

FEL 光刺激によるアメリカザリガニ複眼の反応

宍倉文夫¹, 全炳俊², 早川建¹, 小松崎良将³, 早川恭史¹, 野上杏子¹, 境武志¹, 住友洋介¹, 高橋由美子¹, 田中俊成¹, 紀井俊輝², 大垣英明²

¹ 日本大学 量子科学研究所

² 京都大学 エネルギー理工学研究所

³ 日本大学 理工学部 物理学教室

1. はじめに

赤外自由電子レーザー (Infrared-Free Electron Laser: IR-FEL) は、さまざまな研究分野で光源として利用されている。日本大学量子科学研究所電子線利用研究施設 (Laboratory for Electron Beam Research and Application: LEBRA, 波長範囲: 0.4~6 μm) と京都大学エネルギー理工学研究所の FEL 施設 (KU-FEL, 波長範囲: 3.4~26 μm) を相互利用することにより可視から中赤外線領域の波長を網羅する生命・医科学分野の光照射実験が可能になっている。

私たちは IR-FEL が生物の視覚器官にどのような影響を齎すか、アメリカザリガニの複眼を標的材料に照射実験を実施している。ザリガニの複眼は中赤外線に反応¹⁻³し、その反応は「速い反応」と「遅い反応」からなることを明らかにした¹⁻³。ここでは「速い反応」と「遅い反応」についての知見を報告したい。

2. 材料と方法

アメリカザリガニ (crayfish, *Procambarus clarkii*: 成体) は、灌漑用溜池で採集して、LEBRA の動物飼育室 (12h/12h: 明条件/暗条件) で頭胸甲が浸る程度水道水を入れた容器に入れ、週 1 回食餌 (キャットフード) させた。照射実験の時、ザリガニを固定容器に移し、Faraday 箱内で、cotton-wick 電極を複眼に接触させ、FEL-Mid-IR を複眼垂直方向から照射した。FEL 強度は、偏光素子を光路に挿入して 2 mJ/pulse を上限に調整し、複眼角膜の位置にエネルギーメータを置き測定した。FELに含まれる高調波は各種フィルターを組合せて排除した。照射に応じて発火する電気シグナルを DAM-80 (1000 倍) で増幅したのち、測定装置 PowerLab2/26 及び Tektronix oscilloscope により、網膜電図 (Electroretinograms: ERGs) を記録した。前者は PC に搭載した LabChart 7 Japanese (市販) を使用して解析した。後者は Excel に保存したデータの解析を自動化 (マクロ) した。

3. 結果と考察

3-1 ザリガニ複眼の ERGs: 速い反応と遅い反応

ザリガニ複眼を KU-Mid-IR で刺激すると、「速い反応」^{2,3}と「遅い反応」^{1,3}を蒐集できる。前者は 2 ms 以内に負極側へ発火 (単相) する。複数の波形からなる後者は 30 ms~200 ms 内に出現し、ヒト、ラット、カメなどに類似⁵している: *a-wave* (負極側), *b-wave* (正極側) と *i* (implicit time: *a-wave* ピークから *b-wave* ピークまでの時間) からなる。

3-2 速い反応の Spectral Sensitivity: λ_{max} の特定

どの波長に最も強く反応するか (λ_{max}): KU-Mid-IR (4~18 μm) の照射実験を実施して λ_{max} を調べた。 λ_{max} は 14 μm と特定された (未発表)。

3-3 遅い反応の特性

紫外から可視及び近・中赤外線領域の広範囲の光刺激にザリガニ複眼が反応することが明らかになった¹⁴。可視光線領域の λ_{max} については、波長 570 nm と報告されている⁴。そこで各種 LEDs を用いて既報⁴を追試した。精緻な実験が必要であるが、LEDs の照射実験の結果は既報⁴を支持している。一方、紫外線と可視光線領域の LEDs (375, 405~700 nm) 照射実験では、「速い反応」を確認できない (未発表)。従って、KU-FEL で発見した「速い反応」は中赤外線照射に特異的な反応なのか LEBRA-FEL-Vis と同 FEL-IR を使用して確認したい。因みに、FEL-Mid-IR に反応する「遅い反応」は共同研究施設 2 か所 (KU と LEBRA) でカバーできる波長 (4~6 μm) の照射実験を実施して相互に確認している¹⁻³。今後、紫外線と近・中赤外線に反応するメカニズムと生物学的意義を明らかにしたい。

参考文献

1. Shishikura F, et al., *J Nihon Univ Med Ass* **77** (2018):159.
2. FEL-HPR で発表: 第 22 回 KEK (2016 年度) 第 24 回 京都 (2018 年度) 第 25 回 SP-8 (2019 年度)
3. 宍倉文夫 他 10 名, *日本赤外線学会誌* **29** (2019):51.
4. Kennedy D, Bruno MS, *J Gen Physiol* **44** (1961): 1089.
5. Perlman I, *Webvision: The Organization of the Retina and Visual system [Internet]. The Electroretinogram: ERG* (2007).