レーザーを用いたコンクリート含有塩素濃度計測

背　景

コンクリート構造物の耐荷性能は、コンクリート表面から浸入する塩分を原因とする鉄筋の腐食により低下する。そのため、特に塩素（*Cl*）濃度の定量測定は構造物の寿命を知る上で重要である。当所では、現場において短時間に高空間分解能の計測が可能な、レーザー誘起ブレイクダウン分光（LIBS）*1を用いた*Cl*濃度計測技術の開発を進めている*2。高い空間分解能での計測を可能にして、コンクリート構造物の塩分浸透を精度良く予測し、寿命推定に役立てる。

目　的

コンクリート試験体を用い、LIBSによるコンクリート含有*Cl*濃度計測の性能を明らかにする。

主な成果

表面より塩分を浸透させたコンクリート板（200mm肉厚）から、直径100mmの円柱状サンプル（以下、コアサンプルと呼ぶ）を採取した。これを軸方向に切断した断面においてLIBSによる*Cl*発光計測を行い、電位差滴定法による*Cl*濃度計測結果との比較を行った。

1．*Cl*濃度の測定感度

切断片を径方向に移動させながら切断面にレーザー光を照射し、発光スペクトルを測定した（図1）。軸方向に1mm間隔でこれを反復し、コアサンプル軸方向（試験体深さ方向）における*Cl*発光（波長837.59nm）強度（図2）の変化を計測した。その結果、電位差滴定法による測定限界（約0.2kg/m^3）に近い*Cl*濃度でも、感度良く*Cl*発光強度を計測できることを確認した。

2．*Cl*濃度の高空間分解能計測の可能性

上記のLIBSにより計測した*Cl*発光スペクトルを、電位差滴定法による*Cl*濃度計測と同じ軸方向領域（5mm）において積算した結果*3、*Cl*発光強度は*Cl*濃度に対して良好な線形性を示した（図3）。これにより、構造物深さ方向において、空間分解能1mm以下における*Cl*濃度の定量計測の可能性を示した（図4）。

以上の結果より、コンクリート構造物から切削したコアサンプルの割断面におけるLIBS計測を行うことにより、コンクリート構造物の定量的な塩分浸透分布を現場において、迅速、高感度、高空間分解能で計測できる可能性を示した。

今後の展開

コンクリート含有塩素濃度等の高感度遠隔計測手法を開発する。

主担当者　　電力技術研究所　高エネルギー領域　上席研究員　藤井　隆

関連報告書　　「レーザー誘起ブレイクダウン分光によるコンクリート含有塩分計測（II）―コンクリート試験体を用いた*Cl*濃度測定の性能評価―」電力中央研究所報告：08012（2009年6月）

＊1：レーザー誘起ブレイクダウン分光（Laser-Induced Breakdown Spectroscopy; LIBS）：レーザー光を測定対象物に集光することによりプラズマを発生させ、そのプラズマからの発光を分光することにより、測定対象物に含有されている元素の種類および濃度を測定する手法である。
＊2：藤井 他、電力中央研究所研究報告H07012（平成20年7月）
＊3：LIBSによる*Cl*発光計測が、コア割断面上におけるレーザー集光径程度の領域（直径約0.2mm）からの発光を計測しているのに対し、電位差滴定法による*Cl*濃度計測は、コアサンプルを軸方向に5mm幅で切断した切断片を分析している。

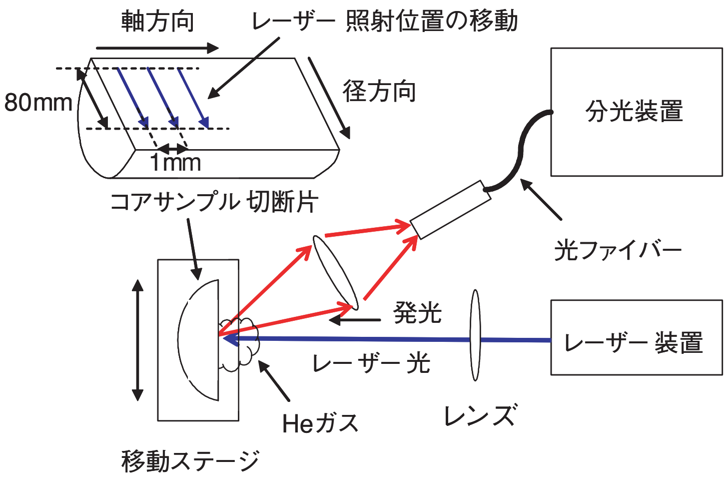

図1　LIBS計測実験系

バッファガスとしてHeを用い、コアサンプル切断片を径方向に移動させながら80mm幅で800ショットのレーザー照射を行い、信号を積算した。さらに、軸方向1mm毎に発光スペクトルを計測した。

