

### 研究コラム 下水処理場におけるコンクリートと防食被覆の劣化

1970年の下水道法改正により下水処理場の設置が義務付けられてから50年が経過し、全国にある2000カ所以上の下水処理場も他の土木構造物と同様に老朽化が課題となっています。

下水処理場での特徴的な劣化として、微生物により生成される硫酸による腐食が挙げられます (Figure 1)。硫酸による劣化に対しては、耐硫酸の防食被覆が開発され、腐食の想定される場所における対策工も標準的に実施されるなど、対策が進められています。

しかし、昨今、硫酸に起因しない劣化も散見されるようになってきました。例えば、酢酸に代表される有機酸は下水処理場において一般的に存在している酸であり、汚泥処理施設を中心に比較的高濃度となっています。耐硫酸性を有する被覆が有機酸により劣化した例がビルピット\*で報告されており、下水処理場においても耐硫酸性を有する防食被覆の中に有機酸が侵入して劣化する可能性があります。防食被覆が劣化すると、有機酸だけでなく同時に存在する硫酸により、コンクリート躯体本体への影響も危惧されます。

この現象について把握するため、iMaRRCでは現在研究を進めており、有機酸による防食被覆の劣化に関する実験を行いましたのでご紹介します。樹脂成形した防食被覆材の平板を、有機酸に一定温度で長期間浸せきさせました。結果として、防食被覆材の種類によっては耐硫酸性を有するものでも有機酸の影響を受けるものがあり、表面に膨れが発生するのを確認しました (Figure 2)。

今後も、下水処理場における防食被覆劣化に関する研究を進め、施設の劣化要因を整理して、防食被覆の性能評価手法について検討していく予定です。

\*ビルピットとは：ビルの地下部分で発生した排水は、一時的に貯留されたのち、地表付近にある下水道管にポンプでくみ上げて放流しています。この貯留する槽を「ビルピット」と呼んでいます。

このコラムにする動画を iMaRRC ホームページに掲載しましたのでご覧ください。 ※実験動画等のページ (short video)

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



Figure1:硫酸による腐食例

#### Deterioration of concrete and coating at wastewater treatment plants

More than 2000 wastewater treatment plants (WWTPs) in Japan are facing the same aging problem as other structures. A characteristic deterioration at the WWTPs is corrosion caused by sulfuric acid (Figure 1). For deterioration due to sulfuric acid, countermeasures are being taken by developing sulfuric acid-resistant coating and implementing countermeasure construction as standard in places where corrosion is expected.

However, deterioration not caused by sulfuric acid has been observed in recent years. For example, organic acids (e.g., acetic acid) are commonly present in WWTPs and have relatively high concentrations, especially in sludge treatment facilities. An example of the deterioration of a protective lining by organic acid has been

reported in a sump pit, and a similar case might occur in WWTPs. When the lining deteriorates, both organic and sulfuric acids that can coexist may affect concrete structures.

We are currently conducting research and experiment to understand this phenomenon. Some types of sulfuric acid-resistant coating materials are affected by organic acids, and consequently, swelling occurs on the surface (Figure 2).

We plan to proceed with our research on the deterioration of anticorrosion coating at WWTPs, sort out the deterioration factors of facilities, and study the methods for evaluating the protective lining performance.

