

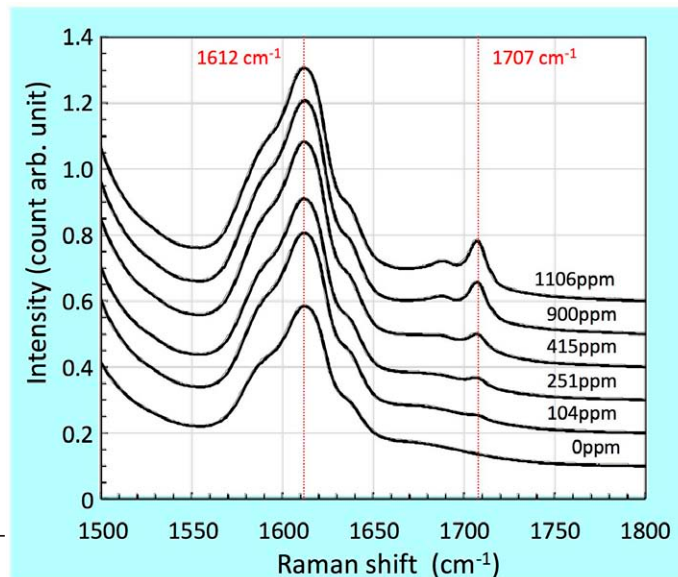
2014, Mar.

No. 312

# レーザー・クロス CROSS

## CONTENTS

- レーザーラマン分光による変圧器の異常診断
- ー絶縁紙劣化生成物フルフラールの検出ー
- PHOTOPTICS2014国際会議報告
- 【光と蔭】リーダーの価値
- 主な学会等報告予定



【表紙図】油溶存フルフラールのラマンスペクトル

## レーザーラマン分光による変圧器の異常診断 ー絶縁紙劣化生成物フルフラールの検出ー

レーザープロセス研究チーム 染川智弘

### ◆変圧器の異常診断

変圧器は電気を効率よく消費地に送電するために使用される機器である。発電所で発電された電気は、発電所内の変圧器によって適切な電圧に昇圧して送電し、途中の変電所や需要家側が設置している変圧器で所要の電圧に降圧して利用される。そのため、変圧器の状態を監視し異常を早期に検出することは、電力設備の信頼性を確保するのに不可欠である。

変圧器では、電圧、電流の大きさを変換する鉄心と巻線が絶縁油で満たされた油入変圧器が一般的であり、変圧器全体の約90%を占めている。運転中の変圧器内部で異常が生じた際、異常箇所、異常内容に応じて絶縁油が分解され、水素、メタン、エタン、エチレン、アセチレン等のガス成分が発生する。また、巻線の絶縁に使用されている絶縁紙も経年劣化や異常により分解され、一酸化炭素や二酸化炭素といったガス成分だけでなく、絶縁紙の劣化生成物であるフルフラールも発生する。これらの物質は変圧器内の絶縁油に溶解するため、これらの成分を分析することにより、変圧器の内部

異常を診断することが可能である。

油溶存物質の分析には、一般的に絶縁油中のガス成分やフルフラールを抽出し、抽出物質をガス・液体クロマトグラフィーにより測定するが、変圧器からの採油、油から対象物質の抽出など時間のかかる前処理工程を必要とする。そこで、油から分析対象を抽出することなく、直接レーザーを油に照射するだけで油中成分の分析が可能なレーザーラマン分光法を用いた分析手法の開発を進めている。これまでに絶縁油の放電生成物であるアセチレンガスのラマン信号の検出に成功しており、絶縁紙由来の生成物であるフルフラールの検出可能性を検討した。

### ◆油溶存フルフラールのラマンスペクトル

アセチレンは油に溶存した状態でも、 $\sim 1972\text{ cm}^{-1}$ にラマン信号が見られ、他の信号強度の大きな油のラマン信号と区別して検出することが可能であった。本手法を絶縁紙の劣化生成物であるフルフラールに応用するために、まずフルフラールと油のラマンスペクトルとの比較を行った。

