

3 種アルカン混合液への高強度レーザー光照射による分子変換

Molecular transformation by highly intense laser irradiation of the mixture of three kinds of alkanes

東北大多元研 石川 和香子, °佐藤 俊一

IMRAM, Tohoku Univ., Wakako Ishikawa, °Shunichi Sato

E-mail: sato@tohoku.ac.jp

超短パルスレーザー光によって高強度レーザー場が生成される。この場に置かれた孤立分子は、強い電場によるトンネルイオン化などによって、瞬時に多価のイオンとなり、クーロン爆発によって多種のフラグメントやイオンなどに断片化することが知られている。液体に高強度レーザーを照射する場合は、気体に比べて分子密度が格段に高いため、フラグメントやイオン、さらには分子の間の化学反応が高い確率で生じると考えられる。これまでに、液体のアルカンにフェムト秒レーザー光を集光しながら照射することにより、ポリイン (C_6H_2 , C_8H_2 , $C_{10}H_2$, $C_{12}H_2$) の生成やメチル基で終端されたポリイン ($HC_{14}CH_3$) の生成が報告されている[1]。われわれは、いくつかのアルカン分子 (炭素数: n) への高強度レーザー照射を行い、炭素数が最大 $2n$ までの多種のアルカン分子の生成と多くの構造異性体の確認や[2,3]、異なるアルカンの混合液での構造異性体の生成[4]について報告した。今回は、構造異性体の生成メカニズムに関する考察の妥当性を確認することを目的に、3 種類の異なるアルカン混合液へ高強度レーザー光を照射し、生成する構造異性体の同定とこれまでの結果との比較検討を行った。

実験では、波長 800nm、パルス幅 100fs のレーザーパルスを、ガラスセル中の試料に集光し、液中の生成物を GC-MS (ガスクロマトグラフ質量分析装置) によって分析した。試料として、ペンタン (C_5H_{12}) とヘキサン (C_6H_{14})、ヘプタン (C_7H_{16}) の混合液およびペンタン (C_5H_{12}) とヘプタン (C_7H_{16})、ノナン (C_9H_{20}) の混合液を用いた。高強度レーザー光を照射したこれらの混合液のクロマトグラムには、多数のピークが確認された。それぞれのピークの質量スペクトルを解析し、分子の同定を行った。ペンタン (C_5H_{12}) とヘキサン (C_6H_{14})、ヘプタン (C_7H_{16}) の混合液の場合、それぞれの分子の炭素数が 2 倍であるデカン ($C_{10}H_{22}$) とドデカン ($C_{12}H_{26}$)、テトラデカン ($C_{14}H_{30}$) とそれらの構造異性体に加え、炭素数がふたつの分子の和に対応するウンデカン ($C_{11}H_{24}$) とドデカン ($C_{12}H_{26}$)、トリデカン ($C_{13}H_{28}$) とそれらの構造異性体が確認された。結果として、炭素数が 10 から 14 までの 5 種のアルカンとその構造異性体 (55 種類) が確認された。同定された構造異性体は、レーザー照射したアルカンのいずれかの炭素同士の結合を仮定して予測されるものの種類と数とが完全に一致した。ペンタン (C_5H_{12}) とヘプタン (C_7H_{16})、ノナン (C_9H_{20}) の混合液についても同様の結果が得られ、5 種のアルカンと 78 種類の構造異性体が確認された。このことから、高強度レーザーによる分子変換プロセスでは、炭素-水素結合の解裂と水素の離脱、新たな炭素-炭素結合の形成を伴った縮合反応が生じていることが強く示唆された。ここで観測された現象は、高強度レーザーに伴う新しい反応プロセスであると期待される。

参考文献:

- [1] A. Ramadhan et al., Carbon, **118** (2017) 680.
- [2] 石川、佐藤、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 19a-PA4-9, (2018).
- [3] 石川、佐藤、第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 9p-PB2-8, (2019).
- [4] 石川、佐藤、第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-PA2-9, (2019).