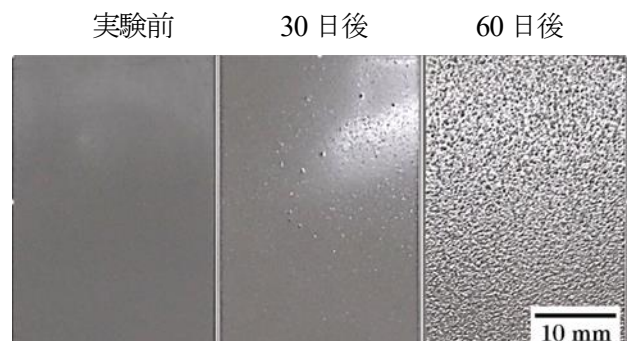


Figure2:有機酸による防食被覆材の劣化実験

## 研究コラム RC床版の劣化過程の画像分析

道路橋の鉄筋コンクリート床版（以下、RC床版）の劣化メカニズムの一つに、大型車両が繰返し走行することによる疲労があります。

床版の疲労による劣化過程の解明や補強方法の開発には、輪荷重走行試験機が活用されています（Figure 3）。この試験機は、大型車両を模擬した車輪が繰返し移動して载荷することで、疲労によるRC床版の劣化過程を再現できます。輪荷重走行試験機による試験のデータ等から、疲労による劣化過程の概念図（Figure 4）が示されています。RC床版の点検では、近接目視で把握した床版の状態と劣化過程の概念図を照らし合わせて、損傷度を評価しています。ただし、実際の床版では、荷重の状況や、それを受ける道路橋の構造も様々であることから、損傷度による評価は必ずしも容易ではありません。

一方、近年、ドローン等のロボットにより撮影された画像を用いた点検（以下、画像点検）が着目されています。画像点検では、必ずしも従来どおりの損傷度の評価にあわせて評価する必要はなく、変状の形状的特徴などの画像に含まれる様々な情報を、点検の次のステップである診断に役立つように伝えることが重要と考えています。しかし、画像点検技術の開発者は、診断に携わる技術者に役立つ点検結果の伝え方について、必ずしも十分な知識を有していません。

iMaRRCでは、画像点検技術の開発者と診断に携わる技術者の橋渡し役を担い、両者のニーズをすり合わせることを目的とした取り組みを進めています。この取り組みの一環として、RC床版の輪荷重走行試験を行い、劣化過程を画像で詳細に記録しました（Figure 5）。今後、このようなデータも活用し、どのように画像点検をすれば診断に役立つのかを明確化していきたいと考えています。

このコラムにする動画を iMaRRC ホームページに掲載しましたのでご覧ください。※実験動画等のページ（short video）  
<http://www.pwri.go.jp/team/imarc/activity/movie.html>



### Detailed image records for the damage process of RC slabs – Toward application for image inspection

Fatigue is a typical deterioration mechanism observed in reinforced concrete (RC) slabs on road bridges that is caused by cyclic loading from the wheels of large vehicles crossing over them.

A wheel running machine can be used to study this deterioration mechanism and to develop strengthening methods (Figure 3). This machine simulates the cyclic loading from the wheels of large vehicles and can reproduce the actual damage to RC slabs. Figure 1 shows a schematic for the proposed deterioration process of RC slabs due to fatigue according to the test results obtained using this machine. The setup of the deterioration process can be applied for the damage evaluation of RC slabs by comparing the results of periodic visual inspections. However, the evaluation cannot focus simply on patterns because RC slabs are subjected to various loads and have diverse structures.

A recent approach that has gained attention is image inspection using robots (drones). However, an evaluation method for image inspection that can be used by diagnosis engineers has not yet been clarified. iMaRRC conducted a wheel running test of an RC slab and recorded the deterioration process in detail by obtaining fine-resolution images for the bottom of the specimen (Figure 4). We are currently developing an evaluation method based on the test results of the wheel running machine that can be truly useful for diagnosis engineers.

A video of the damage process for the RC slab specimen is available on the iMaRRC website.



