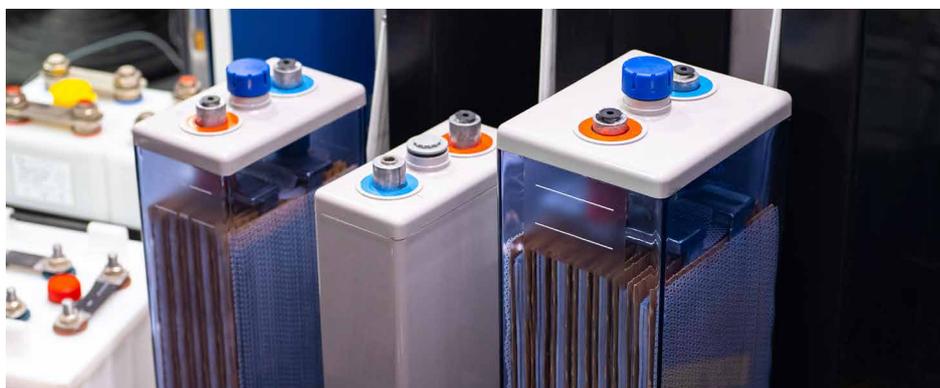


Agilent UV-Vis-NIR 分光光度計を用いた 分光電気化学分析

世界各国の研究グループが発表した先端材料の研究



はじめに

分光電気化学分析 (SEC) は電気化学分析に分光分析を組み合わせたものであり、これによって研究および産業アプリケーションの両方に利用できるパワフルで汎用性の高い分析ツールが生み出されます。紫外可視または紫外可視近赤外ベースの SEC メソッドは、電極触媒作用や光電気触媒作用などの電気化学プロセスをより深く理解するための手段となります。また、新材料や新技術の開発も可能になります。SEC では、さまざまな印加電位でのスペクトルの変化を分析することにより、反応が起こった時点でリアルタイムに観察できます。研究者は、このデータから反応経路の進行を探求し、重要な中間生成物を突き止め、より効率的で持続可能な触媒プロセスの開発を推進することができます¹。

分光電気化学分析

SEC は、電気化学分析と分光分析が 1 つのツールに統合されたものです。実験中は、サンプルに印加する電位を徐々に高くします。印加電位を変化させるたびに、UV-Vis または UV-Vis-NIR スペクトルが記録されます^{1, 2}。図 1 に、SEC 実験で一般的に使用されるシステムの概略図を示します。

すべての SEC 実験で使用される主要コンポーネントは以下のとおりです。

- 分光光度計
- ポテンシostat
- 電気化学セル

分光光度計

分光光度計は SEC システムの中心的コンポーネントであり、電気化学反応の発生時の吸光度や光の透過率など、サンプルの光学特性を測定します。どの分光光度計を選ぶかは、研究に必要な波長範囲によって異なります。一般には UV-Vis 分光光度計が使用されますが、アプリケーションによっては、UV-Vis-NIR 分光光度計が採用されることもあります。

分光光度計の光源からビームが発生し、ビームは電気化学セル内のサンプルを通過します。光はサンプルと相互作用し、それによる光学特性の変化が分光光度計の検出器で検出されます。分光光度計には吸光度、透過率、反射率などさまざまな動作モードがあり、電気化学セルや調査対象のサンプルの種類に応じて使い分けことができます。また、光ファイバケーブルを使用すれば、サンプルコンパートメント外にあるサンプルの測定も可能です。

ポテンシostat

ポテンシostatは、SEC において、電気化学セル内の作用電極の電位を制御するという非常に重要な役割を果たします。実際に使用するポテンシostatモデルに応じて、印加電位の変更は手動で、またはソフトウェアインターフェースから行います。

