

ボルドー第1大学・分子物理ヘルツ波光学センター 分子フォトダイナミックス研究室

2003年2月1日より2か月間、文部科学省短期在外研究員（海外研究開発動向調査）として、仏国ボルドー第1大学の分子物理・ヘルツ波光学センター（CPMOH）の分子フォトダイナミックス研究室に滞在しました。ボルドー第1大学は、ボルドー中心地からバスで約30分の場所に位置し、欧洲でも屈指のキャンパスの広さを誇っています。1979年に創設されたCPMOHは、ボルドー第1大学と国立科学研究中心（CNRS）の共同研究機関で、大学所属研究者（約40名）、CNRS所属研究者（約15名）、テクニカルスタッフ（約20名）、Ph.D（25名）の総勢約100名から構成されています。フランスにはこのような形態の研究機関が多く存在するようで、ボルドー第1大学にある45研究所の三分の二がCNRS共同研究機関です。CNRS所属研究者は講義が免除されており、研究活動に専念しやすい環境が与えられています。CPMOHでは、レーザー開発、非線形光学、線形・非線形分光から、最近ではナノサイエンス、バイオロジー、理論物理までの研究範囲をカバーしており、レーザー研究に関してはヨーロッパ有数の研究機関です。筆者がお世話になった分子フォトダイナミックス研究室はEmmanuel Abraham博士、Gediminas Jonusauskas博士、Jean Oberle博士、Ph.D2名、学生1名のスタッフから構成されており、励起状態における有機分子の光物理特性や非線形光学特性に関する研究を展開しています。また最近では、增幅フェムト秒クロム・フォルステライトレーザーの開発やこれを用いた生体イメージングの研究も行っています。

今回の滞在では、「超短パルスレーザーを用いた生体光計測に関する研究開発動向の調査」という研究目的で、光コヒーレンストモグラフィー（OCT）に関する研究開発動向を中心に調査を行いました。基本的に点計測であるOCTでは計測の実時間性に制限があり、これを解消するために高速走査機構の開発や二次元イメージングデバイスの利用等のさまざまな工夫がなされています。分子フォトダイナミックス研究室では增幅フェムト秒パルスレーザー光を用いたシングルショット型OCTの開発を行っています。その特徴は、従来OCTにおいて時間軸上に展開していた奥行き方向の空間情報を、非線形光学効果によるシン

グルショット自己相関計の原理に基づいた時間-空間変換を用いて空間一次元に展開して、二次元イメージングデバイスで検出することにより時間軸の走査を省略していることです。同時に、二次元イメージングデバイスの残りの一次元をサンプルの空間一次元イメージングに用いることにより、走査機構なしのシングルショットでの二次元断層イメージングを実現しています。幸運にも渡仏直前に最新鋭の極超短パルスレーザー増幅器が分子フォトダイナミックス研究室に納入され、恵まれた実験環境での調査研究が行えました。このシステムは現時点でフランスに1台（日本国内でも2台）しかない最新鋭の極超短チタン・サファイアレーザー増幅器（パルス幅30 fs, 繰返周波数1 kHz, エネルギー0.8 mJ）で、まさしく現在市販されているレーザーの中では極限の超短パルス光です。このような極超短パルス光をOCTに用いることにより、断層イメージの奥行き方向の空間分解能の向上と効率的な非線形光学効果の誘起が可能となります。このシステムでは、皮膚構造の二次元断層イメージを、横空間分解能35 μm、奥行き空間分解能15 μmのビデオレート動画としてモニター可能です。個人的な感想としては、超高速光技術の分野では汎用的に利用される非線形シングルショット自己相関計の時間-空間変換機能を、超短パルス光による時間ゲートイメージングと複合化することにより、OCTの計測高度化を実現している点が興味深く思いました。また、日常的に病院で目にする超音波エコーによる断層イメージと同じような感覚で、本手法による自分の皮膚構造モニタリングをリアルタイムで実際に行ってみると、その有用性・実用性を改めて実感しました。

さてここからは余談になりますが、ボルドーはパリからTGV（フランスの新幹線）で約3時間、温暖な大西洋岸に位置し、滞在中の3月中旬には日中20°Cを超える日が続きました（今年は特に温暖らしいですが）。パリの観光地やブランドショップに行くとあまりの日本人の多さにここは本当に異国なのかと思わず感じてしまう人が少なくないと思いますが、ボルドーまで来るとそうそう日本人を見かけることはなく、異国の雰囲気を満喫できます。人口22万人の街に第1大学から第4大学まであるボルドーは学生



