

分析機器解説シリーズ(87)

◆走査プローブ顕微鏡をつかつた有機高分子材料の形状観察P1
九州大学大学院工学研究院応用化学部門 田中 敏二

トピックス

◆単層カーボンナノチューブの分離精製における遠心技術の応用P5
日立工機(株)ライフサイエンス機器事業部 森田 正隆

お知らせ

P8

分析機器解説シリーズ(87)

走査プローブ顕微鏡をつかつた有機高分子材料の形状観察

九州大学大学院工学研究院応用化学部門 田中 敏二

1

はじめに

1982年、BinningおよびRohrerらによって走査トンネル顕微鏡 (Scanning Tunneling Microscope; STM) が開発されて以来、原子や分子を直接観察し、移動させるという長年の夢が現実のものとなった。以来、STMは原子間力顕微鏡 (Atomic Force Microscope; AFM) や水平力顕微鏡 (Lateral Force Microscope; LFM)、近接場光学顕微鏡 (Scanning Near-field Optical Microscope; SNOM)、ケルビンフォース顕微鏡 (Kelvin Force Microscope; KFM)、走査粘弾性顕微鏡 (Scanning Viscoelasticity Microscope; SVM) の開発へと繋がり、有機高分子材料のナノメートルレベルでの表面観察や物性計測を急速に発展させた。これら一連の顕微鏡は走査プローブ顕微鏡 (Scanning

Probe Microscope)¹⁻³⁾と総称され、何を「プローブ」とするかで名称が付けられている。近年の有機高分子材料研究において、SPMの使用は珍しくなく、汎用装置として位置づけられつつある。ここでは、有機高分子材料の表面観察において最も使用頻度の高いAFMの測定原理と観察例を紹介する。また、STMおよびSNOMについても簡単に測定原理を解説する。

2

AFM

AFMは探針と試料表面に働く原子間力をプローブとし、試料表面の高さ分布を観察する装置である。探針と試料表面には必ず原子間力が働くので、AFMでは試料の前処理を必要としない。高分子のAFM観察例は、

合成高分子鎖一本のコンフォメーションからポリマーブレンドやブロック共重合体などの表面形態まで幅広く報告されている。スケールで考えると、一本の分子からマクロな材料の表面数100nm程度の凹凸までが観察対象となる。また、有機低分子材料へも幅広く適用されており、一分子の形態や二次元結晶構造、さらには、集合体の観察にも威力を発揮している。

従来は、探針を試料表面に接触した状態で走査するコンタクトモードが主流であったが、近年では、探針を振動させた状態で試料表面に僅かに接触させる間欠接触 (Intermittent Contact; IC) モードや探針が試料面に全く接触しない非接触 (Non Contact; NC) モードが注目を集めている。ICモードやNCモードの観察はダイナミックモードAFMと呼ばれることがある。ここでは、まず、コンタクトモードAFMについて解説し、ICモードAFMとその特徴ならびにNCモードの概略について述べる。つぎに、AFMをベースとしたナノテクノロジーへの展開についても紹介する。

2-a. コンタクトモード：図1は光てこを用いたコンタクトAFMの原理図であり、試料がピエゾ圧電素子(PZT)の上におかれている。カンチレバーと呼ばれる薄い板バネの先端に長さ数mmの探針がついている。

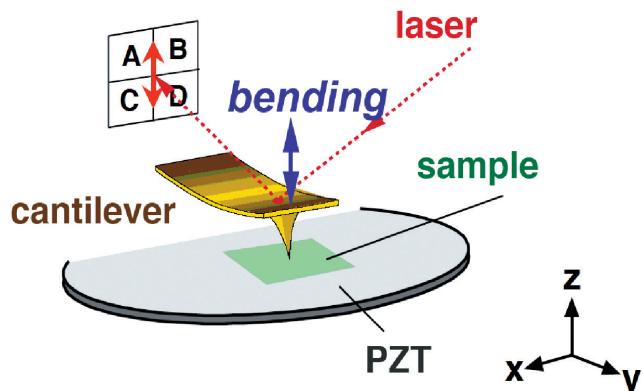


図1 光てこを用いたコンタクトAFMの原理図

探針と試料表面の相互作用、すなわち、原子間力はカンチレバーのたわみ量に基づき検出する。たわみ量はカンチレバー背面にレーザー光を照射し、反射光を4分割フォトダイオードに入射することで評価する。探針はピエゾスキャナーを用いて走査させる。市販の装置では、ピエゾスキャナーは試料台の下、あるいはカンチレバーの支持部に取り付けられている。通常は、探針と試料表面間の力が一定になるようにフィードバックをかけ、表面形状を観察している。また、探針が試料表面を走査するさい、カンチレバーは上下方向にたわむとともに横方向にねじれる。このねじれは、探針と試料表面間に働く水平力に起因する。図1に示したセットアップでは、水平力は4分割フォトダイオードの(A+C)と(B+D)の出力差より検出できる。水

