

- レーザー誘起ブレイクダウン分光法を利用した  
コンクリート構造物の遠隔塩分評価手法の開発
- 放射性廃液中の元素をレーザー光で分別回収  
～研究成果をプレスリリース～
- レーザー総研オープンセミナー
- レーザー技術の最先端
- ～レーザー加工からインフラ診断まで～を開催
- 主な学会報告予定



【表紙図】高架橋  
でのリモート塩害  
評価試験の様子

## レーザー誘起ブレイクダウン分光法を利用した コンクリート構造物の遠隔塩分評価手法の開発

レーザー計測研究チーム 染川智弘

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 名古屋通義

### ◆コンクリート構造物の塩害を遠隔から評価

高架橋やトンネルなどのコンクリート構造物では、海からの飛来塩分や、凍結防止剤の散布による塩化物の供給により、コンクリートが剥落するなどの塩害劣化が深刻化している。塩害劣化により起こる被害を効率的に防ぐには、コンクリートに含有される塩分量の変化を定期的にモニターしておくことが重要である。コンクリート構造物の塩分量は通常、構造物からコンクリートコアを採取し粉碎した試料を用いた電位差滴定法により測定するが、コアの採取および室内試験に時間を要するため、現場でのリアルタイムな塩害判別ができないという課題がある。またコアの採取位置によっては足場を組まなければならない、時間と費用も必要となる。この課題を解決するため当研究所では、中

日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋と連携し、遠隔測定が可能なレーザー誘起ブレイクダウン分光 (Laser Induced Breakdown Spectroscopy: LIBS) を利用した塩害評価手法を開発している。

本稿では、構築した可搬型リモートLIBSシステムを用い、実際の高架橋を計測対象にフィールド試験を行った結果について報告する。可搬型の本システムは現場への移動が容易であり、アクセスが難しい点検箇所での塩害評価が可能となる。

### ◆可搬型リモートLIBSシステム

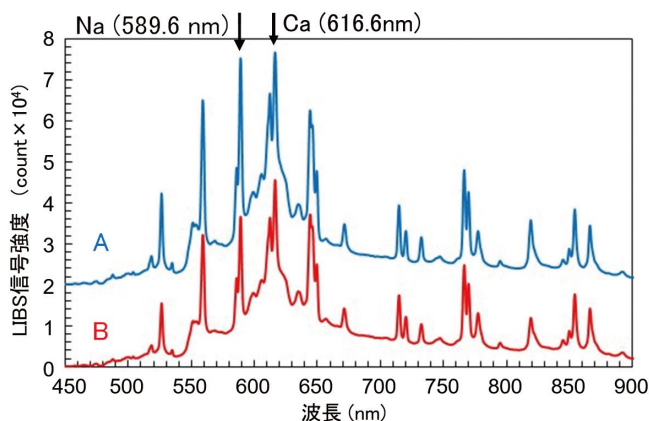
図1に可搬型リモートLIBSシステムの外観を示す。計測ヘッドは横方向の360°回転、縦方向の90°までの仰角の変更が可能である。計測ヘッド内の凹凸レンズ対間距離の調整により、構造物から約5～10 m離れた位

## レーザー誘起ブレークダウン分光法を利用したコンクリート構造物の遠隔塩分評価手法の開発



【図1】可搬型リモートLIBSシステム

置からのリモートLIBS測定が可能となる。レーザー電源、ミニ分光器、制御用ノートPCは車輪付きのラックに搭載した。電源には1.5 kVAの可搬型インバータ発電機を用いており、システム全体の移動も容易である。使用したレーザーはフラッシュランプ励起のナノ秒パルスレーザー(Quantel社製Q-smart450、波長1064 nm、繰り返し10 Hz、パルス幅6 ns、パルスエネルギー210 mJ)である。レーザー照射により壁面に発生するプラズマ発光信号は、1000 nm以上の長波長域の光をカットするフィルターで励起レーザー波長成分を除去した後、レンズで光ファイバーに導かれ、ミニ分光器(Brolight社製BIM-6002A-01-S02L02F06G01、計測可能波長範囲：350～1050 nm、波長分解能：1.4 nm)により計測される。通常のLIBS測定では高速時間ゲート測定が可能なICCDカメラを利用することで測定のSN比を向上させているが、本システムでは信号強度が大きいNaの輝線を測定に利用していること、また現場で使用するためには可搬性の良い装置が求められるため、小型の分光器を採用した。



