即応できる情報提供の提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 決壊、越水の切迫度の高い区間別の氾濫想定区域の表示など分かりやすいインターフェースの工夫</li> <li>・ 氾濫水の到達見込み時刻など通知項目・内容の提案</li> </ul>	河川管理者が自治体に助言するにあたっての裏付けとなる情報として活用	○	

＜目標の達成度＞ ◎:目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。 ○:目標を達成できた。  
 △:あまり目標を達成できなかった。 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

### 有効性

- ・ 危機管理型水位計や水害リスクラインなどから構成されている洪水情報の既存システムに、本研究の解析法を組み込むことで、氾濫発生を考慮した洪水予測システムへとレベルアップするのが、施策への反映の目標像である。
- ・ 本研究は、その早期達成を念頭に置き基本となる技術開発から実装の具体像である情報提供までを2年間に集中的に実施したことで、実用性、実効性を十分に踏まえた技術として成果をとりまとめることができた。
- ・ 今後、必要とされる追加検討およびさらなる改善を加えつつ、別途技術開発中の「河川堤防の変状検知システム」などと連携して実装に向けた検討を進めて参りたい。

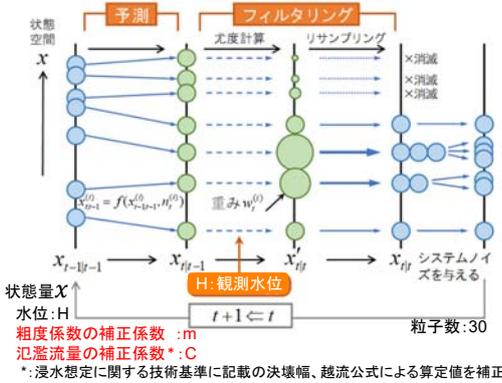
12



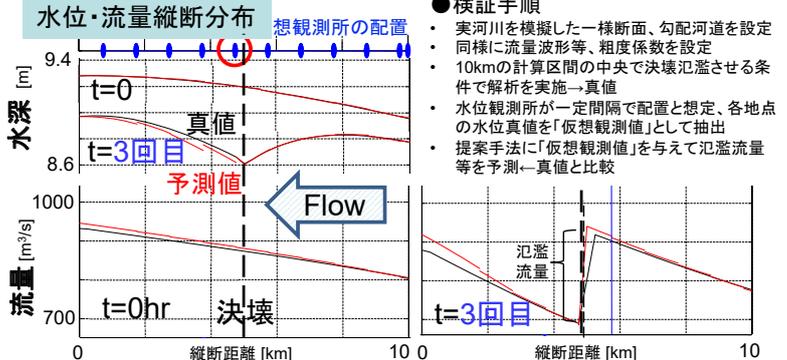
## 参考資料1: ①-2 氾濫発生の実況予測 ＜手法の検証＞ 追加説明資料

- ・ 決壊発生から2回目観測で検知できるとの前提で、3回目以降の観測水位を粒子フィルタで同化することで氾濫流量を推定する次元不定流解析を提案(氾濫推定の2回分の遅れを3回目に取り戻す解析手順の検討)
- ＜手法の検証＞ 決壊氾濫を伴う不定流解析結果を真値として、その再現予測計算を実施
- ・ 水位・流量・氾濫流量いずれも**良好な再現性**を確認⇒解析手順は妥当と判断

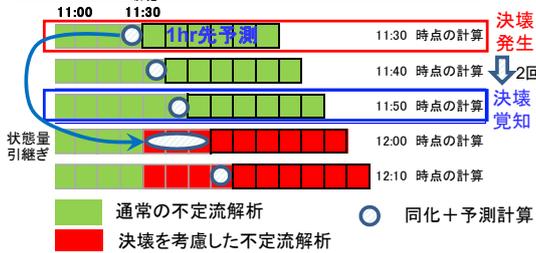
### 粒子フィルタの概要



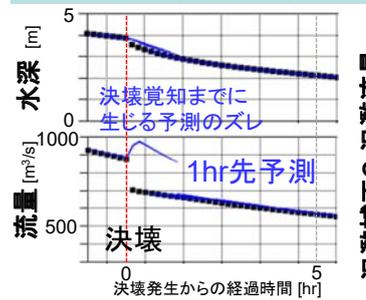
### 手法の検証



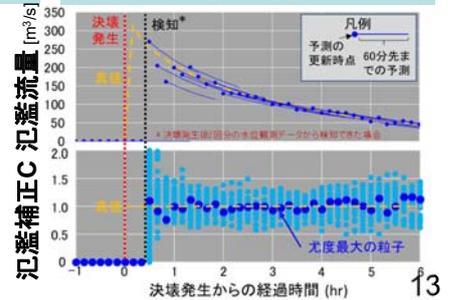
### 決壊発生～覚知以降の解析手順の概要



### 上図○地点の水位・流量の経時変化



### 氾濫流量と補正係数C値の経時変化



## 参考資料2: ①-2 氾濫発生の実況予測 ＜実験の再現計算＞ 追加説明資料

- ＜実際の決壊・氾濫への適用＞十勝川千代田実験水路で実施された越流決壊実験※を対象に再現計算
- ・ 決壊幅の拡大に伴って約20分程度で氾濫流量が急増する、その傾向を「実況」予測は概ね再現(過小評価)
  - ・ 10min先予測は観測と乖離
- 【今後の課題】 十分な再現性が得られる観測環境(観測所の配置間隔など)を含めた再現性向上の検討より実河川の状況に近い実測データによる検証

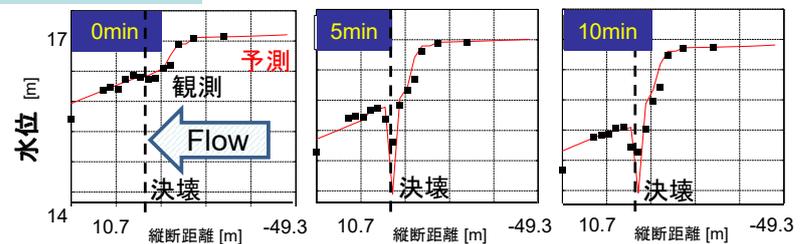


出典: 第13回十勝川千代田実験水路アドバイザー委員会H31.1

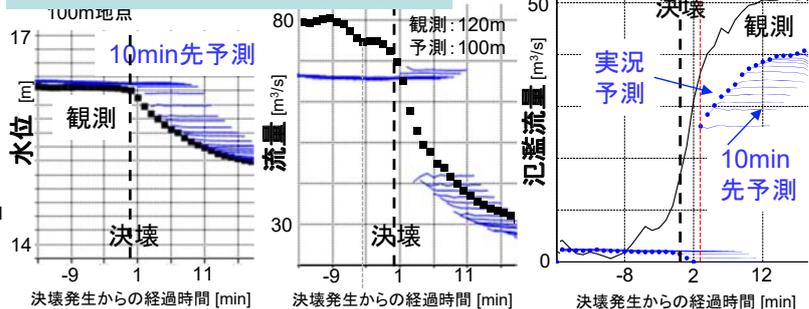
### ● 水路実験の概要

- ・ 概ね一定流量を通水、切り欠き部から堤防越水させる
- ・ 越水箇所から決壊、さらに決壊幅が氾濫流によって拡大
- ・ 上記の一連の過程を観測(水位、流量など)

### 水位縦断分布



### 水位・流量・氾濫流量の経時変化



※本検討で使用した実験データは国交省北海道開発局・(国研)寒地土木研究所より提供されたものである。

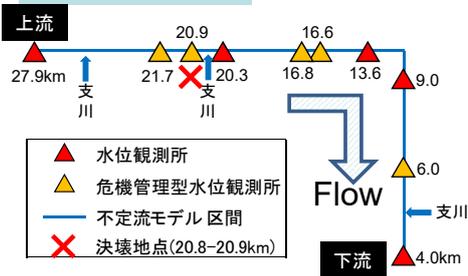
＜越水・決壊を伴う洪水が生じたモデル河川で事例検討＞

- ・ 「①決壊覚知・氾濫実況予測」を適用。
- ・ 決壊・氾濫に関する予測情報として使用

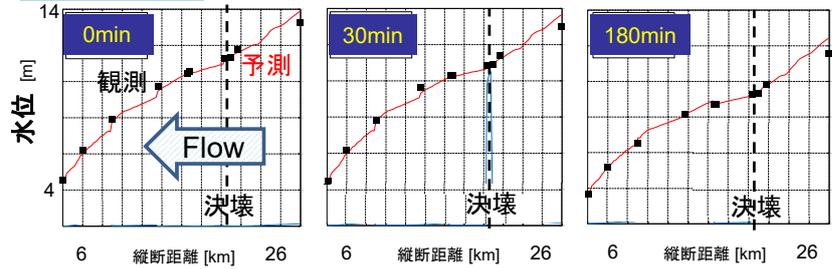
## 越水・決壊氾濫状況



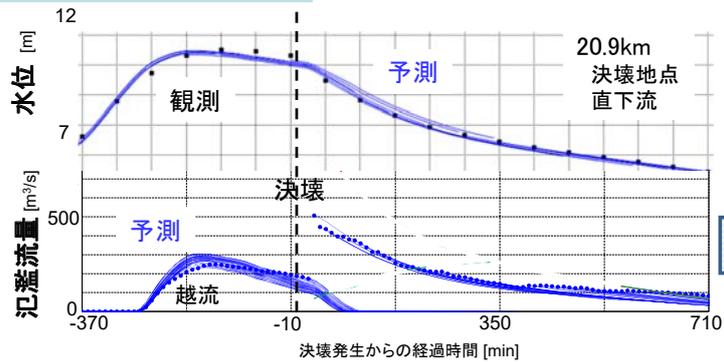
## モデル河川の概況



## 水位縦断分布



## 水位・氾濫流量の経時変化



氾濫解析

# 大規模地震に起因する土砂災害の プレアナリシス手法の開発

研究代表者	:	土砂災害研究部長	富田陽子
課題発表者	:	砂防研究室長	山越隆雄
関係研究部	:	土砂災害研究部	
研究期間	:	平成30年度～令和2年度	
研究費総額	:	約36百万円	
技術研究開発の段階	:	初期段階	



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

1



## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

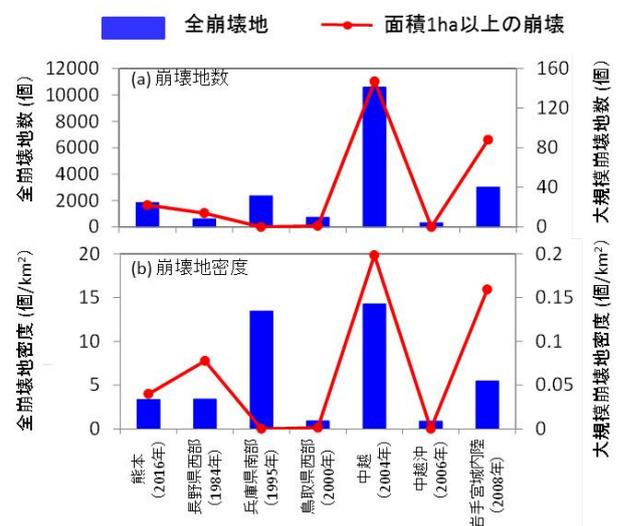
- 近年の大規模地震時では**大規模な斜面崩壊が被害拡大の主要因のひとつ**となっている。地震による被害を最小限に食い止めるためには、早期に斜面崩壊発生状況を把握し、迅速な復旧・復興への対応が必要不可欠。
- しかし、大規模地震後は、地上等からの詳細調査や緊急対応を行う範囲を絞り込むために、**地震後の被害状況の概略把握**が行われる。概略把握は、ヘリコプターからの目視や空中写真の判読によるところが大きく、**数日以上かかる**ことが少なくない。

### 課題

- 速やかに調査、対応が実施できるように**大規模地震後早期に斜面崩壊状況を想定・把握する技術が無い**。



地震による大規模崩壊の事例



地震による斜面崩壊・大規模崩壊の発生状況

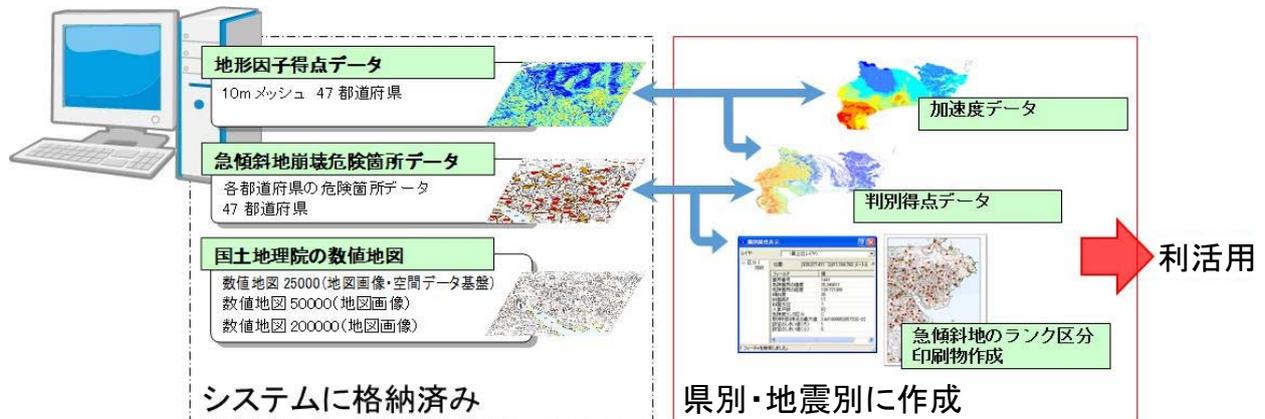
2



## 1. 研究開発の背景・課題

### ○地震時斜面崩壊危険度評価システムについて

- ・平成7年の兵庫県南部地震で、六甲山地で表層崩壊が多発したことを踏まえて、国総研砂防研究室により開発。
- ・斜面勾配、斜面の平均曲率、最大加速度を入力し、相対的な斜面崩壊危険度を評価。
- ・多くの大規模地震で検証を行い、表層崩壊はある程度評価できることを確認。



### 課題

- ・ 現行の地震時斜面崩壊危険度評価システムでは、規模の小さながけ崩れを対象に開発したために大規模斜面崩壊については評価できない、特定の地域を対象に開発したために他地域へ適用する際に精度が劣る、相対的な危険度を算出するため定量的な評価に使いにくい

3



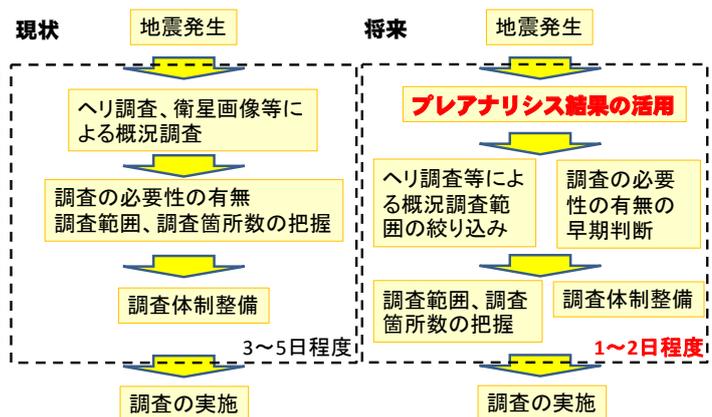
## 2. 研究開発の目的・目標

### 必要性

- ・ 地震発生時には迅速かつ効率的に応急対応や復興に向けた活動を実施することが、2次被害発生防止や避難期間短縮など被害を最小限にするために必要不可欠である。
- ・ そこで、斜面崩壊の発生状況の概略把握に要する期間を短縮するために、地震発生前に、想定される斜面崩壊発生状況を推定しておくことは、被害を最小限にするために必要である。

### 目的・目標

- ・ 地震発生時の緊急的な対応を迅速かつ効率的に進めるために、想定地震における大規模な斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に精度良く定量的に推定することができる手法の開発。



土砂災害発生箇所の緊急点検・復旧の迅速化

4



### 3. 研究開発の概要

#### ①地震により大規模斜面崩壊が生じるプロセスを把握

- 近年の大規模崩壊の事例を中心に地形、地盤の特徴を分析
- 特に、火山灰など特殊な地盤条件に着目
- また、地震のタイプ、地震断層との位置関係（上盤、下盤等）に着目



#### ②大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法の開発

- ①の検討結果を踏まえて、地形、地質、地震動特性を入力条件とする斜面崩壊危険度評価手法の提案

#### 素因による絞り込み

#### ③大規模斜面崩壊発生のおそれのある地域・場所を推定する技術の開発

- 地形、地盤条件等から大規模崩壊危険度を評価する手法の検討
- LPデータ、SARを活用した前兆変形地形を抽出する手法の検討
- 振動解析+斜面安定解析による評価方法の検討