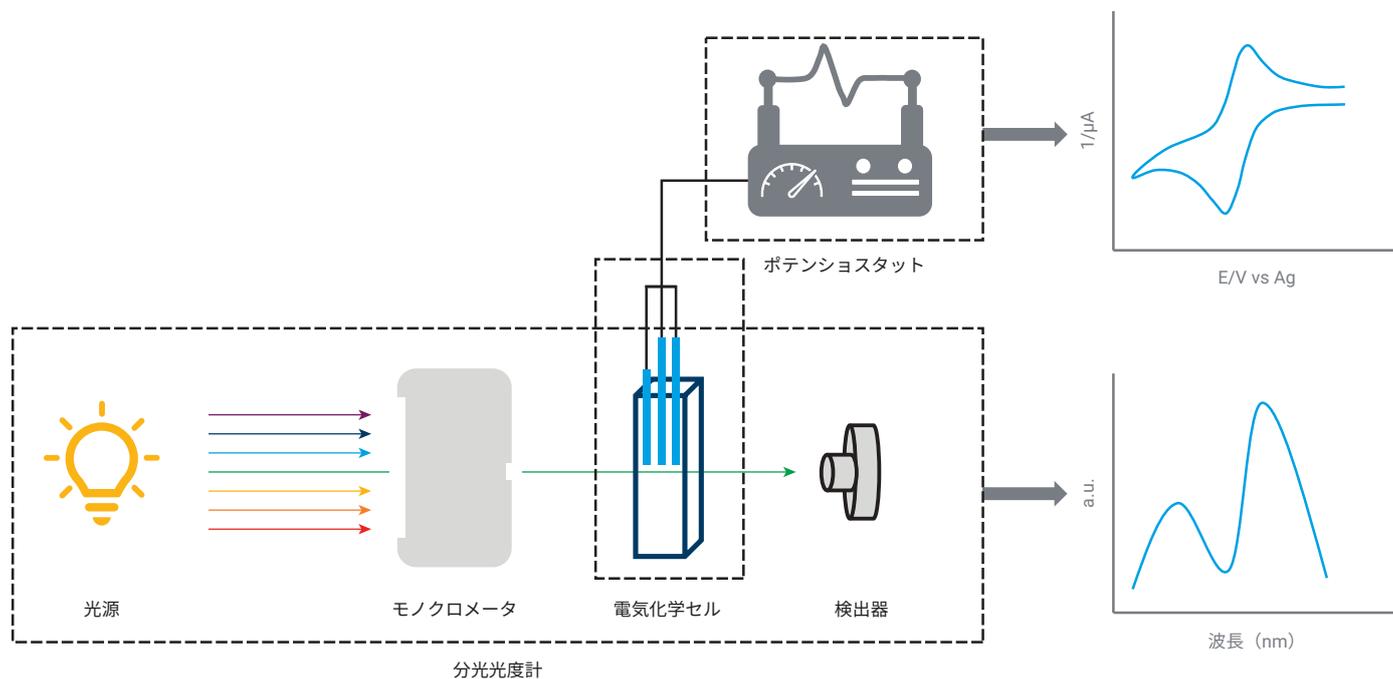


図 1. SEC 実験システム

電気化学セル

SEC システムに含まれる電気化学セル (図 2 を参照) は、分光光度計に組み込むように設計された特殊なコンポーネントです。サンプルを保持し、光学測定が可能な状態を維持しながら電気化学反応を促進することを主な役割とし、以下に示すいくつかの重要な部分で構成されています。

1. 電極²

- **作用電極 (WE) :** WE は、目的成分の電気化学反応が起こる場所です。SEC の場合、この電極は一般に、ガラスまたは水晶に酸化インジウムスズやフッ素ドープ酸化スズなどがコーティングされた透明な導電材料、または金や白金などの導電金属メッシュでできています。分光光度計の光が電極を通過し、サンプルと相互作用できるようにするため、透明であることが不可欠です。
- **対電極 (CE) :** CE は、WE と向かい合うようにセル内に配置されます。回路を完結させ、電気化学反応中に荷電平衡を維持する役割を担います。この電極は通常、白金や金などの不活性物質でできています。
- **リファレンス電極 (RE) :** RE は安定した電位を提供し、この電位を基準に作用電極の電位が測定されます。一般には、銀/塩化銀 (Ag/AgCl) 製の電極が使用されますが、電解液やサンプルによっては飽和カロメル電極などが使用されることもあります。