Figure 3: Wheel running machine



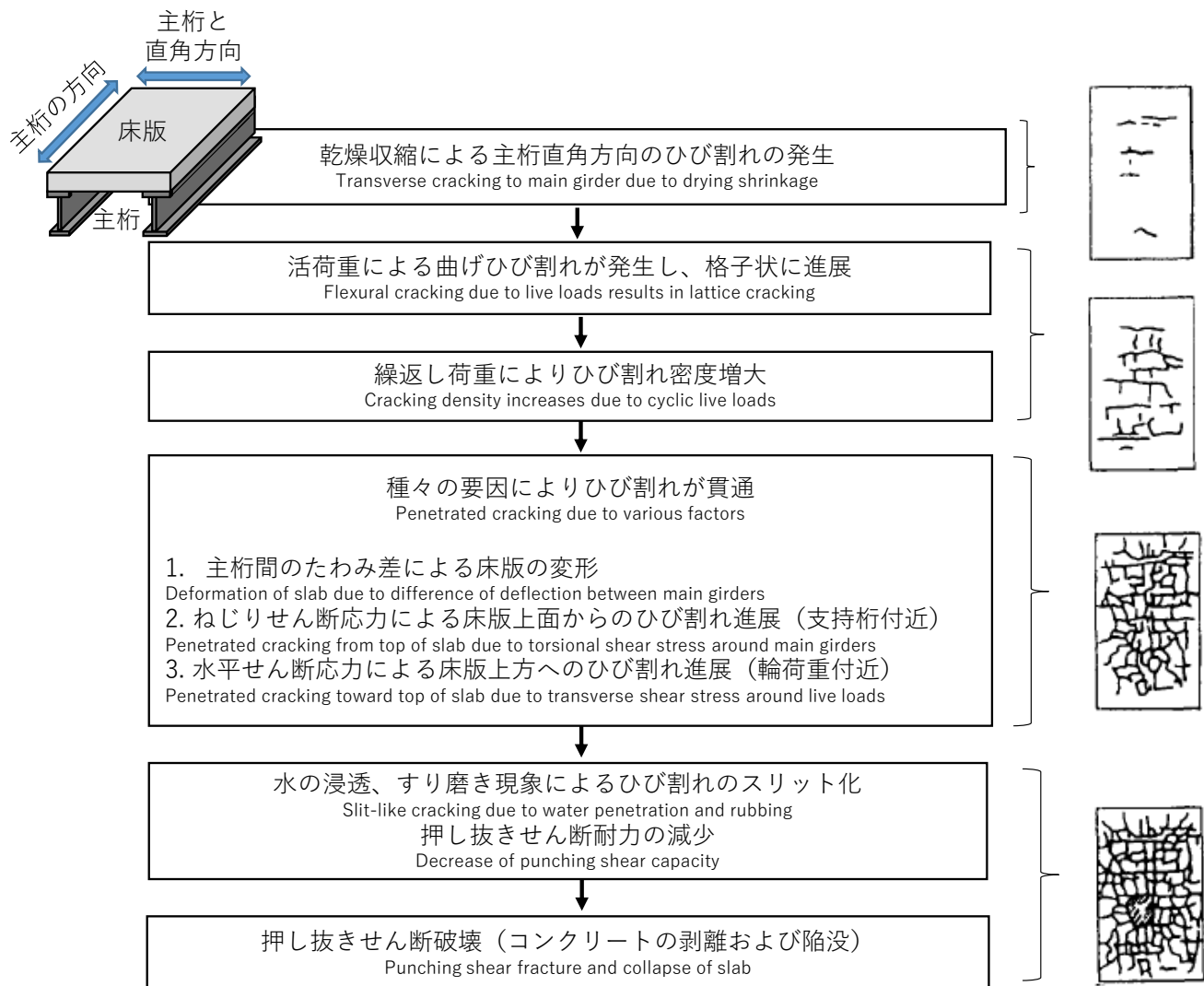


Figure 4: Schematic for the deterioration process of RC slabs due to fatigue\*

\*次の参考文献をもとに作成：西川和廣、村越潤、山本悟司、杉山純：活荷重による橋梁上部構造の損傷と対策、土木技術資料、34-8、pp.58-65、1992

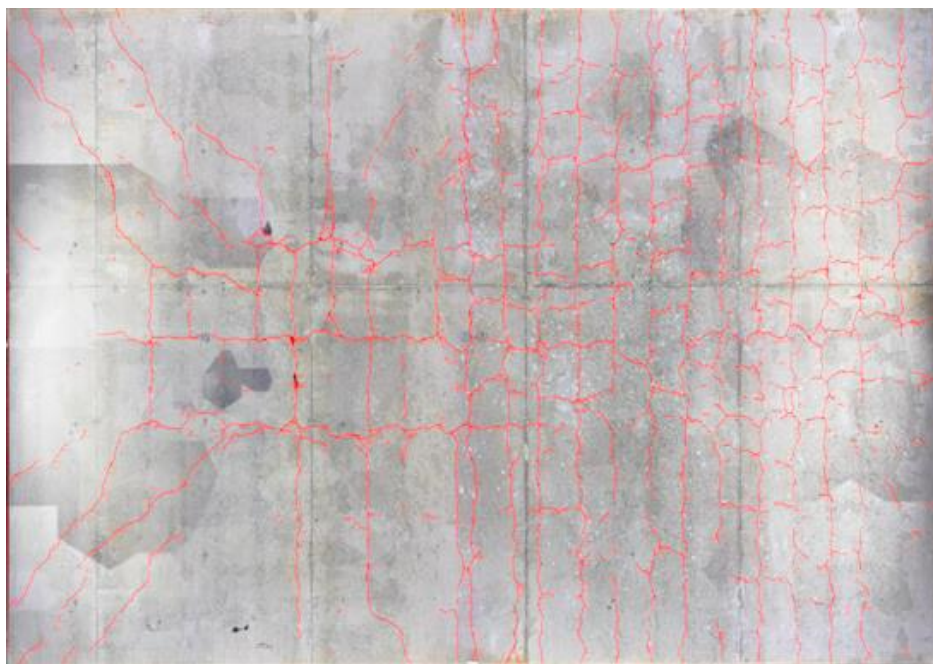


Figure 5: Crack pattern on the bottom of the RC slab specimen after the test on the wheel running machine (red lines: cracking)

## 研究コラムコンクリート素地の視認性に関する表面被覆材の評価方法

コンクリート構造物の補修時にしばしば用いられる塗装は表面被覆材と呼ばれ、塩害をはじめとした予防保全対策に用いられています。一方、5年毎の定期点検では、全面にわたる直接近接目視により変状を早期かつ詳細に発見することが定められています。

耐久性向上と目視点検の両立を図るために、近年、様々な透明な表面被覆材が開発され普及しつつあります。ところが、表面被覆材の上からコンクリート表面をどの程度目視できるか（以下、視認性と記す）を客観的な方法で定量的に評価する方法は確立されていませんでした。そこで、被覆材が視認性に与える要因の調査を行い、目視点検のための視認性に関する表面被覆材の評価方法を作成しました（[土木研究所資料第4387号](#)）。

被覆材による素地の視認性阻害のメカニズムについて検討したところ、表面被覆材自体の透明性だけでなく、素地に直接塗布するプライマ等の材料がコンクリートに浸透した場合に生じる素地の暗色化が大きく関わっていることがわかりました。特にひび割れは健全な一般部に比べて黒い線状に見えるため、例えばFigure 6の(b)や(c)のように表面が全体に暗色化すると、近接目視点検などにおいてひび割れなどの変状の視認性を低下させる傾向があります。そこで、被覆材の透明性（塗膜の隠ぺい率で評価）と塗布した際の暗色化度を指標とし、機器による測定で数値化し、目視によるひび割れ視認性の主観的評価の結果との対応を検討しました。それらの結果から、視認性を確保できる表面被覆材の評価法と判定値としてFigure 7を提案しました。