平力を検出するモードはLFMあるいは摩擦力顕微鏡(Frictional force Microscope; FFM)と呼ばれる。AFM像とLFM像は4分割フォトダイオードの各セクター出力の演算処理が異なるだけなので、通常の市販装置では同時観察が可能である。

カンチレバーのたわみ量はSTM方式あるいは光干渉方式によっても評価できる。STM方式では、てこ背面に金属探針を配置し、探針に流れるトンネル電流を計測する。また、光干渉方式では、光ファイバー端面をてこ背面近傍に配置し、レーザー光の干渉を測定す

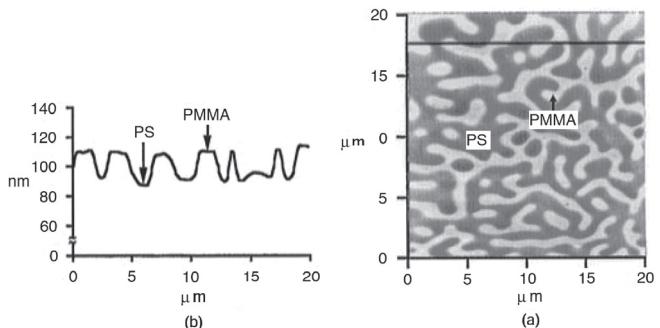


図2 コンタクトモードで観察したPS/PMMAブレンド膜の表面形態

る。図1に示した光てこ方式は装置が簡便である、LFM像が同時に得られる等のメリットがあるが、その一方で、カンチレバーのたわみとねじれが独立でない等の問題点もある。

図2はコンタクトモードで観察したポリスチレン(PS)/ポリメタクリル酸メチル(PMMA)ブレンド膜のAFM像(a)と高さプロファイル(b)である。⁴⁾

高さプロファイルは(a)中の直線部を横から見ていくことに対応する。膜厚は膜の一部をナイフで切り取ったさいの、基板と試料表面のステップ差から評価できる。図2より、PSとPMMAの両相が膜表面に存在しており、その高さの差は約20nm程度であることがわかる。

2-b. ICモード：柔らかい材料をコンタクトモードで観察する場合、走査中に試料表面がダメージを受ける場合も少なくない。このような時には、探針を試料表面に瞬時に接触させるICモード観察が有効である。装置によっては、「タッピングモード」や「ダイナミックフォースモード」等と呼ばれている。ICモードでは、カンチレバーの支持部にピエゾアクチュエーターを貼り付け、その自由共振周波数付近の周波数で振動させる。探針が試料表面から十分離れている場合には、レバーの振動振幅は大きいが、試料表面に接触すると振動振幅は小さくなる(図3)。振動振幅の減衰量が一定になるようにフィードバックをかけて走査すれば、表面にダメージを与えることなく形状が得られる。また、レバーの振動振幅が減少すれば、カンチレバー信

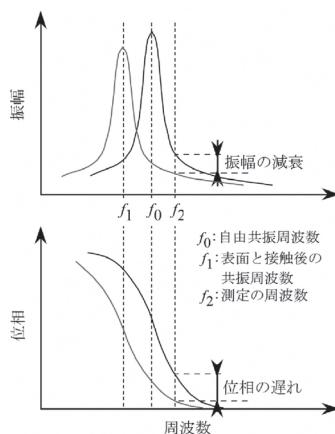


図3 ICモード測定の原理図

揮する。例えば、ブロック共重合体の表面相構造や結晶性高分子表面近傍での非晶・結晶相の観察等がその典型的な例である。振動振幅の減衰量を大きくして走査する「ハード」な条件は、形態観察という意味で問題点はあるが、表面より下に存在する領域の物性測定という観点からは有益な場合も多い。

図4はICモードで観察したマイカ基板上のPS-block-PMMA共重合体のAFM像(a)およびそのモデル図(b)である。⁵⁾ 観察試料はPS-block-PMMA共重合体を希薄なベンゼン溶液から水面上に展開し、マイカ基板上に移し取ることで調製している。マイカに移し取った直後は、PSだけでなくPMMAも凝集したコンフォメーションを取っているが、高湿度下で処理することによりPMMAの分子鎖が著しく伸びたコンフォメーションに変化する。形態像中の暗い領域は基板であるマイカに対応する。図中、ほぼ中心に位置した明るい領域は3つのPS単分子粒子から形成されている。また、PS粒子に繋がったひも状のものは著しく伸びた単独PMMA鎖に対応する。このような、柔らかい試料の観察にはICモードは威力を發揮する。

