

Singlet Oxygen Generation Using Thiolated Gold Nanoclusters under Photo- and Ultrasonic Excitation: Size and Ligand Effect

Junichi Yagi, Atsuya Ikeda, Liu-Chun Wang, Chen-Sheng Yeh,* and Hideya Kawasaki*

J. Phys. Chem. C **2022**, *126*, 19693-19704

報告人：劉晏泠，報告日期：2023/5/11

許多年來光常被用做於非侵入性的治療工具，光動力療法(Photodynamic therapy, PDT)為當中熟為人知的方法之一，利用分子氧、光敏劑與光產生活性氧，引起細胞毒性，廣泛用於治療人類癌症¹，但其也存在著一些局限性，因此後來衍生發展出與其類似的聲動力療法(Sonodynamic therapy, SDT)，可解決光動力療法所遇到的困境。在發展聲動力療法的過程中發現液體的超聲波輻射(Ultrasonic radiation) 可以誘導半導體奈米粒子的催化活性(聲催化/聲敏化)，然而由於聲穴效應(Acoustic cavitation)的複雜性涉及聲催化/聲敏化的過程，目前科學家尚未發展出一個較合適的奈米粒子。

因此在本研究中，作者研究了硫醇基金納米糰簇(Au NCs)在經由超聲波或光激發後生成單重態氧($^1\text{O}_2$)² 在尺寸與配體的依賴性以及生成 $^1\text{O}_2$ 的光敏和聲敏能力，也說明了基於 Au NCs 的光敏化(Photosensitization)和聲敏化(Sonosensitization)之間的差異，以及 Au NCs 使用聲/光激發後， $^1\text{O}_2$ 生成和淬滅(Quench)反應的競爭將會決定 $^1\text{O}_2$ 淨產量。經由實驗結果，作者得知基於 Au NCs 的聲敏化和光敏化，配體對 $^1\text{O}_2$ 生成效率的影響順序為 4-mercaptobenzoic > captopril > glutathione。尺寸對 $^1\text{O}_2$ 生成效率在聲敏化的影響順序為 $\text{Au}_{144} \gg \text{Au}_{25} >$ 金奈米粒子，光敏化的情況則相反： $\text{Au}_{25} \gg \text{Au}_{144}$ ~金奈米粒子。通過超聲波激發 Au_{144} NCs 生成 $^1\text{O}_2$ 與高能超聲波空穴(High-energy ultrasonic cavitation)相關，並且生成效率取決於超聲波的功率和頻率³，再次由實驗結果得知，以高能超聲波空穴作為媒介的 Au_{144} NCs 聲敏劑可有效用於 $^1\text{O}_2$ 的生成，且可用於各種化學和生物醫學應用。作者們也嘗試在活細胞上做試驗，發現在存在 Au_{144} NCs 時，並經

由超聲波激發而產生 $^1\text{O}_2$ 後，細胞存活率下降。

在未來研究中可以探索 Au_{144} NCs 在聲動力療法中應用的條件優化，並有望於未來應用於生物醫學治療、有機合成或環境污染當中。

參考資料：

- [1] Lin, L.; Song, X.; Dong, X.; Li, B. Nano-Photosensitizers for Enhanced Photodynamic Therapy. *Photodiagn. Photodyn. Ther.* **2021**, 36, No. 102597.
- [2] Kawamura, K.; Hikosou, D.; Inui, A.; Yamamoto, K.; Yagi, J.; Saita, S.; Kawasaki, H. Ultrasonic Activation of Water-Soluble $\text{Au}_{25}(\text{SR})_{18}$ Nanoclusters for Singlet Oxygen Production. *J. Phys. Chem. C* **2019**, 123, 26644–26652.
- [3] Yusof, N. S. M.; Anandan, S.; Sivashanmugam, P.; Flores, E. M. M.; Ashokkumar, M. A Correlation between Cavitation Bubble Temperature, Sonoluminescence and Interfacial Chemistry - A Minireview. *Ultrasonics Sonochemistry* **2022**, 85, No. 105988.