【図2】高架橋で測定されたリモートLIBSスペクトル  
A、Bは測定位置(表紙図を参照)を示す

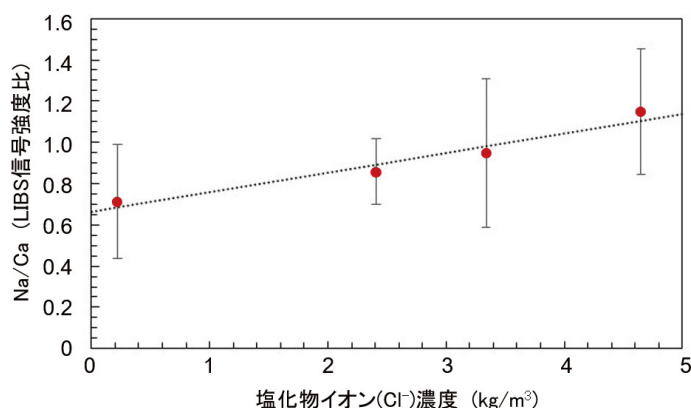
### ◆高架橋でのフィールド試験

表紙図に金沢地区にある高架橋ランプ橋の橋台を対象とした遠隔LIBS測定試験の様子を、図2に測定されたLIBSスペクトルをそれぞれ示す。測定距離は5 mとし、レーザーはほぼ水平に照射した。表紙図に示したA、Bの位置でそれぞれ測定されたのが図2に示したLIBSスペクトルである。波長589.6 nmの鋭い輝線はNaの信号、長波長側の波長616.6 nmにピークを持つややブロードな信号がCaの信号である。NaのLIBS信号強度が測定位置によって異なっていることから、NaとCaの信号強度比を塩分濃度の指標として利用できる。

図3は、塩分濃度が異なるモルタル供試体を5m離れた位置からそれぞれ測定したLIBS信号強度比である。横軸は供試体中の塩素濃度、縦軸はNaのLIBS信号強度をCaのLIBS信号強度で割った比率である。測定誤差として5回測定時の標準偏差をあわせて示した。塩分を添加しなかったモルタルに対してもNaの輝線が観測されているが、これはモルタル自身に含まれるNa成分に由来するものと考えられる。図3より、塩素濃度が5kg/m<sup>3</sup>までの領域では、LIBS発光強度と塩素濃度に間には線形関係が成立していることがわかる。コンクリート構造物では、鉄筋部分の腐食が発生する塩化物イオンの濃度限界は1.2～2.5 kg/m<sup>3</sup>程度とされている。この限界濃度は図3の線形領域内であることから、本手法は、コンクリート構造物の塩化物イオン濃度を遠隔から計測し、塩害の程度を評価しうる検査システムとして利用可能と考えられる。

### ◆まとめと今後の展開

コンクリート構造物の塩害を遠隔から評価する手法



【図3】供試体の塩化物イオン濃度に対するLIBS信号強度比(Na/Ca)



として、可搬型のリモートLIBSシステムを開発し、金沢地区の高架橋にて実証試験を行った。Naの波長589.6 nmの輝線とCaの波長616.6 nmの輝線の比を利用することで、5 m離れた位置からのコンクリート構造物の塩害評価に期待できることがわかった。今後は、さらに遠距離からの測定や定量評価手法について検討

するとともに、ハンディタイプの小型測定システムの開発に向けた検討を行う予定である。

#### 参考文献：

染川智弘、名古屋通義、藤田雅之：レーザー研究、50巻、6号、pp318-321、2022年

## TOPICS

# 放射性廃液中の元素をレーザー光で分別回収 ～研究成果をプレスリリース～



高レベル放射性廃棄物の地層処分では、廃棄物の減容が重要な課題です。特にアメリシウム(Am)のような有害性の高い長寿命核種の分別が望まれています。当研究所では、日本原子力研究開発機構、大阪公立大学と共同で、溶液中の光化学反応を利用する手法の研究を行ってきました。このたび、Amに特徴的な波長のパルスレーザーを硝酸水溶液中のAmに照射することにより酸化反応が誘起されること、この原理を利用して他のランタノイドが混在した水溶液から光酸化されたAmのみを分離・回収できることを実証しました。この結果は、本手法が放射性廃棄物の新たな分別原理となる可能性や、希少金属の超高純度精製法などへの応用にも期待できることを示しています。この成果は「Science Advances誌」に掲載されるとともに、5月20日、原子力機構よりプレスリリースされ、日刊工業新聞、電気新聞などに掲載されました。

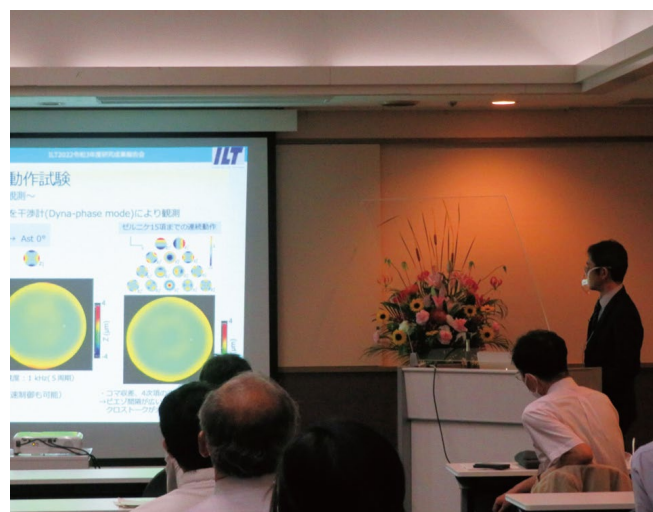
詳細については原子力機構のHP(<https://www.jaea.go.jp/02/press2022/p22052003/>)をご覧ください。