コンクリート表面の目視が重要なものとしては剥落防止工もあり、表面被覆と同様に透明性を有するものが普及しつつあります。剥落防止工は繊維を有するものが多いものの、視認性のメカニズムは同様であると考えられ、これらの材料工法についても試験結果を蓄積して本評価法の適用範囲の拡大をはかりたいと考えています。

このコラムにする動画を [iMaRRC ホームページに掲載しましたのでご覧ください。](http://www.pwri.go.jp/team/imarrc/activity/movie.html) ※実験動画等のページ (short video)

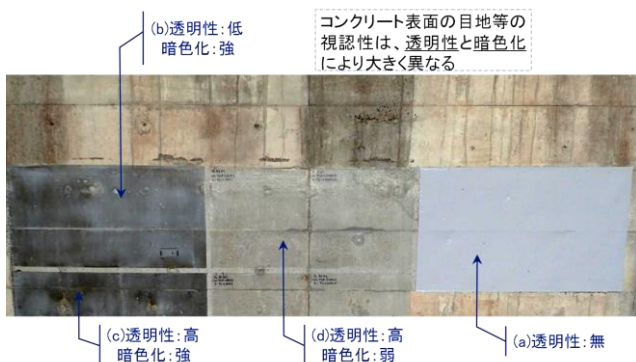


Figure 6: Influence factors for concrete surface visibility

### Evaluation method of concrete surface visibility of transparent protective coatings for concrete structures

Surface coating materials are often used to protect concrete structures from damages such as steel reinforcement corrosion by salt permeation. Recently, transparent surface coating materials are applied, ensuring close-up visual inspection availability along with barrier coat protection. However, evaluation methods of concrete surface visibility of transparent protective coatings have not yet been established.

