

令和3年度環境研究機関連絡会研究交流セミナー  
テーマ：防災・減災関連研究

# インフラ維持管理・防災・減災 のための材料技術

物質・材料研究機構

土谷浩一

ICYSセンター長

構造材料研究拠点 NIMS特別研究員

# 建設後50年以上経過インフラの割合

	2018年	2023年	2033年
<b>道路橋</b> ※約73万橋 (橋長2m以上)	約25%	約39%	約63%
<b>トンネル</b> ※約1万1千本	約20%	約27%	約42%
<b>河川管理施設</b> (水門等) ※約1万施設	約32%	約42%	約64%
<b>下水道管きよ</b> ※総延長:約47万km	約4%	約8%	約21%
<b>港湾岸壁</b> ※約5千施設	約17%	約32%	約58%



プログラムディレクター

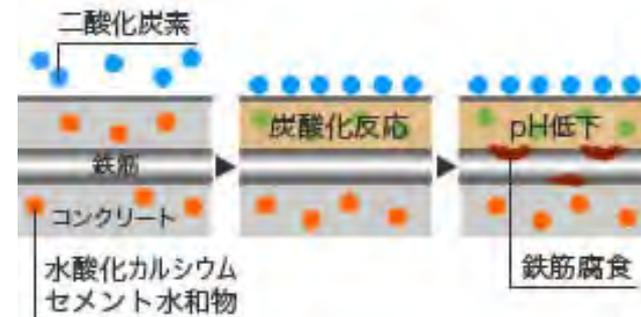
**藤野 陽三**

Yozo Fujino

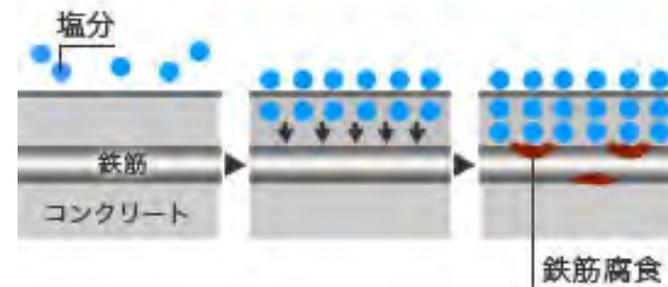


# 鉄筋コンクリートの劣化機構

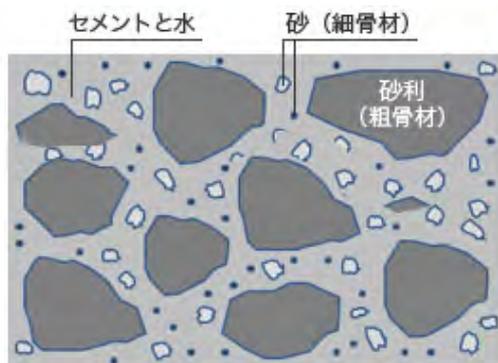
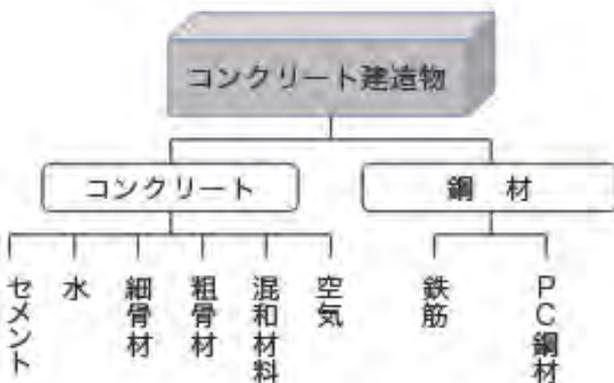
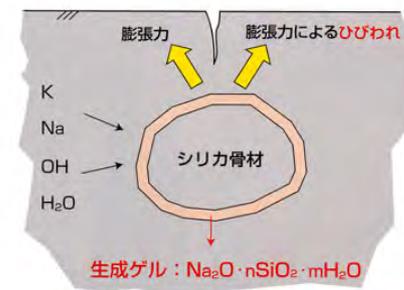
## 1) 中性化