## NEWS

# レーザー総研オープンセミナー レーザー技術の最先端 ～レーザー加工からインフラ診断まで～を開催

## ■ILTオープンセミナーを大阪で開催

去る7月20日、マイドームおおさか(大阪市中央区)にてレーザー総研オープンセミナー「レーザー技術の最先端～レーザー加工からインフラ診断まで～」(令和3年度研究成果報告会)を開催いたしました。コロナ禍の影響から、大阪では3年ぶりのリアル開催となりました。セミナーでは、レーザー加熱3Dプリンターにより月面模擬砂や珪砂などの土質材料から建材を造形する技術、高出力レーザーの大気中長距離伝送を可能にする可変形鏡の開発、レーザーの高輝度化のためのコヒーレントビーム結合技術、漏えいした有害物質の種類を遠隔からモニターできる共鳴ラマンライダーの開発、コンクリート壁の厚さを遠隔から判別するレー



【写真1】ILTオープンセミナー

ザー計測技術、紫外レーザーによりシリコン油をガラス化し3D構造を形成する技術など、レーザー応用に関するさまざまな技術の基礎と現状について解説し、当研究所の最新の研究成果を報告いたしました。またセミナー後には研究員全員がポスター発表を行いました。コロナ禍の影響が残る中にもかかわらず多数のご参加をいただきました。

## ■「泰山賞」贈呈式

今年で14回目を迎えた「泰山賞」の贈呈式を行いました。今回は次の方が受賞され、井澤靖和所長より賞状と記念品を贈呈いたしました。

### 【レーザー進歩賞】

「光渦レーザーの開発とその応用の開拓」

千葉大学大学院工学研究院教授 尾松孝茂氏

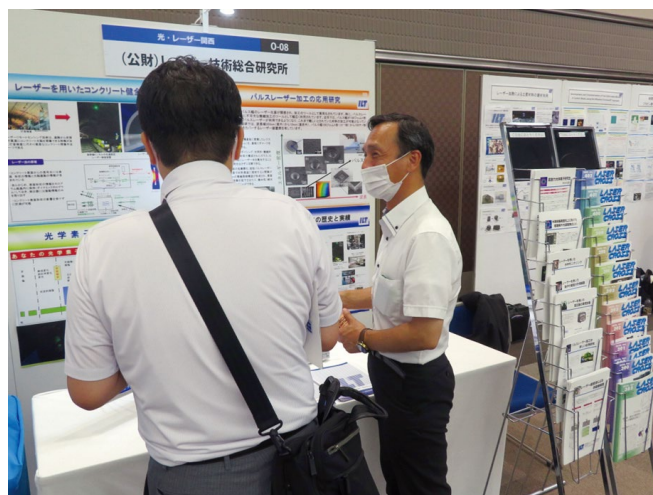
## ■特別講演

### 「光渦レーザーの開発と物質科学への展開」

泰山賞を受賞された尾松孝茂教授より「光渦レーザーの開発と物質科学への展開」と題しご講演いただきました。光渦はらせん状の波面を持つ光で、軌道角運動量を持つという従来の光にはない性質を備えています。尾松教授は光渦レーザーの開発やレーザー加工への応用など、その先駆けとなる成果を数多く発表されています。講演では、金属や半導体上に大きさ数 $\mu\text{m}$ の螺旋状の針(螺旋ニードル)を作成する技術や、光重合反応を利用した螺旋ファイバーの作成など、光渦



【写真3】泰山賞贈呈式(左から井澤靖和所長、尾松孝茂教授、藤田雅之主席研究員)



【写真2】ILT展示ブース

を用いた新しい研究についてご紹介いただきました。

## ■「光・レーザー関西」に出展

7月20、21日にマイドームおおさかにて光・レーザーに関する関西発の技術展示会「第4回 光・レーザー関西2022」(主催:株式会社オプトロニクス社)が開催されました。画像計測機器に関する使えるセンサ技術展2022、「使えるセンサ・シンポジウム2022」も同時開催されました。当研究所は、併催イベントとしてオープンセミナーの開催、ならびに技術紹介の展示を行いました。展示ブースでは技術紹介ビデオの上映のほか、パネル展示や本誌のバックナンバーの配布、技術相談を行いました。当日は多くの方にご来訪いただき、貴重なご意見をいただきました。

## ■おわりに

今年の11月9日には、「光とレーザーの科学技術フェア2022」(於:東京都立産業貿易センター浜松町館)に



【写真4】ポスター発表会場

合わせ研究成果報告会を東京で開催いたします。ぜひご参加ください。

## 主な学会報告予定

9月20日(火)~23日(金) 第83回応用物理学会秋季学術講演会(東北大学川内北キャンパス+オンライン)  
 ハイユ コスロービアン 「Investigations of wavelength-tunable nanosecond laser pulse compression characteristics by SBS technique」  
 柴川智弘 「フラッシュ共鳴ラマンライダーによるSO<sub>2</sub>ガスの漏えい検知技術の開発」