励起子円二色性スペクトル法とその絶対構造決定への応用(その1)

—同一発色団間の相互作用—

原 田 宣 之*

Exciton Coupled Circular Dichroic Spectroscopy and Its Application to Determination of Absolute Configuration. (Part 1)

—Chiroptical Interaction between Two or More Identical Chromophores—

Nobuyuki HARADA*

This account describes the CD exciton chirality method which is useful for determination of absolute stereochemistry of various natural and synthetic chiral compounds. Chiral exciton coupling between two or more chromophores gives rise to two split CD Cotton effects of opposite signs to each other, from the signs of which absolute configuration of chiral compounds is nonempirically determined, if the direction of transition moments in interacting chromophores is known. The absolute stereochemistries determined by the present method are naturally in accord with those from the X-ray crystallographic Bijvoet studies. Applications of this versatile chiroptical method to various organic compounds are exemplified; in Part I, CD Cotton effects due to the exciton interaction between two or more identical chromophores are discussed.

1. はじめに

旋光性は最も古くから用いられてきた物理定数の1つであり、立体化学の端緒を開いたものである。その後、旋光分散および円二色性として、有機化合物の構造決定の新しい物理的手段として発展してきた。しかしながら他の物理的手法と比べて、経験的要素が大きく残っている。その主な理由は、理論と実測の間に大きな溝が存在するためである。

これに対して、ここで解説する円二色性励起子カイラリティー法は、理論的に簡単かつ確立されているので、X線結晶解析のBijvoet法とならんで、化合物の絶対構造を、参照化合物のデータなしに非経験的に決定できる。

最近、有機合成化学の分野においては、光学活性体の

合成が盛んに行われているが、不斉合成によって得られた生成物の絶対構造が未知の場合は、天然有機化合物の絶対構造決定と同様に、その絶対構造を決定することが必要になる。ここでは、簡単かつ直接的に絶対構造を決定できる円二色性励起子カイラリティー法の基本的な点およびその有機立体化学への応用について解説する¹⁾。特に第一部では励起子相互作用が最も効果的に表われる同一発色団間の相互作用の例について述べ、また、第二部では異なった発色団間相互作用への拡張、特に、アリルアルコールの絶対構造決定に有用な最近のアリルベンゾエート法について解説する。

2. 発色団の性質と円二色性 Cotton 効果

1と0の間には存在と非存在という非常に大きな差があるといわれるが、2と1の間にも同様の差がある。それは、相手が存在するか、しないか、すなわち、二者間の相互作用が存在するか、孤立しているかの違いである。円二色性あるいは旋光性においては、このことが非常に重要な意味をもつ。分子内に2個の発色団が存在して相

* 東北大学非水溶液化学研究所 ()

* Chemical Research Institute of Nonaqueous Solutions, Tohoku University ()

相互作用している系の Cotton 効果と、1 個の発色団しかない系の Cotton 効果では、その出現の機構が異なる。このことを考慮して、Cotton 効果は、その性質によって、次の 3 つのグループに分類される。

- (1) 発色団自身が対称なもの (ケトン, オレフィン, 芳香族等)
- (2) 発色団自身がねじれて非対称的なもの (共役ジエン, 共役エノン等)
- (3) 発色団が 2 個以上存在し、その励起子相互作用によるもの (dibenzoate, bianthryl, dinucleotide 等)

グループ (1) の Cotton 効果は一番小さく、理論的取り扱いにおいても小さな摂動項を計算しなければならないので一番難しい。グループ (2) の Cotton 効果は中程度であり、理論的には、ねじれた発色団のみの波動関数で計算すれば良いが、例外もあり確定的とは言えない。グループ (3) の Cotton 効果は最も大きく、理論的取り扱いは最も簡単であり、絶対構造を励起子理論から非経験的に決定できる。

以上の Cotton 効果の性質から、絶対構造決定にあたっては、グループ (3) の発色団を用いた方がよい。次いでグループ (2) が有利である。その理由は、グループ (3)→(2)→(1) となるに従って、Cotton 効果は小さくなり、また考慮しなければならない因子の数が増えるからである。グループ (3) が最も簡単であり、その適用は直接的である。

3. 励起子相互作用と円二色性

図 1 の dibenzoate 系のように、2 個の等しい発色団

Fig. 1 Chirality of α -glycol dibenzoates (ref. 1).

Fig. 2 By exciton interaction between the two chromophores i and j, excited state splits into two energy levels (ref. 1).

