

光反応器内の光強度分布 (第1報)

— 光強度検出器の感度特性ならびに角度特性 —

船山 齊・荻原宏二郎・菅原 拓男*・大橋 弘保**

Light Intensity Distributions in Photoreactors (1st Report)

— Sensitivity and Angle Characteristics of Light Intensity Detector —

Hitoshi FUNAYAMA・Kojiro OGIWARA・Takuo SUGAWARA*
Hiroyasu OHASHI**

(昭和50年10月31日受理)

1. 緒 言

近年、光ニトロソ化法の開発などにみられるように光化学反応は、工業的合成手段として注目されつつある。光化学反応は、通常の熱反応と比較して、選択性があり、また高温で行なう必要がない、などの利点があるが、その工業化をさまたげている理由は、光源の性質、反応物の光吸収機構、あるいは光に対する特性や物性定数などに関する情報不足にあると考えられる。

ところで、光源の性質、特に配光特性に関しては、1960年代から線光源という仮定のものに、放射光¹⁾、集中光²⁾、拡散光³⁾など種々の線光源モデルが提案されてきた。たとえば、一般に発光管表面が輝いている蛍光灯やケミカルランプ等は拡散性の配光特性をもっていると言われている。また、発光管内部が輝いている低圧水銀灯等は集中光的な性質をもっていると言われている⁴⁾。もっとも最近、明島らが水銀灯でも見込む角度が大きい場合には、必ずしも集中光とは考えられないことを報告⁵⁾している。

一方、水銀灯の場合、共鳴線である253.7 nmのスペクトルと他の励起線スペクトルとでは放射の機構が異なっている⁶⁾と考えられ、この点に関しても、より詳細な検討が必要であると考えられる。

本研究は、出力波長分布や配光特性といった光源の性質を考慮しながら、光反応器内の光強度分布および平均光強度を推定しようとするものである。本報は、その一環として著者らが開発した指向性の鋭い光強度検出器⁷⁾、⁸⁾の感度特性ならびに角度特性を求める方法について述べる。さらに、この検出器を用いて光源の配光特

性を実験的に明らかにするための光強度測定装置と解析方法を提案する。

2. 光強度検出器

著者らが開発した指向性の鋭い光強度検出器の詳細を図1に示す。検出器はベークライト板の中央に5 mmφの小孔をあけ、その下方に International Light 社製 IL-200 型光量計を設置したものである。光量計内

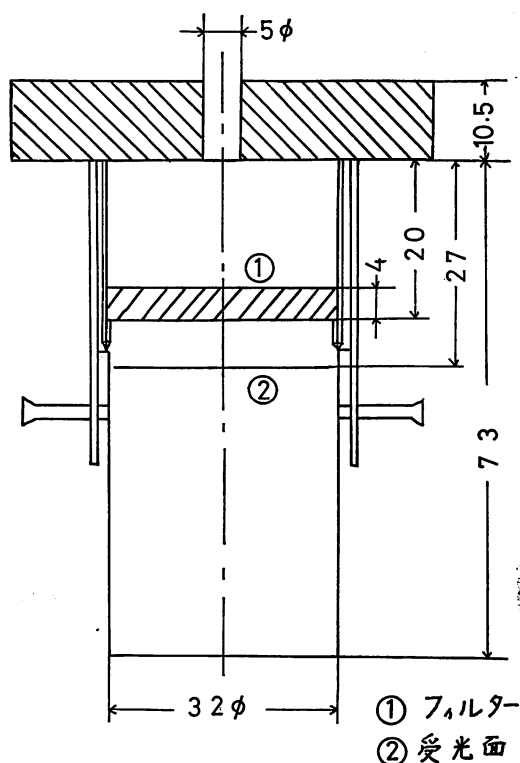
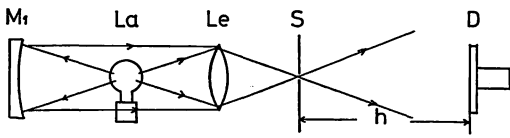