2-c. NCモード：カンチレバーのQ値（レバーの共振回路に蓄えられるエネルギーと1周期で失われるエネルギーの比の 2π 倍）が高い環境、例えば、真空中などで分子分解能を必要とする場合に用いられる。探針と試料表面が非接触な状態での相互作用を共振周波数の変化として検出する。

2-d. ナノテクノロジーへの展開：AFMはナノテクノロジーの加工ツールとしても期待されている。例えば、

号の位相も遅れる（図3）。この位相差は試料表面近傍の物性、とくに、粘弾性や凝着力等に敏感に応答する。したがって、振動振幅の減衰量でフィードバックをかけ位相情報も検出すれば、高さ像とともに物性のマッピングも同時に得られる。位相イメージングは表面が多相構造である場合に威力を発揮する。

図4はICモードで観察したマイカ基板上のPS-block-PMMA共重合体のAFM像(a)およびそのモデル図(b)である。⁵⁾ 観察試料はPS-block-PMMA共重合体を希薄なベンゼン溶液から水面上に展開し、マイカ基板上に移し取ることで調製している。マイカに移し取った直後は、PSだけでなくPMMAも凝集したコンフォメーションを取っているが、高湿度下で処理することによりPMMAの分子鎖が著しく伸びたコンフォメーションに変化する。形態像中の暗い領域は基板であるマイカに対応する。図中、ほぼ中心に位置した明るい領域は3つのPS単分子粒子から形成されている。また、PS粒子に繋がったひも状のものは著しく伸びた単独PMMA鎖に対応する。このような、柔らかい試料の観察にはICモードは威力を発揮する。

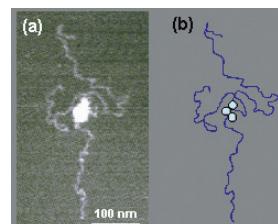


図4 ICモードにより観察したPS-block-PMMA共重合体鎖の形態

探針一試料間に比較的大きな斥力を印可して走査すれば、力学的な摩耗や掘削により試料表面にスクラッチパターンやドットを形成できる。⁶⁾また、探針から試料表面へ「分子状のインク」を流しても、試料表面に書き込みができる。このような手法は、ディップペン・ナノリソグラフィーと呼ばれ、昨今、注目を集めている。⁷⁾具体的には、アルカンチオールの“分子状インク”を金基板上に流していくけば、自己組織化によってチオール部位が金原子と結合を形成するため、文字や線が書けることになる。分解能は探針の先端径にも依存するが、50nm程度であれば比較的容易に達成できる。この値は、従来の光学ナノリソグラフィー技術と比較して精度が高い。ディップペン・ナノリソグラフィーではAFMを用いて書き込みを行うため、読みとり（観察）に関しても、その場で行うことができる。

AFMを用いたナノ加工では、探針径や化学的性質、カンチレバーの硬さ等に細心の注意を払うことはもちろんであるが、ピエゾスキャナーの特性についても考慮することが必要である。一般に、ピエゾスキャナーの動きはヒステリシス・クリープ特性に起因する非線形性を示す。通常の形態観察などでは、ピエゾスキャナーの非線形性はソフトウェアによる補正を行うことでクリアしているが、ナノ加工時に非線形性が顕著になると、書き込んだ文字あるいは線自身が歪むことになる。このため、AFMを用いてナノ加工を行うさいには、ピエゾスキャナーの非線形性をリアルタイムで補正するクローズドループ方式のリニアスキャナーを用いることが望まれる。ナノテクノロジーへの展開は、AFMだけでなく他のSPMも同程度以上に有効であり、多種のプローブを組み合わせて使用することが最も現実的である。

3 STM

STMの場合、金属探針を試料から僅かに離した状態でバイアス電圧を印可し、そのさいに流れたトンネル電流を測定する。すなわち、探針と試料間のトンネル電流をプローブする。このため、トンネル電流が一定になるようにフィードバックをかけ、試料表面を走査すれば形態像が得られる。一方、高さを一定にして面内を走査すれば電流像が得られる。一般にSTMの高さおよび面内方向の分解能はAFMよりも高いが、絶縁試料は観察しにくいという問題があるため、有機高分子材料への適用は制限される。換言すれば、観察したい有機高分子試料が導電性基板上に薄膜あるいは一分子の状態で調製できれば、STM観察は極めて有効である。観察において、探針は基板とのトンネル条件

