



# 電気・電子/光学部品組み立てにおける 接着設計技術(1)

原賀康介\*

接着を上手に使いこなすためには、機能設計で新しいコンセプトの構造や製造法を創造し、構造設計、材料設計、プロセス設計で接着特性に影響する諸因子に対して広い許容範囲を確保し、設備設計で許容範囲に入りメンテナンスが容易な設備を作り、品質管理では不適切なものを未然に容易に見つけ出すことが重要である。本報告では、これらの要素技術を事例をあげて説明し、有機的な結び付きの重要性を示した。

## 1. 接着設計技術とその必要性

### 1.1 2次元から3次元の技術へ

接着剤による接合は、他の接合方法にはない多くの長を有している。反面、作業性や性能的な欠点も多く、また接着の接合機構がケミカルであり、特性に影響する因子が多方面の技術分野にまたがっているなど、ボルト・ナットや溶接、かしめなどに比べてファジーな要素が多いため、接着に熟知していない技術者には扱いにくい技術でもある。

製品開発は、設計部門、生産技術部門、材料部門の連携により行われる。これら3部門の「接着」に関わる関係を概念的に図1<sup>1)</sup>に示した。X軸はデバイスが必要とする機能および材料に要求される機能(電氣的、熱的、機械的、光学的、化学的など)に関する軸であり、Y軸は材料の種類や物

性(エポキシ系、ウレタン系、光硬化、ガラス転移温度、弾性率、収縮率、膨張係数など)に関する軸であり、Z軸はデバイスの構造や材質、組み立てプロセスなど(部品の材料、表面処理、接合部の形状・寸法、硬化方法・条件、接合の前後工程など)に関する諸因子である。一般に、X-Z面はデバイス開発・設計部門、X-Y面は材料部門、Y-Z面は構造設計・生産技術部門が担当しており、それぞれ専門性が高いため相互に立ち入ることができないことが多い。

たとえば、光部品においてレンズやミラーをひずみなく接着する場合を考えてみる。デバイス開発・設計部門は機器の目的を達成するために、レンズやミラーの形状・寸法や材質、取り付け部の形状・寸法や材質、ひずみの許容値などを提示してくる(x, 0, z)。次に、材料部門では、要求機能の低ひずみを実現するために硬化収縮率や膨

\* Kosuke Haraga 三菱電機株 先端技術総合研究所 環境・分析評価技術部 主席研究員

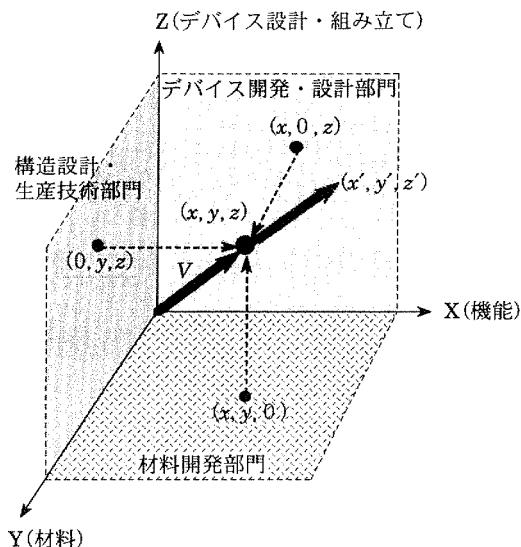


図1 「接着」に関わる3部門の関係

張係数が低い材料の選定や開発を行う  $(x, y, 0)$ 。最後に、構造設計・生産技術部門では、デバイス開発・設計部門から出された機能上の制約条件の中で材料部門が開発した材料を用いて、コンパクトで組み立てやすくするための構造やプロセス、設備を設計していく  $(0, y, z)$ 。構造やプロセス、設備の面から材料部門へ改良の要求が出される場合も多い。このように、2次元の側面の組み合わせでは、デバイス開発・設計部門と構造設計・生産技術部門の両方から材料開発部門へ過大な要求を強いられることとなり、要求を満足できず機器の開発自体が困難になる場合もある。

ここで、最終的に求められているものは、2次元的なX-Z面  $(x, 0, z)$ 、X-Y面  $(x, y, 0)$ 、Y-Z面  $(0, y, z)$  上に存在するのではなく、X-Y-Z空間  $(x, y, z)$  上にある。2次元座標の組み合わせでは目標の  $(x, y, z)$  座標の1点に収束するとは限らない。1点に収束させるためには、それぞれの部門がベクトルVで目標座標  $(x,$

