

生物試料では特に重大である。損傷は超高压化することによって図2のように減少する。従って生物試料でも高分解能を要求するときは *phase contrast* を利用して超高压で観測することが有利である。また超高压では色収差によるばけも小さい。この外に電子線照射による試料の汚れ、電子源（強度および干渉性）の改良、電子レンズの収差を減少する問題等、たゆまぬ努力が傾けられているが、これらは、すべて原子又は分子を電子顕微鏡で直接観察したいという目的があればこそである。

5-6 紫外吸収旋光分散 田仲 二郎（名大・理・化）

5-7 赤外吸収とラマン散乱 田隅 三生（東大・理・化）

赤外吸収およびラマン効果はいうまでもなく分子の振動エネルギー準位に関する知見を直接に与えるものであり、分子構造や分子間相互作用などの研究に極めて有力な手段となっている。また有機化合物の赤外吸収スペクトルは一般に複雑なので、これを利用して物質の同定を容易に行なうことができる。赤外吸収によって生体関連物質たとえばポリペプチド、核酸、セルロースなどの構造が調べられ、核酸の塩基間の水素結合に関する詳しい研究も行なわれている。ここではこれらの研究例を紹介することはやめて、赤外およびラマン分光法の現状と将来の方向について述べてみたい。

(1) 赤外分光計について。分散素子としては最近殆んど回折格子が用いられるようになり、 $4,000\sim 400\text{ cm}^{-1}$ ($2.5\sim 25\text{ }\mu$) の領域を数枚の回折格子とフィルターの組合わせによって 1 cm^{-1} 以下の分解能で測定することは容易である。 400 cm^{-1} ($25\text{ }\mu$) より長波長の遠赤外部の分光は光源からの放射エネルギーが減少する上、水蒸気による強い吸収帯が多数あるため技術的に多くの困難がある。この領域では分光器内部を真空にひくか、器内に乾燥空気または乾燥窒素を流しつつ測定する。検出器としては普通赤外部では熱電対、遠赤外部では気体の熱膨脹を利用したゴーレイセルが最もよく用いられているが、特殊な目的には応答速度の速い鋭敏なものとして極低温に冷却したボロメーターや *Au doped Ge*, *Cu doped Ge* などの光伝導セルも利用されている。検出器に関してはおそらく今後も更にすぐれたものが開発されることが期待される。

回折格子を用いた分散型の分光器の他に干渉型分光器と呼ばれるタイプのものがある。これはマイケルソン干渉計から得られた干渉図形のフーリエ変換によって吸収スペクトルを求める方法であり、エネルギー利用度は高いが、一度電子計算機によってフーリエ変換の計算をするという手間がかかる。しかし将来は遠赤外分光の主流は干渉型に移行するものと思われる。遠赤外吸収は分子内部回転や分子間相互作用に関する重要な情報を与えるので、この領域の分光技術が更に進歩することが望まれる。

現在ではまだ夢物語の域を脱していないが、将来実現の可能性があるものとして赤外領域での *tunable laser* の開発がある。現在ではシュタルク効果を利用して極めて狭い波長域でだけ連続的に波長を変化させることが行なわれているが、もし何らかの方法で広い領域にわたって波長を変化させることのできるレーザー光源ができれば分散素子を使わずに高分解能分光計が作れることになるだろう。

(2) ラマン分光計について。ラマン分光は赤外分光が普及する以前に盛んに研究されたが、今から7, 8年前には赤外分光の蔭にかくれてあまり重要視されないような状況になっていた。ところが、その後レーザー特に気体レーザーが出現してからラマン分光の有用性はとみに見直されてきた。ラマン効果には赤外吸収に現れない分子振動が観測されうること、水溶液を含めて溶液の取扱いが容易であること、遠赤外吸収を測定するよりも容易に長波長領域のスペクトルを得ることがあるなどの利点がある。レーザー光には単色性が高いこと、完全な偏光が得られること、細いビームにしばれるので微量試料の取扱いが容易であること、いろいろの波長の光が得られることなど従来の光源である水銀燈になかった性質がある。現在では *He-Ne* レーザー ($6,328\text{ }\text{\AA}$) で $50\sim 80\text{ mW}$, *Ar* イオンレーザー ($4,880, 5,145\text{ }\text{\AA}$) では数百 *mW* $\sim 2\text{ W}$ 程度の出力のものがラマン分光用光源として一般化しつつあり、将来 *Kr* イオンレーザー ($4,619\sim 6,764\text{ }\text{\AA}$ の間に7本) などにもこれに加わるものと思われる。ある波長の励起光に対して螢光を発する物質も他の波長の光を用いれば螢光を出さ