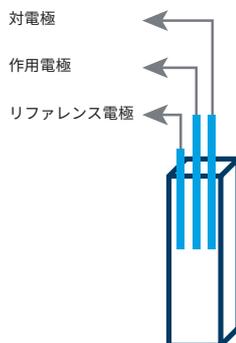


図 2. 電気化学セルにおける 3 種類の電極の構成

2. 電解液

電解液はセルに不可欠なコンポーネントであり、電気化学反応に必要なイオン媒体として機能します。SEC では、電解液は一般に、作用電極と透明の対電極または反射面 (セルの設計による) の間の薄層から成り立ちます。研究対象の反応によって電解液の組成は多岐におよびますが、通常は、溶媒と、導電性を確保するための支持電解質が含まれています。

3. セルタイプ

- **透過セル :** 液体サンプル用に設計されたセルで、光をサンプルに通過させ、反対側で検出できます。一般に、透過セル内の WE は透明電極であり、分光光度計は反応の進行に従って吸光度の変化を測定できます。透過セルは、均一な液体や、液相で起こる反応の研究に最適です。
- **反射セル :** これらのセルでは、光が検出前にサンプルの表面で反射します。この汎用セルは、液体、固体、または薄膜サンプルに対応できます。反射率の測定は、表面反応、薄膜、固体物質の研究に特に役立ちます。
- **光学的透明薄層電気化学 (Optically transparent thin-layer electrochemical : OTTLE) セル :** OTTLE セルは、WE を電解液の極薄層でコーティングした特殊なセルです。この設計により、高分解能の分光測定が可能になります。高速カイネティクスや、電気化学反応で生成される短寿命の中間生成物の研究に特に有効です。薄層を用いることでサンプル全体が光路に収まり、高い感度と迅速なレスポンスタイムが得られます。

SEC システムでは、正確な測定を確実に行うために、分光光度計の光路への電気化学セルの位置合わせが注意深く行われます。WE は、光線がそのまま通過するか (透過セル)、電極表面で反射する (反射セル) ように配置されます。WE の位置合わせはきわめて重要です。ずれがあると、測定値の正確さや感度が損なわれる可能性があるからです。

OTTLE セルでは、一般に、透明な WE を 2 枚の透明板で挟み、その間に電解液の薄層を封じ込めます。この構成により、サンプルを通過する光路が最短となり、測定の分解能と感度が高まります。このセルの設計では、印加電位や電流の制御も容易なため、電気化学プロセスの研究を高精度で行えます。

アプリケーション

SEC は、レドックス反応の研究、反応メカニズム、電気化学プロセスの間生成物の検出など、さまざまな研究分野で使用されています。

具体的には、以下のような幅広いアプリケーションで SEC システムがきわめて重要なものとなっています。

- **電池の研究:** SEC は、短寿命種の挙動を理解するために不可欠です。これは、電池の性能を向上させるために不可欠な情報です。
- **腐食の研究:** SEC により、金属表面で起こるプロセスについて詳細な洞察が得られ、それを腐食の防止に活かすことができます。

SEC はセンサの開発においても非常に重要な役割を果たし、環境モニタリング、食品安全性の確保、および医学的診断を目的とした、高い選択性と感度を備えたデバイスの設計に役立っています。

Cary UV-Vis-NIR 分光光度計

アジレントでは Cary シリーズとして幅広い分光光度計を提供しています。これらの分光光度計は、SEC システムを含め、優れた柔軟性と拡張性により多様な研究ニーズを満たすように設計されています。

Agilent Cary 60 および Cary 3500 UV-Vis 分光光度計にはキセノンフラッシュランプが搭載されており、光によるサンプルの劣化を最小限に抑え、高速データ取り込みを実現します。Cary 60 UV-Vis はルーチン分析に最適で、幅広いアクセサリの利用が可能です。Cary 3500 UV-Vis はモジュール式设计を採用しています。コンパクト、フレキシブル、マルチセルの 3 種類のモジュールがあり、さまざまな温度条件や光路長でサンプルを測定できます。

高度な分析の場合は、Agilent Cary 4000 UV-Vis、Cary 5000/6000i UV-Vis-NIR、および Cary 7000 多角度可変自動測定分光光度計を使用することで、UV-Vis および NIR の両方の波長範囲にわたって卓越した感度とスペクトル分離能が得られます。