$y, z)$  をめざしていくことが必要である。これができると、目標座標の  $(x, y, z)$  はさらに大きな座標  $(x', y', z')$  に到達できることが期待される。

3部門を有機的に結び付けるためには、種々の要素技術についてしっかりした評価、解析を行いデータベースを蓄積しておくことが重要であり、その一つが次に述べる接着設計技術である。

## 1.2 接着設計技術とは

「接着設計技術」とは、接着のもつ利点を最大限に活用し、欠点をカバーして、高性能・高機能でばらつきが少なく信頼性に優れた製品を低コストで製造するための技術のことである。

接着設計技術は、図2<sup>2)</sup>に示すように、接着技術に関係する機能設計、構造設計、材料設計、プロセス設計、設備設計、品質管理などの要素技術で構成されている。これらの要素技術が、データベースやノウハウに裏づけされて有機的につながりシステム化されたものが接着設計技術である。

## 2. 接着設計技術の要素技術

### 2.1 機能設計

接着の機能設計は、接着接合が有する多くの利点、機能を製品設計にいかうまく生かすかの技術である。接着接合を採用することにより、新しいコンセプトの構造や製造法を創造することである。

たとえば、図3<sup>3)</sup>は、2枚のCCDを使うVTRカメラにおけるCCDの軸合わせを示したものであるが、X、Y、Z軸方向と各軸回りの回転方向  $\alpha, \beta, \theta$  の6自由度を  $\mu\text{m}$ オーダーで調整しなければならない。この調整を複数のねじ調整で行うには複雑な部品構造と熟練技能が必要である。図4<sup>3)</sup>は接着を利用して改良された構造である。