Investigations into the mechanisms of concrete surface visibility through coated layers have shown that the principal obstructive factors are the clearness of coating layers and the darkening level of concrete surfaces. Coated film clearness is critical, but darkening because of primer paint should also be considered; for instance, a darkening change on wet-like concrete surfaces makes crack inspection difficult (Figure 6 [b, c]).

iMaRRC established a test method of concrete surface visibility of transparent protective materials by conducting validation studies on the relation between inspectors' subjective judgment and quantitative instrument results of clearness and darkening levels. Figure 7 shows the proposed performance requirement to ensure concrete surface visibility derived from the validation studies. The evaluation method currently applies only to surface coating, but the application to concrete peel spalling prevention cover is under consideration as one of the next tasks.

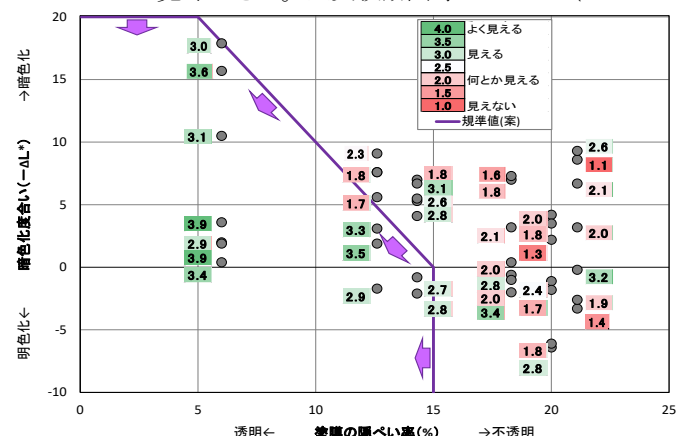


Figure 7: Coating material requirement to ensure concrete visibility

## 研究者紹介 iMaRRC Researchers

### 谷藤 溪詩

令和2年(2020年)7月からiMaRRC材料資源研究グループの専門研究員として働いております。大学院博士課程では木材からエタノールを製造する研究に従事しました。その後、民間の製紙会社へ就職し、パルプ製造に係るプラントエンジニアとして、また同社の研究員として働いておりました。そのため、私はこれまで木材の化学や紙パルプに関する分野の研究に携わっておりました。



現在、私は、下水汚泥処理に関する研究を行っております。これまでの専門分野とは異なりますが、下水汚泥も有機性のバイオマスですので、これまで扱ってきたパルプ分野の研究経験をどのように下水汚泥処理技術の研究開発に活かせるかを日々考えながら業務にあたっています。また、下水処理場で用いられる設備・機械類は一般的なものですので、プラントエンジニアとして働いた経験が、処理場内のフローの理解や研究開発にも活かしております。社会実装を念頭に置いた研究開発を進め、研究成果が下水処理場の操業改善など、社会に還元できるものになるように努めてまいります。

プライベートでは料理にはまっておりまして、最近、電気の圧力鍋を購入いたしました。ずぼらな私でもスイッチ押すだけでおいしい料理ができますので、晩ご飯とお弁当はほぼ毎日手作りです。

Dr. TANIFUJI Keishi joined iMaRRC as a research specialist in July 2020. He studied ethanol production from wood in graduate school. After receiving his PhD, he joined a private paper company and worked as a plant engineer and then as a researcher at the same company. His major is originally related to the fields of wood chemistry and pulping chemistry.

Now, he has begun work related to sewage sludge treatment. This is his first time in this research field. He is always thinking about ways to adapt his research experience to sewage sludge treatment. His experience of working as a plant engineer also helps him understand the flow of a sewage sludge treatment plant in his research. His dream is to contribute to society through research, such as improving the sewage treatment process.

At the personal front, his hobbies include cooking. Every day, he cooks dinner using his favorite new electric pressure cooker, and he always brings a homemade bento (boxed lunch) to the office.