が成立する程度の距離だけ離す必要があり、有機高分子の場合は1nm程度である。バイアス電圧の値は観察時の重要なパラメーターであり、大きさによって基板の原子像が観察されたり、着目している物質が観察されたりする。STM像の「見え方」に関しては、様々な議論があり、統一的な考え方で像を説明できるところまでは至っていない。観察例として、金基板上のアルカンチオール自己組織化単分子膜の分子配列^⑨やフラーレン等の有機分子^⑩の他、基板上でのポリエーテルの重合過程^⑪等がある。

4 SNOM

光学顕微鏡では、光学レンズを用いて光を回折・屈折させるため、その分解能は回折限界、すなわち、光の波長程度に限定される。一方、SNOMでは微小開口からでた照明用レーザー光をその回折限界よりも近い領域内で試料に照射させる（図5）。このような場合、面内の分解能は微少開口のサイズによって決定される。一般に、開口型プローブは光ファイバーを溶融延伸して、先端をテープ化したものに金属を蒸着して作成する。SNOMでは、光ファイバー先端と試料表面の距離を正確に制御する必要がある。このため、ファイバー先端のZ軸は、AFM動作による力検出、あるいは、横方向に共振させたさいのシアフォース検出でフィードバックをかけて制御する。

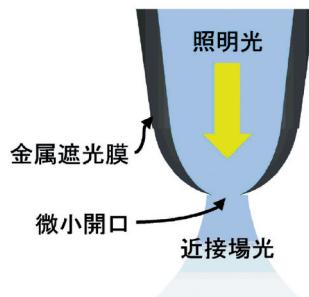


図5 SNOMの原理図

通常は、試料を微小開口より光照射し、透過光、反射光、蛍光などの伝搬光を対物レンズなどで集光してマッピングするイルミネーションモード、あるいは、試料の照射と集光を一つのプローブファイバーで行うイルミネーション/コレクションモードで観察を行う。異なった測定モードで得られる像は、像そのものやコントラストが異なることがあります。また、それぞれに長所、短所があるため、目的に応じて測定モードを使い分ける必要があります。また、SNOMは観察だけでなく局所領域の分光測定も可能であり、幅広い展開が期待できる。有機・高分子分野におけるSNOMの適用例としては、二元の相分離構造解析^⑫や高分子結晶構造の解析^⑬、また、光ナノ記録のツールとしての使用^⑭等がある。

5 おわりに

これまで述べたように、SPMは有機高分子材料の表面形態観察において極めて有力なツールである。しかしながら、材料表面を高度に機能化するためには、構造だけでなく、物性についてもナノレベルで評価することが必要となる。紙面の都合上、SPMを用いた有機高分子材料表面の物性解析については割愛したが、興味のある方は他の総説を参考にされたい。¹⁴⁻¹⁵⁾

【参考文献】

- 1) 森田清三 編著: 走査型プローブ顕微鏡 基礎と未来予測, (2000), 丸善.
- 2) 日本表面科学会 編: ナノテクノロジーのための走査型プローブ顕微鏡, (2002), 丸善.
- 3) 森田清三 編著: 原子・分子のナノ力学, (2003), 丸善.
- 4) Tanaka, K., Takahara, A. and Kajiyama, T.: *Macromolecules*, 29, 3232 (1996).
- 5) Kumaki, J., Nishikawa, Y. and Hashimoto, T.: *J. Am. Chem. Soc.*, 118, 3321 (1996).
- 6) Sugihara, H., Takahara, A. and Kajiyama, T.: *J. Vac. Sci. Technol. B*, 19, 593 (2001).
- 7) Piner, R. D., Zhu, J., Xu, F., Hong, S. H. and Mirkin, C. A.: *Science*, 283, 661 (1999).
- 8) K. Kobayashi, H. Yamada, T. Horiuchi, K. Matsushige, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 37, 6183 (1998).
- 9) M. Kunitake, S. Uemura, O. Ito, K. Fujiwara, Y. Murata, K. Komatsu, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 41, 969 (2002).
- 10) M. Sano, D. Y. Sasaki, Kunitake, T, *Macromolecules*, 25, 6961 (1992).
- 11) H. Aoki, S. Ito, *J. Phys. Chem. B*, 105, 4558 (2001).
- 12) S. Sasaki, Y. Sakai, A. Takahara, T. Kajiyama, *Polymer*, 43, 3441 (2002).
- 13) T. Kawai, T. Konishi, K. Matsuda, M. Irie, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 40, 5145 (2001).
- 14) 梶山千里, 田中敬二, 高原 淳: 機能材料, 22, 5 (2002).
- 15) 田中敬二, 梶山千里: 機能材料, 23, 28 (2003).