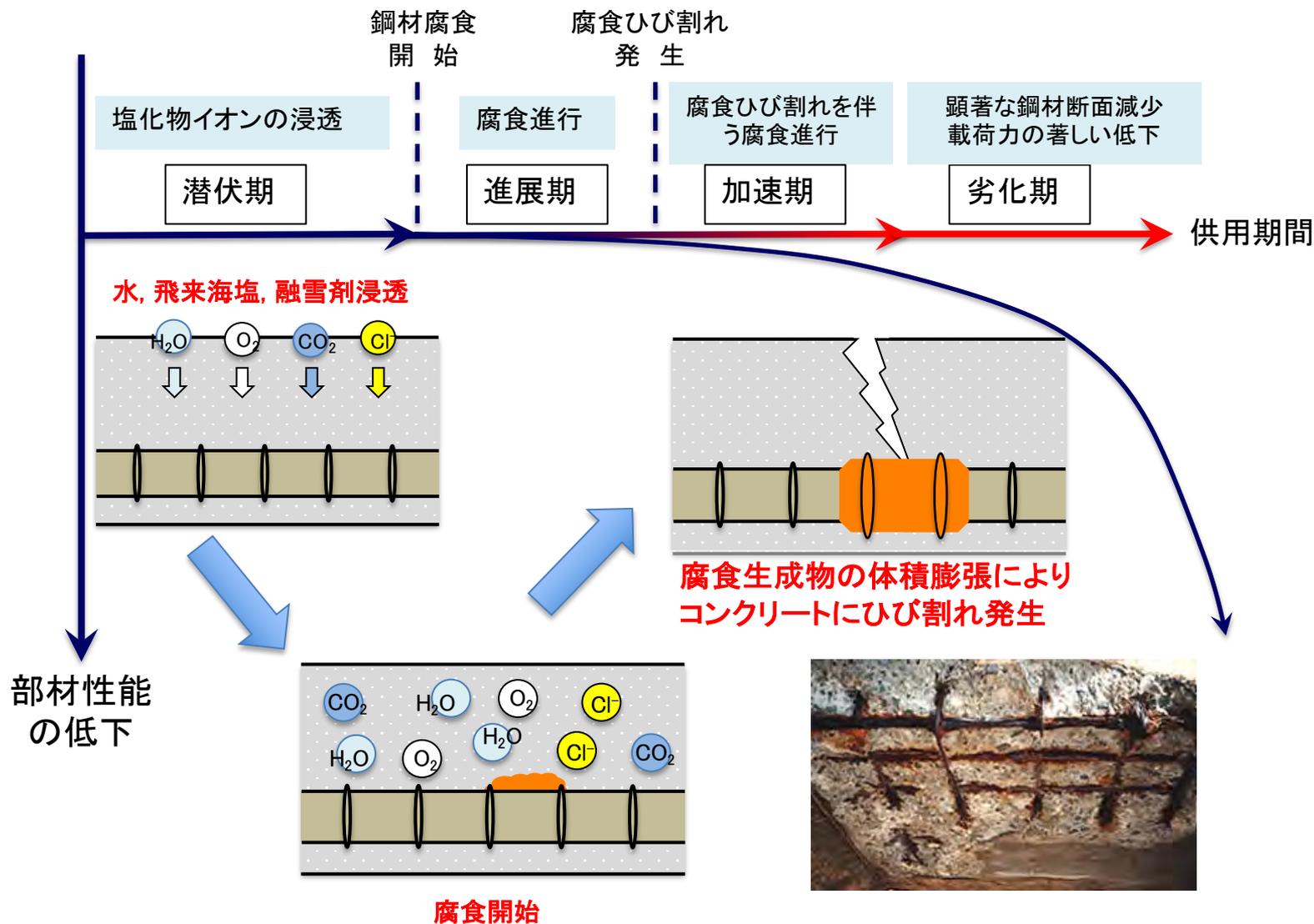
## 2) 塩害

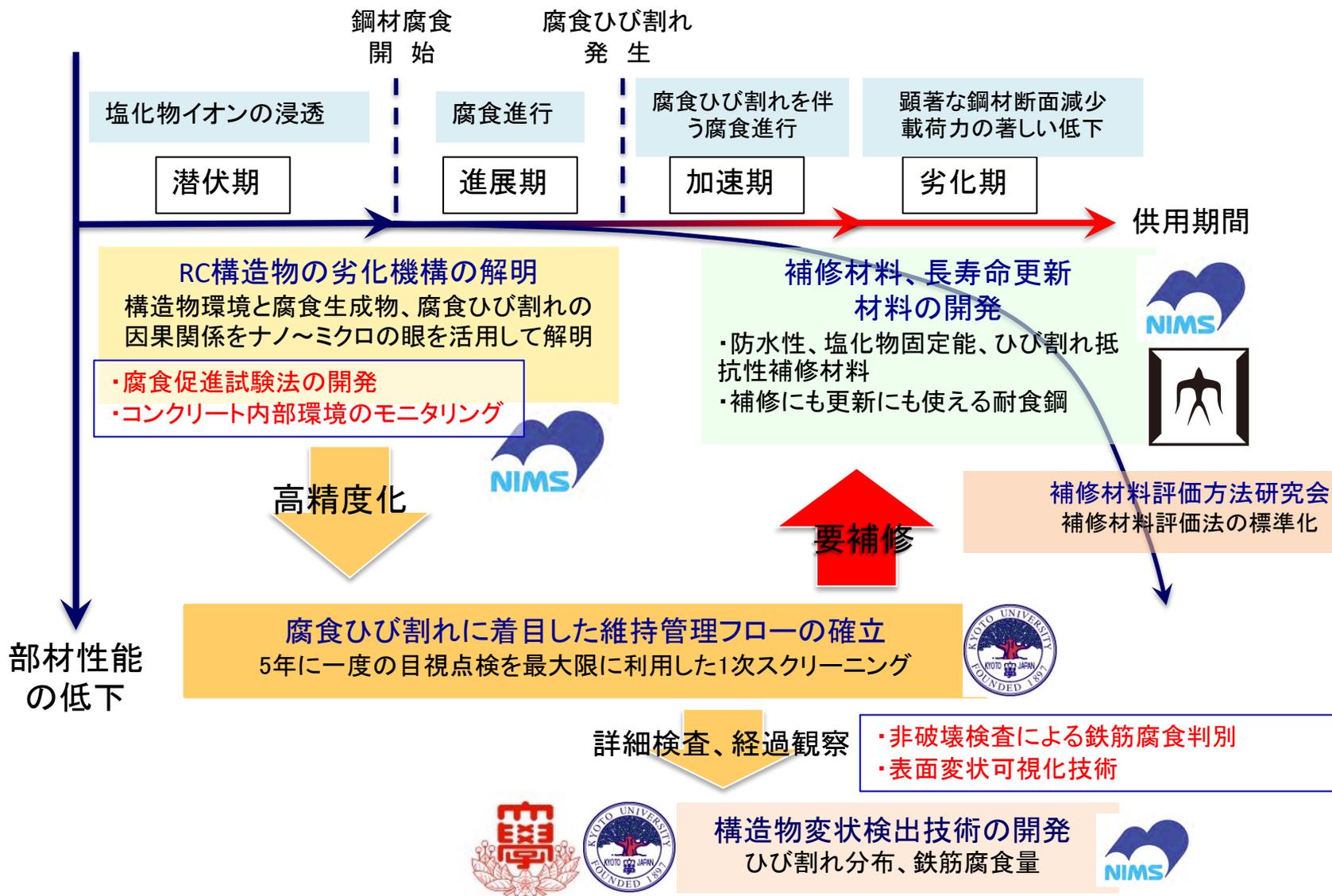


## 3) アルカリ骨材反応



**コンクリート内部環境 (pH, 塩化物イオン) の把握が重要**

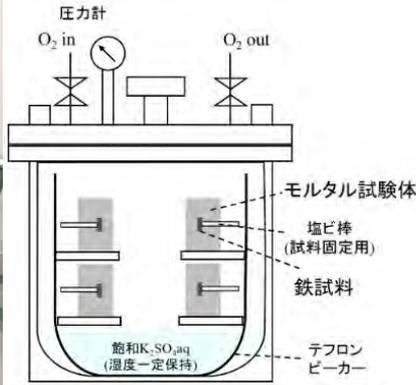




- ✓ コンクリート中の鉄筋腐食機構の解明を目的に高酸素腐食促進試験法を開発
- ✓ 酸素還元反応を促進し腐食反応全体を底上げすることで純鉄で30倍の加速を達成
- ✓ 鉄筋黒皮や腐食生成物のナノ-マイクロスケール解析により鉄筋腐食に与える黒皮の影響を解明