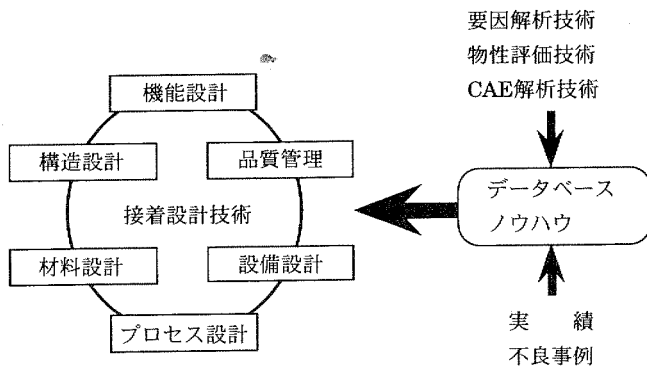


図2 接着設計技術の概念

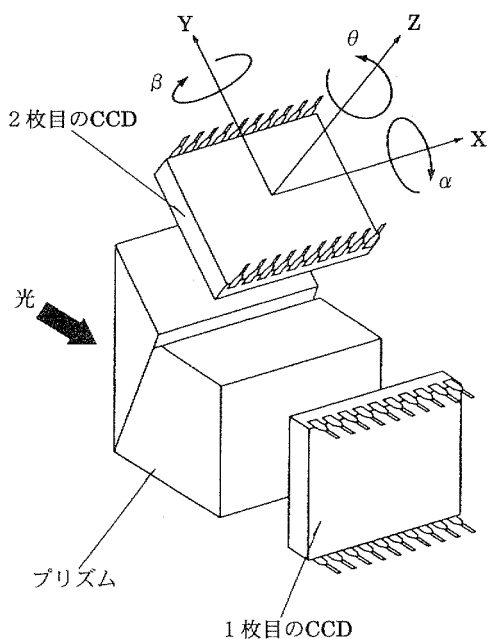


図3 2枚のCCDとプリズムの位置関係

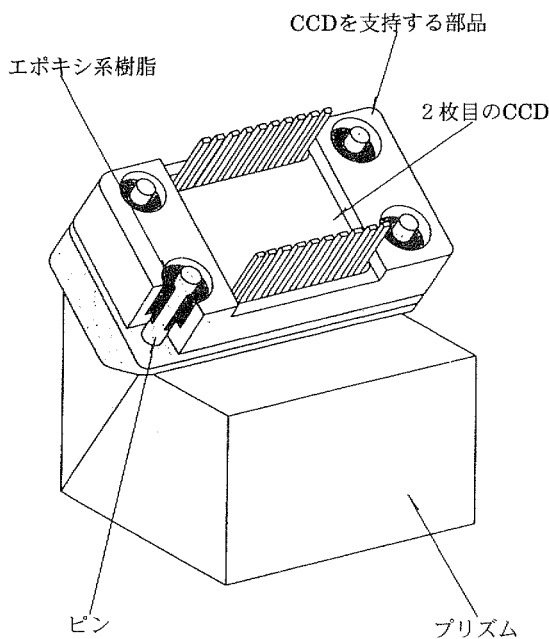


図4 新開発のCCD固定法

プリズム側に4本のピンとCCDの支持部品にピンより大きい穴が開いており、各ピンを穴に挿入した状態で非接触に微調整を行い、調整終了後ピンと穴の間にエポキシ樹脂を流し込んで硬化させて固定する。製品内に調整機構がないので小型軽量化ができ、位置の微調整を非接触で行うので調整が短時間で容易にできるようになっている。こ

の例では、接着の隙間充填性が巧みに利用されている。

図5<sup>4)</sup>は、接着剤とリベットの併用により組み立てられる制御盤用筐体の構造例である。このような板金構造物は、溶接やボルト・ナット、リベットで組み立てられるのが一般的であるが、接着接合に変更することにより、熟練技能（アーク溶

接、ひずみ取り作業)からの脱皮、3K作業(溶接、パテ作業、塗装など)の廃止、製造工程の合理化(ひずみ修正作業の廃止)、性能向上(軽量・高剛性化)、製造エネルギーの削減などが一挙に達成されている。ここで、接合強度、耐久性、剛性、シール性、応力分散、振動吸収、電食防止(絶縁)などの基本性能は接着剤に依存しているが、リベットが次のような機能を果たして接着の欠点を一挙に解決している。

(リベットの機能)

- ① 接着剤硬化までの固定治具の代用
- ② 容易で高精度な位置合わせ
- ③ 電氣的導通の確保(電着塗装、アース、電磁シールドなど)
- ④ 高温(焼き付け塗装時など)でははがれ、変形防止
- ⑤ピール力による破壊防止
- ⑥ クリーブ変形の防止
- ⑦ バックアップ(火災による接着剤焼失時など)

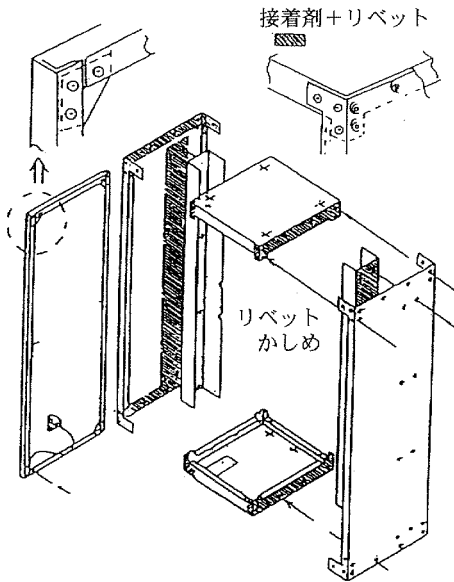


図5 接着・リベット併用組み立て法による制御盤用筐体の構造の一例

## 2.2 構造設計

接着の構造設計といえば、通常、高強度を得るための継手設計と考えられがちであるが、接着部および接着される部品の構造は、接着耐久性、部品の機能、施工性、コストにも大きな影響を及ぼす。このため、これらの点を考慮して接着の構造設計を行うことが必要である。

### 2.2.1 耐久性への構造の影響

耐久性への構造の影響の一例を示す。図6は、接着面積がいずれも $S$ で同一で、接着部の形状が円形、正方形、長方形と異なる金属の突き合わせ引張り試験片である。静的強度はいずれも同一であるが、耐湿性・耐水性には大きな違いがある。これは、水分は接着部の周囲から浸入してくるた