トピックス

単層カーボンナノチューブの分離精製における遠心技術の応用

日立工機(株)ライフサイエンス機器事業部 森田 正隆

1. はじめに

フラーレンの一一種といわれているカーボンナノチューブ (CNT) が1991年に発見されてからいろいろなタイプのCNTが報告されている。これらの経緯の中で問題となるひとつのテーマが精製法である。これまでに、電気泳動法、フィルター、クロマトグラフィーそして遠心分離などによる精製法が報告されているが、ここでは遠心分離、とりわけ100,000xg以上の高遠心加速度が得られる超遠心機による精製について検討した。

超遠心機を用いた精製方法は1996年にフラーレンに関する研究でノーベル化学賞を受賞したRichard Smalleyのグループからも報告されている。その一つが2002年のScienceに報告されたもので、SDS (ラウリル硫酸ナトリウム) を用い重水中でミセル化した単層CNTから单一バンドルのものを分離し測定したものである¹⁾。その他、超遠心機による精製についてはいくつかの報告が見られる。^{2),3)}

そこで、ここでは遠心法による分離手法、ロータの選択を含めたCNTの遠心分離について報告する。

2. 遠心機の種類

(1) 低速域遠心機

最高回転速度が10,000rpm程度までの遠心機で、溶液と概ね1μm以上の粒子を分離するためのものである。主に血液の分離、細胞の分離、また細胞内成分では核画分の分離などに用いられるが、その他、牛乳中の脂肪分の定量、油に含まれる水分の定量などに使用される。

(2) 高速域遠心機

最高回転速度が26,000rpm程度までの遠心機で、概ね0.1～1μmの粒子の分離、たとえばミトコンドリアなどの細胞内成分を分離するために用いられる。また、1.5ml程度のマイクロチューブを15,000rpm程度で遠心するための微量高速遠心機と呼ばれるものもあり、特にDNA、RNAなど核酸を扱う分野における必需品となっている。

(3) 超遠心機

最高回転速度が40,000rpm以上のもので、平均遠心加速度（試料チューブの中央部での遠心加速度）が100,000xg以上のものをいう。試料を入れる回転体であるロータが回転する室内は真空であり、温度は精密に制御されている。主に、タンパク質、核酸、ウイルス、またリボソーム画分などオルガネラと呼ばれる細胞内成分でもサイズの小さな成分の分離には欠かせないものである。分離できる粒子サイズは、概ね0.002～0.1μm程度である。

3. 遠心分離法^{4),5)}

(1) 分画遠心法

遠心管に均一な濃度の試料を入れて遠心するもので最も簡便な遠心法である。しかし、均一濃度の試料を遠心するため、沈降しやすい粒子（一般に重い粒子）の中に遠心管の底部に分布していた軽い粒子の混入が避けられず、一度の遠心で精度の高い分離は期待できない。しかし、簡便に多量の試料を処理できるため、分離工程の初段階における粗分離や上澄みと沈殿の分離などに用いられる。細胞内成分の段階的粗分離、また血液の血清（または血漿）と血球成分との分離がこれにあたる。

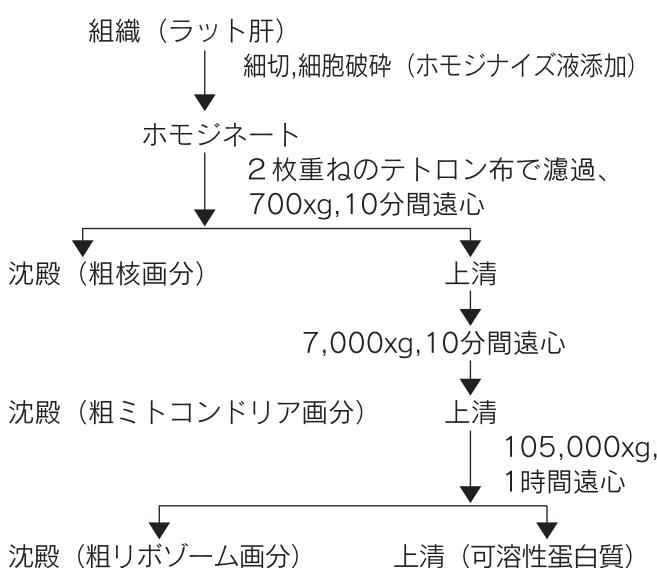


図1 ラット肝の細胞分画の例

(2) 密度勾配沈降速度法

遠心管の上部から底部に向かってショ糖溶液などの密度液を濃度が連続的に大きくなるように遠心管容量の90~95%を満たす。この密度勾配液の上に試料を重層して（遠心管底部の高密度液に分離前試料を懸濁し、その上部に密度勾配液を作成する場合もある。）一定時間遠心すると、試料内の各成分は粒子の大きさ、密度に由来する沈降（浮上）係数の違いに応じて異なった分離層として分離できる。

