

コンクリート構造物の劣化診断技術と対策工法に関する最近の動向

鹿児島大学学術研究院
海洋土木工学専攻担当
教授 山口 明伸

1

OUTLINE

- 内閣府
・戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)(活動中)
- 土木学会
・土木学会 コンクリート標準示方書の改訂(2018)
・電気化学的防食工法(活動中)
- 日本コンクリート工学会
・乾式吹付け工法の施工性と品質評価手法(2015)
・電気化学的手法の体系化(2015)
・電気化学的手法の活用(2018)
・シミュレーションによる長期性能評価(活動中)
- 鹿児島大学
・産学・地域共創センター
・コトづくりセンター

2

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

創設の背景



◎第107回総合科学技術会議 総理発言 (H25 3/1)
私たちは再び世界を目指します。世界を目指するためには、何と言ってもイノベーションであります。安倍政権として、新しい方針として、イノベーションを重視していく。そのことをはっきりと示していきたい。

◎第114回総合科学技術会議 総理発言 (H25 9/13)
今回創設する戦略的イノベーション創造プログラム「SIP」及び革新的研究開発推進プログラム「ImPACT」は我が国の未来を開拓していく上で鍵となる「国家重点プログラム」であり、この2大事業を強力に推進してまいります。

○科学技術イノベーション総戦略(平成25年6月7日閣議決定)
○日本再興戦略(平成25年6月14日閣議決定)

↓

総合科学技術・イノベーション会議の司令塔機能強化

総合科学技術・イノベーション会議

内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」概要資料(web)より

3

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

総合科学技術・イノベーション会議の司令塔機能強化

総合科学技術・イノベーション会議の司令塔機能強化の3本の矢

1. 政府全体の科学技術関係予算の戦略的策定
進化した「科学技術重要施策アクションプラン」等により、各府省の概算要求の検討段階から総合科学技術・イノベーション会議が主導。政府全体の予算の重点配分等をリードしていく新たなメカニズムを導入。(大臣が主催し、関係府省局長級で構成する「科学技術イノベーション予算戦略会議」を開催)
2. 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)
総合科学技術・イノベーション会議が府省・分野の枠を超えて自ら予算配分して、基礎研究から出口(実用化・事業化)までを見据えた取組を推進。
3. 革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)
実現すれば産業や社会のあり方に大きな変革をもたらす革新的な科学技術イノベーションの創出を目指す、ハイリスク・ハイインパクトな挑戦的研究開発を推進。

総合科学技術・イノベーション会議

内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」概要資料(web)より

4

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)



内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」概要資料(web)より

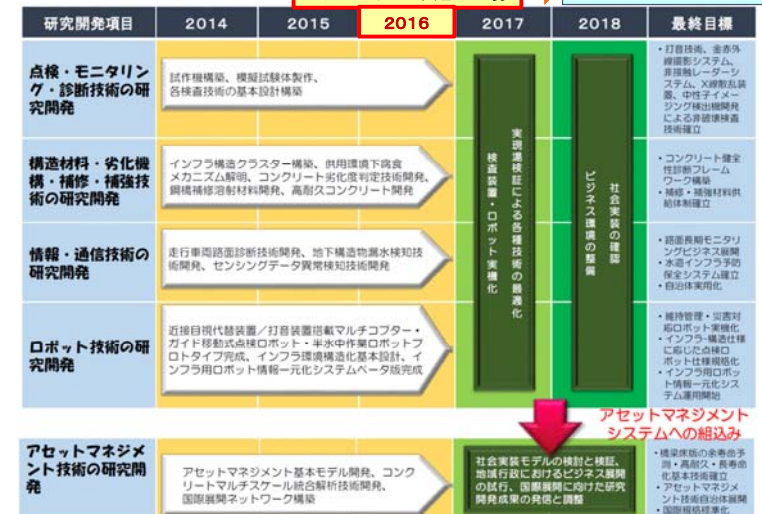
5

SIP: インフラ維持管理・更新マネジメント技術

60プロジェクト 約1,500名が参画

ステージゲート、追加公募

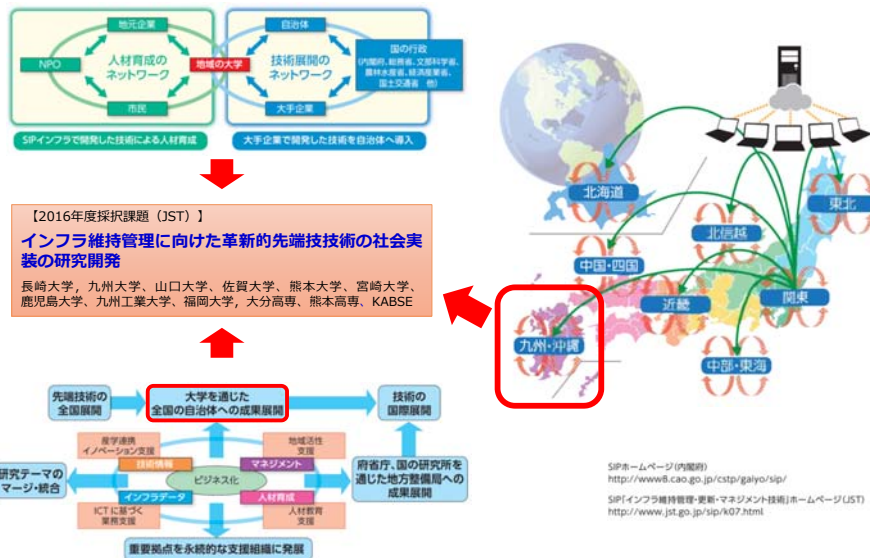
社会実装のための地域拠点の拡充



内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」概要資料(web)より

6

SIP: インフラ維持管理・更新マネジメント技術



7

第1回 SIP現場実証試験(中戸橋:ポス TENT桁橋)