が相互作用する系を考えてみよう。発色団 i が基底状態 0 から励起状態 a に励起した状態と、発色団 j が励起した状態は確率的に等しく存在でき、励起状態は各発色団間にわたって非局在化できる。この非局在化する励起状態を「励起子」と呼ぶ。2 つの発色団が相互作用する場合、系の励起エネルギー準位は 2 つに分裂する(図 2)。この分裂は Davydov 分裂と呼ばれる。2 つの分裂した各準位への遷移は、ORD および CD スペクトルにおいて、旋光強度は等しいが、符号の異なる Cotton 効果を与える。これら 2 つの符号の異なる Cotton 効果を加算すると、図 3 に示した曲線を与える。たとえば、CD スペクトルは 2 つの極値をもち、あたかも 1 個の ORD Cotton 効果のような曲線を与える。他方、ORD スペクトルは、3 個の極値をもった特異的な形を示す(図 3)。これに対して、UV スペクトルは、2 つの吸収帯を加算しても外見上は、ほとんど変化せず、強度が 2 倍になるだけである(弱い励起子相互作用の場合)。

これらの Cotton 効果は、発色団間の励起子相互作用にもとづくものであり、その符号は理論計算によって非経験的に導くことができる。計算の詳細は省略するが、定性的な結論は次のとおりである。

図 1 に示したように、2 つの発色団の電気遷移モーメントが正の励起子カイラリティー、すなわち、右廻りのねじれをなすならば、長波長側の Cotton 効果(第 1 Cotton 効果)は正であり、短波長側の Cotton 効果(第 2 Cotton 効果)は負である。負の励起子カイラリティーすなわち、左廻りのねじれならば、負の第 1 および正の第 2 Cotton 効果を与える。次に実際の例を示す。

4. ジベンゾエート系の Cotton 効果と絶対構造

図 4 に cholest-5-ene-3 β , 4 β -diyl bis(*p*-dimethylaminobenzoate) 1 の CD と UV スペクトルを示す。*p*-dimethylaminobenzoate 発色団は 309 nm に非常に

Fig. 3 Summation curves (ORD and CD, solid lines) of two Cotton effects (broken lines) of opposite signs separated by Davydov splitting $\Delta\lambda$. In the case of UV spectra, summation of the two component curves leads to a single maximum (ref. 1).

Fig. 5 Direction of the transition dipole moment in *p*-dimethylaminobenzoate chromophore (ref. 1).

Fig. 4 CD and UV spectra of cholest-5-ene-3 β , 4 β -diyl bis (*p*-dimethylaminobenzoate) in EtOH (ref. 1).

強い $\pi \rightarrow \pi^*$ 分子内電荷移動吸収帯を示す。それに対応して、CD スペクトルはその領域に強い典型的な分裂型 Cotton 効果を示す。これら 2 つの Cotton 効果は、それぞれが各発色団に対応しているのではなく、2 つの発色団間の相互作用によって 2 つの Cotton 効果が生じているのである。

p-dimethylaminobenzoate 発色団の $\pi \rightarrow \pi^*$ 分子内電荷移動吸収帯は発色団の長軸方向に偏光している(図 5)。すなわち、電気的遷移モーメントは発色団の長軸に平行である。

dibenzoate 1 において、2 つの遷移モーメントを投影すると左廻り、すなわち、負の励起子カイラリティーを与える(図 6)。このことより、負の第 1 Cotton 効果(長波長側)と正の第 2 Cotton 効果(短波長側)が期待されるが、実測もそうであり一致している。このようにして、絶対構造を非経験的に決定できる。

Fig. 6 Negative exciton chirality of steroidal 3 β , 4 β -dibenzoate system (ref.1).

5. CD 励起子カイラリティー法とX線 Bijvoet 法

非経験的絶対構造決定法である CD 励起子カイラリティー法とX線結晶解析 Bijvoet 法は互いに全く異なった物理現象に基づいているが、同一の化合物に対しては同一の絶対構造を与えなければならないのは当然である。過去の1時期、疑問が投げかけられ混乱したが、現在で

Fig. 7 UV spectra of anthracene in EtOH and polarization of the UV transition (ref.1).

Fig. 8 CD and UV spectra of (6 *R*, 15 *R*)-(+)-6,15-dihydro-6,15-ethanonaphtho [2,3-*c*]pentaphene. Solvent : CD (0.18 % dioxane/EtOH) ; UV (0.08 % dioxane/EtOH) (ref.1).