#### 誘因による絞り込み

#### ④大規模斜面崩壊発生のおそれのある地震動の特徴の解明

- SARの解析による強震域の地盤変位の実態把握
- 振動解析による地震動特性値の空間分布状況の再現
- 大規模崩壊分布状況と地盤変位、地震動特性の関係分析

5



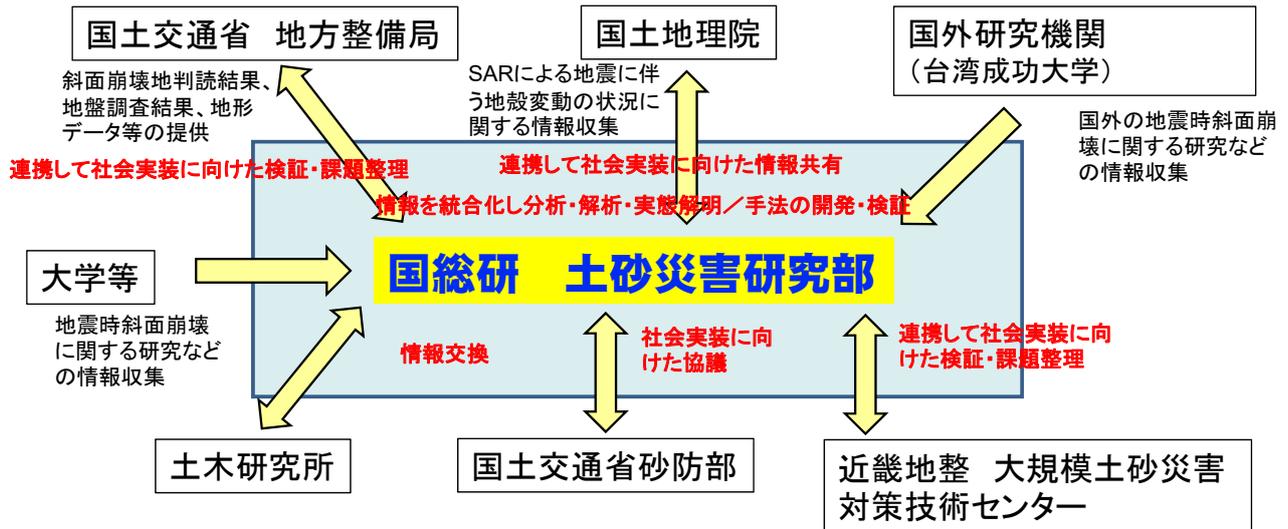
### 4. 研究のスケジュール

区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度			総研究費
	H30	R1	R2	研究費配分
(研究費[百万円])	13	13	10	総額36
① 地震により大規模斜面崩壊が生じるプロセスを把握				約6 [百万円]
② 大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法の開発				約14
③ 大規模斜面崩壊発生のおそれのある地域・場所を推定する技術の開発				約8
④ 大規模斜面崩壊発生のおそれのある地震動の特徴の解明				約8

#### 効率性

直轄砂防事務所、国土地理院等、諸外国の研究機関からデータ・情報を収集し、新たなデータ取得を必要最低限にするなど、効率的に研究を実施した。

6



直轄砂防事務所、国土地理院、大学、諸外国の研究機関等からデータ・情報を収集する。国総研土砂災害研究部においてこれらのデータ、情報、技術を十分に活用し、実態把握、機構解明、手法開発を行った。

また、社会実装に向けて、国土交通省地方整備局、近畿地整 大規模土砂災害対策技術センター、国土交通省砂防部、国土地理院と協議・検討を実施した。

7

## 6. 研究成果: ① 地震により大規模斜面崩壊が生じるプロセスを把握

- 既往文献を整理し、大規模崩壊事例を含む地震時斜面崩壊が生じる崩壊発生形態を整理
- 崩壊発生形態は地盤条件によって推定できると考え、地盤条件-崩壊発生形態の関係に着目して分析を実施

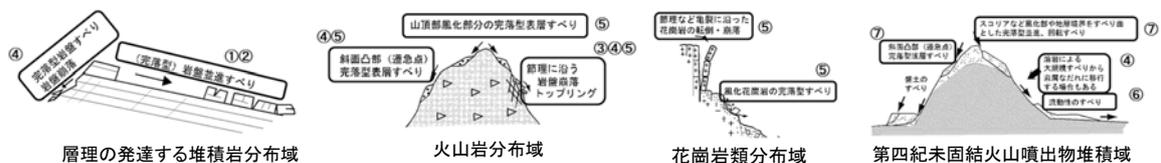
地盤条件-崩壊発生形態に着目した分類とイメージ (イメージは阿部・林; 2011に加筆)

崩壊発生形態	①流れ盤地すべり	②岩盤すべり	③キャップブロック崩壊	④亀裂質地山崩壊	⑤強風化地山崩壊	⑥火山灰流動すべり	⑦火山灰崩壊
層状軟質地山 (新第三～四紀堆積岩類)	◎	◎	○	-	-	-	-
亀裂質硬質地山	-	-	◎	◎	○ (風化残留岩塊の場合)	-	-
未固結～強風化地山	-	-	-	-	◎	◎	◎
火山灰地山	-	-	-	-	◎	◎	◎
流れ盤構造	◎	○	-	-	○	◎	○
キャップブロック構造	-	○	◎	△	-	-	-
硬軟境界 含水弱層存在	△	○	-	-	-	◎	△

要因影響度 = ◎ 影響大 / ○ 影響あり / △ 影響の可能性あり

対象事例	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
2004新潟中越: 東竹沢・塩谷神沢川・寺野ほか多数 2007新潟県中越沖: 米山町 2008岩手宮城内陸: 市野々原ほか							
2004新潟中越: 一ツ峰沢 2008岩手宮城内陸: 荒砥沢・祭時大橋 2011東北太平洋沖: 松島							
1993北海道南西沖: 奥尻町 2008岩手宮城内陸: 一迫川 崩壊地・産女川・トソウ沢							
2007能登半島: 中野屋・熊野・竜ヶ崎西 2016熊本: 阿蘇大橋							
1995兵庫県南部: 六甲山系 2000鳥取県西部: 日野町 2008岩手宮城内陸: 秋田株岳周辺 2011福島浜通り: いわき市周辺							
1986長野県西部: 御嶽山 2011東北太平洋沖: 葉ノ木平・岡ノ内 2016熊本: 高野台 (京大火山研) 2018熊本: 山王谷川							
1968十勝沖: 八戸五戸 2016熊本: 山王谷川							

既存の地震時斜面崩壊システムの分析対象



○大規模崩壊は様々な地盤条件で発生しその要因は様々、また小規模崩壊も併せて発生

→大規模斜面崩壊のみを推定することは困難

→地盤条件-大規模崩壊発生形態に着目して分類し、小～大規模崩壊事例を含めて分析することで、**大規模な斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を推定できる手法**を検討

8



## 6. 研究成果: ② 大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法の開発

- H28熊本地震を対象として、地盤条件-大規模崩壊発生形態に着目した分類ごとに、斜面勾配と地震動の強さを指標とした崩壊面積率推定式(大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法)を作成 ※地震動の強さは、プレアナリスの汎用性を考慮して、南海トラフ地震等で公開されている最大加速度を採用
- この崩壊面積率推定式をH20岩手・宮城内陸地震に当てはめて検証

熊本地震を対象として作成した崩壊面積率推定式

分類	崩壊面積率推定式
溶岩・火砕岩 (キャップロック崩壊 or 亀裂質地山崩壊)	$\log P = 0.0023I + 0.0014a - 2.2914$ (40°未満) $\log P = 0.0541I + 0.0010a - 4.1204$ (40°以上)
先阿蘇火山岩類 (強風化地山崩壊)	$\log P = 0.0309I + 0.0014a - 4.3740$
崖錐・扇状地堆積物 (参考)	$\log P = 0.0549I + 0.0009a - 4.7541$

P: 崩壊面積率, I: 斜面勾配, a: 最大加速度



岩手・宮城内陸地震の実績と対応する崩壊面積率推定式による推定結果の比較

岩手・宮城内陸地震		熊本地震で作成した崩壊面積率推定式		実際と推定の崩壊面積比
地盤条件 (崩壊発生形態)	総面積 (ha)	実際の崩壊面積率	対応する崩壊面積率推定式 推定した崩壊面積率	
第四紀火山岩類 (キャップロック崩壊)	15,327	1.00%	溶岩・火砕岩 (キャップロック崩壊 or 亀裂質地山崩壊) 1.16%	115%
新第三紀溶岩・火砕岩 (亀裂質地山崩壊 or 強風化地山崩壊)	17,784	0.83%	先阿蘇火山岩類 (強風化地山崩壊) 0.54%	66%
崖錐・段丘堆積物 (参考)	1,980	0.14%	崖錐・扇状地堆積物 (参考) 0.20%	143%

地震によって発生する斜面崩壊の規模を倍半分の精度で推定可能

9

○大規模崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法について

【新たな知見】

崩壊面積率という定量的な数値で危険度を把握できる手法を開発

また、他地域においても一定の精度で適用できる推定手法の開発ができた



## 6. 研究成果: ③ 大規模斜面崩壊発生のおそれのある地域・場所を推定する技術の開発

- 規模が大きい斜面崩壊が発生しやすい条件を把握するため、個々の斜面崩壊の崩壊面積と地形条件・地盤条件との関係を分析
- 崩壊面積に影響を与える条件(比抵抗値、起伏量)の階級ごとに崩壊規模の確率密度を分析

崩壊面積に影響を与える地形条件・地盤条件

分類	崩壊面積に影響を与える条件
降下火山灰、火山灰・軽石	・比抵抗 ・起伏量
溶岩・火砕岩、Aso1-4、先阿蘇火山岩類 ※火山灰に関する地盤条件を統合	・斜面勾配 ・起伏量

※降下火山灰、火山灰・軽石を火山灰に由来する分類として統合

※溶岩・火砕岩、Aso1-4、先阿蘇火山岩類を火山岩に由来する分類として統合

※崩壊面積に影響を与える条件は、個々の斜面崩壊との相関関係を分析し、決定係数の上位2条件を記載



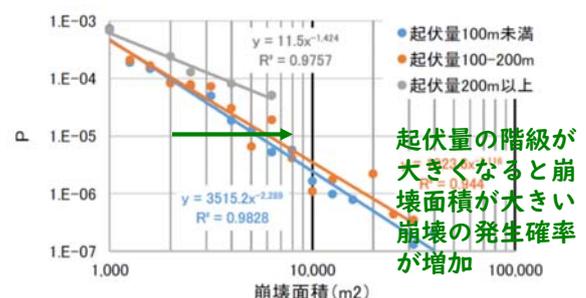
確率密度の算出例(溶岩・火砕岩 起伏量100m未満の階級)

集計前			集計後				
No	崩壊面積 A(m <sup>2</sup> )	log(A)	崩壊面積の階級 log(A)	階級幅 log(A+d/A)	崩壊数 dN	確率密度P dN/dA/N	
1	1,039.2	3.0	0	3	871	7.4E-04	
2	457.8	2.7	3	3.1	58	1.9E-04	
3	1,984.9	3.3	3.1	3.2	57	1.5E-04	
4	744.7	2.9	3.2	3.3	42	8.7E-05	
5	1,909.8	3.3	3.3	3.4	45	7.4E-05	
..	..	..	..	..	..	..	
..	..	..	..	..	..	..	

総崩壊数N= 1,176

A. Valagussaら(2019)の方法に準じて確率密度を算出

起伏量の階級別 崩壊面積の確率密度

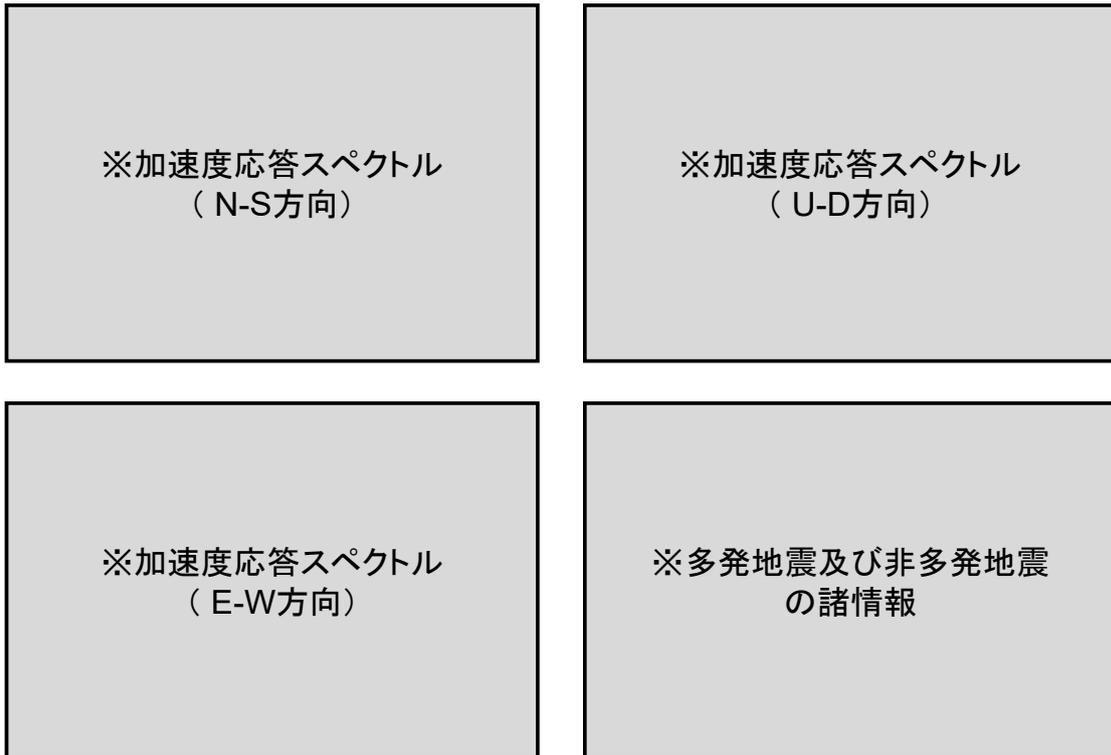


起伏量の階級が大きくなると崩壊面積が大きい崩壊の発生確率が増加



## 6. 研究成果:④ 大規模斜面崩壊発生のおそれのある地震動の特徴の解明

- 大規模崩壊を含む土砂災害が多発するような地震(多発地震)と土砂災害がほとんど発生しない地震(非多発地震)の加速度応答スペクトルの違いを比較



11



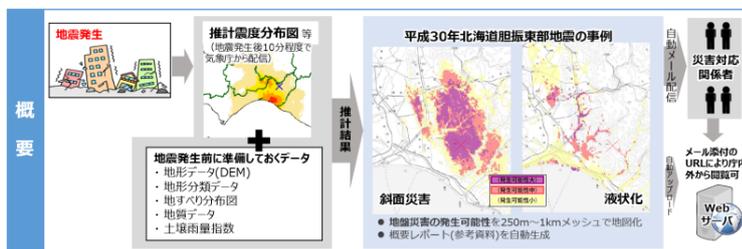
## 7. 成果の普及等

- 本研究で得られた成果を本年度に国総研資料として取りまとめる予定
- 本研究成果を活用して、地方整備局等で地震時斜面崩壊リスクの評価に向けた検討を実施中
  - 火山灰の影響を考慮した地震時斜面崩壊リスク評価手法
  - 南海トラフ地震を想定した地震時斜面崩壊のリスク評価とその活用方法
- 協定を締結し、地震時地盤災害推計システム(SGDAS)を運用する国土地理院へ本研究成果を情報提供
- 今後は、本研究成果を踏まえて、以下の取り組みを実施する予定である。
  - 大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を推定する手法と大規模崩壊発生のおそれのある地域・場所・地震動の研究成果(比抵抗、起伏量、長周期帯加速度応答スペクトル)の連携
  - 大規模崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を推定する手法について、本研究で対象としなかった地盤条件-崩壊発生形態に着目した分類の分析を行い、カバーできる地域を増やす

<査読付き発表論文等一覧>

- Sakai et al.: Interrelated impacts of seismic ground motion and topography on coseismic landslide occurrence using high-resolution displacement SAR data (Landslides投稿中)
- 坂井ら: 観測地震波のスペクトル解析を用いた土砂災害が多発する地震動に関する研究(砂防学会投稿予定)

<地震時地盤災害推計システム(SGDAS)について(国土地理院)>

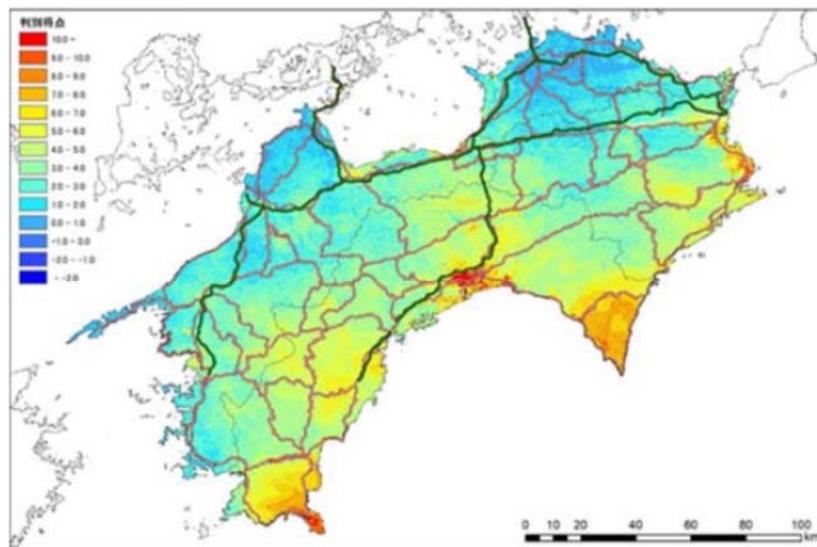


国土地理院が保有する地形・地質等の膨大なデータベースと、気象庁が発表する地域の震度分布データを活用し、地震発生直後に、斜面崩壊・地すべり・液状化の発生している可能性がある場所を推計するシステム

12

## 8. 事前評価時の指摘事項と対応

事前評価時の指摘事項	対応
プレアナリシスのアウトプットイメージをより具体的に検討されたい。	南海トラフ地震等の対応検討のため、崩壊面積率推定式を用いた危険度リスクマップの作成について地方整備局と連携して検討を実施



南海トラフ地震を想定した危険度評価イメージ(高原ら、令和3年度砂防学会研究発表会概要集より引用)

13

## 8. 事前評価時の指摘事項と対応

事前評価時の指摘事項	対応
プレアナリシス手法の開発にあたっては、地盤変位の経時変化(地震前と地震後/継続的な変化)を上手く活用されたい	継続的な変化は検出されず、検討できなかった。地震後の地盤変位量と崩壊面積率に明瞭な傾向が確認でき、成果にも反映

