

# 電子スピン共鳴(ESR)装置

## — 不対電子 / ラジカルを測る —

不対電子を持つ物質（ラジカル等）を調べる特殊な装置です。放射線や光、熱、放電などの物理的処理効果、物質の劣化、半導体の品質、化学反応や病気の原因を不対電子の振る舞いから明らかにすることができます。

### 不対電子と ESR 測定

電子スピン共鳴 (ESR) 装置で観測する電子は、自転方向が異なる電子がペアを作る通常の対電子ではなく、孤立した状態で原子核の周りを回る電子（不対電子）です。ESR 装置は、静磁場に物質を置いたときの不対電子の特性をマイクロ波の吸収から観察します。観察する不対電子の周囲物質の状態も調べることができます。

この様な不対電子をはじめから持つ物質（常磁性物質）もありますが、人為的処理や自然界からの影響及び生体内といった身近なところでも生じています。例えば、放射線、熱や光、燃焼や放電、機械的切断、超音波照射や化学反応、生体の免疫や疾病、エネルギー代謝などです。不対電子を持つ原子や分子の種類や量を調べることで、物質の変化や特性及び生体生理のメカニズムを知ることができます（表1参照）。

表1 ESRを利用した研究や実用化例

測定目的	測定対象
年代測定（土器、地層：宇宙線により蓄積したラジカル等）	石英、粘土、サンゴ、骨、貝殻
照射食品検知（放射線照射により生成したラジカル）	貝殻、骨、甲羅、セルロース、石英、種子
被ばく歴（人）	歯、髪の毛、爪
線量測定（線量校正、放射線治療）	アラニン線量計
疾病、老化のメカニズムや診断、食品の開発や品質管理 医薬品、殺菌剤の作用評価	金属酵素や蛋白、血液 活性酸素、過酸化ラジカル、過酸化脂質
太陽電池や半導体の性能評価	未結合手や不純物準位
光ファイバー、宝石の品質評価	カラーセンター
磁気メモリーの品質・性能評価	磁性体
高分子の重合反応や劣化の評価	触媒や過酸化ラジカル

### ESR装置のしくみと解析方法

ESR測定は、図1に示す装置の巨大な二つの電磁石の中心に挟まれた空洞共振器（キャビティ）に

石英製の棒状試料管やホルダーに試料を入れて行います。連続的に磁場を変化させ、そのときに試料が吸収するマイクロ波のエネルギーを測って物質毎に固有な形状を示す ESR スペクトルを観測します。

都産技研の ESR 装置は、 $-170 \sim 200^{\circ}\text{C}$  の温度範囲で測定することが可能です。ラジカル量は、スペクトルのシグナルを積分して求めます。またラジカルの構造は、不対電子の種類を特徴づける g 値（定数值）やシミュレーションにより推定します。これらの複雑なデータ処理は専用装置で簡便に行うことができます。

### ESR装置の更新と利用

平成21年度には新型の ESR 装置に更新いたします。新型機では主に次の機能が加わる予定です。

- 1) 光照射測定：UV 光照射によるラジカル生成の情報を得ます。
- 2) 液体試料混合装置：試料と試薬を瞬時に混合し活性酸素等の迅速な測定に使用します。
- 3) 磁場測定器：磁場の高精度測定と精度管理に使用します。
- 4) 時間分解 ESR 装置：短寿命ラジカルの測定に使用します。

以上を整備し、高分子や照射食品の検知、半導体や線量評価の他、活性酸素の測定にも対応できるよう機能を高めてゆきます。ESR に関する多様な相談や依頼測定に応じています。



図1 ESR測定装置の本体  
中央は、石英試料管を挿入したキャビティ、右上は温度制御装置、左上はマイクロ波発振器と導波管です（写真は現有機 日本電子(株) RE-X）

開発本部開発第二部 ライフサイエンスグループ <駒沢庁舎>  
関口正之 TEL 03-3702-3115  
E-mail : sekiguchi.masayuki@iri-tokyo.jp