

# 光催化反应中反应量子产率的确定 以及直接观察中间体反应 ~光反应评价装置 Lightway™ 的应用~

全球变暖和能源问题是实现可持续社会的重要课题。人工光合作用作为解决这些可能威胁人类生存的严重问题的一种方法引起了人们的关注。在人工光合作用的研究中，需要高效的光能转换反应，光反应量子产率<sup>\*1</sup>是作为定量判断该效率高低的指标之一。使用岛津制作所开发的光反应评价装置 Lightway，可以轻松地计算光反应量子产率所需样品的吸收光子数。

使用光反应评价装置 Lightway<sup>\*2</sup>，测定了利用 Ru-Re 超分子光催化剂的二氧化碳还原反应的量子产率并直接观察了中间体，本次将对此进行介绍。

T. Tamaki, K. Kawahara

\*1 光反应量子产率定义为生成分子数量 / 吸收光子数量。

\*2 光反应评价装置 Lightway 是在国立大学法人东京工业大学理学院化学系的石谷治教授和玉置悠祐助教的监督下，由岛津制作所株式会社开发的装置。

## ■ 光反应评价装置 Lightway

Lightway 的外观照片如图 1 所示，结构示意图如图 2 所示。Lightway 由两个正交的光学系统（光反应照射系统和吸收光谱检测光学系统）组成。

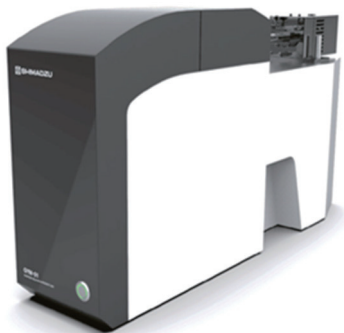


图 1 光反应评价装置 Lightway™ 外观照片  
(与 CELL SYSTEM 公司生产的 LED 光源 Iris-S 组合而成的系统外观)

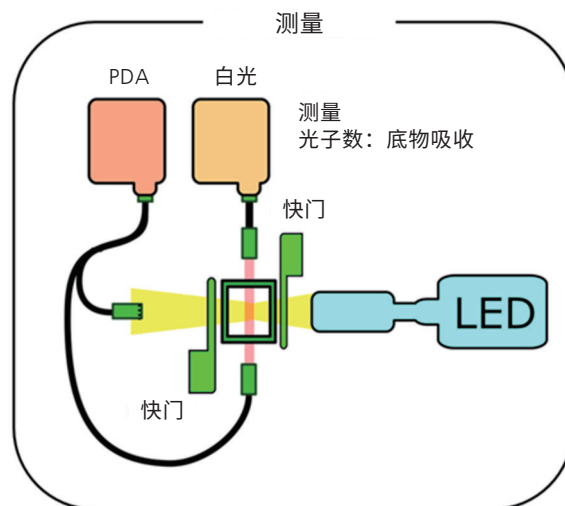


图 2 结构示意图

照射光光学系统采用 LED 光源，可确保长时间的稳定检测。照射强度（照射光子数）可以任意设定。此外，照射光源通过岛津制作所生产的分光光度计和按照 NIST 可追溯标准来管理绝对光量值的光量计进行校准，无需使用化学光量计等校准照射光量。

吸收光谱检测系统采用氙气闪光灯光源，使用光电二极管阵列 (PDA) 进行检测，可以按照最短 0.1 秒的间隔检测 250~800 nm 的波长范围。

另外，在样品池支架下方设置了搅拌器，可以搅拌正在进行光反应的样品。此外，也可以选择使用循环水调节样品的温度，可以在将样品溶液保持恒定温度的同时进行测定。

使用 Lightway，可以在用光照射样品的同时测定样品吸收光谱的变化。此外，根据照射光子数和吸收光谱，自动计算吸收光子数。

## ■ 利用 Ru-Re 超分子光催化剂的光催化反应

### 1. 确定 CO<sub>2</sub> 还原反应的光反应量子产率

测定了利用 Ru-Re 超分子光催化剂 (参照图 3) 的二氧化碳还原反应的光反应量子产率。测定条件如表 1 所示。同时测定了吸收光谱和吸收光子数。利用气相色谱仪定量测定了该光催化反应生成的一氧化碳。结果, 获得了图 4 所示的一氧化碳生成量 - 吸收光子数图。图 4 的斜率对应于光反应量子产率, 通过本次实验, 确定了光催化反应生成的一氧化碳的量子产率为  $\Phi_{CO} = 40\%$ 。

表 1 测定条件

测定间隔:	30 sec
测定时间:	10/20/30/40 min
照射波长:	470 nm
设定照射光子数:	$17 \times 10^{-9}$ einstein $\cdot$ s <sup>-1</sup>