日時:平成 29年3月27日 場所:長崎県西海市 参加者:50人
SIP 2技術、NEDO 1技術、国土交通省建設技術研究開発助成 2技術の計5つの開発技術について、現場検証を実施

SIP開発技術

No.22: 橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生
(藤原保久,三井住友建設(株))



No.51: 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システムの研究開発
(和田秀樹,新日本非破壊検査(株))



第1回 SIP現場実証試験(中戸橋:ポステンT桁橋)

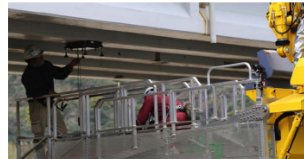
NEDO開発技術

サンプリングモアレカメラを用いた構造物の変位分布計測

(梶谷明大,4Dセンサー(株))

国土交通省建設技術研究開発助成

- ・デジタルカメラを用いた橋梁たわみ計測
- ・応力解放法を用いたPC桁の現有応力測定法
(長崎大学・佐賀大学)



- ✓ ドローンやロボットカメラを使って橋の桁下ひび割れや空洞、剥離等を発見する技術
- ✓ 25tラフタークレーン車を載荷した時の静的・動的なたわみやたわみ角を非接触で計測する技術等
- ✓ 現場での実証試験を実施することによりSIP 技術の完成度を把握
- ✓ 社会実装するための貴重な基礎データが得られた

平成30年度県別の計画案等7.30Version

県名	担当者名	計画内容
(b)-(1)山口県	麻生稔彦、田島啓司(山口大)	1.社会実装に向けた説明会 (a)SIPの2課題程度、7月19日の結果を踏まえて選定 (b)開催時期:7月頃
(b)-(2)-1 福岡県(福岡地区)	佐川康貴、濱田秀則、園田佳巨、 玉井宏樹、貝沼重信(九州大) 牧角龍憲(NME研究所) 佐藤研一、渡辺浩(福岡大) 毛利淳一郎((株)ネクストチェンジ)	1.説明会 (1)福岡県建設技術情報センター講習会(コンサル向け)8月頃 (2)市町村向け講習会 11月頃 2.福岡県が選定した技術の説明会、実証試験 (a)SIPの課題番号 12, 22, 23, 50, 51, 52 (b)開催時期:6月頃、10月頃
(b)-(2)-2 福岡県(北九州地区)	金田寛基、山口栄輝、日比野誠(九工大)	1.説明会 (1)北九州市・北部地区自治体への説明会 (a)開催期日 ①10月18日、②10月24日 (b)会場 西日本国際展示場会議室 (c)SIPの課題番号 51確定、ひび割れ検出系22,23、ドローン系1,2件 2.実証試験 (a)SIPの課題番号 51確定等 (b)開催時期:11月7, 8, 9日9:30-16:30 (c)橋梁 北九州市が選定中
(b)-(3)佐賀県	伊藤幸広、帯屋洋之、末次大輔(佐賀大)	1.佐賀県建設技術フェア2018に出展 6月13,14日 2.2市町に対する個別訪問による説明
(b)-(4)長崎県	松田浩、中村聖三、才本明秀、勝田順一、 奥松俊博、佐々木謙二、出水享、蔭宇静、 大嶺聖、杉本知史、石塚洋一、岩崎昌平、 藤本孝文、藤島友之、西川貴文、高橋和雄、 山口浩平(長崎大)	1.社会実装に向けた説明会 (a)SIPの課題番号 6,7,11,35,51,54 (b)開催時期:7月頃、11月頃 2.実証試験 (a)SIPの課題番号 22,23,35,51 (b)開催時期:9月頃、12月頃 3.斜面早期警戒システムの現場実装と長期モニタリング(継続) 4.長崎県道路メンテナンス会議で説明 5.市町村向け新技術研修会の開催

平成30年度県別の計画等

県名	担当者名	計画内容
(b)-(6)大分県	二宮一夫、日野伸一、工藤宗治、名木野晴 暢(大分高専)	1.社会実装に向けた説明会 (a)SIP等4技術程度 (b)開催時期:9月11日 (c)説明会名:大分県建設技術センター平成30年度研修 2.現場実証試験 (a)平成29年度の説明会で紹介した富士フィルム技術No.54関連 (b)実施時期:未定 (c)対象:大分市の大分川ダム内のハイピア橋梁
(b)-(7)宮崎県	森田千尋、李春鶴、福林良典、神山惇、 安井賢太郎(宮崎大)	1.社会実装に向けた説明会 (a)SIPの課題番号 51確定 (b)開催時期:10月17日 13:00-14:30 18日予備日 (c)会場:宮崎大学 2.実証試験 対象橋梁(天満橋) (a)SIPの課題番号 51確定 (b)実施時期:10月17日 説明会終了後-17:00
(b)-(8)鹿児島県	山口明伸、武若耕司、審良善和、小池賢太 郎(鹿児島大)	1.社会実装に向けた説明会 (1)道路メンテナンス会議での説明(自治体向け)(7月24日) (2)診断技術研究会特別講演会(コンサル向け)(7月31日) 2.現場実証試験 (a)平成28年度の説明会で紹介した技術をベースNo.23,59 (b)実施時期:10~11月頃 (c)対象:橋梁、トンネル、道路斜面 (d)場所:国道10号沿いおよび薩摩川内市

「画像解析技術を用いた遠方からの床板ひび割れ定量評価システム」

「インフラ維持管理モニタリングシステム」

OUTLINE

- 内閣府
 - ・戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)(活動中)
- 土木学会
 - ・コンクリート標準示方書の改訂(2018)
 - ・電気化学的防食工法設計施工指針の改訂(活動中)
- 日本コンクリート工学会
 - ・乾式吹付け工法の施工性と品質評価手法(2015)
 - ・電気化学的手法の体系化(2015)
 - ・電気化学的手法の活用(2018)
 - ・シミュレーションによる長期性能評価(活動中)
- 鹿児島大学
 - ・産学・地域共創センター
 - ・コトづくりセンター