図-1 光強度検出器の詳細図

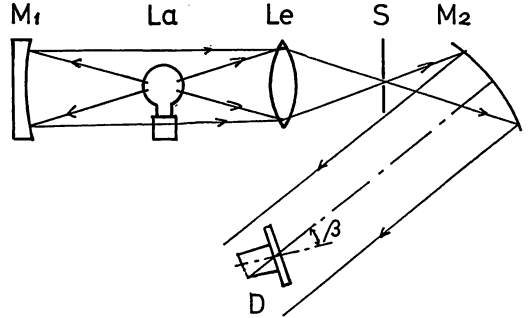
* 秋田大学鉱山学部燃料化学科助教授

** 秋田大学鉱山学部燃料化学科教授



M₁: 反射鏡 La: 光源 Le: 集光レンズ
S: スリット D: 検出器

図-2 感度特性測定装置



M₁: 反射鏡 La: 光源 Le: 集光レンズ
S: スリット M₂: 凹面鏡 D: 検出器

図-4 角度特性測定装置

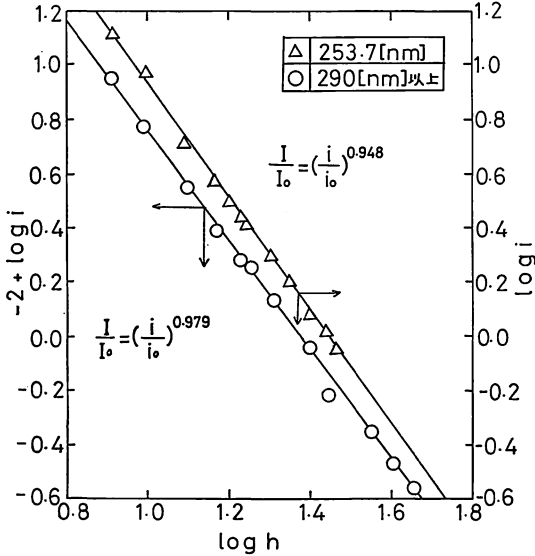


図-3 光強度検出器の感度特性

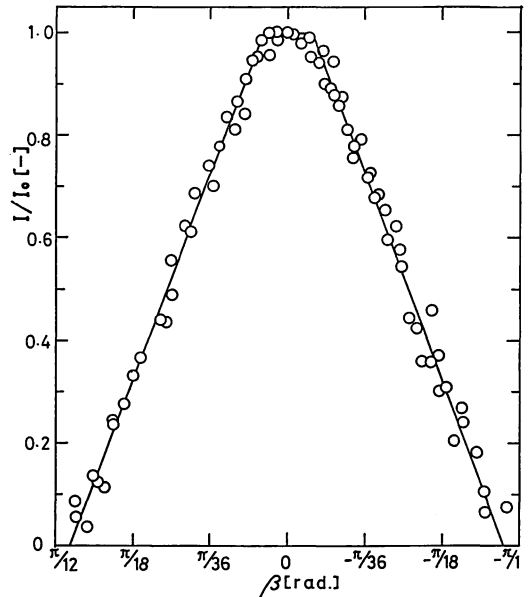


図-5 光強度検出器の角度特性

部には、種々の干渉フィルターが設置でき、特定波長についても測定できる。

3. 光強度検出器の感度特性

感度特性を求めめるための実験装置を図2に示す。使用した光源は高圧水銀灯である。図2に示すように、集光レンズとスリットを用いて点光源をつくった。実験方法としては、点光源から検出器までの距離hを任意に変えその時検出器に流れる光電流を実測することにより、感度特性を求めた。結果を図3に示す。この図より、光電流と距離との間には、波長が253.7 nmおよび290 nm以上の光に関して、対数紙上で直線関係のあることがわかる。