- ・ 斜面崩壊と地震動の強さを分析する際には、KiK-NET等で観測された観測データを用いることが多いが、10数mに1点の情報であり、地震動の強さに関するデータの空間分解能が低いことが課題であった。
- ・ 地震動の強さが斜面崩壊に与える影響をより精度良く分析するため、地震動の強さのデータに、より空間分解能の高いSARデータによる地盤変位量(国土地理院より提供)を用いて、崩壊面積率との関係を分析

SARデータによる地盤変位量  
(3成分合成値)と阿蘇カルデラ内の  
斜面崩壊分布

斜面勾配および地盤変位量  
(3成分合成値)と崩壊面積率の関係

14



## 9. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度
地震発生時の緊急的な対応を迅速かつ効率的に進めるための地震時斜面崩壊危険度評価手法の開発	想定地震における大規模な斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法の開発。	地震による斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法	土砂災害危険箇所緊急点検における緊急点検本部の手引き(案)(本省作成)に反映 →本研究で得られた成果を活用して、地方整備局等(北海道、四国)で実際の地震時斜面崩壊リスクの評価に向けた検討を実施中	◎
		素因の観点から見た大規模斜面崩壊発生のおそれのある地域・箇所の抽出手法	大規模地震による斜面崩壊状況の推定のための手引き(仮称)に反映 →本研究で得られた成果を本年度国総研資料として取りまとめる予定	○
		誘因の観点から見た大規模斜面崩壊発生のおそれのある地震のタイプ・地域の抽出手法	地震時地盤災害推計システム(SGDAS)を運用する国土地理院へ本研究成果を情報提供	○

<目標の達成度> ◎:目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。 ○:目標を達成できた。  
 △:あまり目標を達成できなかった。 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

### 有効性

南海トラフ巨大地震など想定される地震(複数のケースを想定)に対して事前に大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生を推定できるようになった。あらかじめ想定される地震に関する被害推定を実施しておけば、地震発生直後の状況把握が従来以上に迅速かつ効率的に実施可能となるとともに、定量的な被害推定に基づく地震直後の応急対応や復興に向けた活動が効果的に実施することが可能となる。

# 洗掘の被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と 改造マニュアルの開発

研究代表者 : 道路構造物研究部長 福田 敬大  
 課題発表者 : 橋梁研究室長 白戸 真大  
 関係研究部 : 道路構造物研究部  
 研究期間 : 令和元年度～令和2年度  
 研究費総額 : 約50百万円  
 技術研究開発の段階 : 初期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

- 令和元年台風19号では、基礎の洗掘※が原因で、長期間通行止めとなる橋も発生。
  - 令和2年7月豪雨では、球磨川にかかる道路橋が複数流失。
- ※当初は洗掘だけを対象にしていたが、R2年球磨川での橋梁流失被害を受け、流失も対象にした。



### 課題

- 基礎の洗掘や上部構造の流失が生じる可能性は構造に応じて一様ではなく、水害を受ける危険性の高い橋梁を抽出する手法は確立されていない。
- 洗掘対策のためであっても、基礎の補強、改造には計画上の高いハードルがある。
- 橋梁の架け替えには時間を要する。



## 2. 研究開発の目的

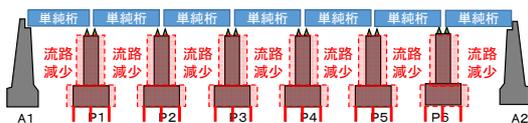
### 研究開発の目的・目標

台風等による洗掘や流失被害を受ける危険度の高い道路橋の抽出方法から、危険度の高い橋に対して、既存の洗掘防止工だけでなく、橋をかけ替えることなく、現位置で橋を改造し、流路を広げられるような新たな対策方法やその設計法まで一連でマニュアル化されることが期待される。

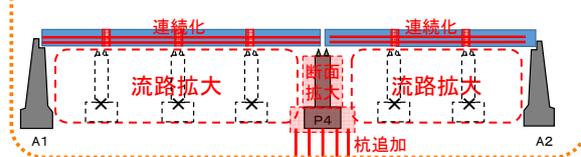
そこで、本研究では、上記の一連からなるマニュアル作成に必要な要素技術について研究を行う。

- 洗掘や流失に対する危険度の高い橋梁の抽出法
- 鋼桁の塑性設計法の提案
- 洗掘や流出に対する道路橋の原位置改良方法の提案

現行基準による対策：基礎の補強



新たな原位置改良のアイデア



### 必要性

近年大型台風の発生が頻発するなか、ライフラインを繋ぐ、道路ネットワークの確保と道路被害への迅速な対策が重要

3

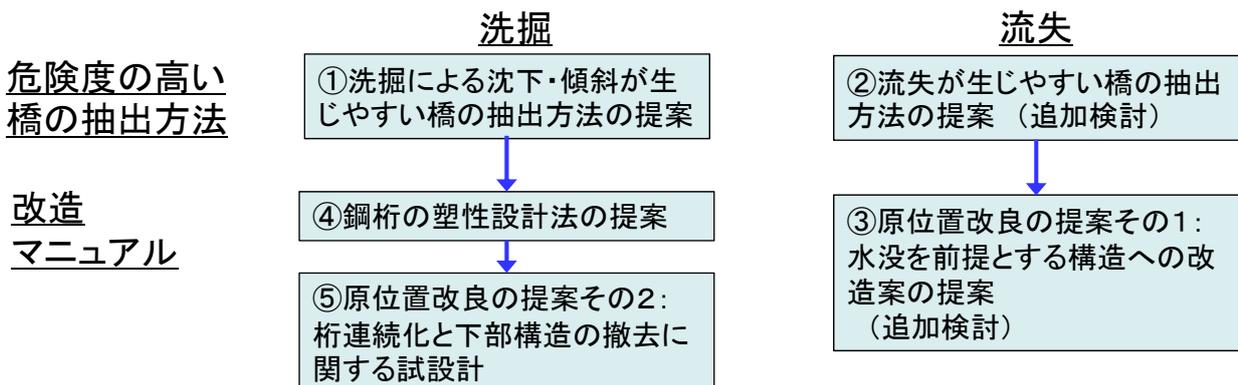


## 3. 研究概要のフロー

### 研究開発の概要

- 特別な計算を行うことなく、河川条件や道路橋の構造の特徴から、洗掘や流失に対する危険度の高い橋梁を安全側に抽出する方法の提案(①②)
- 桁連続化構造を合理化でき、鋼桁の塑性設計法の提案(④)
  - ※鋼桁については、材料の塑性域の特性を生かした設計式の基準は未策定
- 道路橋の原位置改良方法の提案
  - 洗掘：桁連続化と下部構造の部分撤去という改造方法の成立性の確認(⑤)  
(残る下部構造へは、既存の洗掘対策や耐震補強方法を流用することが前提)
  - 流失：水没を前提とする構造への改造方法の成立性の確認(③)

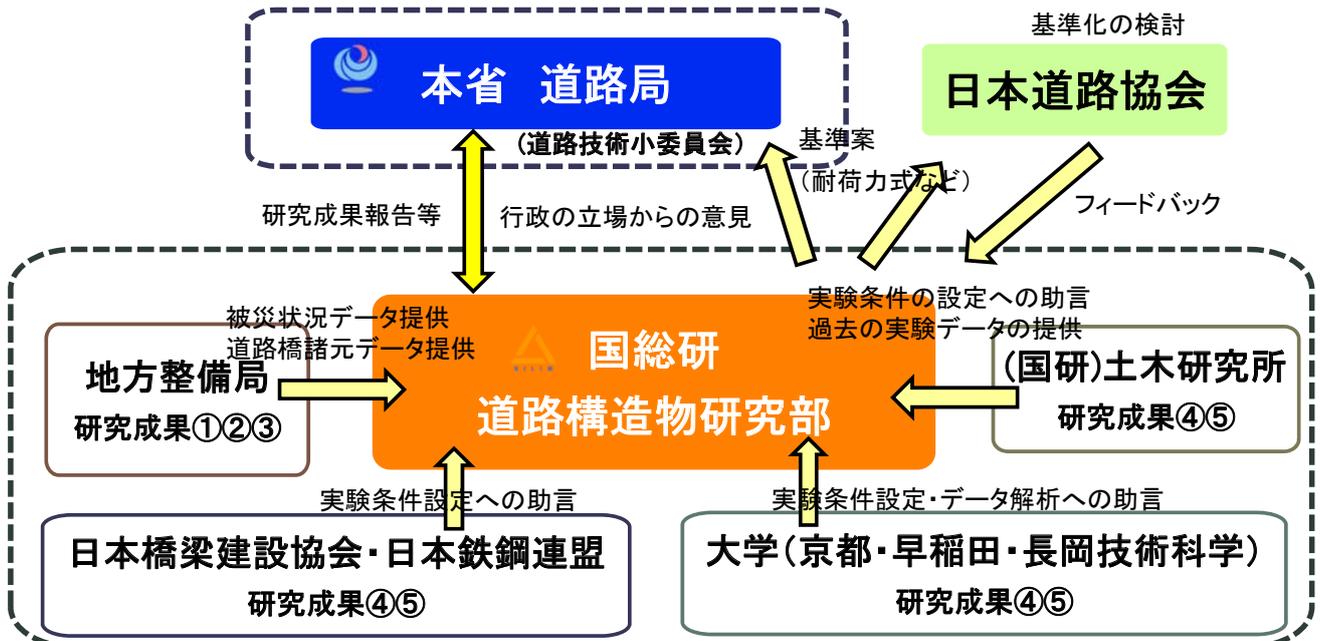
※なお、通常、橋の設計では、堤防高さよりも高い位置に上部構造を計画する



4



## 4. 研究の実施体制



### 効率性

橋梁を維持管理する地方整備局から諸々のデータを入力した。鋼桁の設計法に関しては、土木研究所、大学、関係協会等と連携し、試験結果を共有することで効率的に実施した。

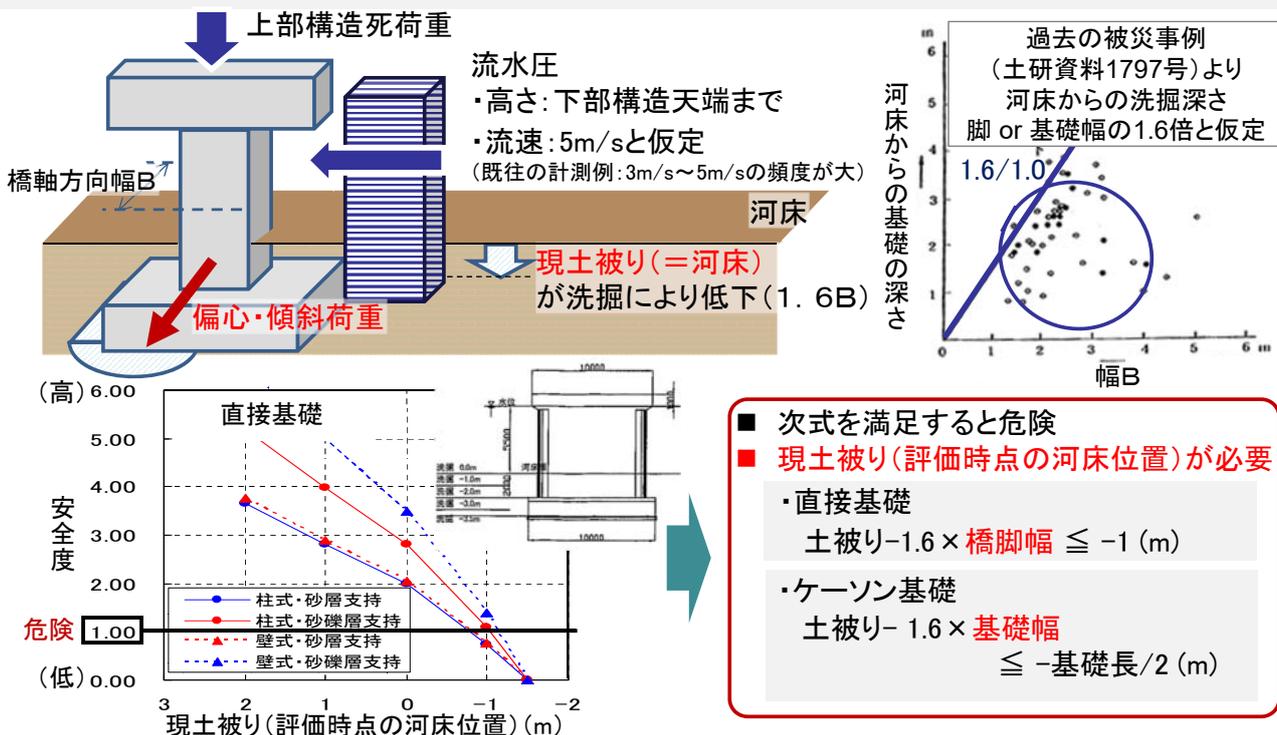
5



## 5. 研究成果 ①道路橋の洗掘に関する被災可能性の評価方法の検討

$$\text{安全度} = \frac{\text{洗掘が生じた際の支持力}}{\text{(流水圧 + 死荷重)}}$$

- 整備局設計図書より、基礎形式や地盤条件の異なる12橋脚を選定
- 現土被り位置を変えていく ⇒ 洗掘後に安全度が1を下回る現土被りを計算

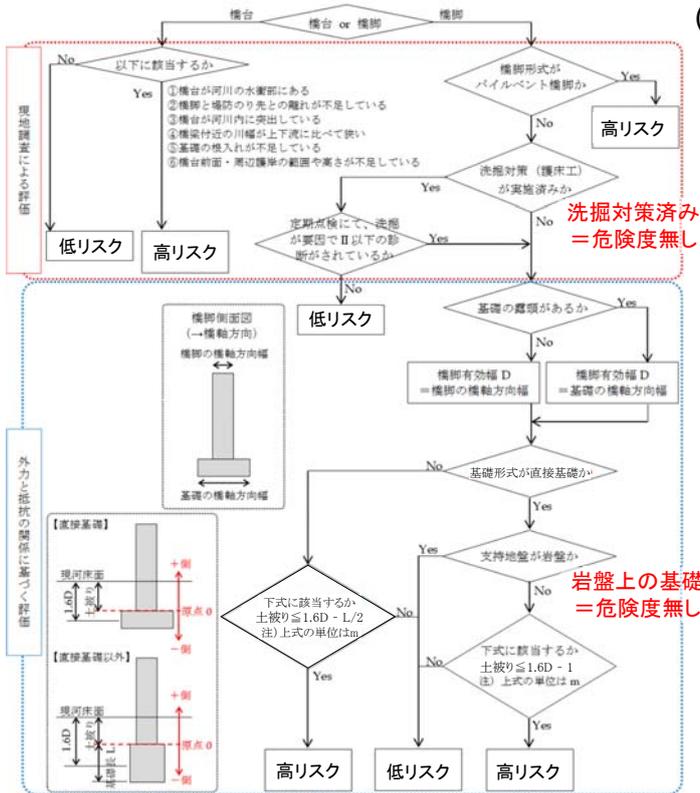


6



## 5. 研究成果 ①道路橋の洗掘に関する被災可能性の評価方法の検討

### 危険度評価フローの提案



被災例を含む8橋の橋脚に対して、危険度を評価  
(前項の12橋とは異なる)

- 河床位置が入手できたもの
- 砂、砂れき、粘性土地盤
- 直接基礎、ケーソン基礎
- 川島橋を除く7橋は令和元年台風19号により被害が発生
- 川島橋は、河床低下が顕著であるためモニタリングしていたもの(関東地整管理)

橋梁名	橋脚基礎形式	洗掘の被災判定・結果 (×:被災あり)	
		フロー	実際の被災状況
法雲寺橋(笹子川、山梨)	直接基礎	×	×
大善寺橋(谷田川、福島)	直接基礎	×	×
内村橋(車道)(依田川、長野)	直接基礎	×	×
内村橋(側道)(依田川、長野)	直接基礎	×	×
小林橋(鬼怒川、栃木)	ケーソン基礎	×	×
吉野橋(吉野川、山形)	ケーソン基礎	×	×
日野橋(多摩川、東京)	ケーソン基礎	×	×
川島橋(鬼怒川、茨城)	ケーソン基礎	×	

見逃し無し、空振り有

7



## 5. 研究成果 ②③道路橋の流失に関する被災可能性の評価方法の検討

### ①防護柵の破壊



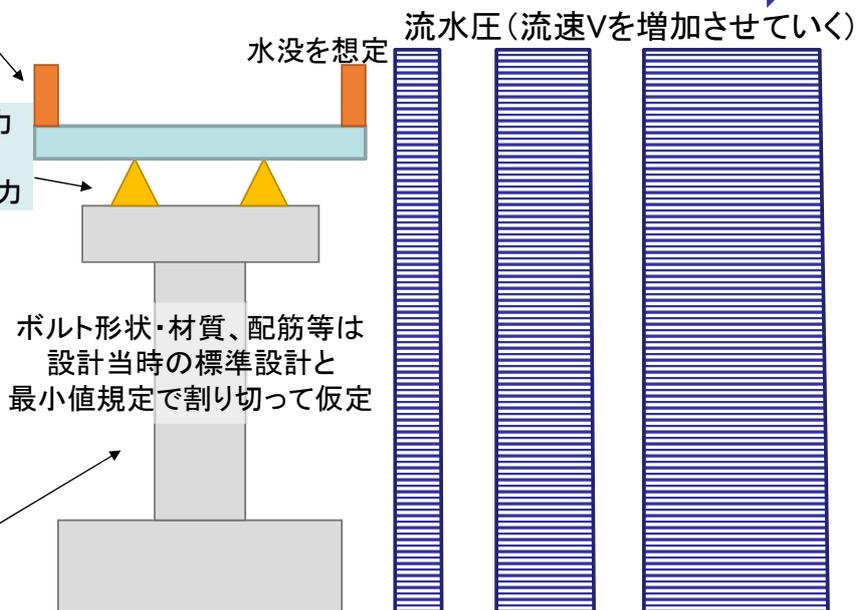
水平力  
VS  
アンカーボルトのせん断耐力

- 掘込構造や山付堤の河川を渡河する橋梁を想定
- R2.7豪雨において、球磨川にて、橋面が浸水した14橋
- 流速を徐々に増やす ⇒ 各部の断面力・安全率を算出
- ①②③で最初に安全率が1.0に達した箇所と実際の破壊位置を比較