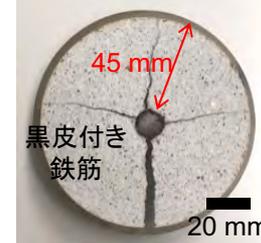


廣本祥子 土井康太郎

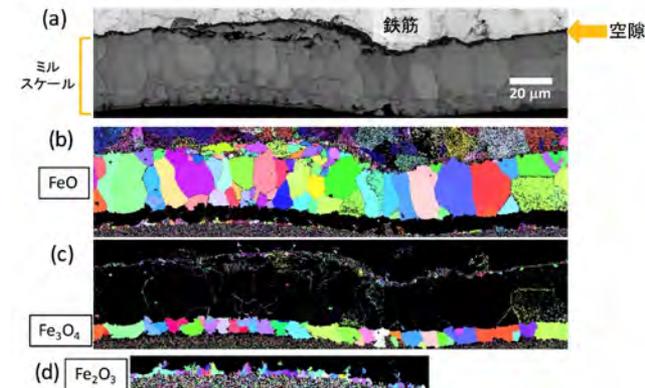


酸素圧: 0.6 MPa

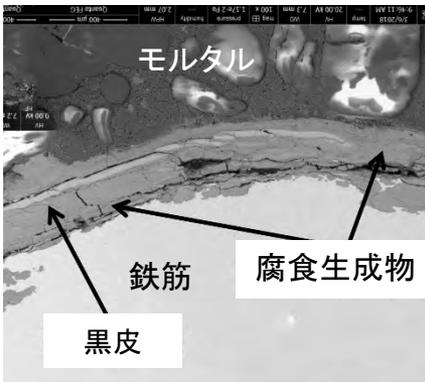
試験期間: 4ヶ月



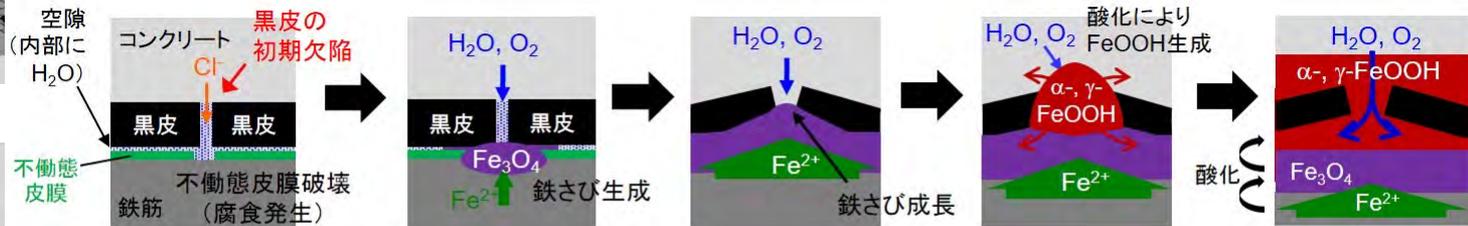
・4ヵ月未満の短期間で、かぶり45mmの供試体にひび割れが生じる程度の腐食を実現。



黒皮の微細構造を解明  
鉄筋/FeO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)