作成する密度勾配液は試料の種類によって異なるが、ショ糖を用いる場合、通常5~20wt%あるいは10~40wt%などが用いられる。また、試料量は遠心管容量の1/10~1/20程度が一般的である。図2にこの方法を用いて大腸菌由来のリボソームをサブユニットに分離した例を示す。

30S、50S リボソームの分離

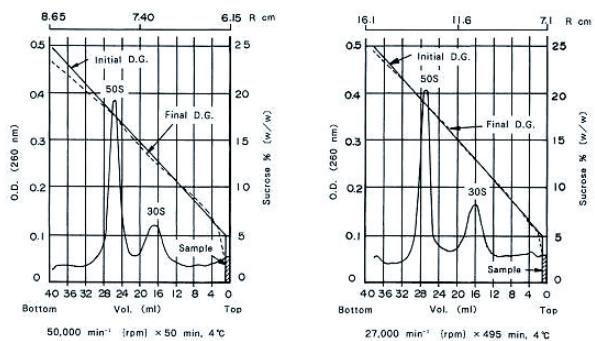


図2 大腸菌リボソームの密度勾配沈降速度法による分離
50,000rpm, 50min, 4°C
P50VT2形バーティカルロータ
27,000rpm, 495min, 4°C
P28S形スイングロータ

(3) 密度勾配沈降平衡法

密度勾配沈降速度法と同様にあらかじめ密度勾配を作成しておき、その上に試料を重層する方法（Pre-forming）と、塩化セシウム⁶⁾、トリフルオロ酢酸セシウム⁷⁾、臭化カリウムなどの塩類やPercoll（Amasham Bioscience社）⁸⁾など、遠心力場において自身で密度勾配をつくる性質を持つた溶液に試料を懸濁しておき均一液で遠心する方法（Self-forming）とがある。これらの方法により一定時間遠心すると、試料中の各粒子は沈降または浮上し、それぞれの粒子の密度と同じ密度になっている場所に集まる。溶液の密度勾配が安定した状態、つまり平衡状態に到達すると、粒子は沈降と浮上の力の釣り合った状態となるため、それ以上遠心しても粒子は移動しない。密度勾配沈降速度法では遠心

時間をかけすぎると、全ての粒子が遠心管の底まで沈降してしまい所定の目的を達成できなくなることがあるのに対し、本方法は一定時間以上遠心しても沈降しすことのない点が有利である。ただし、均一液の遠心の場合、密度勾配の形成に時間を要する場合があり、一般に密度勾配沈降速度法に比較して長時間となる場合がある。図3に密度勾配沈降平衡法による大腸菌プラスミドDNAの分離の際に、塩化セシウムを用いて分離した場合とトリフルオロ酢酸セシウムを用いて分離した場合の違いについて示す。