### ②流失=支承部の破壊 (ボルト引き抜き等)



水平力+浮力  
VS  
水平・鉛直耐力



### ③橋脚のせん断・曲げ破壊 (圧壊・ひび割れ)



水平力  
VS  
柱耐力

8



## 5. 研究成果 ②③道路橋の流失に関する被災可能性の評価方法の検討

危険度が1になる流水圧の上部構造作用分 / 上部構造重量 = 水平震度

- 計算上の損傷箇所と実際の損傷箇所が一致 ⇒ モデルに一定の妥当性あり
  - ✓ 破壊に至る流速は1~4m/s程度 ⇒ 他河川での過去の流速計測結果とオーダーが一致
- レベル2地震動に対する耐震補強を進めることで、流失対策にもなる可能性がある。
  - ✓ 支承が損傷し流失した橋で、逆算した外力は、水平震度に換算すると0.6以下

令和2年7月豪雨で球磨川を渡河する**水位が橋面を超えた12橋**を対象に検討

※デザイン防護柵など特殊な構造を有するものは除いた12橋

支承が損傷した橋梁					その他の橋梁				
橋梁名	逆算流速 (m/s)	逆算震度	計算上の損傷箇所	実際の損傷箇所	橋梁名	逆算流速 (m/s)	逆算震度	計算上の損傷箇所	実際の損傷箇所
西瀬橋	4.0	0.58	支承	支承	深水橋	4.0	0.56	橋脚	橋脚
相良橋	1.0	0.53	支承	支承	人吉橋	4.5	0.49	防護柵	防護柵
鎌瀬橋	3.5	0.38	支承	支承	紅取橋	5.0	0.78	橋脚	損傷無し
坂本橋	3.0	0.38	支承	支承	中谷橋	3.0	0.32	橋脚	損傷無し
沖鶴橋	2.0	0.17	支承	支承					
大瀬橋	2.5	0.25	支承	支承					
神瀬橋	3.0	0.17	支承	支承 橋脚					
松本橋	2.0	0.13	支承	支承					

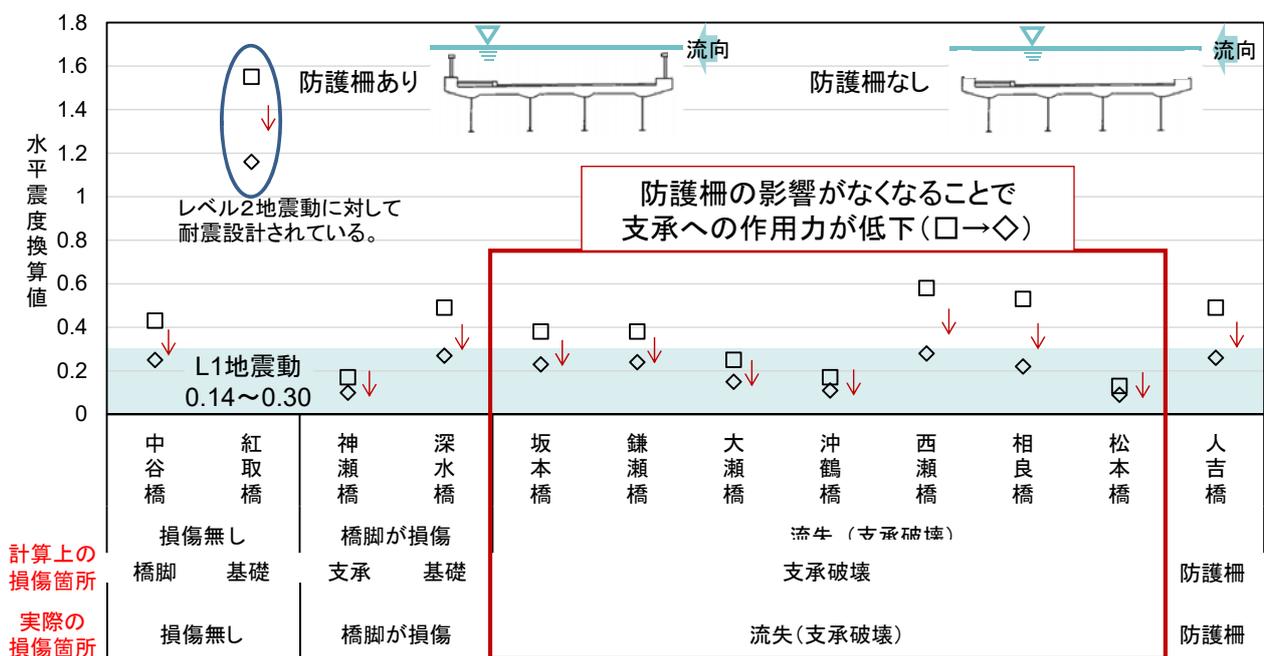


9



## 5. 研究成果 ②③道路橋の流失に関する被災可能性の評価方法の検討

- **防護柵を事前に外すことができれば、流失を防げる可能性がある。**  
(過去の許容応力度法での耐震設計で考慮されている水平震度は0.2程度)  
⇒洪水時に外せるような防護柵の技術開発ニーズを示すことができた



10



## 5. 研究成果 ④鋼桁の塑性設計法の提案

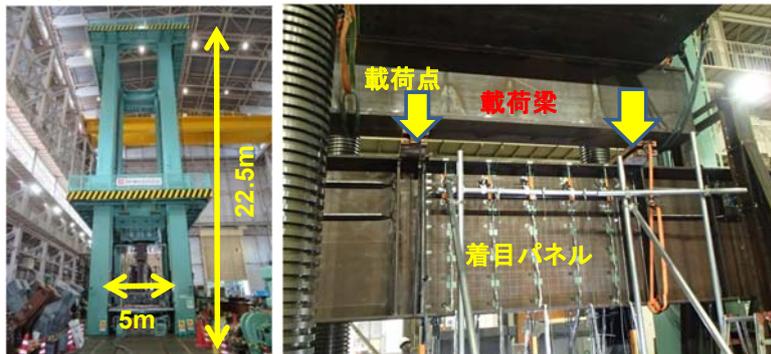
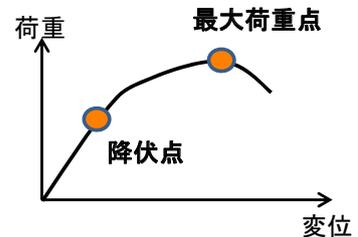
- 鋼桁・コンクリート桁に関する既往の研究では、設計合理化のために、単調荷重の実験や数値解析が行われ、塑性域の最大耐力に着目した耐力式が提案されている。
- しかし、供用中に大型車の満載が複数回繰り返されることも考えると、最大耐力に達することは許容できず、桁の変位が増加しない限界の耐力の範囲に留める必要がある。

⇒ 鋼桁・コンクリート桁のいずれも、**繰返し荷重実験を行うこと、及び、**  
 ⇒ **塑性域で同一荷重での繰返し振幅を与えても、残留変位が急増しない点に着目することを提案**

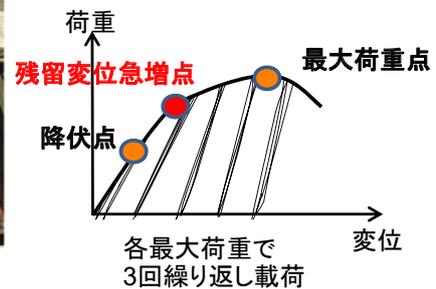
[試験体例] (研究期間中に2体の荷重試験を実施)



既往の荷重試験: 単調荷重



今回の荷重試験: 繰返し荷重



## 5. 研究成果 ④鋼桁の塑性設計法の提案

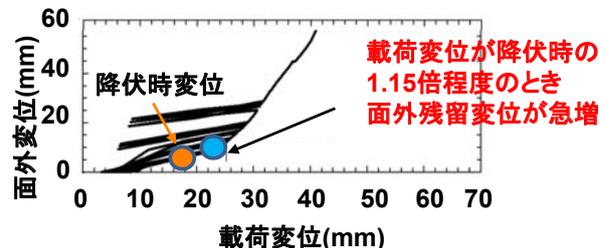
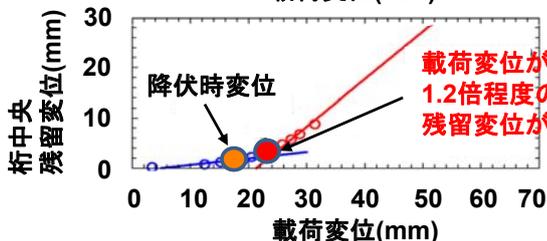
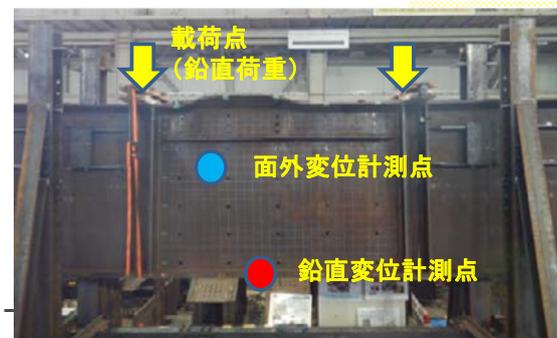
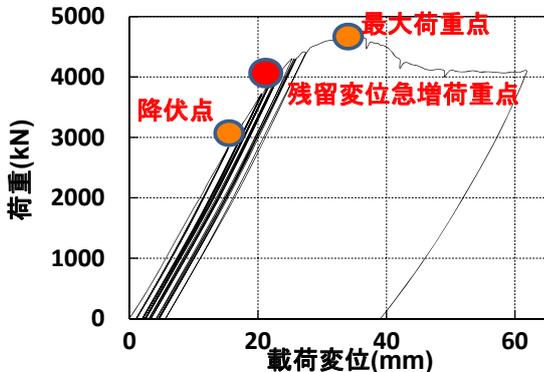
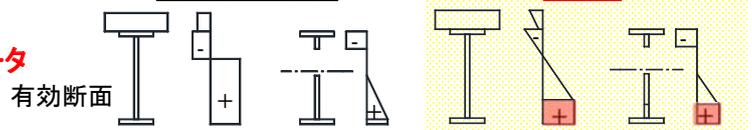
研究成果

- 本研究の範囲では、鋼桁の実験を実施 ⇒ 桁断面の一部で材料が降伏したり、局部座屈が始まっても、残留変位が急増するわけではないことが分かった。
- 論文「プレートガーダーの曲げ耐力に関する新しい理論(長谷川ら)」の理論式などを参考に、残留変位急増点に適合するように有効断面の見込み方を変更

⇒ 従来より、鋼桁耐力が10%~15%程度大きくできる見通し

⇒ 国総研・他機関の鋼桁試験30体のデータにて、追加検証中

最大耐力の算出





## 5. 研究成果 ⑤鋼桁連続化と下部構造の撤去に関する試設計

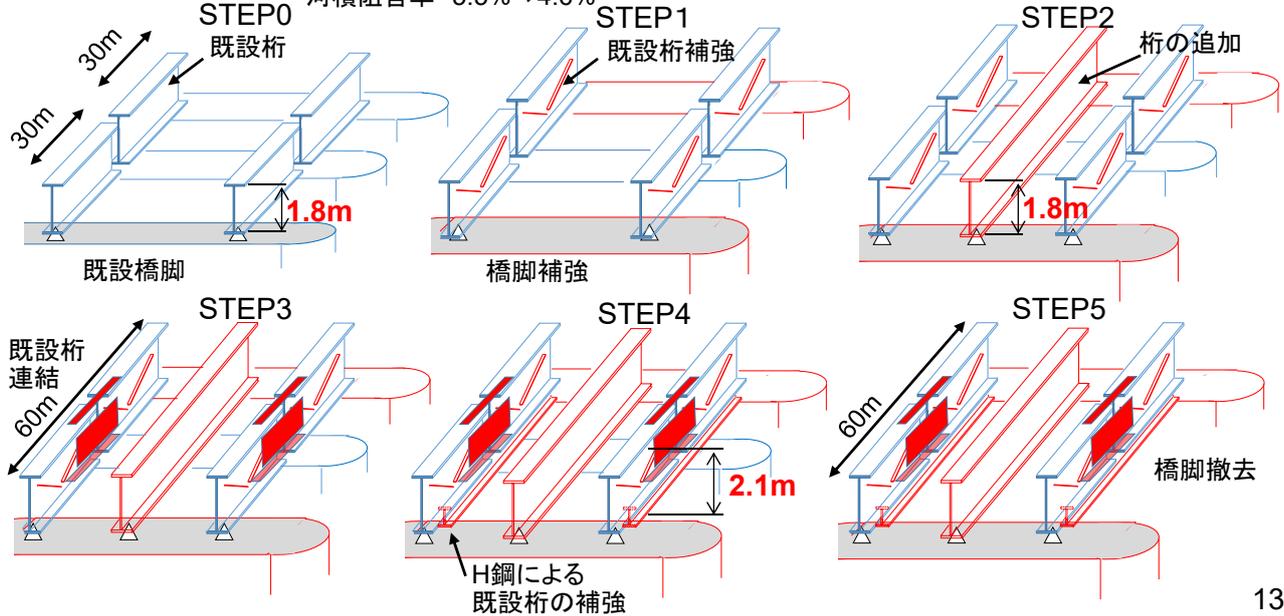
■相対的に軽量である鋼桁について、構造の成立性を確認。(コンクリート桁は検討未実施)

■期間は掛け替えと同程度か、それよりも短くなる可能性がある。



	H29道示 & 提案耐荷力式	H24道示 (許容応力度法)
既設桁	一部降伏を許容 & 高強度鋼	弾性範囲 & 従来鋼
追加桁		
補強重量	97t (1.00)	138t (1.42)

カッコ内は、提案耐荷力式に対する比率



13



## 6. 成果の普及等

社政審道路分科会 第13回道路技術小委員会(R2.9.4):

道路のリスク評価の議論が始まっている

← 道路防災点検要領の改定などリスク評価のための施策、基準類の見直しの検討に、本研究で得られた道路橋の洗掘、流失リスクの評価法も反映

### 昨今の災害を踏まえた今後の検討の方向性(案)



気象状況、道路の被災状況等	今後の検討の方向性	[参考]防災・減災プロジェクトとの関連
<p>&lt;気象&gt; 観測史上最大の10日間降水量を観測 (令和2年7月豪雨)</p> <p>1時間降水量50mm以上の発生回数が約1.4倍に増加 (令和2年7月豪雨、令和元年東日本台風)</p>	<p>① 昨今の雨の降り方の変化に伴う道路の事前通行規制基準のあり方を検討 (土工分野会議)</p> <p>※事前通行規制要領の改定 (現在、事前通行規制基準として連続雨量を活用)</p>	58. 国民生活・社会経済へのダメージを最小化する道路オペレーション
<p>&lt;被災&gt; 河川を渡河する橋梁で上部工の流出や橋脚の洗掘が発生 (R219等球磨川渡河橋梁群、R20法雲寺橋)</p>	<p>② 昨今の変化する外力を踏まえた点検すべき新たな災害リスクについて審議 (土工・橋梁分野会議)</p> <p>[点検により要対策箇所をとりまとめ]</p> <p>※必要に応じ技術基準類の見直しを検討</p>	55. 河川・鉄道・道路分野が連携した橋脚等の防災・減災対策
<p>&lt;被災&gt; 河川に隣接する区間で道路の流出が発生 (R41岐阜県下呂市、R210大分県日田市、R144群馬県妻恋村等)</p>	<p>③ ②及び技術の進展も踏まえた災害リスク箇所のマネジメント(注)のあり方を検討 (土工・橋梁分野会議)</p> <p>(注)災害リスク箇所の把握や評価、対策の立案の手法等</p> <p>※道路防災点検要領の改定</p>	1-1. インフラ分野における防災・減災のための新技術の活用
<p>&lt;被災&gt; 道路区域外や防災点検対象外で大規模土砂災害が発生 (R3熊本県芦北町、R418長野県天龍村、R20神奈川県相模原市等)</p>		55. 河川・鉄道・道路分野が連携した橋脚等の防災・減災対策

14

社政審道路分科会 第8回道路技術小委員会(H29.6.30):  
 道路橋の設計基準の次回改定においては、鋼桁の耐荷力式の検討課題の一つ  
 ← 検討にて、本研究で得られた桁の新しい耐荷力式や載荷試験方法を反映

### 道路技術小委員会 橋梁分野会議 委員長報告

- ◇ 「橋、高架の道路等の技術基準」の改定にあたり、「橋梁分野会議」において、専門的見地から検討したので、その状況を報告する。
- ◇ 橋梁分野会議の論点として、
  - ① 多様な構造や新材料に対応する設計手法をどのように導入していくべきか
  - ② 長寿命化を合理的に実現するために、どのような規定を充実すべきか
  - ③ 点検結果等を踏まえ、どのような規定を充実すべきか
 などについて、審議を行ってきた。
- ◇ これらの検討事項について、橋梁分野会議では、以下のような意見があった。