鉄筋/モルタル界面の断面SEM写真: 黒皮の内側(鉄筋側)からも腐食が進行



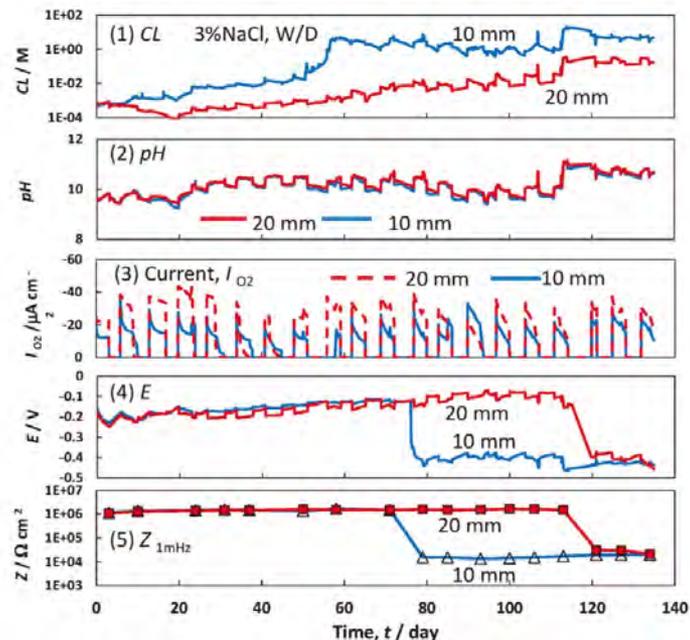
- ① 黒皮の初期欠陥からのCl<sup>-</sup>の侵入と不動態皮膜破壊 (腐食発生)
- ② 皮膜破壊箇所での鉄さび生成
- ③ 黒皮と鉄筋界面、黒皮内側での鉄さび成長
- ④ 水と酸素によるFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の酸化
- ⑤ FeOOHの成長、層状さびの形成

新しい腐食促進試験法、コンクリートの評価法として土木学会、腐食防食学会での標準化、規格化を目指す

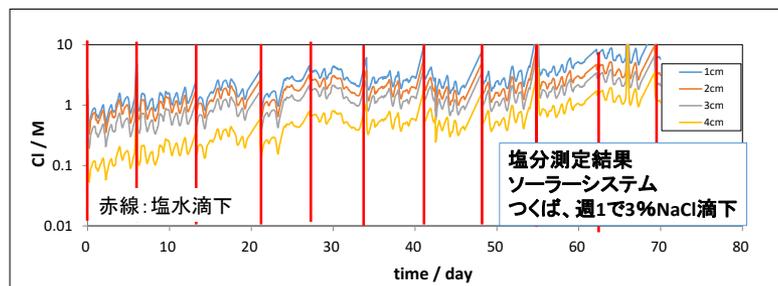
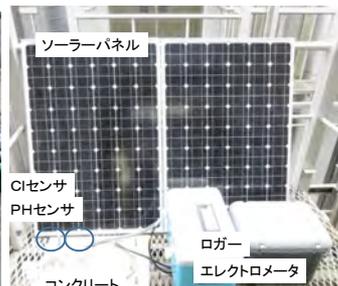
- ✓ コンクリート内部の塩分、pH、酸素濃度、腐食抵抗を同時に長期モニタリング可能なシステムを開発
- ✓ 高精度（塩分：飽和～0.001M）、低コスト（センサー原価100円以下）
- ✓ その場で定量測定可能。構造体への損傷は微小（微破壊検査）



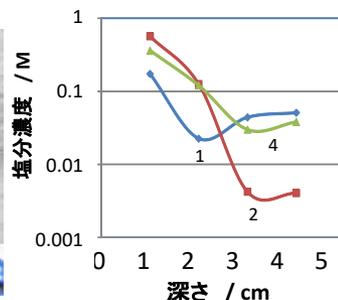
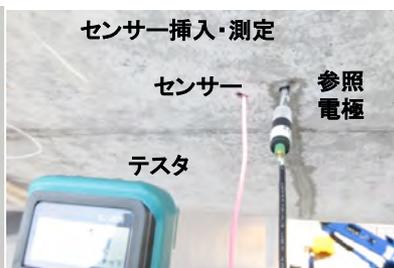
西村俊弥