Fig. 9 Chemical correlations between absolute stereochemistries of 9,10-dihydro-9,10-ethanoanthracene derivatives (ref.1).

は両者が一致することは確立されている。たとえば、アントラセンの 250 nm の 1B_b 吸収帯は非常に強く、長軸方向に偏光している (図7)。アントラセン発色団を2個、不斉の位置をもつ籠型分子3は 1B_b 吸収帯に非常に強い

励起子分裂型 Cotton 効果を示す(図8)。これは有機化合物の中で最も強い Cotton 効果の1つである。その符号より絶対構造は図のように決定されたが、その結果は、化学関連をとおして、X線 Bijvoet 法の結果と完全に一致している(図9)。

6. 励起子相互作用円二色性の特徴

励起子相互作用 Cotton 効果の符号と強度を支配する励起子カイラリティーは(式1)で表わされることが、理論的に導かれている。

$$\vec{R}_{ij} \cdot (\vec{\mu}_{i0a} \times \vec{\mu}_{j0a}) V_{ij} \quad (1)$$

ここで $\vec{R}_{ij}$ は発色団間の距離ベクトル, $\vec{\mu}_{i0a}$ は発色団 i が基底状態 0 から励起状態 a に励起するときの電気遷移モーメント, V_{ij} は2つの遷移双極子間の相互作用エネルギーであり距離の3乗に反比例する。このため, Cotton 効果の大きさは、他の因子が同じならば、距離の2乗に反比例する。それゆえ、2つの発色団に近いほど, Cotton 効果は大きくなる。しかし, dibenzoate Cotton 効果の場合、図10に示したようにならかなり離れた1,8-dibenzoate系7でも十分観測される。

(式1)に示したように、Cotton 効果の大きさは発色団の遷移モーメントの大きさに比例する。すなわち、

Fig. 10 Coupled Cotton effects of a remote dibenzoate system (1,8-glycol); CD spectrum of D-homo-5 α -androstane-3 β , 15 β -diol bis (*p*-dimethylaminobenzoate) in EtOH (ref.1).

Fig. 11 Linear relation between A values of para-substituted dibenzoates of 5 α -cholestane-3 β , 6 β -diol and $\epsilon_{\max}$ values of para-substituted benzoates of cholesterol (ref.1).

UV 吸収の大きなものほど、大きな Cotton 効果を与える。実際、図11に示したように各種パラ置換ジベンズエートの場合、UV の ϵ 値と CD Cotton 効果の振幅 (A 値; $A = \Delta\epsilon_1 - \Delta\epsilon_2$) は直線関係を作っている。これより、ジベンズエート則の発色団としては、*p*-dimethylaminobenzoate 発色団が最も優れている。

Cotton 効果の大きさは発色団間の角度にも依存する。vicinal dibenzoate の場合、理論計算によると、発色団間の二面角が 0° から 180° まで変化しても、Cotton 効果の符号は一定であり、 70° 付近で最大値を与える。実際の化合物においても理論と一致した結果を与える。このように、二面角が 0° から 180° まで変化しても、Cotton 効果の符号が一定であるというのは、実際の応用上、重要であり、このことによって一義的に絶対構造を決定できる。次に実際の化合物への適用例について述べる。

7. ジベンゾエート・カイラリティー法の適用例

羅病ジャガイモより正宗らによって単離された抗菌性物質 rishitin²⁾ の dibenzoate **8** は負の第一および正の第2 Cotton 効果を示す (図 12)。その符号より, 負のカイラリティーすなわち, 左廻りのねじれをもつ絶対構造が決定された。

Fig. 12 CD spectrum of rishitin dibenzoate in EtOH (ref. 1).

月夜草の毒成分 illudin S **9** の絶対構造は, その複雑さのため長く決定されていなかったが, フェノール性ジ

Fig. 13 CD spectrum of bis (*p*-chlorobenzoate) of illudin S derivative in EtOH (ref. 1).

ベンゾエート **12** に導いて, その分裂型 Cotton 効果より決定した (図 13)。

発がん物質 benzo[*a*]pyrene **13** の生体内における代謝物 **14** の立体化学は, その bis (*p*-dimethylaminobenzoate) **15** の CD スペクトルが負の第1と正の第2 Cotton

Fig. 14 CD and UV spectra of trans-7,8-dihydroxy-7,8-dihydrobenzo [a] pyrene and its bis (*p*-dimethylaminobenzoate) in CHCl_3 (ref. 1).