## 報告 第4回 iMaRRC セミナーを開催しました

第4回 iMaRRC セミナーを2021年1月15日に開催しました。

今回は、新型コロナウイルス感染拡大が収束していない状況でしたので、WEBで開催させていただきました(Figure 8)。WEB開催であったこともあり、全国から150名を超える参加がありました。当セミナーでは、毎回テーマを絞って最新の研究調査に関する情報交換を行ってきていますが、今回は「ひび割れをどう考えるか(続)～コンクリート構造物の新しい点検技術とその活用～」と題し、コンクリート構造物の外観目視点検を効率化するための新技術活用について、iMaRRCを中心とした研究動向を紹介させていただきました。

冒頭、古賀裕久上席研究員より、予防保全型のメンテナンスへの転換やICTを活用した維持管理の効率化がますます求められるようになってきている昨今、いかに外観目視点検を効率化していくかが重要との認識のもと、今回のテーマ設定を行った旨説明がありました。

### Fourth iMaRRC seminar

The fourth iMaRRC seminar (webinar) was held on January 15, 2021(Figure 8). The seminar was held online to prevent the spread of COVID-19. More than 150 people from all over Japan participated in the seminar, with the theme “A discussion relating to the cracks of concrete structures (2) – New inspection techniques for concrete structures and their applications.” The research results of a new technology that can be used to improve the visual inspection efficiency of concrete structures were presented.

The four lectures made are titled “Characteristic Analysis of Deformation in Bridge Deck Inspection Results”, “Example of feature analysis of bridge slab cracks by geometric analysis,” “Crack Measurement Technology for Concrete Using Moiré Fringes”,



研究動向については、以下の4件を紹介いたしました。

「橋梁床版点検結果に見られる変状の特徴分析」

櫻庭浩樹 iMaRRC 主任研究員

「形状解析による橋梁床版ひび割れの特徴分析例」

小沢拓弥 iMaRRC 研究員

「モアレ縞を用いたコンクリートのひび割れ計測技術」

高橋啓太 iMaRRC 研究員

「ドローンを活用した橋梁の点検事例」

服部達也 先端技術チーム主任研究員

WEB開催ではありましたが、参加者の皆さんと活発な質疑が行えました。大変ありがとうございました。次回は、新型コロナウイルス感染症が収束していることを願いつつ、状況に応じて開催方法を工夫していきたいと思っております。よろしくお願いたします。

and “Example of bridge inspection using a drone.” analysis of bridge slab cracks by geometric analysis”, “Crack Measurement Technology for Concrete Using Moiré Fringes”, and “Example of bridge inspection using a drone.”



Figure 8: Status of the presentation

## 受賞報告

## Research Awards

賞 Award	受賞者 Recipient Name	論文名 Title	表彰団体 Awarding organization	受賞日 Date
第25回 土木学会舗装工学講演会「論文賞」 (Paper Award of the 25th Pavement Engineering Conference)	川上篤史 (舗装チーム)、 新田弘之 (iMaRRC)、 藪雅行 (舗装チーム)、 掛札さくら (舗装チーム)、 川島陽子 (iMaRRC) (Atsushi KAWAKAMI, Hiroyuki NITTA, Masayuki YABU, Sakura KAKEFUUDA And Yoko KAWASHIMA)	繰り返し再生したアスファルト混合物への再生用添加剤と再生骨材配合率の影響 (EFFECTS OF REJUVENATORS AND RECYCLED AGGREGATE RATIO FOR ASPHALT MIXTURES BY REPEATEDLY RECYCLING)	土木学会舗装工学委員会 (Pavement Engineering Committee of JSCE)	2020/12/11
第32回 環境システム計測制御学会研究発表会奨励賞 (32th EICA Annual Meeting Paper Award)	宮本 豊尚、重村 浩之 (Toyohisa Miyamoto, Hiroyuki Shigemura)	下水道資源を用いた固化肥料による海域施肥の基礎的検討 (Ocean Fertilization Using Solidified Sewage Resources :A Basic Study)	環境システム計測制御学会 (The Society of Environmental Instrumentation Control and Automation)	2020/10/30

iMaRRC Newsletter 発行元 : (国研)土木研究所 先端材料資源研究センター (iMaRRC)  
Tel:029-879-6761 Fax: 029-879-6733 Email: imarrc-at-pwri.go.jp \*送信の際は、-at-を@に変更してください