土木学会 コンクリート標準示方書の改訂

- 1931(昭和6)年の「鉄筋コンクリート標準示方書」が起源
- 概ね5年毎に小改訂, 10年毎に大改訂
- わが国の土木分野におけるコンクリート構造の設計・施工・維持管理に関して、その時代の技術レベルに応じた標準を示すもの
- コンクリート技術の伝承と発展への貢献も目的の一つ

13

2017年制定示方書の編の構成

- [設計編] 2018年3月出版
- [施工編] 2018年3月出版
- [維持管理編] 2018年10月出版
- [規準編] 2018年10月出版

なお、[基本原則編]と[ダムコンクリート編]は今回改訂を行わず、現行版を継続適用する。

14

2017年制定示方書の改訂のポイント

- 2012年以降の技術の進展, 2011年の東日本大震災, 2012年の中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故, 2016年の熊本地震、などから得た知見, 教訓を反映
- 設計－施工－維持管理の効果的な連携を実現
- 示方書全体を通じた概念, 考え方, 用語の統一
- 一般技術者が利用しやすい内容を目指した
- 技術の最先端ならびに今後の技術の方向性を示す

15

電気化学的防食工法設計施工指針の改訂

現行指針の発刊(2001年)から16年が経過



電気化学的防食工法の施工実績が増加



- 設計・施工、維持管理上の課題の把握
- 適用範囲の拡大や調査研究、技術開発



最新の知見と実績データに基づいた指針改訂

16

電気化学的防食工法設計施工指針の改訂

土木学会258委員会
2018年7月～2019年12月

委員長：鹿児島大学 武若耕司
副委員長：九州大学 濱田秀則
幹事長：鹿児島大学 山口明伸

17

OUTLINE

- 内閣府
 - ・戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)(活動中)
- 土木学会
 - ・土木学会 コンクリート標準示方書の改訂(2018)
 - ・電気化学的防食工法(活動中)
- 日本コンクリート工学会
 - ・乾式吹付け工法の施工性と品質評価手法(2015)
 - ・電気化学的手法の体系化(2015)
 - ・電気化学的手法の活用(2018)
 - ・シミュレーションによる長期性能評価(活動中)
- 鹿児島大学
 - ・産学・地域共創センター
 - ・コトづくりセンター

18

日本コンクリート工学協会九州支部 研究専門委員会
「乾式吹付け工法における施工性と品質の評価手法研究委員会」

平成22～23年度 乾式吹付け工法に関する専門委員会

→ 乾式吹付け工法への**新しい材料の適用性**の検討
＜バサルト繊維、ポリマーセメント＞

材料の性能確認

材料の性能を発揮する
ための工法・機材の選定

乾式吹付けコンクリートの品質管理

19

材料と工法・機材との相互作用の検討

＜「吹付け」工法、ノズル仕様、圧送システム＞

- ・乾式吹付け工法における「機材」と「材料」のそれぞれの特徴と相性
- ・品質に与える影響要因の整理(材料と機材の相性)

施工および品質を管理・評価する方法

＜影響要因の整理、新しい管理指標と水準、信頼性と経済性＞

- ・施工における品質管理と検査の検討と提案

20

乾式吹付け工法における施工性と品質評価手法研究委員会報告書

第1章 コンクリート・モルタルの吹付け工法に関して

第2章 乾式吹付け工法（システム・材料）

第3章 乾式吹付け工法における施工管理と品質検査の検討

第4章 乾式吹付け工法における施工管理と品質検査の提案

第5章 乾式吹付け工法における実施工例

第6章 乾式吹付け工法における今後の展望と課題

21

物理化学的解釈に基づく 電気化学的計測手法の体系化 に関する研究委員会

平成28年3月7日



22

社会的背景

社会インフラの維持管理の重要性の高まり



診断・評価することができる技術者の必要性
(JCI診断士など)



多種多様な発展を続ける診断技術への対応

23

電気化学的計測手法

- ・電気化学的理論・知見を活用した計測手法
- ・コンクリート工学への理論的拡張・応用



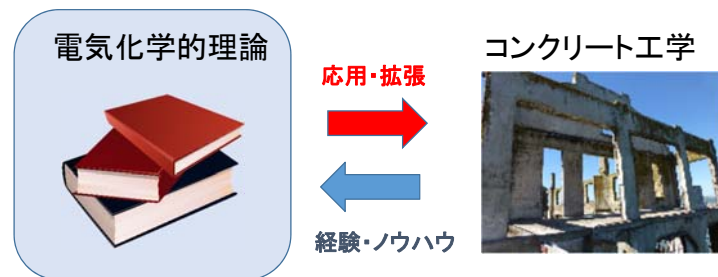
理論的背景の理解が必須



現状の技術者における理解度の不足
(測定可能、評価不能)

24

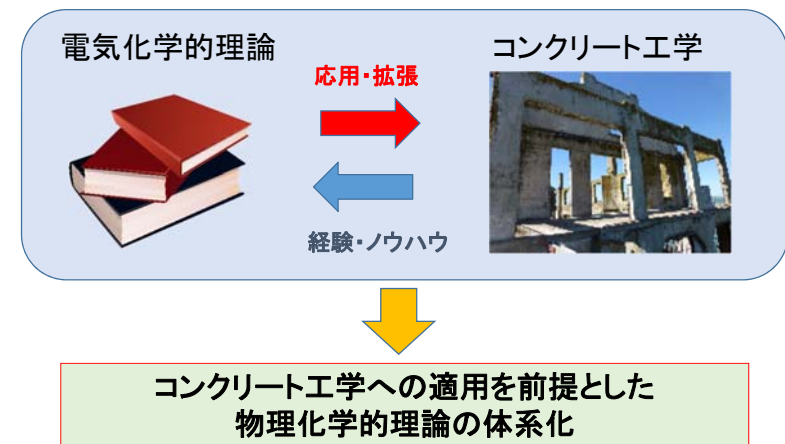
本委員会の活動目的



個人あるいは限られた範囲の知識
(分かっている人は分かっている)