## 自動モニタリングシステムの開発（土木研究所）



## 新潟県親不知海岸道路橋での内部塩分濃度測定 (NEXCO東日本)



その場で塩分の深さ方向分布を測定可能  
橋梁部位ごとの差異を明確化

## 山陽新幹線高架橋でのモニタリング (JR西日本)



再アルカリ化施工後の追跡調査にpHおよび塩分センサーを利用 (H30年1月～)。

## 伏木富山湾新港地区リプレイサブル栈橋 (北陸地方整備局)



新規開発した本栈橋にセンサーを適用し、耐久性に関する実証試験に利用する。  
伏木富山湾新港地区延伸工事



## 土木研webへの動画掲載

<https://www.pwri.go.jp/team/imarrc/activity/movie.html>

塩分センサを活用した  
簡易な塩害診断技術

この技術は、国立研究開発法人土木研究所と  
国立研究開発法人物質・材料研究機構との  
共同研究により開発したものである

- センサー提供実績200セット以上
- 土木研新技術ショーケース2018で技術紹介、webに動画掲載
- センサーの大量供給に向けて企業への技術移転進行中

- ✓ コンクリート構造物のひび割れや変形を色の変化として可視化する”歪み可視化シート”を開発
- ✓ 遠方から目視確認が可能。地域住民によるモニタリング。
- ✓ バッチプロセスによるA3サイズのシート製造法開発（50枚/月）
- ✓ コンクリートへの施工法確立と耐候性向上を達成（促進試験500時間（1年相当））
- ✓ コンクリート載荷試験によるひび割れ可視化に成功

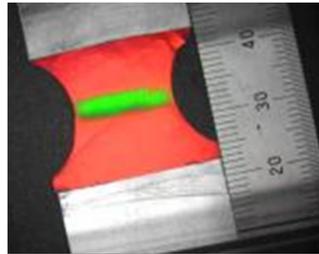
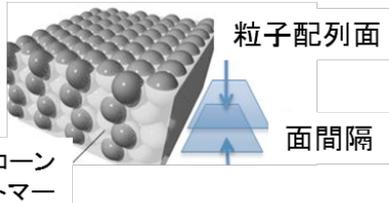


不動寺浩

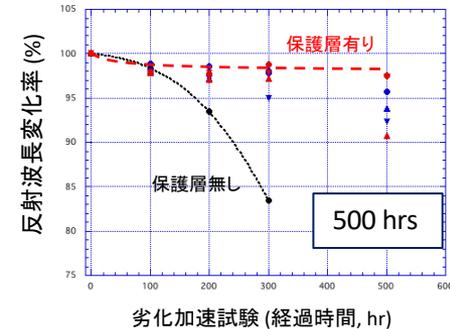
## 歪み可視化シート

## 新材料による歪み可視化シートの開発

変形で構造色が変色する新材料



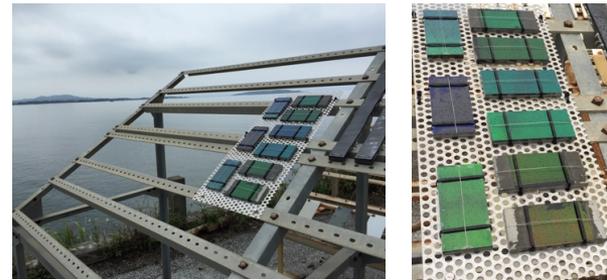
## コンクリート構造物への施工法、耐候性向上 (ショーボンド、日本化薬、清水建設、琉球大、広島大)



## コンクリート載荷試験によるひび割れ可視化 SIP地域実装支援チーム (長崎大)



## 沖縄での暴露試験 (土木研究所)



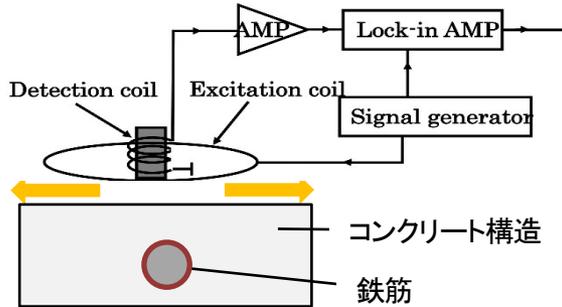
SIP後はシート製造の技術移転を進め、連携先と協力して中小橋梁への適用などユーザー支援  
コンバーテック技術（量産化）によるコスト低減と輸送機関、産業インフラなどへも展開