#### 【橋梁分野会議における主な意見】

- ① 多様な構造や新材料に対応する設計手法をどのように導入していくべきか
  - ・設計の枠組みを作ることで技術の開発も進むと考えられるため、早急に改定を行うのがよい。
  - ・耐荷性能は、路線の重要度に応じて設定することを共通編で明確にすべき。耐荷性能についても、路線の重要度に応じて選択するようにしてはどうか。
- ② 長寿命化を合理的に実現するために、どのような規定を充実すべきか
  - ・設計供用期間100年について、耐久性の観点だけでなく説明するのではなく、耐荷性能とも密接に関係していることを示した方がよい。
  - ・橋の耐久性確保の方法や部材の交換等について、維持管理や構造上の留意事項を示してはどうか。
  - ・部材交換が容易な構造とすることの規定について、この規定ばかりが重視されて設計耐久期間が短く、頻繁に部材交換をせざるを得ない構造が採用されることのないよう、注意が必要ではないか。



#### ③ 点検結果等を踏まえ、どのような規定を充実すべきか

- ・PCボスطن桁のひびわれについて、特殊な形状の橋については、PC鋼材の配置等について特に注意が必要。
- （熊本地震を踏まえた対応については、平成28年9月の道路技術小委員会の審議を踏まえ、改定案を作成）

- ◇ 以上の意見を踏まえ、「橋、高架の道路等の技術基準」の改定案を作成した。

- ◇ なお、今回の改定は、許容応力度設計法から限界状態設計法、部分係数設計法へと、設計の枠組みを大きく変更するものである。今後、継続して取り組むべき課題として、以下のような意見があった。

#### 【橋梁分野会議における主な意見】

- ・コンクリート構造におけるPRC構造や鋼部材におけるコンパクト断面等、限界状態設計法の特性を生かした新しい構造の規定、又、橋全体系で限界状態を直接照査するための標準的な方法など、標準的な設計法に新しいものを充実させることについては、引き続き検討を行っていただきたい。
- ・耐震設計において桁端部や支承まわりでの損傷過程を制御する設計法、耐力階層化係数なども、引き続き検討を行っていただきたい。
- ・塩害等耐久性の設計法についても、実態データの蓄積を行い、合理的なものとなるように、継続的に検討を行っていただきたい。
- ・限界状態設計法や部分係数設計法について、新技術や新材料の開発を行う民間企業等に対して、評価の方法論だけではなく評価に必要なデータや知見をわかりやすい形で示していくことも必要ではないか。
- ・国際競争性に関するメリットについて、もっと打ち出していくことも必要ではないか。

### ■ 既発表論文等

IABMAS 2020

- ・「An Experimental Study on the Steel Girders with a Horizontal Stiffener in Bending」

令和3年度全国大会 第76回年次学術講演会

- ・「水平補剛材を有する鋼I形断面桁のせん断強度に関する実験的研究」
- ・「腹板の幅厚比を緩和したSBHS500の合成桁のせん断耐力に関する実験的研究」

### ■ 現在作成中

技術基準の改定に密接に関係する国総研資料2冊を優先にして作成中

- ・被害を受ける可能性の高い橋梁の抽出マニュアルの提案
  - ・洗掘による沈下・傾斜が生じやすい橋の抽出方法の提案(①)
  - ・流失が生じやすい橋の抽出方法の提案(②)
- ・鋼桁の塑性設計法の提案(④)

### ■ 今後

鋼桁載荷試験に関する設計式について他機関のデータなども精査したうえで、下記2項目から改造マニュアル(メニューと計算例)をまとめる

- ・原位置改良の提案その1: 水没を前提とする構造への改造案の提案(③)
- ・原位置改良の提案その2: 桁連続化と下部構造の撤去に関する試設計(⑤)



## 7. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
洗掘被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と改造マニュアルの開発	洗掘や流失に対する危険度の高い橋梁の抽出法	<ul style="list-style-type: none"> <li>主成分分析などの統計的方法でなく、力学的なメカニズムを考慮した、被災要因の分析ができた。</li> <li>その結果から、危険度の高い橋梁を抽出する方法を提案した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術資料(国総研資料)を発刊し広く周知する。</li> <li>道路技術小委員会に提出し、リスク評価法などとしての基準化の検討を進める。</li> </ul>	◎	◎とした理由は、いずれも、当初は「流出」は対象でなかったため。研究に組み込み、成果を得ることができた。
	鋼桁の塑性設計法の提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>桁の載荷実験と分析方法、新たな限界状態の定義を提案した。</li> <li>鋼桁の耐荷力式を提案した。従来に比べて10~15%大きく強度を見込めることが分かった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術資料(国総研資料)を発刊し広く周知する。</li> <li>日本道路協会橋梁委員会や道路技術小委員会に提出し、設計式の基準化の検討を進める。</li> </ul>	○	
	道路橋の原位置改良方法の提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>流失: 水没時を前提したとき、高欄の取り外しによる外力の低減や支承の耐震補強による抵抗の増加が有効なことを示した。</li> <li>洗掘: 鋼桁橋については、桁連続化と下部構造の撤去という方法が成立することを確認した。</li> </ul>	技術資料(国総研資料)として、既存の方法だけによらない新たな改良方法や計算例をまとめた改造マニュアル案を作成する。	◎	

### 有効性

- 水害危険度の高い橋の優先度付けができるようになった。また、新たな対策方法の充実が図られた。
- 鋼桁の塑性設計法は、新設設計や腐食に対する補強設計の合理化にもつながる。
- 原位置改良方法は、渡河橋の耐震補強の推進にも寄与できる可能性がある。

資料

令和3年度第6回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第三部会） 議事次第・会議資料

# 令和3年度第6回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）

## 議事次第

---

日時：令和3年11月11日（木）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 議事
  - ＜令和2年度終了の事項立て研究課題の終了時評価＞
  - ・大規模地震時の港湾施設の即時被害推定手法に関する研究
6. 国総研副所長挨拶
7. 閉会

## 会議資料

---

	頁
資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）委員一覧	167
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	168
資料3 研究課題資料 <ul style="list-style-type: none"><li>・大規模地震時の港湾施設の即時被害推定手法に関する研究</li></ul>	169
資料4 評価対象課題に対する事前意見	181

注) 資料3及び資料4については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会  
(第三部会) 委員一覧

第三部会

主査

兵藤 哲朗 東京海洋大学 学術研究院 流通情報工学部門 教授

委員

岩波 光保 東京工業大学 環境・社会理工学院  
土木・環境工学系 教授

富田 孝史 名古屋大学大学院環境学研究科 教授

野口 哲史 (一社)日本埋立浚渫協会 技術委員会委員長  
五洋建設(株) 取締役 常務執行役員 土木本部長

二村 真理子 東京女子大学 現代教養学部 教授

山田 忠史 京都大学経営管理大学院 教授  
京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 教授

横木 裕宗 茨城大学 工学部 都市システム工学科 教授

※五十音順、敬称略

## 評価方法・評価結果の扱いについて

（第三部会）

### 1 評価の対象

令和2年度に終了した事項立て研究課題の終了時評価

### 2 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を今後の研究の目的、計画等へ反映することを目的とする。

### 3 評価の視点

必要性、効率性、有効性の観点を踏まえ、「研究の実施方法と体制の妥当性」「目標の達成度」について終了時評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組

中期段階：実用化に向けた取組

後期段階：普及あるいは発展に向けた取組

### 4 進行方法

（1）評価対象課題に参画等している委員の確認

評価対象課題に参画等している委員がいる場合、対象の委員は当該研究課題の評価には参加できない。（該当なし）

（2）研究課題の説明（15分）

（3）研究課題についての評価（25分）

① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。

② 審議内容、評価等をもとに、主査が総括を行う。

### 5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

### 6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

# 大規模地震時の港湾施設の 即時被害推定手法に関する研究

研究代表者	:	港湾研究部	港湾施設研究室長	宮田正史
課題発表者	:	港湾研究部	港湾施設研究室長	宮田正史
研究期間	:	平成30年度～令和2年度		
研究費総額	:	約27百万円		
技術研究開発の段階	:	中期段階		



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

1

## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

#### ○ 東南海トラフ巨大地震への備え(国交省:「南海トラフ巨大地震対策計画中間とりまとめ」(H25.8))

- ・甚大かつ広範囲の被害に対して、被災情報を迅速・正確に収集・共有し、応急活動や避難に繋げる
- ・無数に発生する被災地に対して総合啓開(陸海空あらゆる方面からのルート啓開)によりルート確保

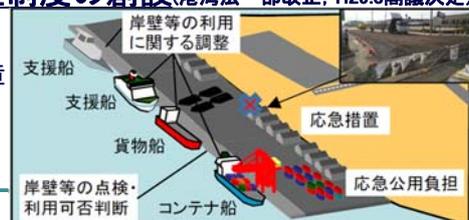
#### ○ 港湾における大規模災害の発生リスクへの対応

(国交省港湾局:「港湾の技術開発にかかる行動計画(H28.4)」> I. 国民の安全・安心のための技術)

- ・港湾観測情報を連携させた災害対策情報システムの検討や開発を行い、情報の発信を目指す。

#### ○ 非常災害時の国交大臣による円滑な港湾施設の管理制度の創設(港湾法一部改正, H29.3閣議決定)

- ・熊本地震時の課題⇒支援船舶(自衛隊・海上保安庁等)が集中し、係留施設が混雑し、利用者との円滑な調整等に支障
- ・港湾管理者からの要請があり、必要があるときは、  
国が港湾利用者との調整等の管理業務を実施



### 問題点

#### ○ 短時間(1時間程度以内)での「初動体制や対応方針」の決定判断材料が極めて少ない

東南海・南海地震など、多数の港湾で同時に甚大な被害をもたらすような大規模地震が発生した場合、港湾防災部局(国土交通省港湾局、全国の港湾管理者等)は現地からの被害報告がほとんどない中で、被害調査の優先順位、航路啓開・緊急物資輸送経路、利用可能な係留施設群を想定しつつ、初動体制や対応方針を短時間で決定する必要がある。しかしながら、決定するための判断材料が極めて少ない。

2



## 2. 研究開発の目的・目標

### 目的・目標

- (目標)本研究では、大規模地震を対象とした港湾施設(係留施設)の即時被害推定手法を確立することを目標としている。
- (目的)研究成果を実用化することにより、港湾防災部局(国土交通省港湾局、全国の港湾管理者等)が、現地からの被害報告が入る前に、**広域にわたる港湾の被災範囲や各港湾における係留施設の被害程度の推定結果を活用し、手戻りの少ない初動体制や対応方針を速やかに決定**できるようにすることを目的としている。

### 必要性

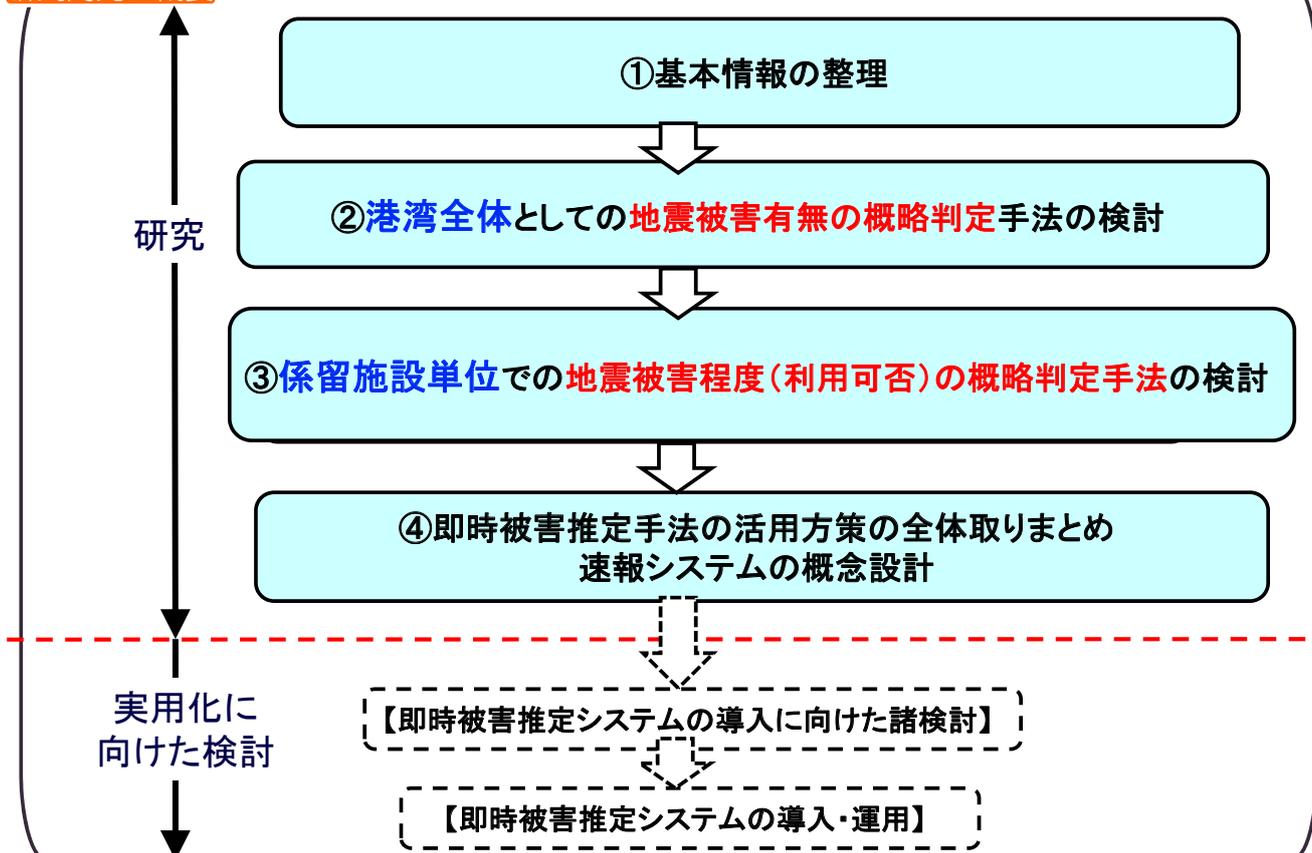
- 大規模地震に対する**初動体制や対応方針を短時間(1時間程度以内)で決定**する必要がある。
- しかしながら、**地震が夜間に発生した場合や、余震や津波により現地港湾に近づけない**場合は、地震直後の**現地被害情報の入手は困難**である。
- このため、**多数の港湾における多数の係留施設の被害程度を短時間(15分程度)で推定し、かつ緊急物資輸送等の搬出入に利用できる可能性の高い係留施設を一定の精度で抽出**できる技術が必要である。

3



## 3. 研究開発の概要

### 研究開発の概要



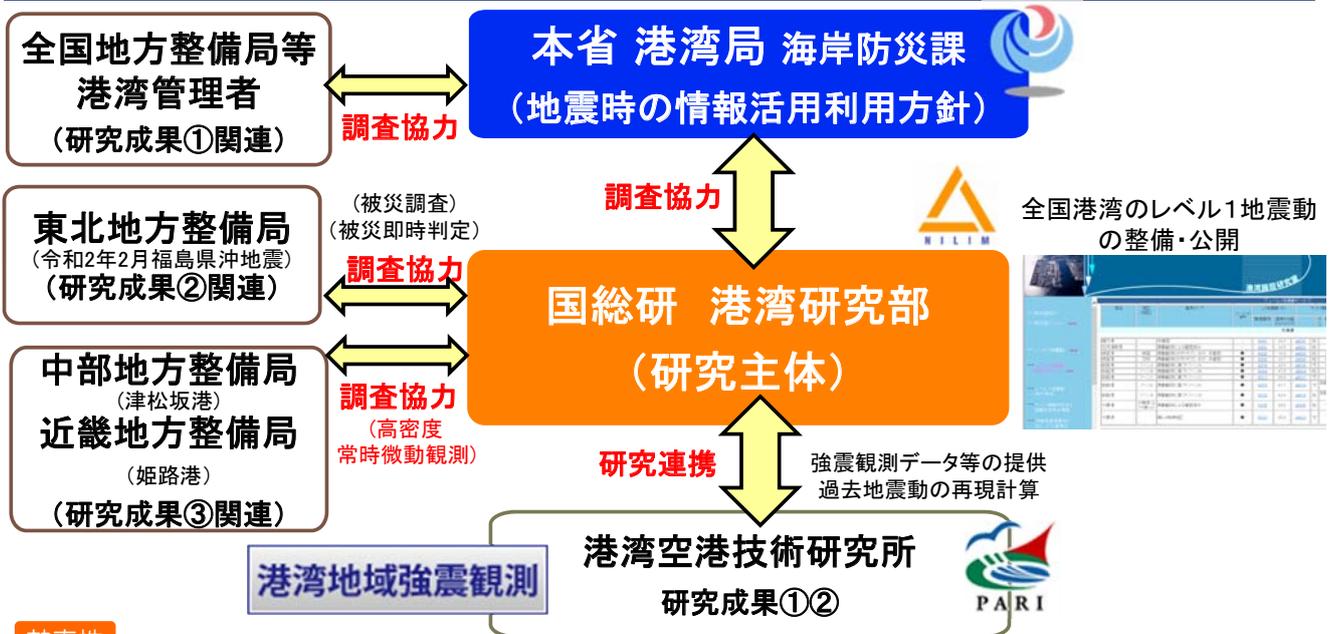
4

## 4. 研究のスケジュール

区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度			研究費総額
	H30	R1	R2	研究費配分
(研究費[百万円])	約9	約9	約9	約27
① 基本情報の整理	—————			約5
② 港湾全体としての地震被害有無の概略判定手法の検討	—————	—————	—————	約9
③ 係留施設単位での地震被害程度(利用可否)の概略判定手法の検討	—————	—————	—————	約12
④ 即時被害推定手法の活用方策の全体取りまとめ、速報システムの概念設計			—————	約1

5

## 5. 研究の実施体制



### 効率性

- 国総研港湾研究部は、港湾施設の耐震設計基準の策定及び全国港湾のレベル1地震動の設定や、港湾の地震・津波被害調査や被害調査資料の取りまとめを行っており、今までに蓄積してきた各種のデータや高度な技術的知見を用いることで、効率的な研究が可能であった。
- また、国土交通省港湾局の防災担当部局や地方整備局、港湾空港技術研究所と連携を図ることにより、実効性の高い成果を得ることが可能であった。