効果を示すことから図のように決定された (図 14)。

ジテルペン系化合物の中には、対掌体の構造をとるものが存在すると考えられているが、昆虫摂食阻害物質 clerodan 系化合物もその一つであると信じられていた。すなわち、clerodin **20**^{3,4)} と clerodendrin A **23**⁵⁾ はそれぞれ X 線 Bijvoet 法で決定されていたが、その結果は、両者に互いに対掌体の構造が与えられていた。しかし、caryoptin **21** および 3-epicaryoptin **22** 系の dibenzoate の CD スペクトルは理論予測と一致しなかった⁶⁾。このため、これらの化合物は CD 励起子法の合わない例外であると考えられていた。しかしながら、ステロイド系モデル化合物と比較すると (図 15)、同一符号の分裂型 Cotton 効果を与えるので、励起子法は正しく、逆に clerodin の X 線の結果が間違っていたことがわかった。以上の結果、clerodin **20**, caryoptin **21**, 3-epicaryoptin **22**, clerodendrin A **23** は同一の絶対構造をもつ。

Fig. 15 5 α -Cholestane-3 β , 4 α , 6 α -triol 3,6-bis (*p*-chlorobenzoate) and 3-epicaryoptin derivative 3,6-bis (*p*-chlorobenzoate) have identical chirality in principal chiral centers, i.e., 3,4, and 6 positions (ref. 1).

CD 励起子カイラリティー法は天然物のみならず、理論的に興味ある合成有機化合物の絶対構造決定にも有用である。たとえば、2,2'-spirobiindane-1,1'-diol 系の絶対構造は、dibenzoate **26** の分裂型 Cotton の符号か

Fig. 16 CD and UV spectra of (1R,1'S,2S)-(-)-2,2'-spirobiindan-1,1'-diyl bis(*p*-dimethylaminobenzoate) in EtOH. The dotted lines are those of bis(*p*-chlorobenzoate) (ref. 1).

ら一義的に決定できた (図 16)。

以上の他、種々の天然および合成有機化合物の絶対構造決定に適用されている。たとえば、最近の応用として、赤潮より単離された brevetoxin B 27⁷⁾, precocene I の代謝物グリコール 28⁸⁾, 種々の発がん性縮環芳香族の代

謝物、たとえば benzo [*a*] pyrene の K 領域ジオール 29 などの絶対構造⁹⁻¹²⁾がこの方法によって決定された。

8. チオベンゾエート発色団の利用と 2-cyclohexenone へのチオカルボン酸の不斉 1,4-付加物の絶対構造決定

チオールあるいはチオカルボン酸類は、光学活性触媒 (アルカロイド、アミン類)のもとに、 α, β -不飽和ケトンへ不斉 1,4-付加反応を行うことが知られているが、Wynberg らは、その生成物の絶対構造を次のように決定した¹³⁾。トランス-*O, S*-ジベンゾエート 31 は、正の第

1 および負の第 2 Cotton 効果を示すことから、示した構造式のように絶対構造が決定された。化合物 31 は 2 つの立体配座 31 a と 31 b をとり得るが、どちらにおいても正の励起子カイラリティー、すなわち、右廻りのねじれをなすので、立体配座に関係なく絶対構造が決定できる。なお、励起子法のチオベンゾエート発色団への適用性については、ステロイド系モデル化合物 32 の結果から、適用できることが確立されている¹⁴⁾。

9. トリベンゾエート系への適用

励起子法は 2 個の発色団のみならず、3 個以上の系にも適用できる。たとえば、糖類のトリベンゾエートの場合、化合物 33 では 3 個のジベンゾエートの組み合わせのすべてが正のカイラリティーをもつので、非常に強い正の第 1 と負の第 2 Cotton 効果を示す (図 17)。一般に 3 個以上の発色団が相互作用する系においても、2 つの

Fig. 17 CD spectra of tris (*p*-chlorobenzoates) of sugars: methyl α -L-arabinoside (33); methyl α -D-xylopyranoside (34); methyl α -D-mannopyranoside (35) (ref. 1).