プラスミド DNAの分離

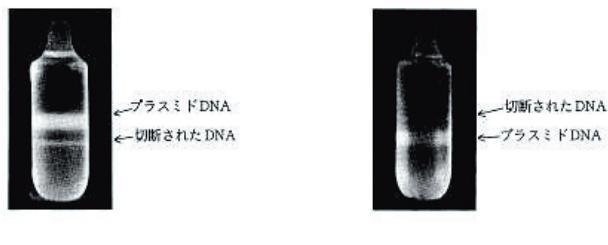


図3 密度勾配沈降平衡法によるプラスミドDNAの分離
密度勾配液 :Cs-TFA
密度勾配液 :CsCl

4. 超遠心機用ロータの主な種類

(1) アングルロータ

固定角ロータとも呼ばれ、鉛直方向に対し約20~30度程度の角度で遠心管が保持されるタイプのロータで最も一般的なものである。

(2) ネオアングルロータ

遠心管の角度を約10度前後つけたもので、アングルロータとバーティカルロータの両方の特徴を併せ持つ。特にプラスミドDNAの分離の際に有効である。

(3) バーティカルロータ

遠心管を垂直に保持して遠心するロータである。遠心管の直径が沈降距離となるため短時間での分離が可能となる。ただし、密度勾配を使用した遠心分離専用である。

(4) スイングロータ

遠心中は遠心管が水平になるもので遠心管の長さが沈降距離となる。沈降距離が長くなるため分離時間は他のロータの場合よりも長くなるが精度の高い分離が期待できる。

(5) ゾーナルロータ

遠心管を用いないロータで、ロータ内に直接試料を注入するタイプである。ワクチンの精製など、生産用として用いられる。

5. ロータの種類と分離法との関係

先に述べた遠心分離法とロータのタイプとの間には相性があり、それをまとめると表1の通りとなる。

表1 ロータの種類と分離法との関係

ロータ	遠心法		
	分画遠心法	沈降速度法	沈降平衡法
アングルロータ	最適	条件により可	適
ネオアングルロータ	条件により可	条件により可	最適
パーティカルロータ	不適	適	最適
スイングロータ	適	最適	Pre.:最適、Self:条件により可
ゾーナルロータ	不適	最適	Pre.:最適、Self:条件により可

6. 報告されたカーボンナノチューブの分離とメカニズムについて

(1) Richard Smalleyらの分離法

遠心機：分離用超遠心機
ロータ：Surespin 630形スイングロータ
遠心管容量：約40ml
回転速度：30,000rpm
平均遠心加速度：122,000xg
時間：4時間
遠心法：分画遠心法
分画法：遠心後の上清部の75～80%をデカンテーションで分離

(2) 分離のメカニズム

SDSでミセル化されたシングルバンドルのCNTの密度：約1.0g/cm³
SDSでミセル化されたマルチ（7本）バンドルのCNTの密度：約1.2g/cm³
重水（D₂O）の密度：1.1g/ml

「これらのことから、重水中で遠心することによりマルチバンドルのCNTは沈降し、シングルバンドルのCNTが上清に残り、デカンテーションで分離できた。」
というものである。

7. 単層CNTの分離実験

(1) 分離条件

遠心機：分離用小形超遠心機
ロータ：S52ST形スイングロータ
遠心管容量：約5ml
回転速度：30,000rpm
平均遠心加速度：67,500xg
密度勾配：ショ糖密度勾配（10～40wt%連続密度勾配）

(2) 分離結果と考察

分離状況は図4の通りである（各写真の左は高濃度試料、右は低濃度試料を示す）。

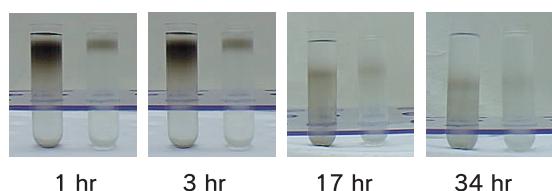


図4 単層CNTのショ糖密度勾配中の分離

17時間以上の長時間にわたって遠心しても、なお、CNTの黒いバンドが沈降していることから、Richard Smalleyらの報告におけるシングルバンドルとマルチバンドルの分離は、両者の密度の違いではなく、沈降係数の違いで分離できた可能性があることを示唆しているものと考えられる。ただし、詳細についてはなお実験の必要があるものと考えられる。

また、CNTの超遠心分離については、上清と沈殿に分離する分画遠心法による場合はアングルロータでも適用可能であるが、スイングロータによる密度勾配遠心も有用である可能性が示唆された。

【文献】

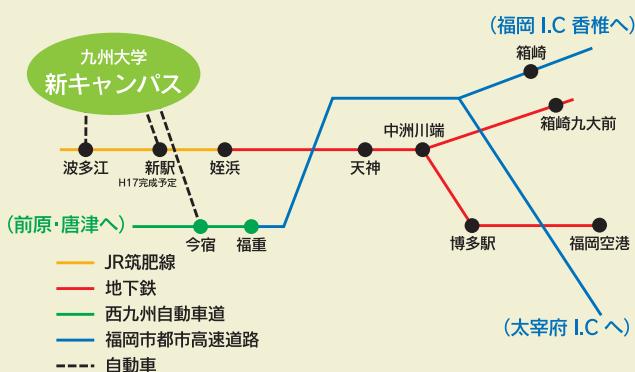
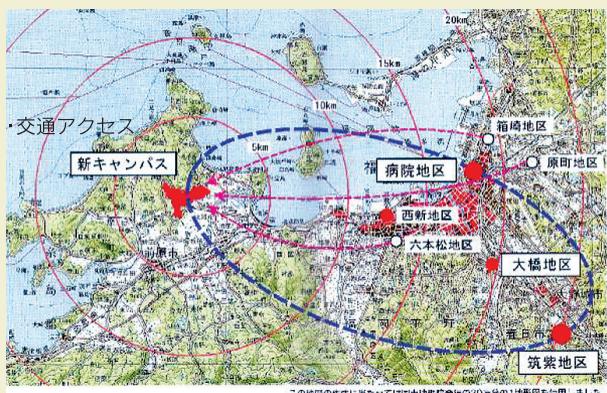
- Michael J. O'Connell, et al., *Science*, 297, 593 (2002).
- Ralph Krupke, et al., *Science*, 301, 344 (2003).
- Michael S. Arnold, et al., *Nano Lett.*, 3, 1549 (2003).
- D. Richwood, ED., "Centrifugation", 2nd Ed., IRL Press (1984).
- D. Richwood, ED., "Preparative Centrifugation", IRL Press (1992).
- J. W. Bornhoeft, M. Stodolsky, *Plasmid*, 5, 366 (1981).
- K. Andersson, R. Hjorth, *Plasmid*, 13, 78 (1985).
- J. McD. Armstrong, J. D. Newman, *Arch. Biochem. Biophys.*, 238, 619 (1985).