25

本委員会の活動目的



26

本委員会の活動目的

- ・コンクリート特有の要因の影響把握と評価(保護層WG)
- ・コンクリート中の鋼材腐食の診断・評価(鋼材WG)

現象の理論的解釈



コンクリート工学への適用を前提とした
物理化学的理論の体系化



理論修得のための教材

- ・コンクリート工学における電気化学的理論を学ぶ技術者
- ・電気化学的計測手法を実際に活用している技術者

27

理化学的解釈に基づく電気化学的計測手法の体系化に関する研究委員会 報告書

目次

- 第1章 コンクリート工学における電気化学の基礎
- 第2章 電気化学的物性値の測定原理と測定結果に及ぼす影響要因
- 第3章 電気化学的物性値に基づくコンクリートの性能／品質の評価
- 第4章 コンクリート中の鋼材に対する電気化学的手法による腐食の評価
- 第5章 実構造物および屋外暴露供試体の測定
- 第6章 電気学的補修工法
- 第7章 電気化学的測定データに対する物理化学的理論に基づいた結果の解釈

28

電気化学的手法を活用した 実効的維持管理手法の確立 に関する研究委員会

2018.9.21



29

電気化学的手法を活用した実効的維持管理手法の確立 に関する研究委員会 報告書

目次

第1章 はじめに

第2章 電気化学的手法によるコンクリートの遮塩性の評価手法

第3章 コンクリート構造物に電気化学的手法を適用するときの留意点の整理

第4章 各分野における電気防食工法の考え方の違いと考慮すべき事項

第5章 性能規定に向けた電気防食技術の一提案

30

〒102-0083
千代田区麹町1-7 相互半蔵門ビル12F
公益社団法人 日本コンクリート工学会
「書籍販売係」
Tel.(03)3263-1573/Fax.(03)3263-2115



31

Life time Evaluation Program for Concrete Structures by Computational Analysis

LECCAシリーズの概要

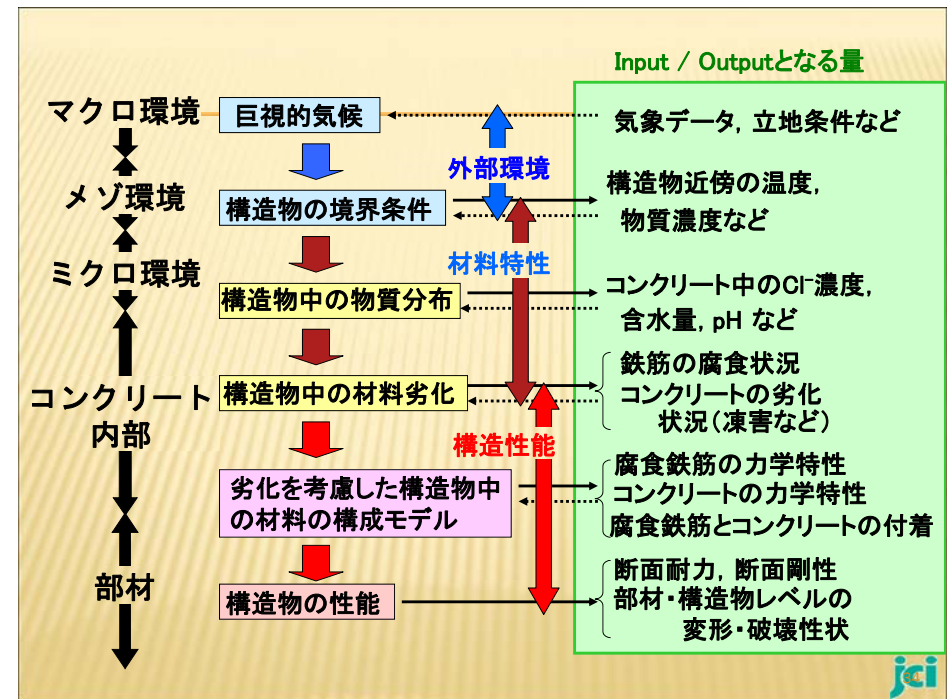


LECCA シリーズ

JCI「コンクリート構造物の長期性能シミュレーションソフト作成委員会」
によって開発されているソフトウェア

コンクリート構造物長期性能シミュレーションプログラム
Life Time Evaluation Program for Concrete Structures by
Computational Analysis (LECCA)

2005 : LECCA 1	環境外力評価
2010 : LECCA 2	RCの長期耐久性能評価
2012 : LECCA 2-Lite	LECCA 2の汎用版
2016 : LECCA 2-RW	飛来塩分量のメゾ評価 (橋梁対象)
: LECCA 2-Std	LECCA 2のRW対応版



塩害における外部環境モデル

条件設定:

対象地点 (都市名), 汀線からの距離, 標高

マクロ環境 (環境DB):

風向・風速 (→飛来塩分量), 気温・湿度 (→塩分浸透・腐食速度)

メゾ環境に関する予測モデル:

陸上構造物... コンクリート表面に飛来する塩化物イオン量の予測モデル

ミクロ環境に関する予測モデル:

陸上構造物... コンクリート内部に浸透する塩化物イオン量の予測モデル

海洋構造物... コンクリート表面での塩化物イオン濃度 C_0 の予測モデル
(汀線より10m以内)