図1 エマニュエル博士の自宅でのホームパーティー。フランスのホームパーティーでは、アペリティフ（食前酒）とおつまみから始まり、メイン＆ワイン、チーズ、デザート、コーヒーと2時間以上もかけて、飲んで、食べて、語り合い、楽しい時間を共有します。

の街でもあり、週末夜のパブは若者たちでごった返し非常に活気に溢れています。また、サッカー欧州選手権やラグビー欧州6か国対抗戦のフランス戦がある日は、昼間からパブは生ビールを手にした人たちで溢れ、老若男女を問わず自国の応援に盛り上がっています。

ボルドーといえばやはりワインです。その土地柄を反映して、ボルドー第2大学にはワイン醸造研究所や醸造学部があるくらいです。ちなみに今回お世話になりました分子フォトダイナミックス研究室でも以前に、ワインの光物理特性をピコ秒ストリークカメラによる蛍光測定で評価しようと試みたことがあるそうです。もしビンテージの高級ワインから顕著な特性が得られればさらに研究が発展する可能性があつたらしいのですが、結局、良好な結果は得られなかつたそうです（同時に、実験で余った高級ワインをテイスティングする夢も叶わなかつたということです）。スーパーに行くと、商品棚に100銘柄は超えようかという多種多様なワインが所狭しと並べられており（ビールよりも圧倒的に多い！），ボルドー人は本当にこれらの中から自分の好みのワインをチョイスしているのかと感心してしまうくらいです。ワインショップでお薦めのワインを尋ねますと、ありとあらゆる形容の言葉を使って、ボルドーワインの素晴らしさを教えてくれます。滞在中には、サンテミリオンのワインシャトー巡りに行く機会もありました。ボルドー市街から車で1時間も行くとブドウ畠が目の前に広がり始め、ワインシャトーがポツポツと見え始めてきます。ワインシャトー巡りでは、シャトー内を見学後、シャトーのワインをテイスティングし、気に入れば直接購入も可能です。サンテミリオンはボルドーワインの代表的産地として有名ですが、地元の人たちが言うには、サンテミリオンは少ない生産量と高い人気の相乗効果で比較的高価な



図2 サンテミリオンのブドウ畠。見渡す限りのブドウ畠が広がっています。ブドウの木に2本の枝しかないのは、栄養のバランスや日照具合を考慮し、1本の木あたり2房（各枝に1房）のブドウしか作らないためだそうです。秋の収穫前には、これらのブドウ畠が、赤いじゅうたんになるそうです。

ため（もちろんいいワインではありますが）、質と値段のバランスの取れた他産地のワインを地元の人は好むそうです。ボルドーワインの代表的産地としてのイメージが先行しているサンテミリオンですが、一面のブドウ畠に囲まれた小高い丘に中世の風情を色濃く残した町並みは世界遺産にも指定されており、一年を通して観光客の足音が途絶えることはないそうです。

さて美味しいワインには美味しい食材をというのが人の常ですが、赤ワインのおつまみには個人的にはソシソソがお薦めです。外見は日本でいうサラミとよく似ていますが、似て非なる物で、その味わいは比べ物になりません。それ以外では、オイスターがお薦めです。大西洋で採れたてのオイスターを漁師がカフェ前などで販売しており、殻を開けた生のオイスターにレモンを搾って食べるだけのシンプルな料理なのですが絶品です。その新鮮さのためか、ボルドーでオイスターにあたることはまずないそうです。滞在中、毎週土曜日のランチはカフェにおいてオイスターをキリリと冷えた白ワインで楽しむのが、わが家の定番になっていました。その他、エスプレッソ、バケット、チーズ、ダック、カヌレ、ショコレート、シシケパブ等々、美味しい食材は枚挙にいとまがありませんが、ボルドーに行く機会があれば、ぜひ、お試しください。

余談が少し長くなってしまいましたが、最後にこのような素晴らしい研究機会を与えていただいた、ボルドー第1大学CPMOH 分子フォトダイナミックス研究室および大阪大学基礎工学研究科荒木研究室の皆様に謝意を示します。

この記事に関するお問い合わせは kato@optsun.riken.go.jp もしくは ura@dj.kit.ac.jp までお寄せください。

（大阪大学 安井武史）