6

## 6. 研究成果:① 基本情報の整理

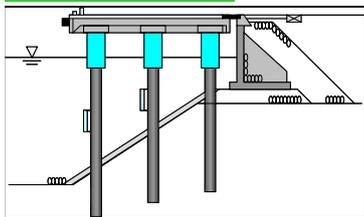
### ■ 主要な研究成果

- 全国港湾の係留施設の基本諸元(施設数, 構造形式, 水深等)の整理 → **国総研資料(No.1019)**  
→ **土木学会インフラ健康診断書(港湾部門試行版)に反映**



### 構造形式別の施設数・占有率

栈橋式: 約1割

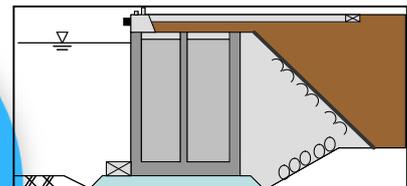


浮体式, 1127, 10%

栈橋式, 1141, 10%

その他, 63, 1%

重力式: 約6割

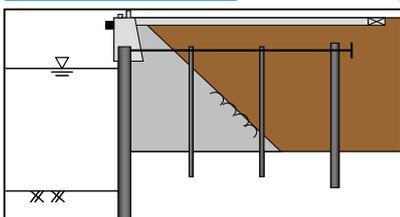


全施設数: 10915

矢板式, 2356, 22%

重力式, 6228, 57%

矢板式: 約2割

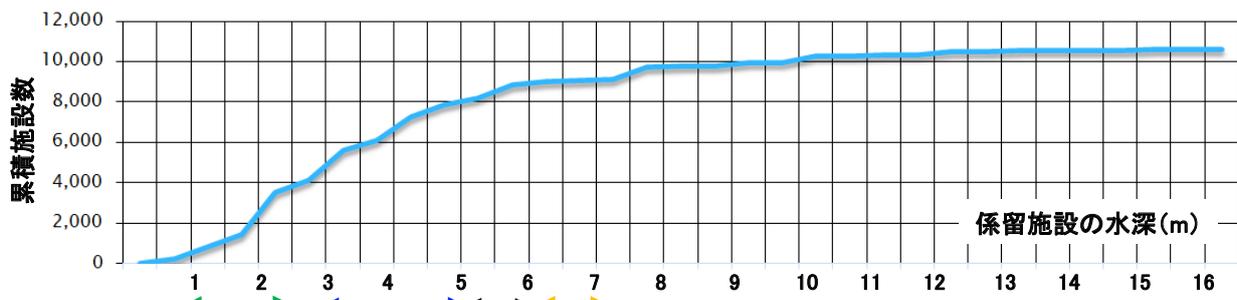


- 全国港湾の係留施設に関する情報を、今回初めて資料化
- 構造形式の占有率も、初めて明確に

7

### ■ 係留施設の水深の累積度数分布と着岸可能な船舶との対応関係(イメージ)

【参考資料】



国交省: 港湾業務艇/清掃船 (1.0-2.5m)



海上保安庁: 巡視 (3.5-5.0m)



国交省: 油回収・浚渫船 (5.0-6.0m)



海上自衛隊 護衛艦/輸送艦 (3.5-7.5m)



フェリー・RORO船(6.0-7.0m)



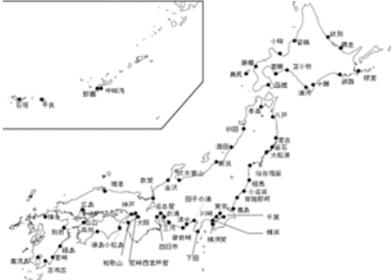
東北地方太平洋沖地震及び平成28年熊本地震において、緊急支援船として係留施設に接岸した各種船舶の満載喫水(概略)

8

■港湾全体としての地震被害有無を概略判定するための材料を提示

A. **港湾全体としての地震フラジリティ・カーブを構築**

○港湾地域強震観測網  
 (61港湾)(1962年～)



港湾で地震被害が発生した地震時の**強震観測記録(地表)**の収集

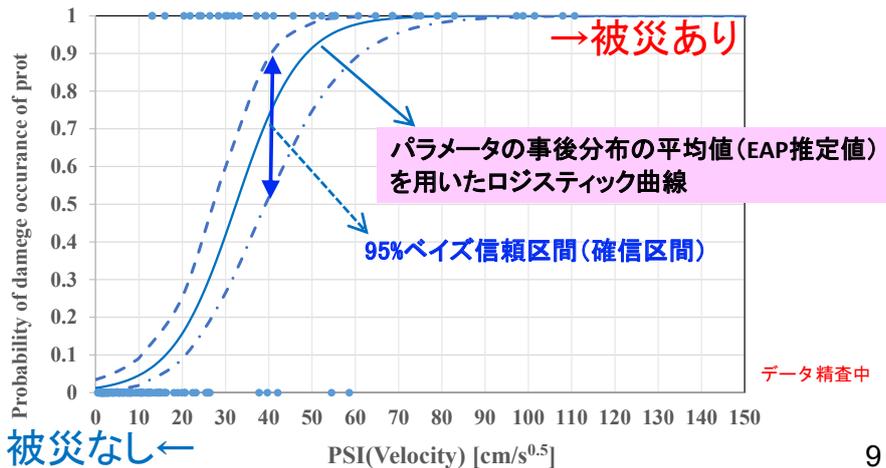
速度PSI値(港湾構造物の被災有無に関係があるとされる)の計算  
 速度波形を自乗して時間軸方向に積分し√をとる.

$$PSI = \left( \int_0^{\infty} (v(t))^2 dt \right)^{0.5}$$

上記地震による各港湾での**被災有無の記録の収集**

**被災有無のデータの二値化**  
 ・被災あり: 1, 被災なし: 0

**港湾全体としての地震フラジリティ・カーブ**  
 マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いたベイズ推論



○速度PSI値 > 50

・港湾全体として、甚大な被害発生の可能性が極めて高い

○25 < 速度PSI値 < 50

・港湾全体としてみた場合、被害発生の可能性高い.

○10 < 速度PSI値 < 25

・港湾全体としてみた場合、何らかの被害発生する可能性あり.

○速度PSI値 < 10

・被害なしの可能性が極めて高い

【参考資料】

■港湾地域強震観測網からの地震速報(自動メール)の活用

※本メールは**港湾地域強震観測網**から(独)港湾空港技術研究所経由で自動配信されています。

2014年8月19日 22時28分頃地震がありました。震源情報は取得中です。

根室-U: PSI値 : 0.9 cm/s<sup>0.5</sup>

計測震度相当値 : 2.7

最大加速度 : 42 Gal

$$PSI = \left( \int_0^{\infty} (v(t))^2 dt \right)^{0.5}$$

注: 速度PSI値は速度波形の二乗積分値の平方根として定義される量で、**港湾構造物の被害程度と良い相関**を示します。

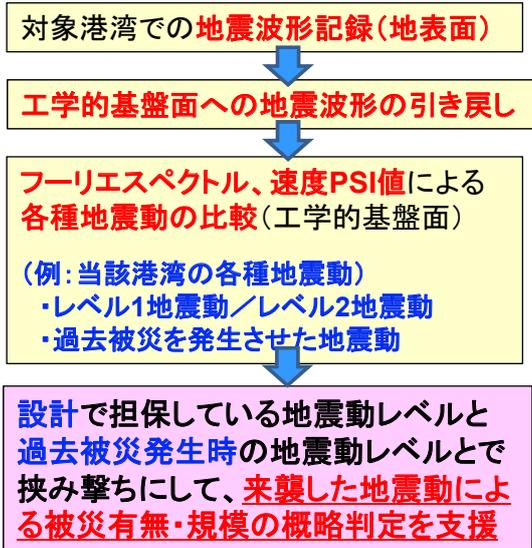
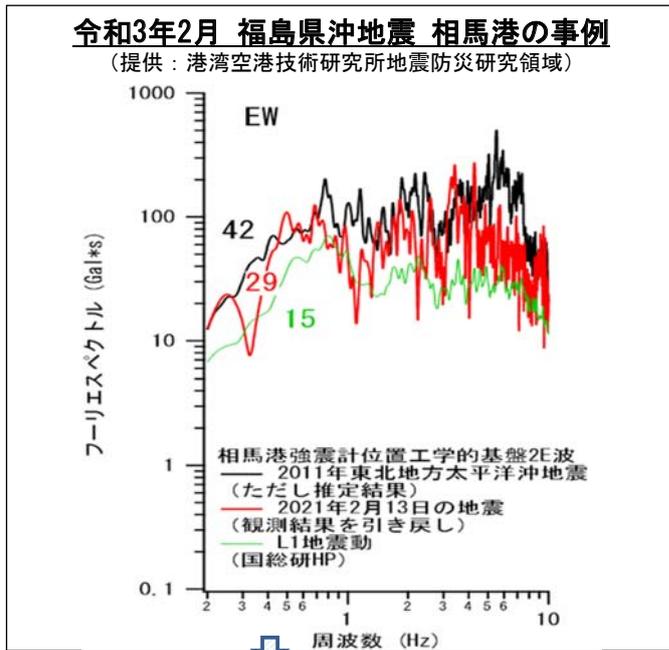
参考までに**1995年兵庫県南部地震の際、神戸港工事事務所ではPSI=99cm/s<sup>0.5</sup>、1983年日本海中部地震の際、秋田港工事事務所ではPSI=61cm/s<sup>0.5</sup>**です。

注: 最大加速度は港湾施設の被害の大小と結びつかない場合が多いので御注意下さい。

■今後、速度PSI値と被害有無の関係を分かりやすく伝える付加情報を追加する予定(本省港湾局, 港湾空港技術研究所と調整中)

■港湾全体としての地震被災有無を概略判定するための材料を提案

**B. 来襲地震動(観測)と過去地震・設計地震動のスペクトル比較** ⇒ 本年2月福島県沖地震で試行



東日本大震災(42) > **今回地震(PSI=29)** > レベル1地震動(15)

**(軽微な) 被災発生の可能性あり**

相馬港の被災状況(令和3年2月福島県沖地震)

【参考資料】

通常岸壁(-10m)



× 岸壁変位(20cm程度)  
⇒ エプロン破損 ⇒ 供用停止



埋立部



△ 比較的大規模な噴砂あり  
⇒ 但し、車両通行は可能

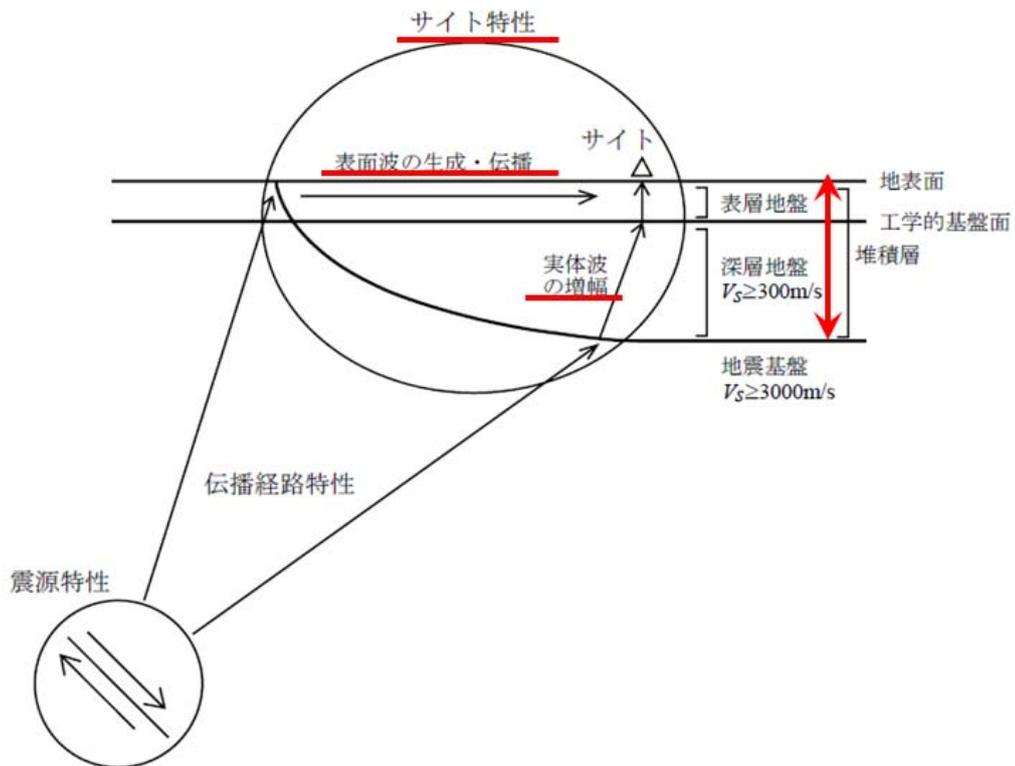
耐震強化岸壁(-12m)



◎ ほぼ無被災  
⇒ 地震直後から供用再開

## ■地震動サイト増幅特性

- ・地震基盤から地表面までの地震動の増幅倍率(周波数ごと)
- ・多数の強震観測記録(時刻歴波形)から推定する



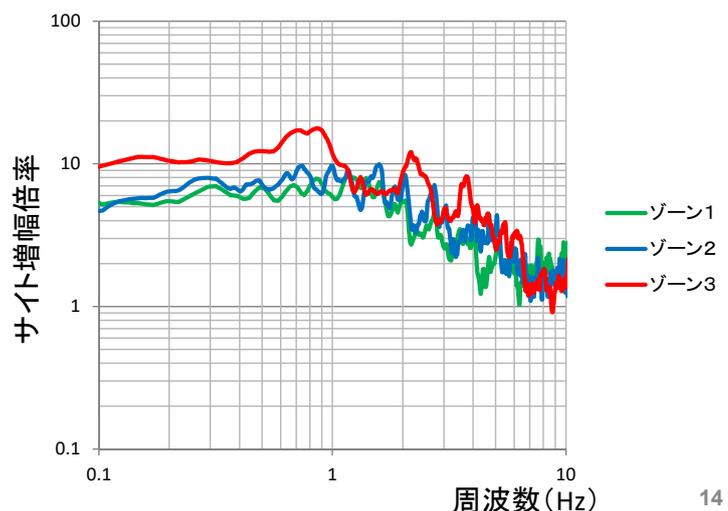
## ■地震動ゾーニングの事例

東京港のサイト増幅特性  
(ゾーニング)



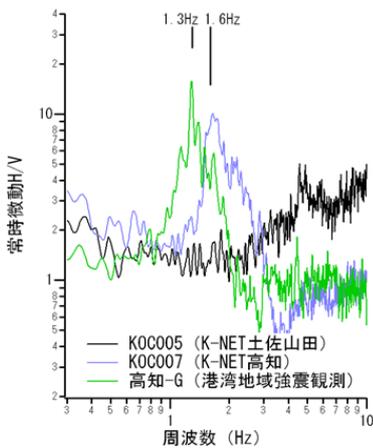
※地震動の大きさ

ゾーン3 > ゾーン1 & ゾーン2

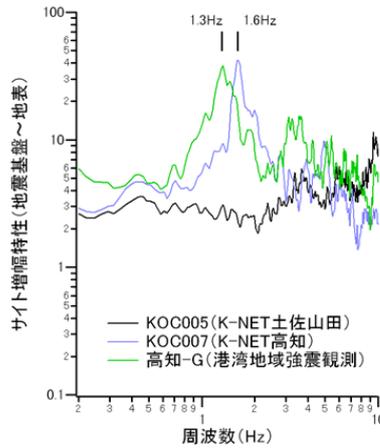


■ 常時微動観測を活用した地震動サイト特性の評価 (簡易的な補正方法で利用)

- 常時微動とは、人間活動等によって**不断に発生している微弱な振動**
- **携帯型微動計**を測点上に設置することにより計測(3成分、15分程度)
- 水平動と上下動のフーリエスペクトルの比(**微動H/Vスペクトル**)を計算



微動H/Vスペクトル



サイト増幅特性(強震観測記録の蓄積データから算出)



(出典)野津ら:東日本大震災で被害を受けた港湾におけるサイト特性の調査,土木学会論文集 A1,Vol.68, No.4, 2012.