逆符号の分裂型 Cotton 効果を示す。化合物 35 の場合は、組み合わせのカイラリティーはすべて負であり、負の第1と正の第2 Cotton 効果を示す。これに対して、化合物 34 では、組み合わせのカイラリティーは、正、負、零であり、系全体のカイラリティーは零となる。実際、実測のスペクトルは分裂型を示さず、弱い単一の Cotton 効果を示すのみである。phytoecdysone の ajugasterone C 36 の 11 位の水酸基の絶対配置はこの方法を用いて決定された (図 18)。

最近、3個あるいは4個のベンゾエート発色団が相互作用する系において、分裂型 Cotton 効果の振幅、すなわち、A値に加成性がなり立つことが見出された¹⁵⁾。このことを用いて糖類の立体化学が決定できる。たとえば、最近盛んに研究されているオリゴ糖の分岐点の微量決定法が提出されている¹⁶⁾。

10. ポリアセン発色団の応用

初めに議論したように、一般にポリアセン発色団の許容で強い 1B_u 遷移は、励起子カイラリティー法の適用に

Fig. 18 CD and UV spectra of ajugasterone C 20, 22-acetonide 2, 3, 4-tribenzoate in EtOH. The shaded CD spectrum is of ajugasterone C itself (ref. 1).

理想的な吸収帯である。この遷移は発色団の長軸方向に偏光している。

化合物 (1*R*, 1'*S*, 2*S*)-37 の場合には、2個のナフタレン発色団が不斉の位置にあり、CD スペクトルは典型的な強い励起子分裂型 Cotton 効果を 1B_u 吸収帯に示す (図 19)¹⁷⁾。A値は負の符号をもち、2つのナフタレン発色団の長軸間の負のカイラリティー、すなわち、左廻りのねじれに一致している。このように、化合物 37 の絶対構造は (1*R*, 1'*S*, 2*S*) と非経験的に決定できた。なお、この化合物の Cotton 効果は、有機化合物の中で最も強いものの1つである。

その他、1,1'-ビナフチル系化合物の場合にも、225 nm 付近にある 1B_u 吸収帯が分裂型 Cotton 効果を示すので、その符号より絶対構造が決定できる。

11. 3個の芳香族発色団からなる不斉トリプチセン系の絶対構造

以下のトリプチセン系は3個の芳香族発色団間の励起

Fig. 19 CD and UV spectra of (1*R*, 1'*S*, 2*S*)-2,2'-spirobi[benz[e]indan]-1,1'-diyl diacetate in EtOH (ref. 17).

子相互作用によって典型的な分裂型 Cotton 効果を示す例であり、その符号から絶対構造が決定された。

(5*R*, 12*R*)-(–)-**38** は 1 個のナフタレンおよび 2 個のエチニルベンゼン発色団を不斉の位置にもっている。その CD スペクトルはナフタレンの 1B_u 遷移(長軸)とエチニルベンゼンの 1L_a 遷移(長軸)間の励起子相互作用によって非常に強い負の第 1 と正の第 2 の Cotton 効果を示す(図 20)。この系では、ナフタレン発色団の長軸と 1 個のエチニルベンゼンの長軸間のカイラリティーは負であり、ナフタレンともう 1 個のエチニルベンゼン間の組み合わせも負のカイラリティーをなす。他方、2 個のエチニルベンゼン同志の組み合わせは CD 不活性である。なぜならば、2 個の発色団の長軸は互いに平行であり、励起子カイラリティーは零となるからである。結局、化合物 **38** は 2 個の負のカイラリティーからなっており、CD スペクトルの負のカイラリティーから (5*R*, 12*R*) の絶対構造が非経験的に決定された。これは化学関連の結果とも一致している。

Fig. 20 CD and UV spectra of (5*R*, 12*R*)-(–)-1,15-diethynyl-5,12-dihydro-5,12[1', 2'] benzenonaphthacene in EtOH (ref. 1).

12. おわりに

以上、第一部では同一発色団間の励起子相互作用にもとづく CD Cotton 効果を利用して絶対構造を非経験的に決定する方法について述べた。ここでは、基本的なことをのみ解説したので適用の実際等、より詳細の点については文献 1) を参照されたい。

励起子相互作用機構の立場から見ると同一発色団を用いるのが理想的であるが、化合物 **31**, **32**, **38** の場合に見られるように励起子カイラリティー法は異なった発色団間の相互作用にも拡張適用できる。異なった発色団間の相互作用による円二色性については、次の第二部で議論する。

いくつかの結果の引用の許可をいただいたコロンビア大学中西香爾教授に深謝いたします。

(昭和 58 年 6 月 17 日受理)