マクロ環境データベース

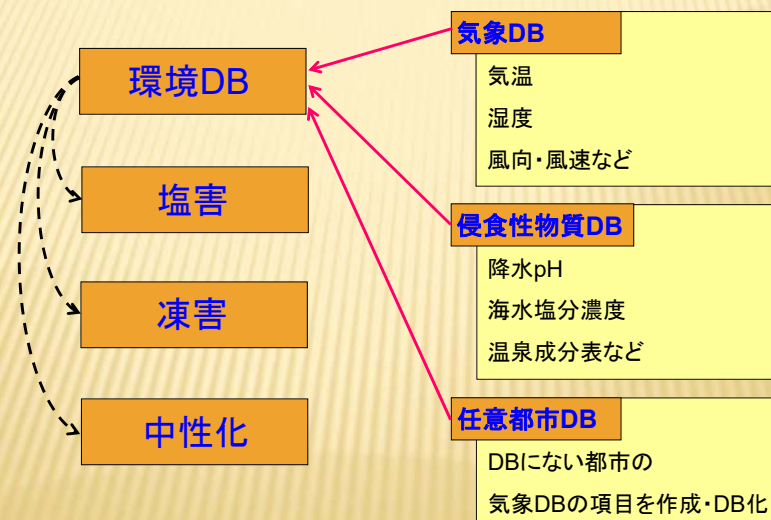


地図上の都市を指定することで、その都市の環境データが表示できる

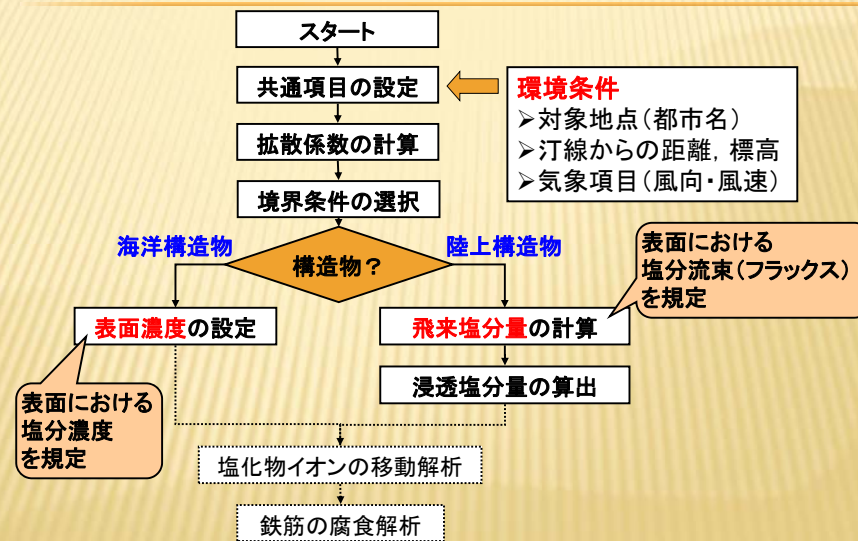
←【プルダウンメニュー】



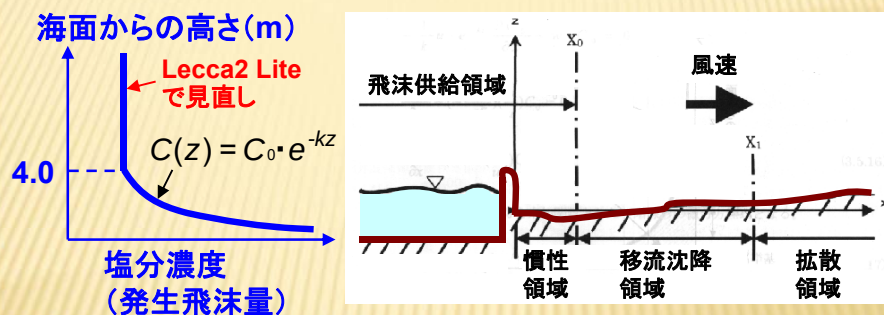
環境データベース



塩害劣化予測における外部環境モデル



飛来塩分量の計算: 宇多モデル

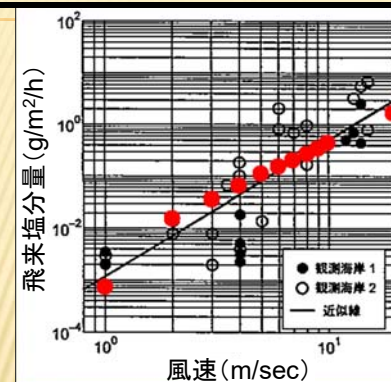


- 基本式
- 移流沈降領域での飛来塩化物イオン量 (mdd)

$$C = \lambda a u^2 \cdot e^{-(b/u)x} e^{cz} \cdot e^{-cz}$$
 - 拡散領域での飛来塩化物イオン量 (mdd)

$$C = \lambda a u^2 \cdot e^{-(b/u)x} e^{cz} \cdot e^{-cz} / (1 + \gamma(x - L))$$

飛来塩分量の計算: 宇多モデル



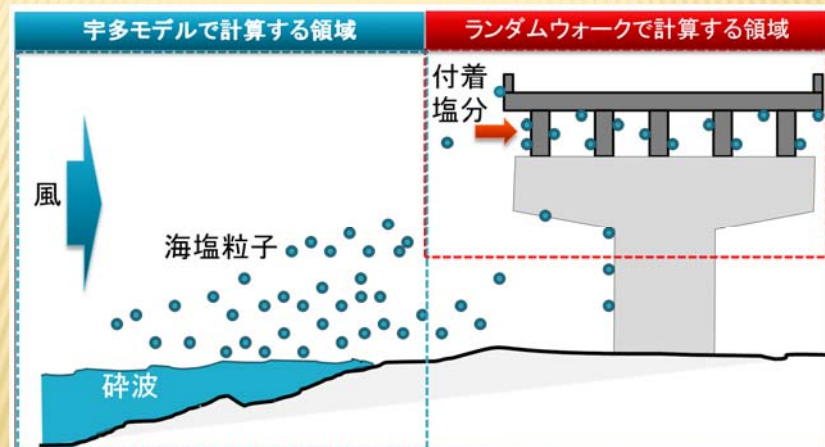
- 宇多モデルの計算条件
- 日本海側
 - 砂礫海岸
 - 海風割合1.0
 - 標高3m
 - 汀線からの距離10m