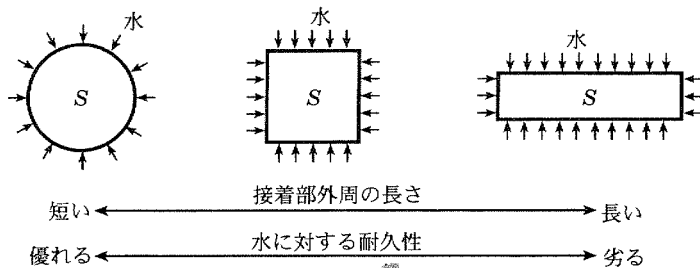


図6 接着部の外周の長さとの耐湿性・耐水性

め、接着部の外周の長さが長いほど水分の浸入が多く、短時間に強度低下するためである。簡単には、接着面積 $S$ /接着部外周の長さ $L$ が大きいほど耐湿性・耐水性に優れている。接着面積 $S$ を大きくすれば耐湿性・耐水性を向上させることができるが、寸法的制約から大きくできない場合には、図7に示すように接着部の形状を変更することにより、外周の長さ $L$ を一定としたまま接着面積 $S$ を増加させることができる。

### 2.2.2 部品の機能への構造の影響

部品の機能への構造の影響の一例を示す。図

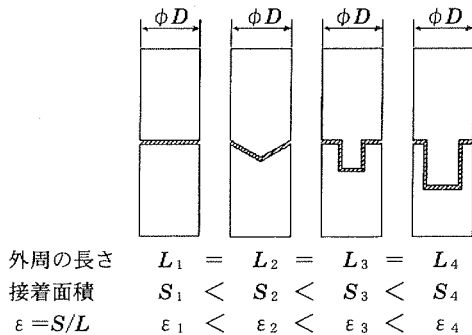


図7 接着部の外周の長さ $L$ を一定にしたまま耐湿性・耐水性を向上させる形状の例

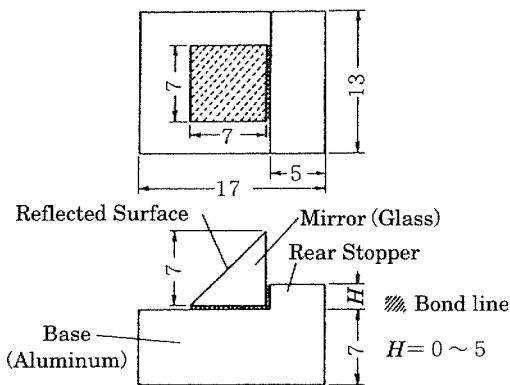


図8 アルミのベースとプリズムミラーの接着構造

8<sup>5)</sup>は、アルミのベースにプリズムミラーを接着したものである。ミラーの位置合わせを容易にするために、ベースの後方に高さ $H$ の当たり面が設けられている。図9<sup>5)</sup>は、ベース当たり面の高さ $H$ とミラー反射面のひずみ量 $\Delta Z$ の関係を示したものである。この結果より、当たり面の高さ $H$ が高くなるにつれてひずみが増大していることがわかる。これは接着剤の硬化収縮に伴う内部応力によるものである。

### 2.2.3 施工性を考慮した構造

施工面では接着剤が液体であるため、ねじのような機械的締結とは異なる構造が必要となる。たとえば、接着剤を塗布しやすく、塗布した接着剤が流れ出さない構造、部品の貼り合わせ時に周囲を汚したり塗布した接着剤が欠き取られない構造、位置合わせが容易な構造、接着剤のはみ出しを防止する構造やはみ出した接着剤が周囲に影響を及ぼさない構造、接着剤が硬化するまでの仮固定が容易で位置ずれを防止する構造などが必要である。また、いったん接着されてしまうと簡単に取り外せないため、外観が類似した部品や取り付け方向をまちがいがしやすい部品では、誤って接着し