ずラマン効果が測定できる可能性があり, tunable laser の開発はラマン分光用にも有用である。

ラマン用モノクロメーターとしては迷光を減らしてレイリー線の近くまで測定可能とするため二個のモノクロメーターを対称的に配置したダブルモノクロメーターを使用することがよいとされている。ラマン光の検出には写真測光の他に光電増倍管を用いた光電測光方式が一般化してきており, 現在この感度を向上させるためいろいろな努力がなされている。

高出力レーザー光の出現によって Stimulated Raman 効果 (Raman laser), Hyperraman 効果, 逆ラマン効果などラマン効果に関係した新しい現象が見出されているが, これらが物質構造や反応の研究にどのように利用できるかは今後の問題であろう。

(3) 微量試料の取扱いについて。生物関係では試料の量が極く少量であることが多いので, 微量試料の取り扱いが重要な問題となる。市販の赤外分光計には赤外顕微装置がとりつけられるものが多いが, この装置はかなり高価である。これで測定できる微量限界は $100\ \mu \times 20\ \mu$ 程度といわれている。顕微鏡よりも少し簡単な装置として最近ビームコンデンサーが開発された。これは普通の試料室に入れて用いるもので, $1\ \text{mm} \times 1\ \text{mm}$ 程度のものは十分に測定できる。固体試料は小さな成型器で KBr ディスクにする。顕微装置もビームコンデンサーも試料部分の温度が高くなるという欠点がある。上のような方法の他に電子計算機を用いて弱い吸収のシグナルを繰返し測定によって積算してゆく方式があり, これでは μg オーダーのスペクトルを測定した例もある。

レーザーラマン分光では上に述べたように微量試料の取り扱いが楽になったが, 微量試料からのラマン散乱光を如何にして有効に集めるかという点で種々の試みがなされている。最近わずかに $8\ \mu\text{cc}$ の液体試料ラマンスペクトルを測定した報告がある。

(4) ATR 法について。赤外分光法の一つの欠点は水溶液が取り扱いが困難であることが上げられていた。しかし ATR 法の発展によってこの欠点はある程度克服されている。屈折率の高い物質と低い物質の境界面で屈折率の高い方から光が全反射するような角度で入射するとき, 反射光のエネルギーが屈折率の低い物質の吸収に見合って減少するが, この現象を利用するのが ATR 法である。通常赤外線に透明で屈折率の高い物質として KRS-5 が用いられ, 半球形のものや多重反射用として側面を切り込んだ板状のものが用いられている。

(5) 高速走査分光法について。上に述べた赤外分光法特に検出器の進歩によって最近, 近赤外領域では $1\ \mu$ の波長巾の走査を数 $10\ \mu\text{sec}$ で行なうことも可能となつた (波長分解能は必ずしもよくないが), 高速走査ラマン分光は散乱光強度が小さいため非常に困難と考えられるが, この方向の試みはすでに始められている。応用例としては現在までのところ数種の気相反応の解析に赤外高速走査法が用いられた程度にとどまっているが, 適当な問題が見つければこの方面はかなり発展する可能性を含んでいる。

5-8 磁気共鳴吸収 三好 泰博 (東大・理・植)

国内の動植物学研究者による磁気共鳴の使用は非常に少ないように思える。これは磁気共鳴装置が高価であり, また核スピン, 電子スピンといったような動植物学者にとってなじみのない用語がまず初めにとび出してくるということによる敬遠というよりは生物学研究のための有意義な情報が磁気共鳴によって得られないことによるものと思われる。この理由には主に二つの面が考えられるが, 一つは現在の磁気共鳴装置自身が生物科学の主な研究対象となる巨大分子に対して有力な情報を提供しないこと, もう一つには磁気共鳴の測定で必要とされる量の試料を得ることが生物学的にはしばしば困難であることによると思われる。しかし核磁気共鳴装置も米国で $200\ \text{Mc/sec}$ 級のものが作られるにおよんで, 蛋白質のある種の研究のためには十分使用にたえるものとなっており, また試料の方もマイクロセルの方法と電子計算機とを組合せることによってそれほど多くを必要としなくなりつつある。このような状況を反映して, 米国を中心に最近では生物科学研究に対する磁気共鳴の使用が非常な勢いでふえつつある。磁気共鳴吸収法は電子の状態, 分子の構造, 分子の相互作用の様式分子の動的性質などの解析に有力な手段であり, しかもこれらは現在生物科学が未解決としている問題と直接