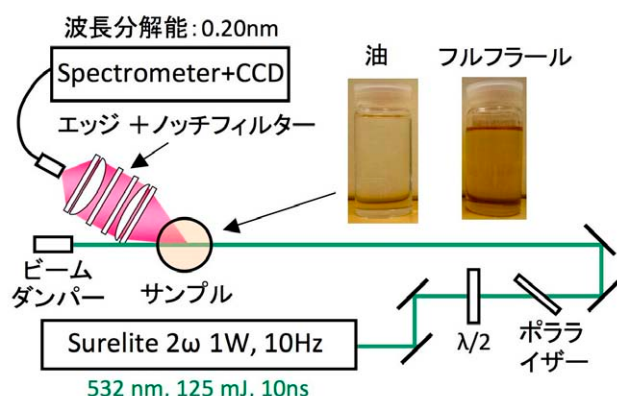
次ページへつづく▶

図1に実験配置図を示す。波長532 nm、パルス幅10 ns、繰り返し10 Hz、パルスエネルギー 125 mJのパルスレーザーを油、フルフラールに照射し、ラマン信号を後方25° の位置から観測した。フルフラールは油のように元々は無色透明の液体であるが、空気に触れると図1に示すように赤茶色に変色する。レイリー光の除去には532 nmのノッチフィルターとエッジフィルターを用いた。測定には波長分解能0.20 nmの分光器を用いて、液体窒素冷却CCDカメラで測定している。

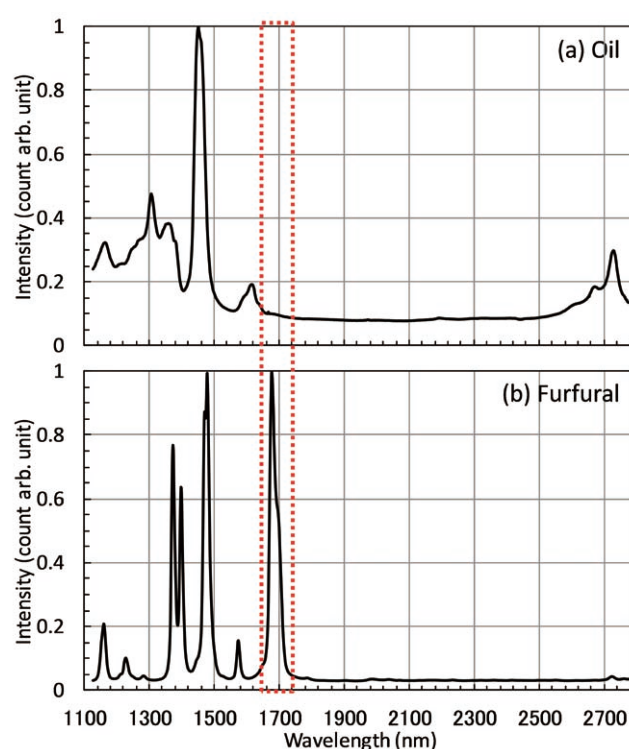
図2に油、フルフラールからのラマン信号を示す。CCDカメラの露光時間は90 msであり、スペクトルは100ショットの積算信号の5回平均を取ったものである。横軸は $1/\lambda_0 - 1/\lambda$  ( $\lambda_0$ : 入射レーザー波長) で表されるラマンシフト ( $\Delta \text{cm}^{-1}$ ) である。赤点線で囲った $\sim 1700 \text{ cm}^{-1}$ に、油には見られないフルフラール特有のラマン信号が存在することがわかる。したがって、このラマン信号を用いて油に溶存しているフルフラールを検出することが可能となる。

次に油にフルフラールを104, 251, 415, 900, 1106 ppm溶かした試料のラマンスペクトルを表紙図に示す。3000ショットの積算信号の5回平均のスペクトルである。油に溶存した状態でも $\sim 1707 \text{ cm}^{-1}$ に見られるフルフラールのラマン信号が見られ、 $\sim 1612 \text{ cm}^{-1}$ のような油由来の信号と区別して検出することがわかる。図1(b)に比べて $\sim 1700 \text{ cm}^{-1}$ のスペクトル形状が異なるが、これはフルフラールと油との相互作用の結果である。

油溶存フルフラールの定量評価には、 $\sim 1612 \text{ cm}^{-1}$ に見られた油由来のラマン信号と $\sim 1707 \text{ cm}^{-1}$ の油溶存フルフラールのラマン信号の比で評価した。図3にフルフラール濃度とラマン信号強度比の関係を示す。ラマン信号強度比は原点を通る直線でフィットでき、その傾きとスペクトルの3 $\sigma$  (標準偏差 $\sigma$ の3倍) から検出限