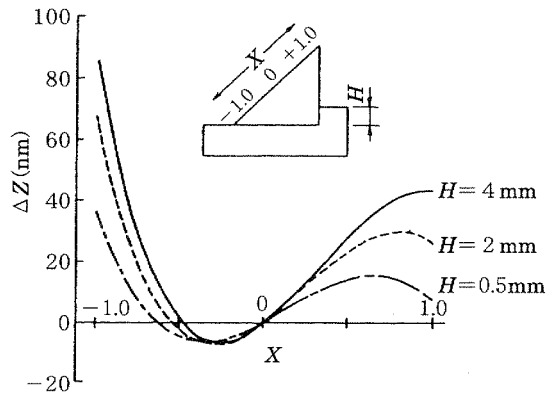


図9 ベース当たり面の高さ $H$ とミラー反射面のひずみ量 $\Delta Z$ の関係

ようとしても接着部が合わないようにしておくなどの配慮も必要である。

施工性を考慮した構造の例を示す。

図10<sup>6)</sup>は、プレコート鋼板製の照明器具の外観と接着組み立て構造を示したものであり、反射板の裏面（サービスコート面）と端板の表面（トップコート面）が接着結合されている。プレコート鋼板製であるため、接着剤のはみ出しは致命傷となる。接着剤が塗布された端板を反射板に組み付ける際に、塗布された接着剤が欠き取られないように、端板を反射板に上方から落とし込めるようになっており、接着剤が硬化するまでの固定のために、図11<sup>6)</sup>に示すように、かしめによる仮固定がなされている。意匠面への接着剤のはみ出し防止のためには、接合部に溝や段差を付けて接着剤の流出を防止する設計がなされている。

部品の位置合わせのために、接着剤を塗布した部品を所定の位置まで滑らせていく場合がある。このような場合、余分なところに接着剤が付着し

て汚したり、滑らせる際に接着剤が欠き取られたりすることがある。図12のように、部品に凹凸を設けて、接着剤を凸部の高さより薄く塗っておけば、部品を貼り合わせて初めて接着剤が押しつぶされるので汚れや欠き取りは起こらない。また、位置合わせも容易である。

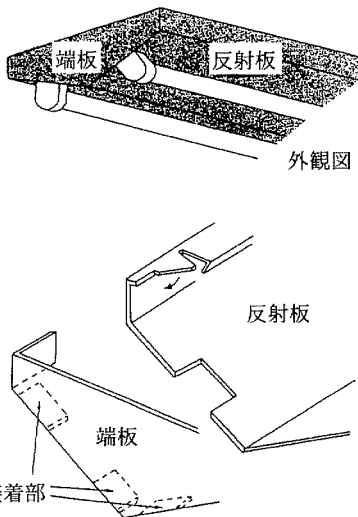


図10 プレコート鋼板製の照明器具の外観と接着組み立て構造

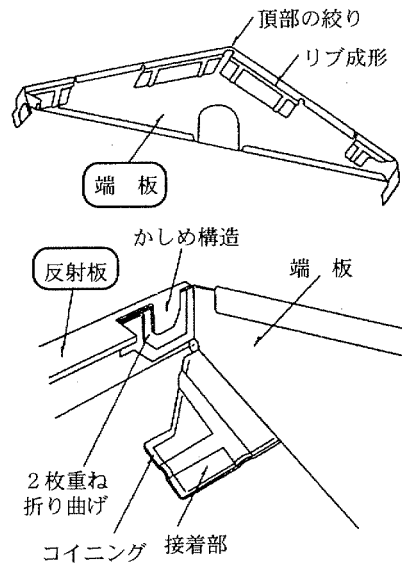


図11 照明器具反射板の接合部の構造

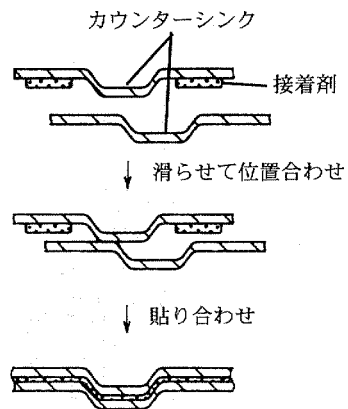


図12 接着剤による汚れ防止の構造例

## 2.2.4 接着強度の実力値

接着剤のカタログに室温におけるせん断接着強度が20MPaと記されていても、20MPaで設計することはできない。接着強度の実力値はカタログ値よりかなり低い。この実力値のことを筆者は「実効接着強度」<sup>7)</sup>と呼んでいる。クリーブ、疲労、熱サイクル、熱・水・薬品・光などの環境劣化も考慮して、破壊しない応力の上限值が接着剤の実力値、すなわち「実効接着強度」である。「実効接着強度」には「ばらつき」も当然考慮されるべきである。平均値や5個程度の試験データで設計することは論外である。「再現性」も考慮した最低値のデータが必要である。実効接着強度は、室温における静的初期強度の1/30程度であることもある。