お知らせ

1) 移転スケジュールに関して

箱崎地区の中央分析センター工学分室は九州大学の新キャンパス移転計画に基づき、平成17年度後期に元岡地区に移転します。分析センターは化学教育研究棟の北側1,2階に位置します。利用者の方々にとって多少不便になるかと思いますが、新キャンパスの見学を兼ねての利用をお待ちしています。移転スケジュールが確定しましたら、逐次お知らせします。なお、筑紫地区の中央分析センターは当面移転はありません。

・新キャンパスと現在のキャンパスの位置関係



・着々と完成しつつある研究教育棟(2004.5.10撮影)



・分析室の一例
(移転後は装置毎に部屋を区分)



・周囲は自然が豊富
(右遠方にキャンパス)

2) インド見聞録(後編)

(坂下助教授が昨年7月、統計物理学国際会議に出席された際のものです。なお、前編は86号の編集後記をご覧下さい)

前回、統計物理学国際会議でインドのバンガロールに行つた話を紹介した。今回はその続きである。インドの仏教寺院やヒンズー寺院は建築、絵画、彫像とともに極めて芸術性に優れている。仏教寺院は、我々日本人には穏やかで分かりやすく、心和ませる。これと対称的なのが、ヒンズー寺院である。田舎のヒンズー小屋には小さな祠が一つあって、リンガなる石の塊や象神様が飾ってあり、きわめて質素である。比較的最近出来たヒンズー寺院には、いろんな動物やら、神様やら、怪物が飾りたてあり、ごたごたしていてどれが何なのかよく分からぬ(身長3メートルほどの、お腹に矢が刺さって血を流している不気味な人形もあった)。古代のヒンズー寺院は何十メートル四方の岩山をそのまま彫り込んだり、大きな岩石から彫像作ったり、古代インドの伝承物語を彫り込んだりと、その美と多彩な技に驚かされる。さて、そんなヒンズー教の究極技として、ヨーガが知られている。ヨーガの達人になると、自分の目玉を取り出し、水洗いしてまた元に戻すことができるらしい。また、さらに達人になると、今度は半身水につかり、自分の大腸を取り出し水洗いして元に戻せるらしい(鮫だかエイは日常これをやっている)。いったい何のためにこんなことに情熱をかけるのかは不明だが、とにかく本当に出来るのかどうか、インドで訊いてみた。タクシーの運転手やホテルの従業員は、「昔はやっていた」と答えてくれた。やっぱり本当のことかと思い込みそうになったころ、インドの物理屋に尋ねた。皆、ニヤニヤし出して、「自分は見たこと無い」「どこでそんなこと聞いたのか」と、まったく信用していないかった。そして、サイババを始め、このような宗教者のこと「psychological mafia(心のマフィア)」と表現した。「心のマフィアの実態は全て金儲けだ」とも言っていた。インドの奥の深さにまたまた驚かされてしまった。

編集後記

昨年12月13日、第3回分析センターセミナー『カーボンナノチューブの基礎と応用 - 機器分析からのアプローチ -』を開催しました。参加者は70名を越え、活発な質疑応答が行なわれました。要旨集をご希望の方は工学分室までご連絡下さい。センターニュースは年4回発行され、No.1,2は箱崎地区、No.3,4は筑紫地区が担当しています。ご意見・ご要望などがありましたら、隨時お寄せ下さい。

九州大学中央分析センターニュース

第87号 平成17年2月18日発行

九州大学中央分析センター（筑紫地区）

〒816-8580 福岡県春日市春日公園6丁目1番地
TEL 092-583-7870/FAX 092-593-8421

九州大学中央分析センター工学分室（箱崎地区）

〒812-8581 福岡市東区箱崎6の10の1
TEL 092-642-3832/FAX 092-642-3832

ホームページアドレス

<http://www.bunseki.cstm.kyushu-u.ac.jp>