○ 常時微動観測結果を用いたサイト増幅特性の評価

- ・微動H/Vスペクトルとサイト増幅特性のピーク位置(卓越周波数)は、概ね一致
- ・新たに微動観測を実施することで、当該地点が、近隣の既知のサイト増幅特性と異なるのか否かを容易に判断できる。港湾内のゾーニングが可能となる。

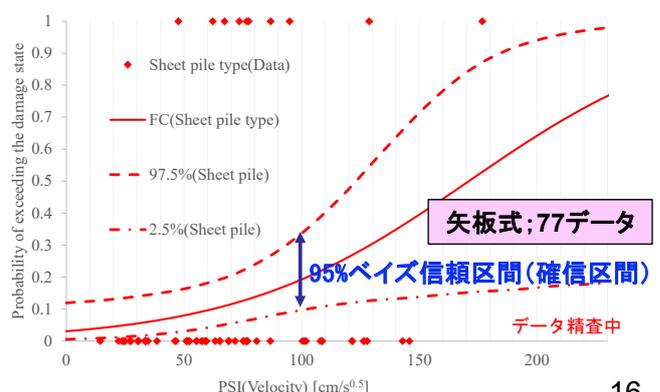
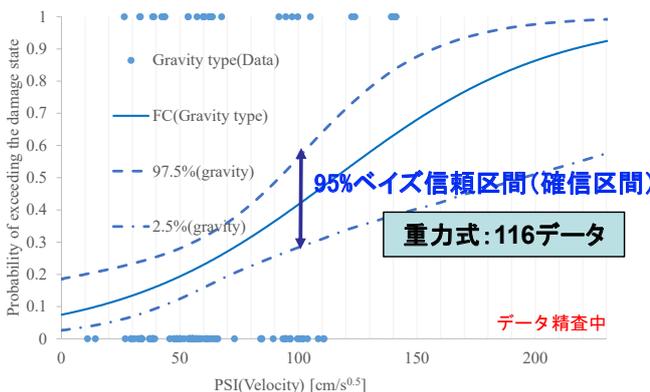
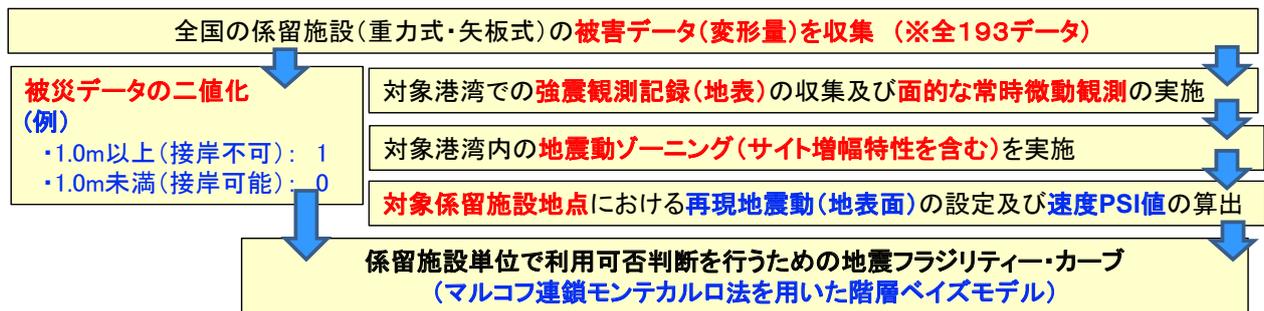
15



6. 研究成果:③ **係留施設単位**での地震被害程度(利用可否)の概略判定手法の検討(C:その1)

研究成果

■ 速度PSI値を利用した、係留施設単位での利用可否を概略判定する方法を試構築  
**C. 係留施設単位で利用可否判断を行うための地震フラジリティー・カーブの試構築**





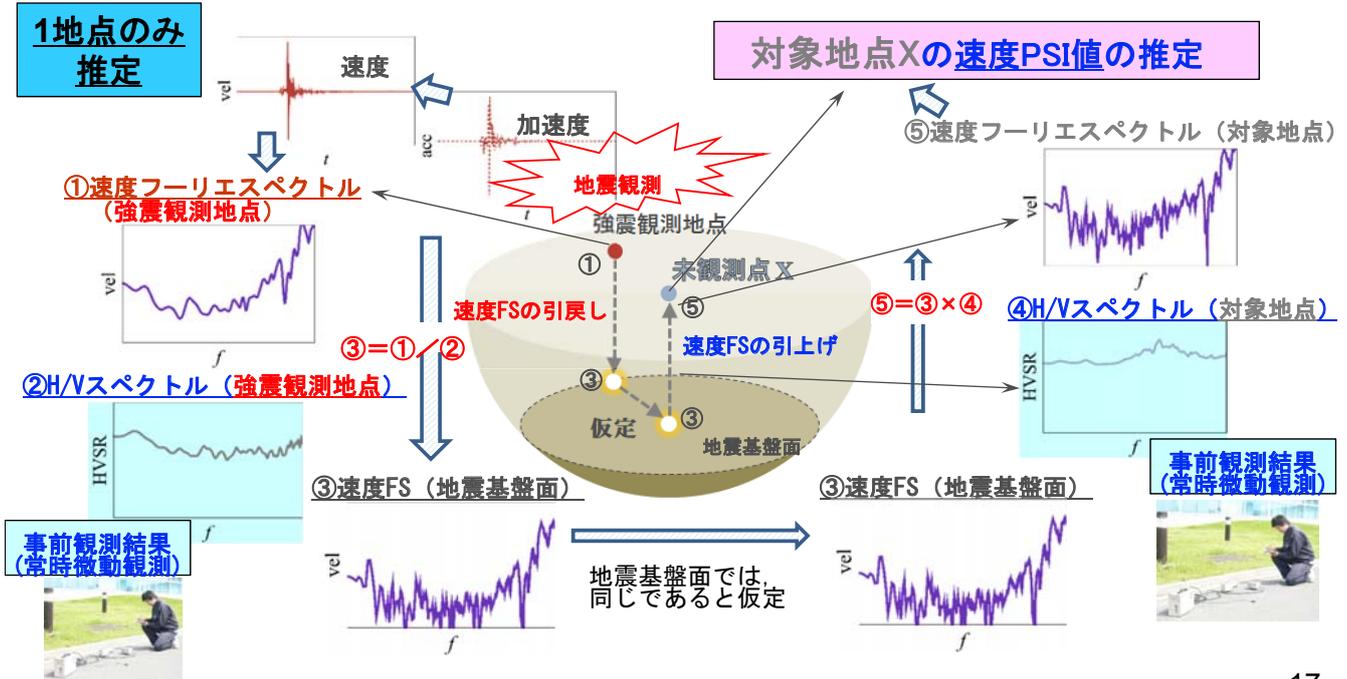
6. 研究成果:③ **係留施設単位**での地震被害程度(利用可否)の概略判定手法の検討(D:その2)

研究成果

■速度PSI値を利用した、係留施設単位での利用可否を概略判定する方法を試構築

D①. 地震観測点の波形から対象地点(例:耐震強化岸壁)の速度PSI値を推定する手法を試構築

①地点のみ推定 2時点(●, X)で予め実施した常時微動観測の結果を利用



17



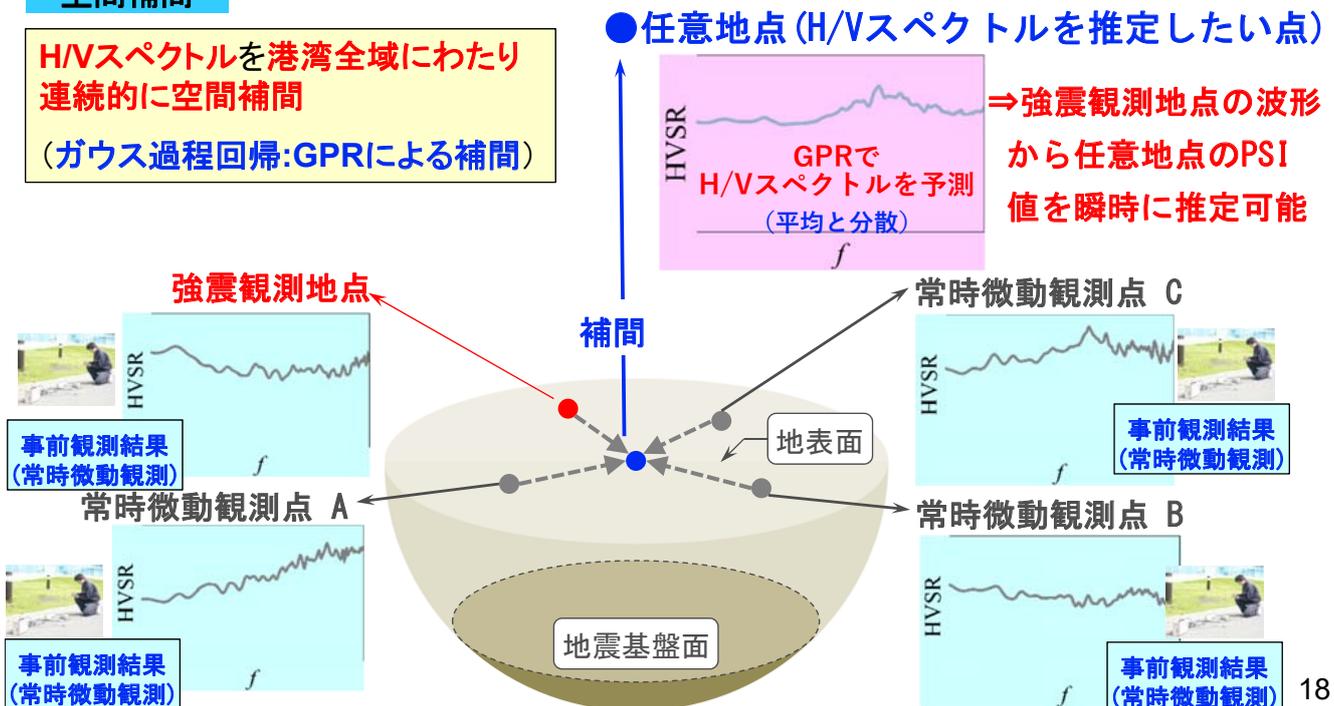
6. 研究成果:③ **係留施設単位**での地震被害程度(利用可否)の概略判定手法の検討(D:その2)

研究成果

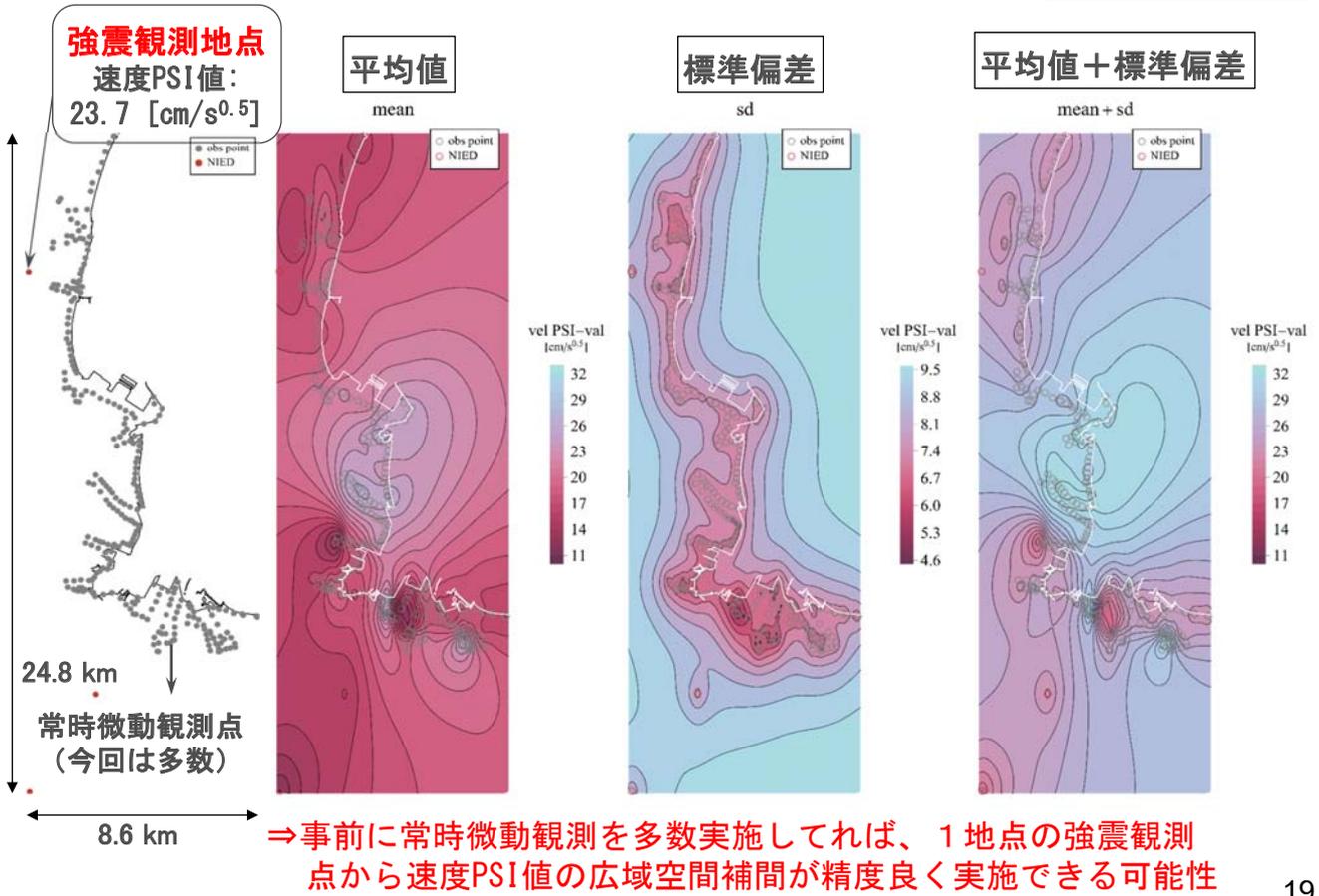
■速度PSI値を利用した、係留施設単位での利用可否を概略判定する方法を試構築

D②. 地震観測点の波形から任意地点(例:通常岸壁)の速度PSI値を推定する手法を試構築

②港湾全域の空間補間 ⇒地震観測点(●)と複数点(●)で予め実施した常時微動観測の結果を利用



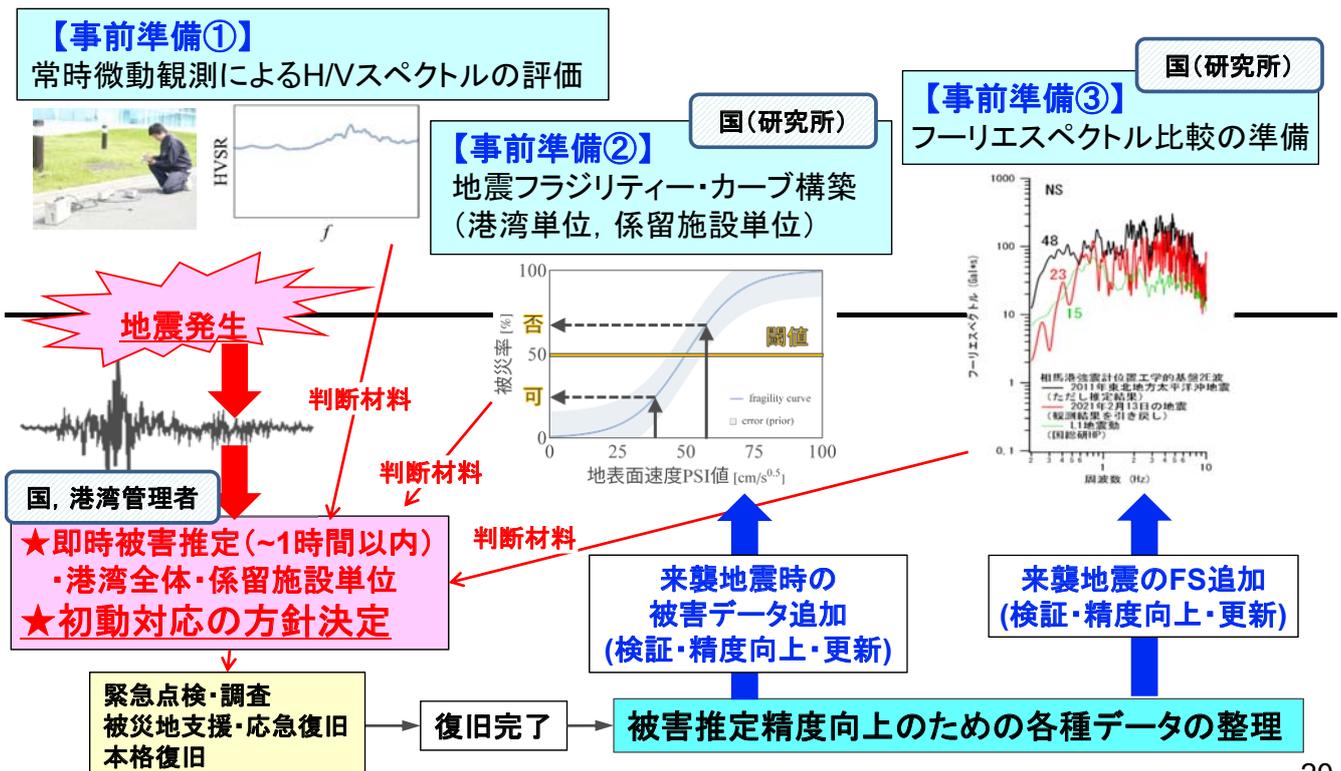
18



6. 研究成果:④ 即時被害推定手法の活用方策の全体取りまとめ、速報システムの概念設計

研究成果

- 即時被害推定手法の活用方策の全体取りまとめ
- 既存強震観測網のリアルタイムデータを利用した速報システムの概念設計





## 7. 成果の普及等

<p>■「成果普及に向けた取組み」及び「今後の予定」 ●:短期, ○:中期, △:長期</p> <p>●「<b>港湾地域強震観測システムからの速報メールに情報*追加を検討中</b>【調整先:本省港湾局・港空研】</p> <p>※「A. 港湾全体としての地震フレンジー・カーブ(FC)」</p> <p>→ <b>事前配布</b>(本省港湾局・整備局). 加えて, <b>速報メールに情報所在添付(研究所Webアドレス)</b></p> <p>○「<b>B. 来襲地震動と過去地震・設計地震動のスペクトル比較</b>」に関する<b>研究継続</b>【港空研&amp;国総研】</p> <p>→ <b>過去地震での再現検討</b>(被災有無の判断精度の確認). 今後の地震動でも<b>試行継続</b>.</p> <p>→ <b>地盤のひずみレベルが大きい地震動</b>の工学的基盤への波形引き戻しに対する<b>精度検証</b></p> <p>○「<b>D. 地震観測点の波形から任意地点の速度PSI値を推定する手法を試構築</b>(常時微動観測結果を利用)」について, <b>検証解析を引き続き実施</b>する(予定)</p> <p>△今後も<b>地震観測データ</b>及び<b>被災記録(被災無しも含めて)</b>を<b>蓄積</b>し,「港湾全体としてのFC」及び「係留施設単位での地震FC」の精度向上を図り,見直していく。</p>
---