山田文則らの実測データ(新潟県日本海沿岸)との比較

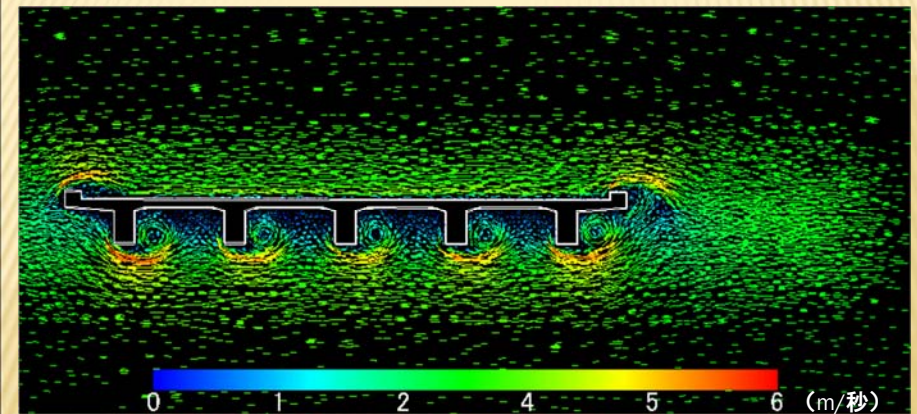
- 風速1~20m/sの範囲に対して、実測値およびその近似線をよく再現できている

➡ メゾ環境(部位ごとの塩分量)は?