これらの機器により、先端研究プロジェクトなど、SEC 空間の幅広い科学的アプリケーションに対応できる包括的なソリューションが提供されます。

UV-Vis/NIR を用いた分光電気化学研究アプリケーション

アジレントの UV-Vis または UV-Vis-NIR 機器は、世界中の研究グループにより SEC システムで使用されてきました。その例を以下にまとめます。

オペランド分光電気化学分析による水酸化 IrOx 電極触媒におけるレドックス状態のカイネティクスの測定³

この研究では、Carlota Bozal-Ginesta と共同研究者が時間分解オペランド分光電気化学分析を使用して、酸性環境で最善の酸素発生電極触媒として知られる含水酸化イリジウム (IrOx) 膜のレドックス状態のカイネティクスを調査しました。そのために、Cary 60 UV-Vis を使用して、さまざまな印加電位下でサンプルの吸光度がモニタリングされました。この研究により、Ir³⁺、Ir³⁺.x⁺、Ir⁴⁺ の 3 つのレドックス種と、電位に依存する Ir⁴⁺.y⁺ 種が同定され、定量されました。また、Ir⁴⁺.y⁺ 状態の発生が触媒水酸化の電位決定ステップであり、Ir⁴⁺ 状態が過酸化水素による酸化を促進することが発見されました。水酸化のカイネティクスは電位の上昇に伴って著しく加速されるのに対し、過酸化水素による酸化のカイネティクスは一定のままでした。これは、後者が一次反応メカニズムに従うことを示します。この革新的なアプローチにより、IrOx の電極触媒メカニズムについて独自の運動学的洞察がもたらされ、水酸化に複数の Ir⁴⁺.y⁺ 状態の協同的相互作用が関与する高次反応メカニズムが明らかになりました。

表面修飾基を有する 6-オキソベルダジル誘導体の合成、構造、および分光電気化学特性⁴

この研究では、確立された手法を使用して、1 および 5 位がトリル基、チオアニソール基、およびヨードフェニル基で官能基化された一連の 6-オキソベルダジルラジカルが合成されました。さらに、末端アルキンとジヨード前駆体の菌頭クロスカップリングにより、 π 共役エチニル基を持つベルダジル核が合成されました。その後、EPR 分光分析、単結晶 X 線回折、サイクリックボルタンメトリー、および UV-Vis-NIR 分光分析を使用して、ラジカルの構造特性と電子特性が詳細に調査されました。分光分析には Cary 5000 UV-Vis-NIR 分光光度計が使用されました。また、分光電気化学研究には、同じ機器に EmStat3+ ポテンシオスタットを組み合わせたシステムが使用されました。サイクリックボルタンメトリーにより、調査可能な範囲内で化学的および電気化学的に可逆なレドックス挙動が明らかになり、閉殻のカチオン状態およびアニオン状態の詳細な分光電気化学分析が行えました。さらに、これらの実験的観察が (TD-)DFT の計算によって補完され、6-オキソベルダジルラジカルの電子構造と電荷移動特性に関する洞察が得られました。

キノイド型チエノチオフェンジケトピロロピロールの中性種およびアニオン種による共通の凝集モードの提示⁵

この研究では、ジケトピロロピロール (DPP) 単位をキノイド型チエノチオフェン構造に組み込み、ジシアノメチレン基またはフェノキシル基でエンドキャップした 2 種類の三連分子構造 DPP-TT-CN および DPP-TT-PhO が検討されました。UV-Vis-NIR および赤外線分光電気化学分析法と理論計算を組み合わせることで、中性種および荷電種の両方で H 凝集体の形成が明らかになりました。Cary 5000 UV-Vis-NIR 分光光度計を使用して、波長範囲 175 ~ 3,300 nm で可変温度 UV-Vis-NIR 電子吸収スペクトルが記録されました。DPP-TT-CN の還元により、1,006、1,629、816 nm におけるバンドなど、一連の吸収帯が生成されました。これは、ラジカルアニオンおよび二量体の凝集体の存在を示唆しています。温度を下げると吸収が 1,208 nm にシフトすることから、凝集体の存在が確認されました。さらに還元すると、ジアニオン種が形成され、754 nm にバンドが検出されましたが、これは同様の化合物の一般的なジアニオンのバンドから長波長へシフトしていました。これらの研究結果から、分子の電子特性の変調において DPP ユニットが重大な役割を果たしている