## 文 献

- 1) 大場洋一, “今なぜ接着なのか”, 有機エレクトロニクス材料研究会編, p1-6, ぶんしん出版 (1998)
- 2) 原賀康介, “電気・電子機器における接合設計”, 有機エレクトロニクス材料研究会編, p7-42, ぶんしん出版 (1998)
- 3) 日経メカニカル, 1992年6月29日号, p88
- 4) 緑川聡, 永田一也, 原賀康介, “接着剤とリベットの併用による板金構造物の組立技術「MELARS」”, 接着の技術, 19 (1), 85 (1999)
- 5) 寺本和良, 西川哲也, 原賀康介, “接着による光学歪みに及ぼす接着条件の影響”, 日本接着協会誌, 25 (11), 7 (1989)
- 6) 白井英一ほか, “最近の新方式加工技術事例”, 三菱電機技報, 66 (3), 44 (1992)
- 7) 中島, 田口, 眼龍, 八木, 原賀, “接着剤とリベット併用による板金筐体の設計・施工技術”, 機械設計, 41 (4), 87 (1997)

# CO<sub>2</sub>固定化・隔離の最新技術

呈・詳細パンフレット

監修：乾 智行 (T262)

構成および内容

- 第1章 総論**  
**第2章 バイオマス利用**  
 1 微生物機能の応用によるCO<sub>2</sub> on-site処理技術  
 2 バイオマス資源とCO<sub>2</sub>問題  
**第3章 微細藻類によるCO<sub>2</sub>固定**  
**第4章 植物の利用**  
**第5章 海洋生物の利用**  
**第6章 二酸化炭素の分離**  
 1 膜分離  
 2 吸着分離  
 3 化学吸収法による炭酸ガス分離技術  
**第7章 CO<sub>2</sub>の海洋隔離**  
**第8章 CO<sub>2</sub>の地中隔離**  
**第9章 CO<sub>2</sub>の鉱物隔離**

- 第10章 光化学的二酸化炭素還元反応**  
**第11章 電気化学・光電気化学的二酸化炭素固定**  
**第12章 超臨界二酸化炭素を用いる固定化技術**  
**第13章 CO<sub>2</sub>を利用する有機合成**  
**第14章 高分子合成**  
**第15章 直接分解**  
 1 CO<sub>2</sub>の直接分解  
 2 CO<sub>2</sub>のCH<sub>4</sub>による接触還元反応NASA技術とそのCO<sub>2</sub>固定化への応用  
**第16章 触媒水素化**  
 1 CO<sub>2</sub>の触媒水素化によるメタノール合成  
 2 エタノール炭化水素合成  
**第17章 CO<sub>2</sub>交換システムと経済評価**  
**第18章 CO<sub>2</sub>の複合変換システム構想**

執筆者

乾 智行 (京都大学名誉教授) 湯川英明 (財地球環境産業技術研究機構) 道本英之 (東洋エンジニアリング㈱) 宮本和久 (大阪大学大学院) 蔵野憲秀 (東洋バイオテクノロジー研究所) 北島佐紀人 (財地球環境産業技術研究機構) 富澤健一 (財地球環境産業技術研究機構) 横田明穂 (奈良先端科学技術大学院大学) 松永 晃 (東京農工大学) 竹山春子 (東京農工大学) 真野 弘 (財地球環境産業技術研究機構) 松本公治 (関西電力㈱) 三村富雄 (関西電力㈱) 飯高正樹 (三菱重工㈱) 光岡寛明 (三菱重工㈱) 大隅多加志 (財電力中央研究所) 増田重雄 (財地球環境産業技術

研究機構) 小出 仁 (地質調査所) 鈴木 敏 (静岡大学) 田中 晃二 (岡崎国立共同研究機構) 藤田祥三 (大阪大学大学院) 北村隆之 (大阪大学大学院) 和田雄二 (大阪大学大学院) 藤本哲人 (東京工業大学大学院) 紀尾隆雄 (東京工業大学大学院) 佐々木義之 (資源環境技術総合研究所) 杉本 裕 (東京理科大学) 井上祥平 (東京理科大学) 滝田祐作 (大分大学) 加藤三郎 (味島津製作所) 斎藤昌弘 (資源環境技術総合研究所) 荒川祐嗣 (工業技術院) 丹羽巨治 (財地球環境産業技術研究機構) 鈴木栄二 (財地球環境産業技術研究機構)