<p>■投稿論文 (基本情報)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>岡元涉, 竹信正寛, 宮田正史, 井山繁, 菅原法城, 川原洋, 藤井一弘: 係留施設における構造形式等の基礎的データに関する整理, 国総研資料No. 1019, 2018.</li> <li>竹信正寛, 岡元涉, 宮田正史: 港湾における係船岸の構造諸元に関する現状整理, 土木学会平成30年度全国大会, 2018. (VI-496)</li> </ul> <p>(地震フレンジー・カーブ関連)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>菅原法城, 福永勇介, 宮田正史, 住岡直樹: 実データに基づくベイズ推論による係留施設の地震時フレンジー曲線の構築, 土木学会 第24回応用力学シンポジウム講演概要集, 2021.</li> </ul>	<p>(地震動推定誤差関連)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>錦織勇人, 福永勇介, 宮田正史: サイト増幅特性の評価手法によるレベル1地震動の推定誤差評価とその発生要因に関する一考察. 土木学会論文集B3(海洋開発), 76(2), 1-414-1-419, 2020.</li> <li>錦織勇人, 福永勇介, 宮田正史: 港湾におけるレベル1地震動の評価手法による推定誤差の評価と重力式係船岸の変形への影響, 国総研資料No.1099, 2020.</li> <li>錦織勇人・福永勇介・野津厚・宮田正史: 港湾におけるレベル1地震動の補正手法に関する包括的整理, 国総研資料No.1065,, 2019.</li> <li>錦織勇人, 福永勇介, 宮田正史, 野津厚: 常時微動観測に基づくサイト増幅特性の評価に関する推定精度の検証, 土木学会令和元年度全国大会, 2019.</li> <li>福永勇介, 野津厚, 山田雅行, 長坂陽介: 常時微動H/Vスペクトルを用いたサイト増幅特性の統計的な推定法の提案, 土木学会平成29年度全国大会, 2017.</li> </ul>
---	--

21



## 8. 事前評価時の指摘事項と対応

事前評価時の指摘事項	対応
<p>【総合評価】</p> <p>(..省略..)国総研にて実施すべきと評価する。なお,実施にあたっては, <b>必要な情報の入手等について外部機関との連携</b>を視野に入れて,効率的に研究を進められたい。</p>	<p>・<b>全国港湾の係留施設の基本諸元データ</b>については, <b>本省港湾局及び地方整備局等との連携</b>を図り, <b>効率的に必要な情報を入手</b>することができた。</p>
<p>【研究を実施するにあたっての留意事項】</p> <p>(研究実施にあたっての留意点)</p> <p>① <b>被害程度の推定精度が議論できるレベルまで検討</b>して欲しい。また,係留施設の基本情報の把握をどこまでできるかが研究成果のレベルを左右するため,その点に留意して研究を進められたい。</p> <p>② <b>最終的なシステムのアウトプットのイメージを具現化</b>した上で研究を実施すること。</p> <p>③ <b>対象港湾・施設の重点化・絞り込み</b>を行うこと。</p>	<p>① <b>地震フレンジー・カーブ</b>については,新しい手法の導入により, <b>信頼区間の評価</b>も行えるようになった。</p> <p>② <b>既存システム</b>(港湾地域強震観測システムからの速報メール配信)に,港湾での<b>被災有無を概略判定するための基礎材料を付加</b>することを第一目的とした。</p> <p>③ <b>全国港湾を対象</b>としたため,対象港湾・施設の絞り込みは行わなかった。ただし, <b>速度PSI値の空間補間には具体的な港湾(津松坂港, 姫路港)を対象</b>とした。</p>
<p>(研究成果活用にあたっての留意点)</p> <p>① 本来目的である災害対応や事前防災だけでなく, <b>維持管理の高度化や耐震設計の高精度化</b>にもつなげ,研究の今後の発展に役立てて欲しい。</p> <p>② <b>システムが実用化に適した使い勝手の良いもの</b>になるよう, <b>想定される利用者が必要とする情報の量と質を考慮</b>した上で研究を進めること。</p> <p>③ <b>システムへのアクセス</b>について民も含め柔軟に<b>対応</b>されたい。</p>	<p>① <b>全国港湾の係留施設の基本諸元データ</b>は,広く利用されるように<b>国総研資料として公表</b>した。併せて<b>全施設の性能低下度(ABCD)</b>を整理し,その結果は<b>土木学会インフラ健康診断書</b>に反映。また,本研究の一部結果を利用し, <b>常時微動観測によるサイト増幅特性の補正法の改善</b>を図り, <b>設計基準に反映</b>した。</p> <p>② <b>全国の港湾防災部局</b>(国土交通省関係部局等)での<b>発災直後の「初動体制や対応方針」の判断を支援</b>するために必要とされる, <b>情報の量と質に十分配慮</b>した。</p> <p>③ <b>システムへのアクセス性</b>については<b>検討できなかった</b>。今後, <b>港湾の電子化(サイバーポート)</b>にて対応する検討を継続する。</p>

## 9. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度
大規模地震を対象とした港湾施設(係留施設)の即時被害推定手法の確立	①基本情報の整理	・全国港湾の係留施設の基本諸元等を収集・整理 ・全国港湾の地震動サイト特性整理	・国総研資料化(発刊済み) ☛土木学会 <b>インフラ健康診断書策定に反映</b>	○
	②港湾全体としての地震被災有無の概略判定手法の検討	A. 港湾全体としての地震フレンジー・カーブ(FC)を構築 B. 来襲地震動(観測)と過去地震・設計地震動のスペクトル比較	A. 国総研資料化(準備中) ☛ <b>地震速報メールに情報追加(調整中)</b> B. <b>スペクトル比較情報を試提供(2021年福島県沖地震)</b> ☛ <b>今後も試提供を継続(港空研・協力:国総研)</b>	○
	③係留施設単位での地震被害程度(利用可否)の概略判定手法の検討	C. 係留施設単位で利用可否判断を行うための地震フレンジー・カーブの試構築 D. 地震観測点の波形から任意地点のPSI値を推定する手法を試構築(常時微動観測結果を利用)	C. 国総研資料化予定(令和4年度)。 D. 手法の妥当性を確認するための検証(実観測記録による検証等)を継続 ☛ <b>将来的に、地震速報メールの付加情報として配信</b>	○
	④即時被害推定手法の活用方策の全体取りまとめ、速報システムの概念設計	・即時被害推定手法の取りまとめ ・既存強震観測網のリアルタイムデータを利用したシステム概念設計	☛ <b>地震速報メールに付加情報(A)を追加することで、地震発生後1時間以内における「初動対応」の判断精度の向上を図る。また、データ蓄積し、精度をさらに向上させる</b> ☛ <b>将来的には、他の付加情報も追加し、精度を向上させる。情報配信先を拡大する。</b>	○

<目標の達成度> ◎:目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。○:目標を達成できた。

△:あまり目標を達成できなかった。

×:ほとんど目標を達成できなかった。

### 有効性

本研究成果により、地震発生直後(1時間以内)における「港湾全体での被災有無」および「係留施設単位での被災程度(利用可否)」の概略判定ができる実務的な手法が構築された。研究成果の一部は、既存地震速報メールの付加情報として利用される予定であり、全国の港湾防災部局での「初動対応」の決定に際し、その判断精度の向上に直接寄与するため、本研究の有効性は高い。

## 評価対象課題に対する事前意見

研究名	大規模地震時の港湾施設の即時被害推定手法に関する研究
<p data-bbox="212 439 521 472">欠席の委員からのご意見</p> <p data-bbox="183 521 1410 680">○ 非常に専門的な研究であり、有用性が高いと感じる。地震直後の一報でこのシステムの情報が入手出来れば、まさに地方整備局や港湾管理者と災害協定を結んでいる協会、ゼネコンの方などと、地震発災時の資機材のコントロール、災害復旧の初動方針を立案するなど大変有意義なデータと考える。是非本研究が完成することを希望している。</p> <p data-bbox="252 730 339 763">【質問】</p> <ol data-bbox="240 772 1410 1182" style="list-style-type: none"> <li>1) P16「地震による被害率」の定義、この指標が「実際に岸壁が使える、使えない」とどう関係するのかということ、PSI との相関をどの程度の調査を基に決められたのか。既に別の研究で検討済のことと思われるので、被害調査数や対象とした地震数などを伺いたい。</li> <li>2) P17「地震観測点波形から予測対象地点 PSI を算出すること」P18「地震観測地点波形から任意の地点の PSI を算出すること」の両方が P19「津松坂港の例」で既の実証されているか。</li> <li>3) 東日本大震災や阪神大震災の被災では地震動による揺れの方向が岸壁の被害程度を大きく左右していたと記憶している。本研究において「地震動の方向性」は考慮されているか。</li> </ol> <p data-bbox="252 1232 339 1265">【意見】</p> <ol data-bbox="240 1274 1410 1556" style="list-style-type: none"> <li>1) システム完成後のブラッシュアップが本システムの肝になると思われるので、システムの精度を実際の地震動を経た計画的な検証で進められることを希望する。</li> <li>2) 今後整備される洋上風力発電所には日本の耐震設計が持ち込まれる。欧州で問題にならなかった地震が日本では問題になり、その耐震性能や地震被害の程度が発電所の発電効率にも影響があるとされる。洋上風力発電所の地震直後の被災推定にも、本研究を適用することを今後の展開として希望する。</li> </ol>	

## 評価対象課題に対する事前意見

研究名	大規模地震時の港湾施設の即時被害推定手法に関する研究
<p data-bbox="210 439 523 470">欠席の委員からのご意見</p> <p data-bbox="183 524 1407 678">○ 本研究は、然るべき実施体制のもと、地震発生直後の港湾全体や係留施設の被災判定手法が基礎的に構築されており、地震災害の多いわが国において社会的意義が極めて大きいと考えられる。それゆえ、本研究は、必要性、効率性、有効性のいずれもが十分に確保されていると評価できる。</p> <p data-bbox="252 732 509 763">【計算方法について】</p> <p data-bbox="237 772 1407 972">学習アルゴリズムの一種であるマルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC)が使われている。学習アルゴリズムには、ニューラルネットワークを基礎とした深層学習などの方法もある。今後は、それらの別手法の適用、あるいは、それらの方法とMCMCをハイブリッド化するなどして、学習方法を一層精緻化するという課題はあるのか。それとも、MCMCで十分なのか。現段階での学習アルゴリズムの性能について、今後の展望も含め伺いたい。</p> <p data-bbox="252 1025 480 1057">【データについて】</p> <p data-bbox="237 1066 1407 1180">多数の実際のデータを適用させることにより、フラジリティカーブの信頼性も向上すると考えられる。現時点で（＝この研究で適用されたデータ数に基づく曲線推定の結果）、どの程度の信頼性があり、信頼性を確保するためには、どの程度のデータ数が必要か。</p>	

## 参考資料

研究課題一覧

研究課題名	研究期間								分科会 担当部会			
	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6		R7	R8	
下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究		■	■	■							H30～R2	第一部会
大規模地震に起因する土砂災害のプレアナリシス手法の開発		■	■	■							H30～R2	第一部会
建築物の外装・防水層の長寿命化改修に資する既存RC部材の評価技術の開発		■	■	■							H30～R2	第二部会
ライフステージに即したバリアフリー効果の見える化手法の確立		■	■	■							H30～R2	第二部会
緑地等による都市環境改善効果の定量的評価手法に関する研究		■	■	■							H30～R2	第二部会
大規模地震時の港湾施設の即時被害推定手法に関する研究		■	■	■							H30～R2	第三部会
地震と洪水の複合災害リスクマップの作成・提供		■	■								H30～R1	第一部会
高潮と豪雨による複合型浸水発生時の減災対策のための浸水予測システム開発		■	■								H30～R1	第一部会
インフラ等の液状化被害推定手法の高精度化		■	■	■							H30～R2	第一部会
重要インフラの即時被害検知・強震モニタリングシステムの開発			■	■							R1～2	第一部会
避難・水防に即応可能な情報伝達のための決壊覚知・氾濫実況予測に関する研究			■	■							R1～2	第一部会
地震を受けた拠点建築物の健全性迅速判定技術の開発			■	■	■						R1～3	第二部会
地方都市における都市機能の広域連携手法に関する研究			■	■	■						R1～3	第二部会
沿岸域における環境保全技術の効果的活用のための評価手法の開発			■	■	■						R1～3	第三部会
コンテナ船の定時性向上に資するターミナル混雑度指標の開発			■	■	■						R1～3	第三部会
洗掘の被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と改造マニュアルの開発			■	■							R1～2	第一部会
建築物の外装材及び屋根の耐風性能向上に資する調査研究			■	■							R1～2	第二部会
下水処理場の応急復旧対応を再現可能な下水処理実験施設整備および検討			■	■	■						R1～3	第一部会
下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査				■	■						R2～3	第一部会
免疫性を考慮した降雨指標に応じた崩壊生産土砂量の予測に関する検討				■	■						R2～3	第一部会
斜面・対策施設下部が全面的に水没した場合の崩壊危険度の評価手法の検討				■	■						R2～3	第一部会
現場の環境変化を考慮した土木施工の安全対策の高度化に関する研究				■	■	■					R2～4	第一部会
非住宅建築物の防火性能の高度化に資する新しい性能評価指標および評価プログラムの開発				■	■	■					R2～4	第二部会
空き家の管理不全化に対する予防的対策効果の定量化に関する研究				■	■	■					R2～4	第二部会
災害後における居住継続のための自立型エネルギーシステムの設計目標に関する研究				■	■	■					R2～4	第二部会
スマートシティ推進支援のための主要な都市問題解決に係る計画評価技術の開発				■	■	■					R2～4	第二部会
自動運転空港除雪車両の導入に関する研究				■	■	■					R2～4	第三部会
中山間地における降雨観測精度の高度化のための画像雨量計の開発				■	■	■					R2～4	第一部会
洪水・豪雨に対する道路構造物の強靱化に関する調査研究				■	■	■					R2～4	第一部会
3次元データに対応したWEB会議システムの開発				■	■						R2～3	第一部会
施設の維持管理及び行政事務データの管理効率化に係る調査研究				■	■						R2～3	第一部会
ICT施工推進に必要な技術基準類整備に係る調査研究				■	■						R2～3	第一部会
水害時の被災リスクを低減する既存戸建住宅の予防的改修方法に関する研究				■	■						R2～3	第二部会
下水道を核とした資源循環システムの広域化・共同化に関する研究					■	■	■				R3～5	第一部会
氾濫シナリオ別ハザード情報図に基づく減災対策検討手法の研究					■	■	■				R3～5	第一部会
土砂・洪水氾濫発生時の土砂到達範囲・堆積深を高精度に予測するための計算モデルの開発					■	■	■				R3～5	第一部会
既存建築物における屋根ふき材の耐風診断・補強技術評価に関する研究					■	■	■				R3～5	第二部会
浴槽レス浴室のバリアフリー基準に関する研究					■	■	■				R3～5	第二部会
都市関連データのオープン化と利活用の推進に関する研究					■	■	■				R3～5	第二部会
国際海上コンテナ背後輸送の効率化方策に関する研究					■	■	■				R3～5	第三部会
RC造マンションの既存住宅状況調査等の効率化に向けたデジタル新技術の適合性評価基準の開発						■	■	■			R4～6	第二部会
既存オフィスビル等の省エネ化に向けた現況診断に基づく改修設計法に関する研究						■	■	■			R4～6	第二部会
脱炭素化の推進に向けた沿岸環境保全技術における炭素貯留効果を最大化する手法の開発						■	■	■			R4～6	第三部会
効率的な維持管理に向けた既存港湾施設のBIM/CIM構築手法に関する研究						■	■	■			R4～6	第三部会

凡例

■: 研究期間      ■: 第一部会 評価対象課題(事前・終了時)      ■: 第二部会 評価対象課題(事前・終了時)      ■: 第三部会 評価対象課題(事前・終了時)

令和3年度 第〇回国土技術政策総合研究所 研究評価委員会分科会（第〇部会）  
 評価用紙（事前評価）

評価者	
評価日	

課題名

研究期間

研究代表者

<評価の視点と項目>

必要性、効率性、有効性について、以下の観点を踏まえ、国総研にて実施すべきか事前評価を行う。  
 【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等  
 【効率性】計画・実施体制の妥当性等  
 【有効性】新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献等

<評価の結果>

評価項目	評価指標	コメント
必要性を踏まえた目的と研究内容の妥当性	1 適切である 2 概ね適切である 3 やや適切でない 4 適切でない	
効率性を踏まえた研究内容の妥当性	1 適切である 2 概ね適切である 3 やや適切でない 4 適切でない	
有効性を踏まえた研究内容の妥当性	1 適切である 2 概ね適切である 3 やや適切でない 4 適切でない	

<総合評価>

※上記を踏まえ、実施すべきか、一部修正して実施すべきか、再検討すべきかについて、何れかに○を記載願います。

①実施すべき / ②一部修正して実施すべき / ③再検討すべき

※研究を実施するに当たっての留意事項等、その他特筆すべき点がございましたら記入願います。

令和3年度 第〇回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第〇部会）  
 評価用紙（終了時評価）

評価者	
評価日	

課題名

研究期間

担当研究部

<評価の視点と項目>

研究課題毎に、必要性、効率性、有効性の観点を踏まえ、「研究の実施方法と体制の妥当性」「目標の達成度」について終了時評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

<評価の結果>

評価項目	評価指標（何れかに〇を記載願います。）	コメント
研究の実施方法 と体制の妥当性	1 適切であった 2 概ね適切であった 3 やや適切でなかった 4 適切でなかった	
目標の達成度	1 目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。 2 目標を達成できた 3 あまり目標を達成できなかった 4 ほとんど目標を達成できなかった	

その他特筆すべき点がございましたらご記入願います。  
 （目標設定の妥当性、研究成果の活用方針、科学的・技術的意義等）

※評価に当たっては<評価の結果>の評価指標欄のいずれかに〇を付けていただき、その補足としてコメントをご記入願います。評価項目の評価の他に必要に応じて「その他特筆すべき点」にご記入願います。

-----  
国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No.1186

January 2022

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

-----  
本資料の転載・複写の問い合わせは  
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地  
企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675