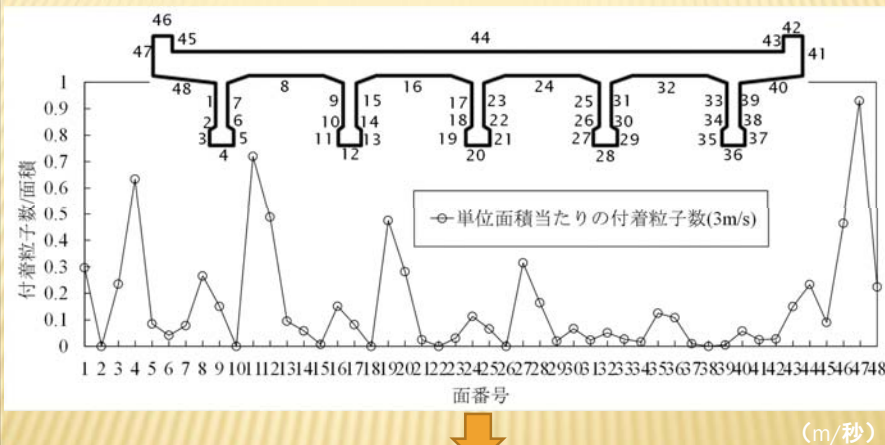
RW法によるメゾ環境評価



構造物周囲の風速場の計算

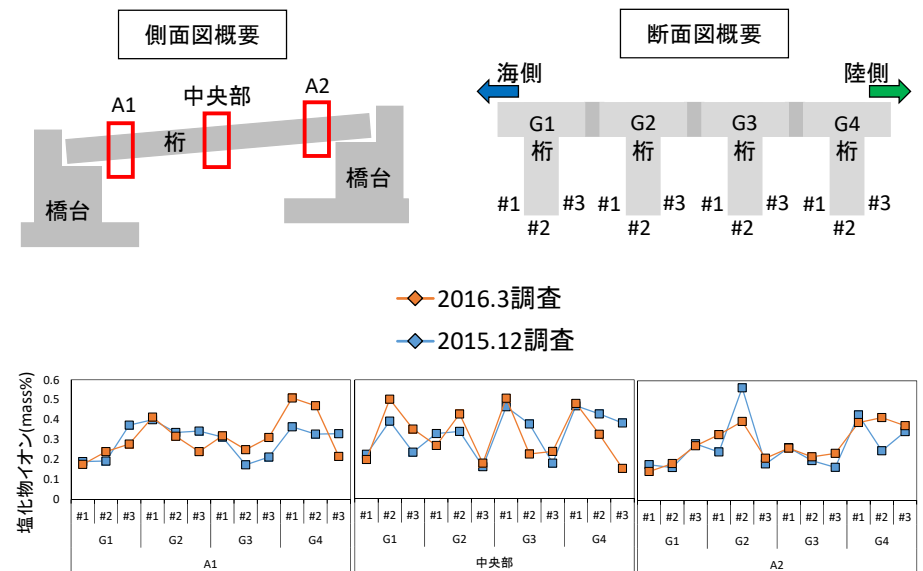


断面毎の付着塩分量評価

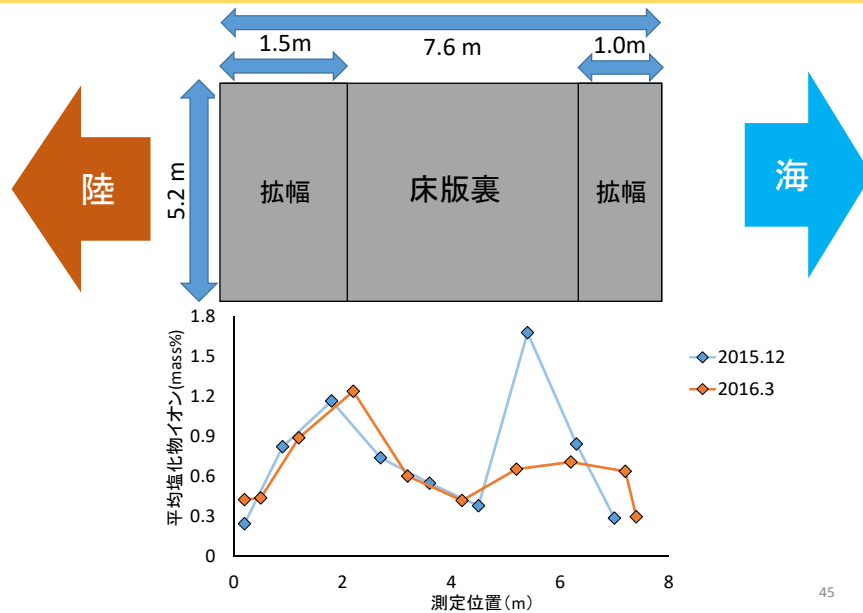


点検・調査で着目すべき箇所を選定し、将来予測を。
委員会がサポートします。

A橋の蛍光X線調査結果



B橋の蛍光X線調査結果



45

OUTLINE

- 内閣府
 - ・戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)(活動中)
- 土木学会
 - ・土木学会 コンクリート標準示方書の改訂(2018)
 - ・電気化学的防食工法(活動中)
- 日本コンクリート工学会
 - ・乾式吹付け工法の施工性と品質評価手法(2015)
 - ・電気化学的手法の体系化(2015)
 - ・電気化学的手法の活用(2018)
 - ・シミュレーションによる長期性能評価(活動中)
- 鹿児島大学
 - ・産学・地域共創センター
 - ・コトづくりセンター

46

進取の風情にあふれる総合大学



産学・地域共創センター

Contents

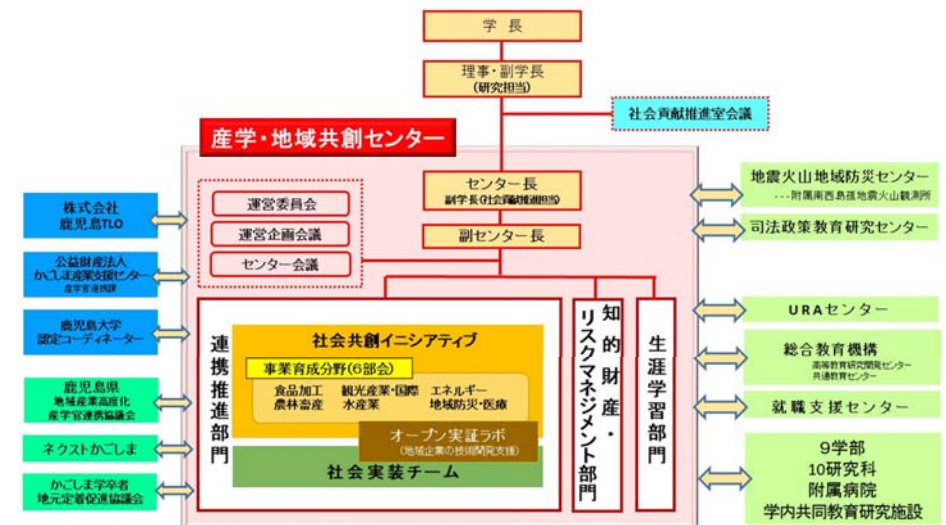
- センター概要
- 連携推進部門
- 知的財産・リスクマネジメント部門
- 生涯学習部門
- 資料・刊行物
- 相談・お問合せ



47

<鹿児島大学産学・地域共創センター>

産学・地域共創センター 組織図



48

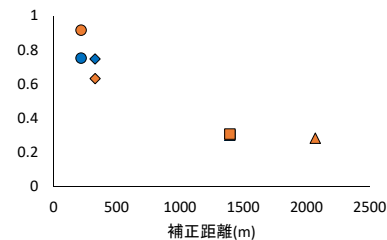
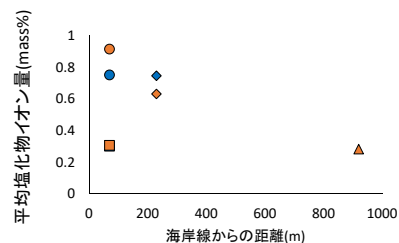
<鹿児島大学産学・地域共創センター>