ところで、一般に光源から離れた点における光強度Iは、光源からの距離hの2乗に反比例するので、この実験結果から光強度Iと光電流iとの間には、(1)、(2)式の関係が得られる。

$$253.7 \text{ nm} \quad I/I_0 = (i/i_0)^{0.948} \quad (1)$$

$$290 \text{ nm 以上} \quad I/I_0 = (i/i_0)^{0.979} \quad (2)$$

これら二つの式を使用して相対光強度を実験的に求める

ことができる。

4. 光強度検出器の角度特性

角度特性を求めめるための実験装置を図4に示す。装置は、ランプ、集光レンズ、スリット、凹面鏡よりなるシュリーレン装置で、これを用いて平行光線を得た。実験方法としては、検出器を注意に回転させた時の光電流と平行光線に対して検出器のなす角β(図4参照)を実測した。結果を図5に示す。縦軸には、ある位置での光強度Iをβ=0の時の光強度I₀で割った値、相対光強度をとっている。この図より、検出器の角度特性を実線のように近似し、これをφ(β)とおくと(3)式のように表わされる。

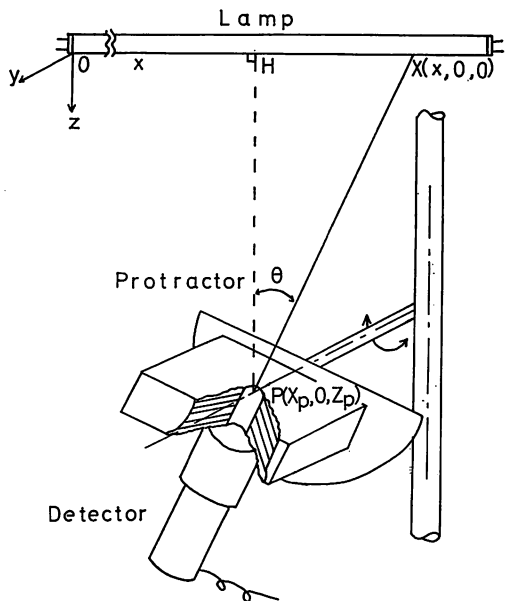


図-6 光強度測定装置

$$\varphi(\beta) = \begin{cases} 1.0 & (0 \leq |\beta| \leq 0.0297) \\ 1.138 - 4.66\beta & (0.0297 < |\beta| < 0.2443) \\ 0.0 & (|\beta| \geq 0.2443) \end{cases} \quad (3)$$

5. 光強度測定装置および実験方法

光源の配光特性を実験的に明らかにするための光強度測定装置を図6に示す。受光部は、光強度検出器と半円分度器からできており、任意に回転できるようになっている。実験方法としては、光強度検出器が光源の鉛直下方になるように受光部を設置し、これをランプの長さ方向と検出器とのつくる平面(図中のx-z平面)で回転させ、回転角 θ での光電流*i*と検出器と光源が正対した時の光電流*i*₀を実測する。これから(1)、(2)式を使用して相対光強度を求める。

6. 解析方法

図7に示したように座標軸をとり、検出器表面上の点Pの座標を($X_p, 0, Z_p$)とする。光源の長さ方向の光強度分布を $\phi(x)$ とおき、検出器Pがランプ表面上の点Xの方向を向いている時、すなわち、検出器の回転角 θ の場合の光強度を考える。この時、検出器の角度特性 $\varphi(\beta)$ を考慮に入れると検出器はXからわずかに離れた点X'から発せられる光も感じていると考えられる。図7に示したように θ' 、 β' を用いるとP点における光強度は次のようになる。まず、光源を線光源集中光として取り扱った場合、光強度 $ILS^{(\theta)}$ は光源と検出器との距離だけの影響を受け(4)式で与えられる。また、線光源拡散