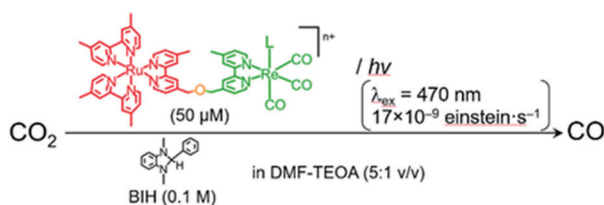


图 3 Ru-Re 超分子光催化剂

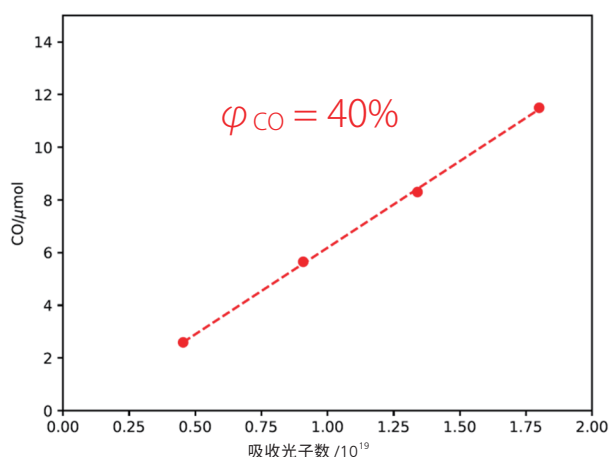


图 4 一氧化碳生成量 - 吸收光子数

### 2. 中间体的直接观察

尝试直接观察利用 Ru-Re 超分子光催化剂的二氧化碳光还原反应中的中间体反应。测定条件与表 1 相同。图 5 显示了光催化反应过程中测定的吸收光谱随时间的变化, 图 6 显示了测定开始时以吸收光谱为基点的差异谱。从图 5 和图 6 中, 在 550 nm 附近观察到新的吸收, 表明这是中间体的光谱。通过与报告的数据比较, 可以确定该中间体是 Ru-Re 超分子光催化剂通过光电子转移反应还原的单电子还原物质。

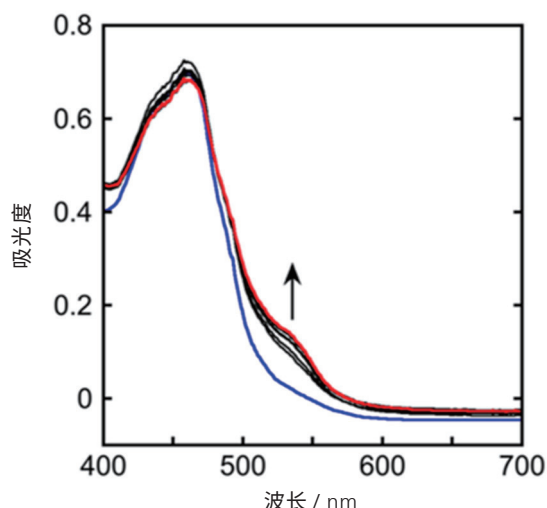


图 5 吸收光谱随时间的变化

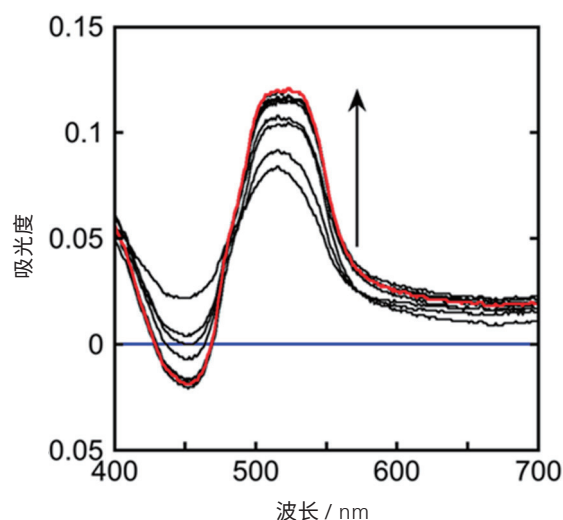


图 6 吸收光谱随时间变化的差异谱

## ■ 结论

使用光反应评价装置 Lightway 观察了利用 Ru-Re 超分子光催化剂的光催化反应。可以确定, 利用 Ru-Re 超分子光催化剂将二氧化碳还原成一氧化碳的光反应量子产率为 40%。此外, 根据吸收光谱随时间的变化可知, 在还原过程中 Ru-Re 超分子光催化剂的单电子还原物质作为中间体存在。

<鸣谢>

对协助提供实验数据的国立大学法人东京工业大学理学院化学系的石谷治教授和玉置悠祐助教深表谢意。

Lightway 是岛津制作所株式会社在日本和其他国家的商标。

此外, 本文中出现的公司名称和产品名称是各公司的商标及注册商标。

本文中可能对“TM”和“®”进行了省略。

岛津应用云



岛津企业管理(中国)有限公司  
岛津(香港)有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话: 800-810-0439  
400-650-0439

免责声明:

\* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售;  
\* 本资料中的所有信息仅供参考, 不予任何保证。  
如有变动, 恕不另行通知。

第一版发行日: 2020年6月