地域課題連携事業：与論町における飛来塩分調査（塩害ハザードマップの作成）

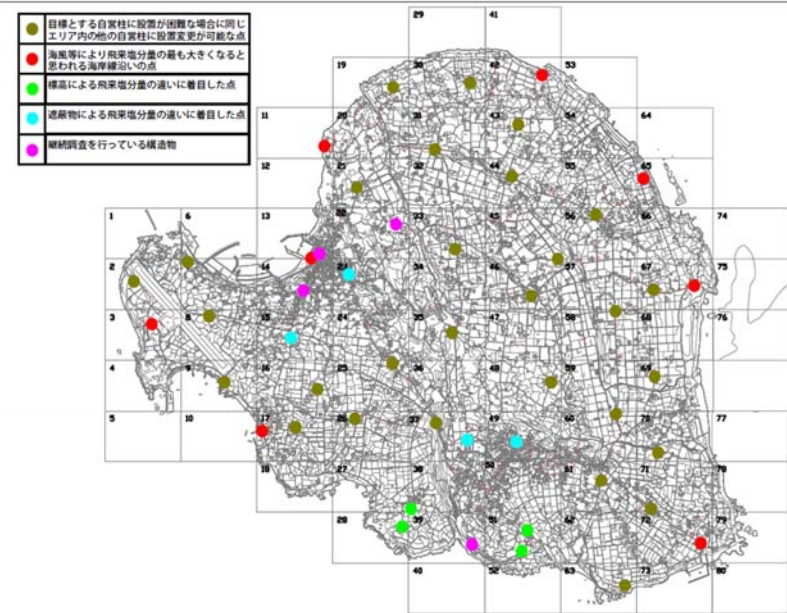
海岸線からの距離だけでは、
飛来塩分を評価することは困難



島内全域での飛来塩分調査による
環境外力評価結果の補正と検証



補正距離＝海岸線からの距離＋標高×25m



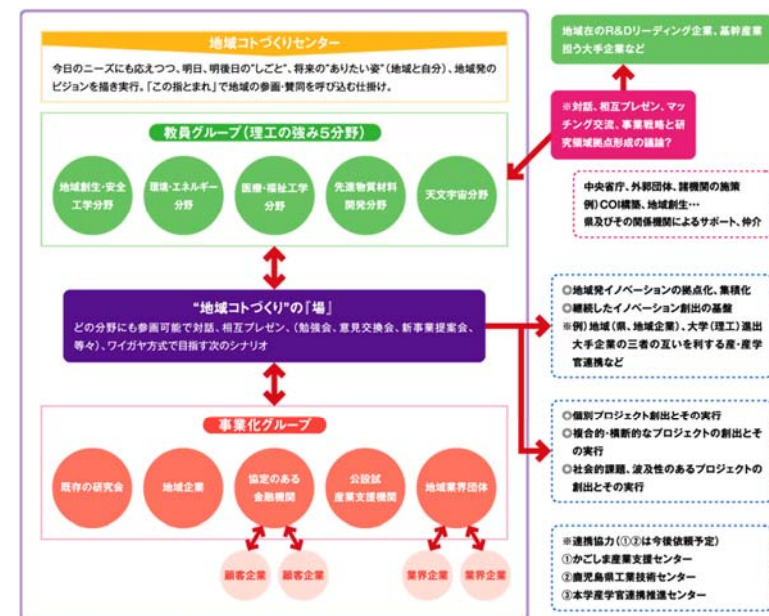
50

<鹿児島大学大学院 理工学研究科 地域コづくりセンター>



51

<鹿児島大学大学院 理工学研究科 地域コづくりセンター>



52

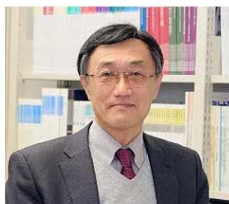


ごあいさつ

当法人の前進である「コンクリート構造物の劣化診断技術の開発と応用に関する研究会（診断技術研究会）」は、コンクリート構造物の維持管理の重要性に鑑み、構造物の有する各種性能を適切に診断・評価するための既存技術の応用ならびに新技術の開発について研究することを目的として、2002年10月、当時の鹿児島大学地域共同研究センターかごしま産学官交流研究会における長寿命構造物部会内研究会として設立されました。その後2016年には、鹿児島大学大学院理工学研究科地域コトづくりセンター地域創生・安全工学分野の研究会として活動を開始し、設立以来の約15年間を通じて、会員となっている関連会社の方々はもちろん、土木工学を学ぶ学生諸君や県内の土木技術者、自治体職員の皆さまの知識と技術向上のために力を尽くして参りました。

一方、近年インフラストラクチャーの維持管理に関する考え方はさらに発展し、分野・組織横断的な連携体制の下での革新的な技術開発、およびそれらを活用した効率的かつ経済的な戦略的維持管理の実現が求められる時代となりました。

このような現状に鑑み、これまでの研究会の活動内容、すなわち最新情報の提供や資格取得支援、各種講習会などによる技術指導をはじめ、土木現場見学会、診断のための機器の貸出や解析指導など、社会基盤の維持管理とそのための関連技術の向上のための活動を、より積極的かつ広範囲に取り組むべく、新たに一般社団法人構造物診断技術研究会として再出発することとなりました。よりよい社会の形成に資するため、皆様のご協力とご支援をお願い申し上げます。



53

一般社団法人 構造物診断技術研究会 代表理事 武若耕司

主な事業内容

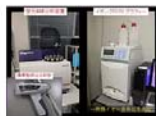
特別講演会・技術講習会

定期的に特別講演会や技術講習会等を開催し、建設分野における最新技術の情報提供や技術指導、技術継続教育（CPD）等を行います。



研究開発に関する助成事業

建設分野に関する大学や民間企業との共同研究・共同開発やその他の助成活動を行います。研究会の活動によって得られた新たな知見や開発技術は公開可能な範囲で会員に提供します。



診断技術に関する技術相談

学術的見地から、構造物の劣化診断や環境外力評価など、建設分野に関する実務上の諸問題に関する技術相談に応じます。



建設材料等の性能評価試験

大学や民間との技術連携により、構造物を構成する各種建設材料および建設部材の性能評価試験や適合証明を行います。



55

研究会の概要

目的

当法人は、土木・建築構造物及びそれらに用いる建設部材と建設材料（以下、「構造物等」という。）に関する調査研究を行い、社会基盤であるインフラストラクチャーの品質確保及び関連技術の向上に努め、その普及発展に寄与することを目的としています。

活動内容

1. 特別講演会等による構造物等に関する情報及び技術の提供
2. 技術講習会、見学会等による構造物等の診断技術向上支援
3. 構造物等の診断技術に関連する技術者資格等の取得支援
4. 国内外の構造物等の調査研究及びそれらの活動に対する助成事業
5. 大学や民間企業との共同研究及び開発
6. 構造物等の診断に関する技術開発及び特許取得
7. 各種非破壊試験機器の貸出業務
8. 構造物等の維持管理及び診断技術に関するコンサルタント業務
9. 建設材料、建設部材等の性能評価試験の実施、委託及び受託
10. その他当法人の目的を達成するために必要な事業



54

役員構成

代表理事：武若耕司（鹿児島大学学術研究院理工学域工学系 海洋土木工学専攻担当 教授）
理事：山口明伸（鹿児島大学学術研究院理工学域工学系 海洋土木工学専攻担当 教授）
理事：香良重和（鹿児島大学学術研究院理工学域工学系 海洋土木工学専攻担当 准教授）
監事：小池賢太郎（鹿児島大学学術研究院理工学域工学系 海洋土木工学専攻担当 助教）



お問い合わせ先



入会案内についてはこちらから入会様式をダウンロードし下記の住所にて郵送をお願いいたします。



入会案内様式

住所：鹿児島県鹿児島市都元1丁目21-40 鹿児島大学地内

お名前*	メッセージ
メールアドレス*	
件名	

56

Send