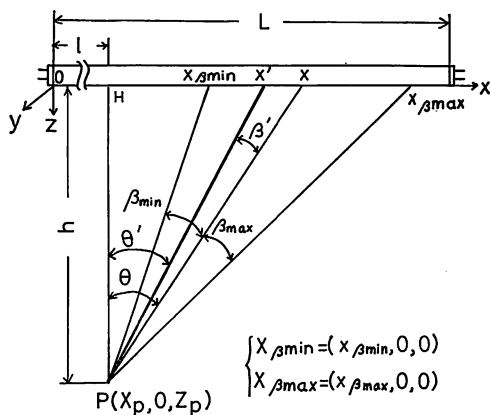


図-7 解析方法

光の場合には、光強度 $ILD^{(\theta)}$ は光源からの距離のみならず角 θ' の影響も受け(5)式で与えられる。

$$ILS^{(\theta)} \propto \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{PX'^2} \varphi(\beta') \phi(X') dx x' \quad (4)$$

$$ILD^{(\theta)} \propto \int_{x_1}^{x_2} \frac{\cos \theta'}{PX'^2} \varphi(\beta') \phi(X') dx x' \quad (5)$$

ここで

$$x_1 = \begin{cases} X_\beta \min & (0 \leq x_\beta \min) \\ 0 & (x_\beta \min < 0) \end{cases}$$

$$x_2 = \begin{cases} X_\beta \max & (x_\beta \max \leq 1) \\ 1 & (1 < x_\beta \max) \end{cases}$$

ただし $X_x > X_p$ の時、 $X_\beta \min$ 、 $X_\beta \max$ は次のようになる。

$$X_\beta \min = X_p + Z_p \tan(\theta - 0.2443)$$

$$X_\beta \max = X_p + Z_p \tan(\theta + 0.2443)$$

7. 結 言

著者らが開発した指向性の鋭い光強度検出器の感度特性ならびに角度特性を実験的に求める方法を提案したが、本方法はいかなる光強度検出器についても適用可能である。また、本検出器を使用して光強度を実測することより光源の配光特性を明らかにすることが可能である。なお、本検出器を使用した実験結果および解析結果については別の機会に報告する予定である。

〔付記〕 本研究に協力された相川博一氏(秋田大学鉱山学部燃料化学科, 昭和48年卒), 福岡守氏(秋田工業高等専門学校工業化学科, 昭和49年卒, 現大日本インキ株式会社), 武田早苗氏(秋田工業高等専門学校工業化学科, 昭和50年卒, 現旭硝子株式会社)に深く感謝致します。

使用記号

h ; 光源と検出器との鉛直方向距離 [cm]
 I_0 ; 基準に選んだ点での光強度 [Einstains/
 $\text{cm}^2 \cdot \text{Sec}$]
 i_0 ; 基準に選んだ点での光電流 [nA]
 L ; ランプ長さ [cm]
 l ; 光源の左端からの距離 [cm]
 X_P ; l/L [-]
 Z_P ; h/L [-]
 β' ; $\angle XPX'$ (図7参照) [rad.]
 θ ; $\angle HPX$ (図7参照) [rad.]

引用文献

1) Schechter. R. S., E. Wissler, Appl. Sci. Res., **A 9**, 334 (1960)

- 2) Solomon. M. T., J. S. Dranoff, A. I. Ch. E. J., **15**, 141 (1969)
- 3) Matsuura. T., J. M. Smith, *ibid.*, **16**, 321 (1970)
- 4) 明島ら, 化学工学, **37**, 1026 (1973)
- 5) Akehata. T., T. Shirai, J. Chem. Eng. Japan, **5**, 385 (1972)
- 6) Moys, Jr., et al., "The Photochemistry of Gases", Reinhold (1941)
- 7) 船山ら, 化学関係学協会連合東北地方大会要旨集 (1973)
- 8) 船山ら, 化学工学協会秋田大会要旨集 (1974)