

# 空気中に形成される「後方伝搬レーザー」

ガス漏れ、爆発、有害化学物質などの遠隔検出をこれまで以上に容易にするにはどうしたら良いのだろうか？ 測定する遠方の空気中に何とかしてレーザーを形成することが一つの方法になり得る。形成されるレーザーの発光には必要な化学情報が含まれる。このことを米プリンストン大学と米テキサスA&M大学の研究チームが実証した<sup>(1)</sup>。

彼らの「後方伝搬レーザー」はシンプルな発想、つまり化学反応の同時発生に基づいている。空気中の分子酸素を二つの原子状酸素に分離するために必要となる光の周波数はこれらの原子の原子遷移と非常に接近している。226nmの波長を放射するレーザービームを一般的な空気のどこかに集光すると、二つの異なる二光子吸収の機構を通して、二つのプロセスが起こり、空気中の酸素は845nm光のエミッターに変わる。

このことは30年ほど前の火災の分光研究によって知られていたが、原子状酸素はこのようなプロセスを引き起こす多数の化学種の一つでしかない。数年前、プリンストン大学のアーサー・ドガリウ氏は、このプロセスを研究したときに、興味深い結果になることを発見した。ドガリウ氏は「われわれは火災を研究していたときに、原子状酸素を励起する同じレーザーが原子状酸素を生成することを発見し、火災を取除いても、信号が発生することを観測した」と語っている。

最近、彼のチームは、このアプローチに基づいて、845nmコヒーレント光を空気に照射すると、その焦点が原子状酸素レーザーになり、レーザー光が励起レーザーの伝搬方向ばかりでなく、後方

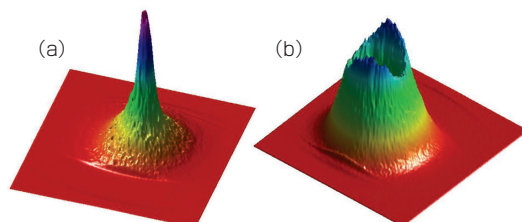


図1 空気中で形成されたレーザーからの「後方伝搬レーザー」ビームは、よく知られたガウス形(a)とドーナツ形(b)のビームプロファイルを示している。(資料提供:プリンストン大学)

にも伝搬することを見出した。この後方伝搬は決定的な意味をもっている。

## 励起ビームを生成するレーザー

このチームはチタン(Ti):サファイアとネオジウム(Nd):YAGのレーザービームを混合し、出力を2倍にして、可変同調励起パルスを発生させ、226nmの波長をもつ100psパルスがパルス当たり100μJのエネルギーで得られるようにした。ドガリウ氏によると、この実験はレーザー以外の装置をほとんど必要としない。彼は「レーザーを駆動してビームを集光すればよい。これは簡単で素晴らしい方法だ」と語っている。

残された問題は、最大約1mの距離で検出された845nm光が、蛍光ではなくレーザー光であることを実証することだった。彼らはその後方伝搬ビームを詳しく調べた。まず、845nmパルスの持続時間が酸素の蛍光寿命と比べて数桁も短い300ps以下であることを見出した。さらに、励起ビームと反対方向の後方伝搬光は強度が非常に強く、例えば、誘起されたレーザービームの側面方向の8000倍にもなり、よく知られたレーザービームプロファイルをもつことを明らかにした(図1)。

この光が離れた距離でもレーザーであることは驚くべきことだが、ドガリウ氏は遠隔検出の難しい作業への応用を

考えている。この応用はターゲットから散乱して検出器に戻る光子数が非常に少ないため、検出感度が問題になる。

ドガリウ氏は「われわれは離れた場所でも動作する空気レーザーを考えている。この発想ではターゲットからの戻り光を待つのではなく、ターゲットを光源にして、その情報をわれわれの手許に送る」と語っている。

この発想は、与えられた分子の845nm光の吸収を測定するのではなく、ターゲット分子自体にどのようなレーザー発振プロセスがあるのかを研究するものである。最近、この研究チームはさまざまなターゲット分子を対象にして、それらの発光特性がどのように変化するのかを研究室で調べている。

ドガリウ氏は「われわれは「痕跡検出」への応用を期待しているが、そのためには非常に少量の分子を観測可能にしなければならない。ガス漏れの可能性のある、メタンやプロパンなど異なるガスの観測を試み、ガスによる吸収と発光の変化を調べようとしている」と語っている。

この方法が高精密遠隔センシングへの応用に役立つかどうかは今後の課題だが、誘起された後方伝搬レーザーが発見されたという事実は、長い間示唆されてきた。ドガリウ氏は「われわれはこれを数年前に得ていたが、そのときは気付かなかった。同一のレーザーを使用していたのだから気付くべきだったが、そのときは後方に注目しなかった」と語っている。(Jason Palmer)

## 参考文献

- (1) Dogariu et al, Science, 331, 442 (2011); doi: 10.1126/science.1199492.