【図1】レーザラマン分光実験配置図

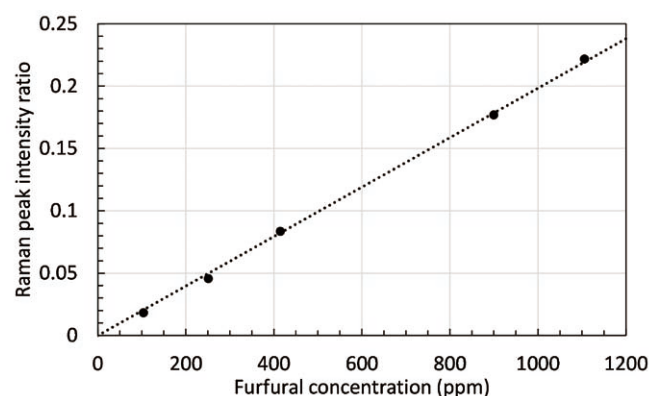


【図2】(a)油、(b)フルフラールのラマンスペクトル

界を評価すると14.4ppmであることがわかった。

### ◆今後の展開

波長532 nmのパルスレーザーを用いて油溶存フルフラールからのラマン信号の検出に成功した。本手法を利用すれば、複雑な前処理の必要なく、複数の油中ガスや劣化生成物であるフルフラールの濃度を指標として、その場で変圧器の異常を診断することが可能となる。現状の計測システムにおけるフルフラールの検出限界は14.4ppmであり、油中のフルフラールの危険レベルとされる15ppmの検出は可能であるが、今後はさらに測定システムの検出感度を向上が必要である。その場での実機絶縁油測定に向けた研究を続ける予定である。



【図3】ラマン信号強度比とフルフラール濃度の関係

# PHOTOPTICS2014国際会議報告

レーザープロセス研究チーム 染川智弘

## ◆PHOTOPTICS2014がリスボンで開催

1月7日から9日の3日間、リスボン(ポルトガル)のサナリスボアホテルで、第2回フォトニクス、オプティクス、レーザー技術に関する国際会議(2<sup>nd</sup> International Conference on Photonics, Optics and Laser Technology, PHOTOPTICS2014)が開催された。

リスボンは国際空港から市街地までが7 km程度と近く、地下鉄も最近開通したということでアクセスがよい。リスボンの街並みは非常に綺麗である。ヨーロッパならではの石畳の道が続くが、一方でなぜか坂がとても多かった。聞けばリスボンは過去にたびたび地震や津波の災害を受けたそうで、その影響から教会や城と

山中千代衛



## リーダーの価値

久しぶりに政界では安倍総理が自分の考えを鮮明に打ち出して、靖国神社に参拝を果たし、日本国の建直しに取りかかっている。アベノミクスの効果

も少しは出てきたようである。世間にはこのリーダーシップのとり方に早くも独断的だとか右傾しているとか、いろいろの批判がうずまいている。

政界、財界、学界いかなる社会においても烏合の衆ばかりではこの国際社会を乗り切っては行けない。マスコミの力の影響が、世間では議論百出、混沌、昏迷の末何事も決まらず、何事もすすまず、うやむやで事態が動いてゆくのを民主主義社会の常態だとする思い込みがあるようだ。

わが国において戦後歴代の総理大臣は2、3の例外を除けば、進んで決断せず、先送り、様子見のまま、自然と時が解決するというリーダーとして全く不適格な姿勢の人が多かった。

まわりもそれをよしとし、民主主義の形として所謂中空の権力構造がすみよいと考える風潮が強かったのだ。したがって若干でも指導力を発揮しようと首相が励むとマスコミが嫌みを言う妙な社会である。

世界各国を見ても国が苦境から立直り、挽回の一步を踏み出す時には必ずリーダーが存在している。戦後は吉田 茂がそうであったし、田中角栄然り、古くは伊藤博文などが挙げられる。

かく見るとリーダーの本質は何かと言うと、第一は今成し遂げねばならぬと言うテーマに強い意欲の持ち主であることだ。これなくして人の上に立つことは許されない。

第二は人を動かす力である。共感力とでも言うべきか。目標を共有して協力する人々を増やす能力である。世間では表向き賛同していて、裏で足を引っ張る輩が多数いる。これが人間社会なのだ。

