



光エネルギーと医療

静岡大学 平川和貴

はじめに、人工光合成の素人が本稿を書いていることにご容赦願ひ、この機会を頂いたことに感謝申し上げたい。筆者は、学生時代に人工光合成の研究に入門したが、その後、光化学と医療に関するテーマに替り、20年以上経過した。人工光合成や光エネルギー変換への興味は消えず、関連する文献を眺めつつ、光合成に関係があると称し、電子移動やエネルギー移動の論文を数年に1報程度書いている。しかし、もはや素人である。また、趣味の畑（農業というレベルには達していない）では、作物の成長に光合成の偉大さを感じている。例えば、サツマイモの小さなつるを植えるとおよそ5か月後には大きなサツマイモがいくつも収穫できる。その間、水を撒いているだけである。まさに太陽の恵みである。

この記事を書いている現在、人気漫画「鬼滅の刃」の劇場版が公開中で、映画史上に残る記録を更新している。「鬼滅の刃」に登場する「鬼」は太陽の光に弱い。これは創作であるが、現実世界でも、現在猛威を振るっている新型コロナウイルスもまた太陽の光で不活化される。そのメカニズムは、ウイルスのRNAが紫外線（主にUVC）によって損傷を受けることで説明される。晴れた日の昼間であれば、およそ11~34分でウイルスの90%は不活化される[1]。この照射時間を遅いとみるか十分とみるかには考え方がわかる。有効な波長の紫外線はオゾン層で吸収され、さらに核酸塩基の励起状態は極めて速く緩和するため、十分な効果にはそれなりの暴露時間が必要といえる。いずれにしても晴れた日であれば外に「干す」ことによって光エネルギーによる「消毒」ができる。短波長紫外線を照射可能なLEDも開発されており、人工的な紫外線照射による消毒も可能である。

光エネルギー変換ではないが、筆者らの最近の研究を少し紹介させて頂く。人工光

合成は、光エネルギーを利用したものづくりの研究といえるが、筆者らは、光エネルギーで破壊する研究をしている。良く言えば、光エネルギーの医療応用である。筆者が基礎研究を続けている光を使ったがん治療は、光線力学的療法として以前から実用化されている。ポルフィリン等の光増感剤が吸収した光エネルギーをデクスター機構で酸素に移動して一重項酸素を作り、がん細胞内の生体分子を酸化損傷（破壊）する。しかし、がん細胞内は、酸素濃度が低いために治療効果が限定されている。そこで、筆者らは、酸素に直接依存せず、電子移動で生体分子を酸化する方法を研究している。この研究でも「ポルフィリン」、「エネルギー移動」、「電子移動」というキーワードが登場し、人工光合成の研究に共通していると思う。治療目的では、人体無害で透過性が高い長波長可視光(>630 nm)が必要であるが、低い励起エネルギーでは、電子移動酸化には不利である。ところが、酸化還元電位が低いP(V)ポルフィリンは、光励起状態での酸化力が強く、置換基を選ぶと励起波長>660 nmでもタンパク質を酸化できるようになった[2]。さらに、培養細胞レベルでは、がん細胞を選択的に破壊でき、担がんマウスでも効果が証明された。最近では、積極的にがん細胞だけを破壊するための活性制御を目指している。特にがん細胞内のわずかに高い酸性度を利用するため、pHによる活性制御を研究している[3]。

人工光合成は、人類を救う研究である。光化学の医療応用もまた社会に貢献している。いずれも光エネルギーを利用する共通点がある。今後は、光エネルギーと医療の研究へ「全集中」したい。

[1] J.-L. Sagripanti, C.D. Lytle, *Photochem. Photobiol.* **2020**, *96*, 731.

[2] K. Hirakawa, D. Ouyang, Y. Ibuki, S. Hirohara, S. Okazaki, E. Kono, N. Kanayama, J. Nakazaki, H. Segawa, *Chem. Res. Toxicol.* **2018**, *31*, 371.

[3] a) K. Hirakawa, Y. Onishi, D. Ouyang, H. Horiuchi, S. Okazaki, *Chem. Phys. Lett.* **2020**, *746*, 137315. b) K. Hirakawa, S. Takai, H. Horiuchi, S. Okazaki, *ACS Omega*, **2020**, *42*, 27702.