文 献

- 1a) 原田宣之, 中西香爾, "円二色性スペクトル——有

- 機立体化学への応用——”, 東京化学同人(1982)
- b) N. Harada, K. Nakanishi, “Circular Dichroic Spectroscopy—Exciton Coupling in Organic Stereochemistry—”, University Science Books, California, U. S. A. (1983)
 - 2) A. Murai, K. Nishizakura, N. Katsui, T. Masamune, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **50**, 1206 (1977) とその引用文献
 - 3) D. H. R. Barton, H. T. Cheung, A. D. Cross, L. M. Jackman, M. Martin-Smith, *J. Chem. Soc.*, **1961**, 5061
 - 4) I. C. Paul, G. A. Sim, T. A. Hamor, J. M. Robertson, *ibid.*, **1962**, 4133
 - 5) N. Kato, K. Munakata, C. Katayama, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2*, **1973**, 69 とその引用文献
 - 6) S. Hosozawa, N. Kato, K. Munakata, *Tetrahedron Lett.*, **1974**, 3753
 - 7) Y. Y. Lin, M. Risk, S. M. Ray, D. V. Engen, J. Clardy, J. Golik, J. C. James, K. Nakanishi, *J. Am. Chem. Soc.*, **103**, 6773 (1981)
 - 8) R. C. Jennings, *Tetrahedron Lett.*, **23**, 2693 (1982)
 - 9) M. Koreeda, M. N. Akhtar, D. R. Boyd, J. D. Neill, D. T. Gibson, D. M. Jerina, *J. Org. Chem.*, **43**, 1023 (1978)
 - 10) D. R. Thakker, W. Levin, H. Yagi, S. Turujman, D. Kapadia, A. H. Conney, D. M. Jerina, *Chem. - Biol. Interactions*, **27**, 145 (1979)
 - 11) B. Kedzierski, D. R. Thakker, R. N. Armstrong, D. M. Jerina, *Tetrahedron Lett.*, **22**, 405 (1981)
 - 12) H. Yagi, K. P. Vyas, M. Tada, D. R. Thakker, D. M. Jerina, *J. Org. Chem.*, **47**, 1110 (1982)
 - 13) J. Gawronski, K. Gawronska, H. Wynberg, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, **1981**, 307
 - 14) 原田宣之, 未発表
 - 15) H.-W. Liu, K. Nakanishi, *J. Am. Chem. Soc.*, **103**, 5591 (1981); H.-W. Liu, K. Nakanishi, *ibid.*, **104**, 1178 (1982)
 - 16) H.-W. Liu, K. Nakanishi, *ibid.*, **103**, 7005 (1981)
 - 17) 原田宣之, 岩渕 淳, 横田洋一, 宇田 尚, 岡本佳男, 結城平明, 川田勇三, 第15回構造有機化学討論会, 要旨集, p 148 (1982)

(会 告)

有機合成セミナー

“明日の有機合成を担う人のために”

共催 有機合成化学協会関西支部
日本薬学会近畿支部

このセミナーは化学を専攻する学部、大学院生および若い研究者、技術者を対象に、明日の有機合成を考える会として昭和55年より開催いたしております。第一線でご活躍中の先生方に、有機合成の重要性、新方法論の展開および標的物質へのアプローチなどにつき、わかりやすく話していただきます。

日 時 12月12日(月) 13時30分～17時

会 場 大阪科学技術センター8階大ホール
(大阪市西区靱本町1-8-4 地下鉄四つ橋線「本町」下車北へ約150m)

講師および演題

1. 多官能性天然物の全合成 (名大農) 後藤 俊夫
2. 医薬品合成のための新有機反応—窮すれば通ず— (阪大薬) 田村 恭光

3. 「分子美学」とその有機合成化学的アプローチ

(阪大基礎工) 中崎 昌雄

定 員 300名

参加費 (要旨集代を含む) 予約登録 600円, 当日登録 800円
[ミキサー]

セミナー終了後(17時30分頃より)講師を囲んで簡単なビアパーティーを行いますので奮ってご参加下さい。

会費: 学生1,000円, 一般2,000円

申込方法 ハガキに「有機合成若手セミナー、申込書」と題記のうえ、1) 氏名, 2) 所属, 3) ミキサー参加不参加の区別, 4) 連絡先を明記してお申込み下さい。

○参加証は送付いたしません。参加費は当日会場でお支払い下さい。

○申込締切: 12月9日(金)

申 込 先 550 大阪市西区靱本町1-8-4 (大阪科学技術センター6階) 有機合成化学協会関西支部

Tel. 06-441-5531