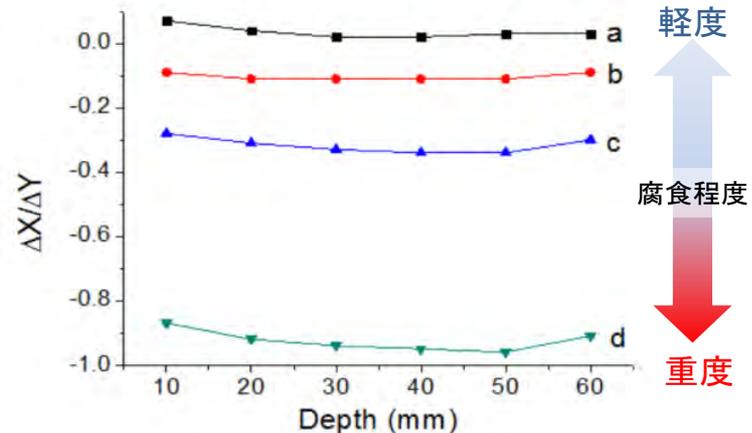
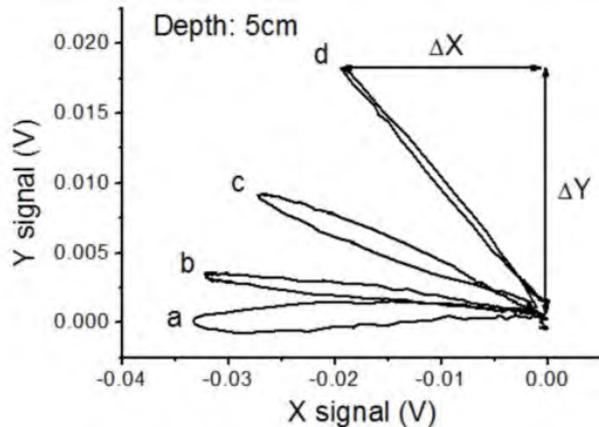
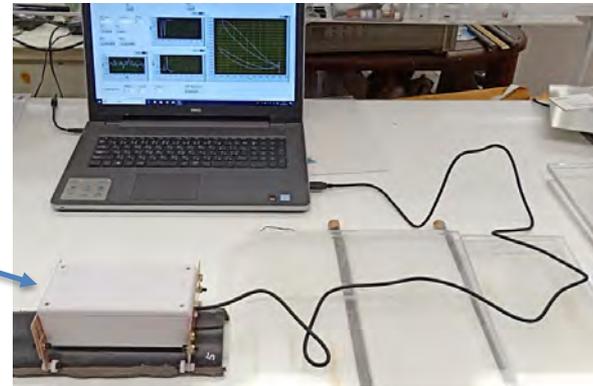
何 東風

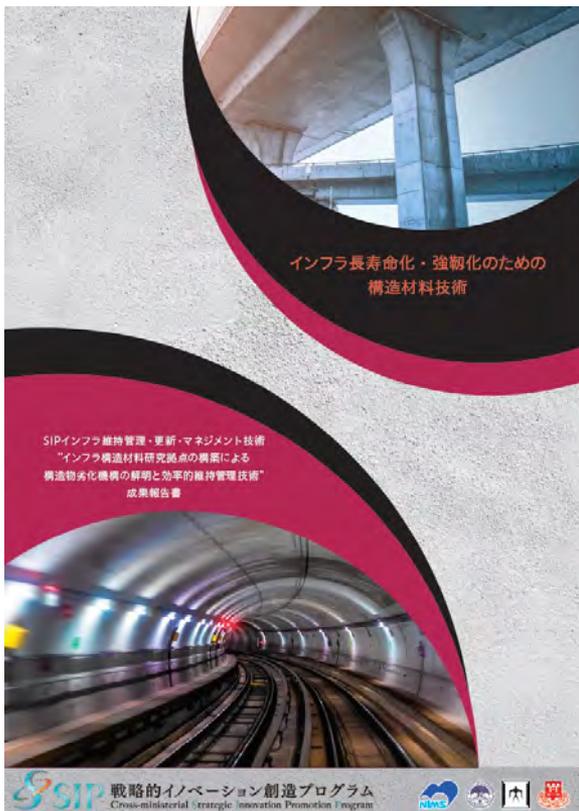
- ✓ 鉄筋上にできる腐食生成物が鉄筋とは異なる電気伝導度や透磁率を有する事を利用
- ✓ システムは励起コイル、検出コイル、ロックインアンプからなるプローブとノートPCのみ。スキャナー電源はノートPCのUSBポートから得るので非常に小型である。
- ✓ 励起コイルからでる80 kHzのAC波に対する電磁応答を検出コイルで検出することで非破壊的に腐食程度の判別が可能
- ✓ 構造物の部位ごとの腐食程度の差異を判別する事で補修の効率化に貢献