さらに求められるのが統率力である。強い使命感と人を動かす共感力と併せ大切なのが、リーダーシップの本質 統率力だ。この人の下で一働きしようと思わせるだけの魅力が必要となる。

最後に一番大切なのが正しい意思決定が下せる力量である。これには自らの思考論理の明白な展開が必須となる。また時代の流れの適確な理解と判断が求められ、さらに他人の意見を余さず汲み上げる度量が大切である。

信を得てリーダーたるもの、全身全霊を捧げて公のために働き、毀誉褒貶は物ともせず、あとは歴史の審判に委ねる覚悟が求められる。

いかに民主、平等、自由の社会と言えどもリーダーの存在はきわめて大切であり、その価値はまことに大きい。

【名誉所長】

いった主要な建築物は高台に建てられるようになったため、ということである。

PHOTOPTICSはINSTICC(Institute for Systems and Technology of Information, Control and Communication)が主催であり、今回で2回目の開催という始まったばかりの会議である。INSTICCは情報処理やコミュニケーション技術といった情報技術関連の学会であるが、最近ではこれらの学術分野に派生する形で、本会議のような光技術等、他分野の会議も積極的に主催するようになってきている。同じホテルでは他にセンサーネット(ワイヤレスネットワーク)、生理学的コンピューティング、パーベイシヴ(ユビキタス)コンピューティングに関する3つの国際会議(SENSORNET2014、PhyCS2014、PECCS2014)が同時に開催されており、参加者は他の会議の聴講も可能であった。本会議には82本の論文が31か国から投稿され、口頭発表が22件(9件がFull paper、13件がShort paper)、ポスター発表が13件アクセプトされている。アクセプト率が42%と低いのが特徴である。論文の査読では所属、リファレンス等を伏せたブラインド形式で行われ、査読者が3~6人等複数付いており、学会の質を保とうとしていることがうかがえた。

#### ◆幅広い研究内容の聴講が可能

会議ではまず、光顕微鏡、通信、半導体材料、半導体レーザーに関する1時間のキーノートレクチャーがあり、その後口頭発表が行われた。口頭発表はFull paperが30分、Short paperが20分であった。学会のカバーする研究範囲が広いために、レーザー素子開発から、レーザー計測、加工、宇宙物理まで幅広い研究内容を聴講できた。著者は、レーザー計測のカテゴリーにおいて油中成分分析による変圧器の異常検知手法を紹介した。【写真】筆者の発表時の様子



従来法では、油から対象物質を取り出すために脱ガス等の前処理が必要であったが、レーザーラマン分光法を用いれば、レーザーを油に照射するだけで溶存物質の検出が可能となる(詳細は今号の巻頭記事を参照していただきたい)。発表時には、ブラジル、オランダの研究者から油の色で異常は診断できないのか、検出感度を向上させるにはどうしたらいいのか、等の質問を受けた。

Best Paper Awardには、中国・上海の研究グループのZ. Li氏による10 PW(30fs, 300 J) Ti: Sapphireレーザー用の回折格子の発表が選ばれていた。この回折格子は中国のレーザー核融合研究に使用することを目的としている。大型の回折格子は高価であるため、回折格子の半分をミラーにし、90° 折り返して回折格子とミラーを配置するデザインにすることで、大型の回折格子と同じ性能のものがより安価に作製できる、とのことであった。

次回は2015年3月13~15日、PHOTOPTICS2015としてドイツ・ベルリンにて開催される予定である。

### 主な学会等報告予定

3月27日(木)~30日(日) 日本物理学会第69回年次大会(東海大学湘南キャンパス)

砂原 淳 「レーザー駆動高カレントによる高強度磁場生成時のコイルの輻射流体力学的特性と磁場強度」

古河 裕之 「レーザー核融合炉チェンバー第一壁の液体金属のアブレーションに関する2次元シミュレーション」

中村 龍史 「レーザー生成プラズマからのEUV光発生に関するシミュレーション研究」

3月27日(木)~30日(日) 日本化学会第94春季年会(名古屋大学東山キャンパス)

谷口 誠治 「液中レーザーアブレーション法による金属還元ナノ粒子の作成と水素生産への応用」