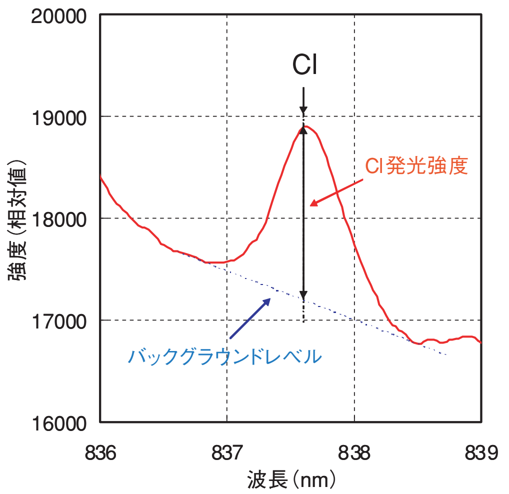

図2　*Cl* 発光スペクトルの例

Cl 濃度9.28kg/m^{3}のサンプル位置における計測。

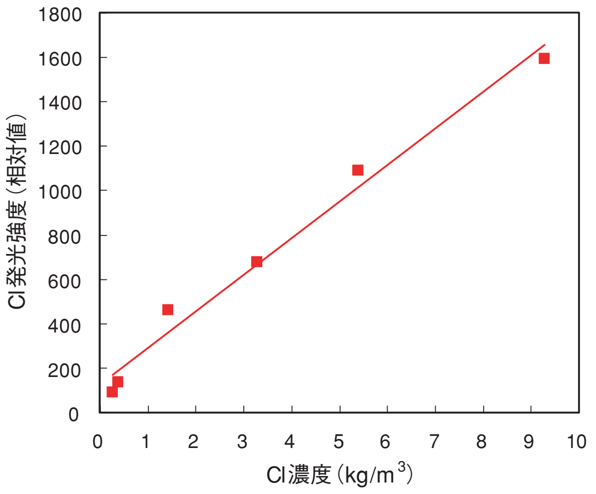

図3　*Cl* 濃度に対する*Cl* 発光強度

電位差滴定法による*Cl* 濃度計測を行ったコアサンプル軸方向領域において、LIBSによる5ラインの*Cl* 発光計測結果を積算した。測定値（■）に対して最小二乗近似を行った結果を直線で示している。

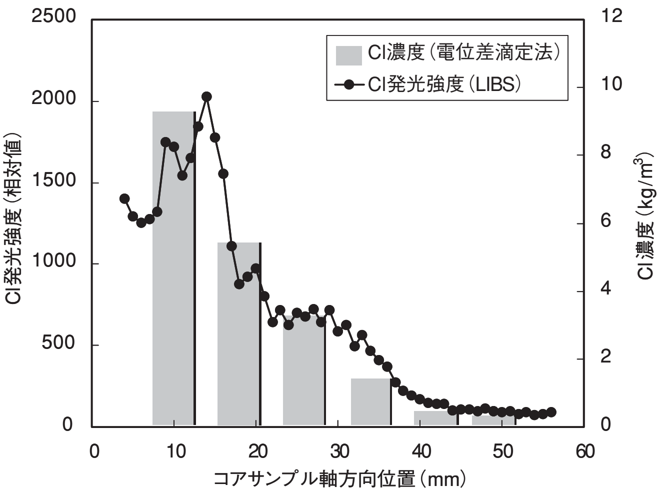

図4　コアサンプル軸方向位置に対する*Cl* 濃度と*Cl* 発光強度

電位差滴定法が軸方向における7～8mm毎（5mm幅の平均値）の計測であるのに対し、LIBS計測は1mm間隔で行っている。

9