■体裁/B5判・274頁 ■発行/2000年1月 ■定価/本体57,000円+税

<発行> 株式会社 シーエムシー

申込 FAX 03-3293-2069  
<http://www.cmcbbooks.co.jp/>

# 調査・資料・報道・抄録 半月刊 スマンケミカル

12-1

Vol.29 No.21

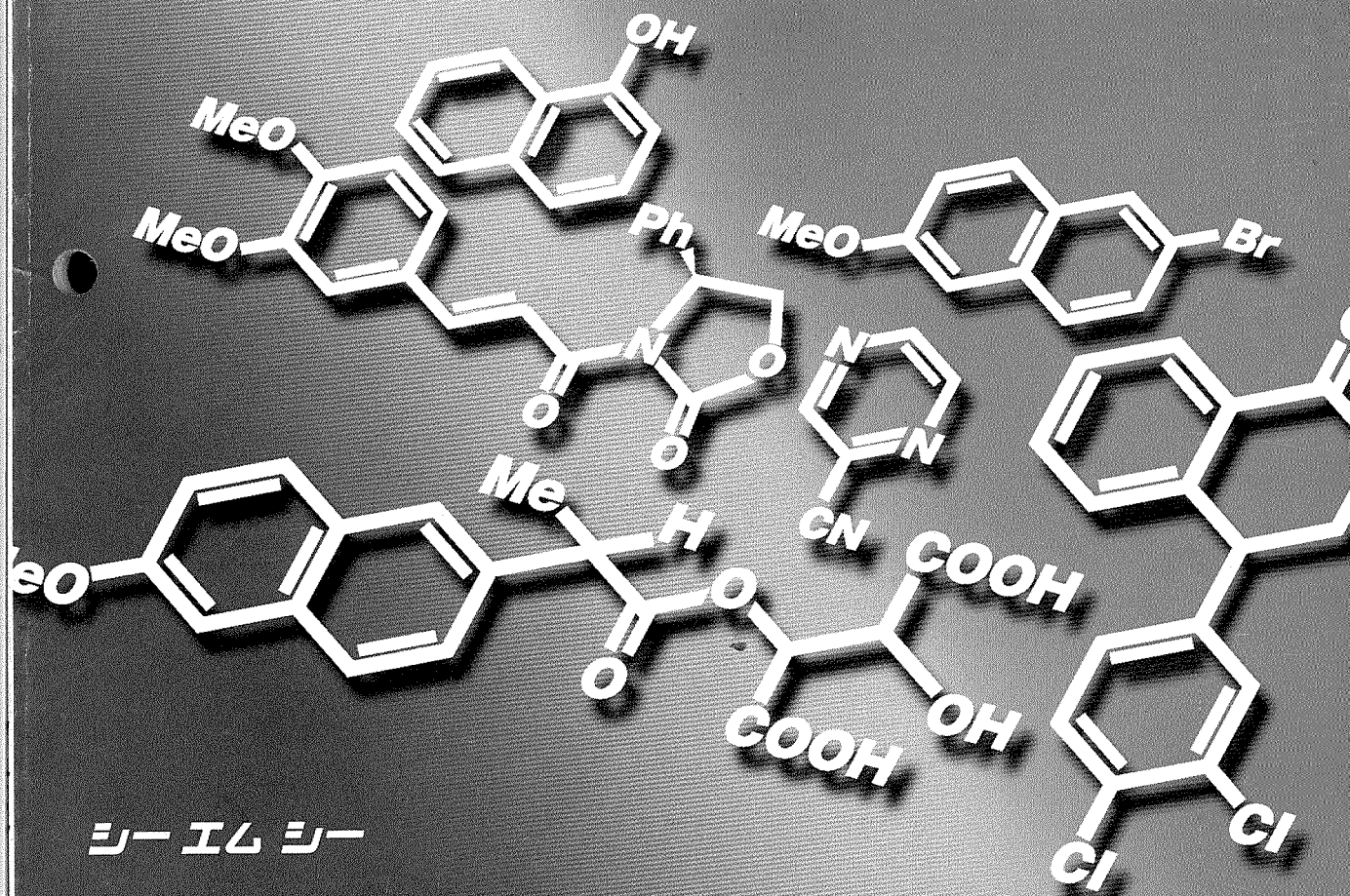
DEC.1, 2000

## R&D Report

- コーティング分野におけるリサイクル技術の現状と課題
- 電気・電子/光学部品組み立てにおける接着設計技術(1)

## Chemical Profile

- ジアミノマレオニトリル
- 塩化ベンジルトリブチルアンモニウム
- 塩化ベンジルトリメチルアンモニウム



シーエムシー