## 測定システム



スキャナ  
(17x9x6cm<sup>3</sup>)





## 成果報告集



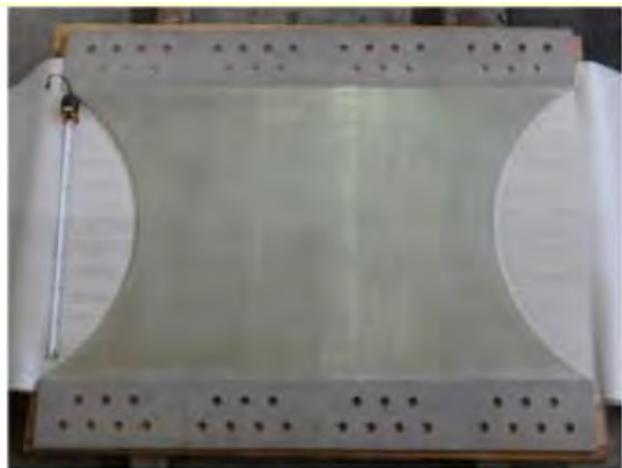
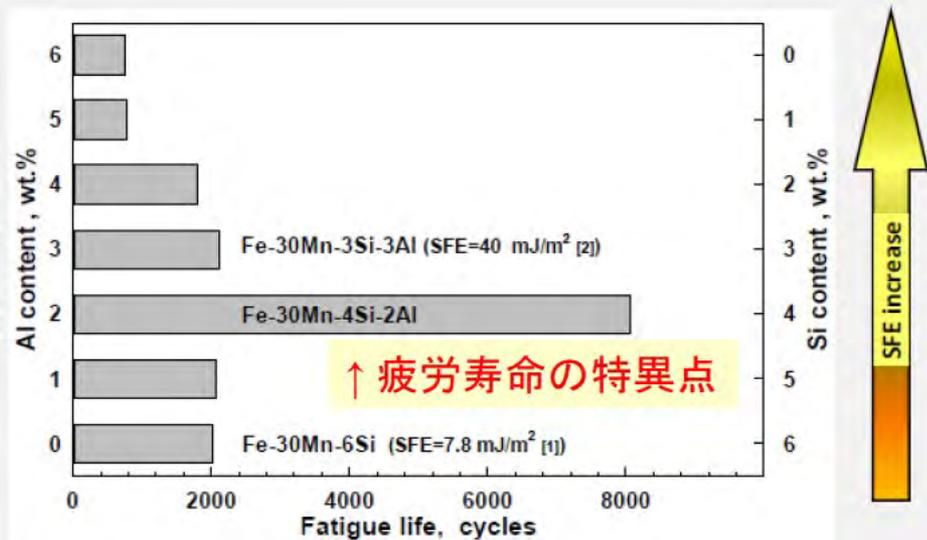
<https://www.nims.go.jp/SIP-infrastructure/index.html>



## インフラ構造材料パートナーシップ

<https://nims-inframatsps.com/>

- 長疲労寿命のFe-Mn-Si-Al系制震材料を開発
- JPタワー名古屋低層階の16基の長周期地震動用制震ダンパーに採用 (2014)
- 溶接を可能にした改良合金が愛知県の展示場 Aichi Sky Expo に採用 (2018)



1260mm × 1500mm × 16mm



Installing a new vibration damper



Rendering of JP Tower Nagoya