と考えられます。この研究では、ラジカルアニオンの濃度依存の凝集性についても調査され、濃度が高いほど二量体および凝集体の形成が促進されることが示されました。以上の結果から、これらの種の電子構造を理解するうえで励起子カップリングがきわめて重要な役割を担うことが明らかになりました。この研究を通して、有機 π 共役発色団の分子凝集の理解が深まり、超分子化学の観点から先端材料の設計に関する洞察がもたらされました。

ポリビオロゲン-還元グラフェン酸化物ナノ複合体薄膜の電気化学的析出⁶

この研究では、Nianxing Wang と同僚が、一段階の電気化学重合法によってポリビオロゲン (PV) と還元グラフェン酸化物 (rGO) の複合体薄膜を合成しました。単量体 (シアノピリジンに基づく) とグラフェン酸化物片をイオン溶液に溶解した後、電気化学還元が行われました。このプロセスにより、PV ネットワーク内で rGO 片が還元および固定化されて、分岐型 PV 膜が形成されました。その後、この複合体膜がサイクリックボルタンメトリー、電気化学インピーダンス分光分析、UV-Vis、FT-IR、ラマン分光分析、および SEM により特性解析されました。研究結果から、グラフェンの存在によりレドックス特性が改善され、複合体膜の形成に成功したことが確認されました。この手法は、単純であること、また安価な材料を使用することで知られており、エレクトロクロミック素子やセンサに適用できる複合体薄膜を製造するためのシンプルなアプローチとなっています。PV 膜および PV-rGO 膜の UV-Vis スペクトルは、Cary 60 UV-Vis を使用して波長範囲 300 ~ 1,000 nm、電位範囲 0.0 ~ -1.0 V で測定され、記録されました。

架橋電子密度によるビス-トリアリールアミンのラジカルカチオンおよびジカチオンにおける電子移動カップリングと交換相互作用の調整⁷

この研究では、著者が、2つのレドックス中心間の架橋の電子密度が原子価間電荷移動 (IVCT) と磁気超交換にどのような影響を与えるのかを調査しました。9位で修飾された 2,7-フルオレニル架橋を使用して、架橋ビス-トリアリールアミンのモノカチオンとジカチオンに注目しました。混合原子価のモノカチオンでは、架橋からトリアリールアミンのラジカルカチオンへの電子移動に関連する吸収バンドに加えて IVCT のバンドが観察されました。これにより、三状態一般化 Mulliken-Hush 理論を使用して電子移動カップリングの測定を行えました。その結果は、架橋状態エネルギーの低下に伴って電子カップリングが向上することを示していました。ジカチオンジラジカルについては、一重項と三重項のギャップ (交換相互作用) を特定するために、実験にもとづく方法と量子化学法が使用されました。その結果、電子供与基により、架橋状態のエネルギーが低下するほど反強磁性カップリングが増加することがわかりました。分子軌道の分析から、磁性カップリングと架橋エネルギーの 2 乗との間に逆相関があることが示唆され、これは実験結果と合致していました。分光電気化学分析による吸光度測定は、Cary 5000 UV-Vis-NIR 分光光度計で白金製作用電極、白金製対電極、およびリークのない Ag/AgCl 製リファレンス電極から成るカスタムセルを使用し、反射モードで記録されました。この調査により、架橋状態エネルギーが電子移動と磁気交換相互作用の両方に大きな影響を与えることが明らかになり、電子的にカップリングされた有機レドックス系の特性を架橋電子密度の調整により変更するためのガイドラインが得られました。

ポリアニリン-ポリ(スチレンスルホン酸) およびポリ(スチレンジオキシチオフェン)-ポリ(スチレンスルホン酸) ベースのエレクトロクロミック素子の分光電気化学特性とエレクトロクロミック特性に対する支持電解質の影響⁸

この研究では、PMMA-PC-LiClO₄-SiO₂ 電解質を使用するエレクトロクロミック素子の電気化学性能とエレクトロクロミック特性が調査されました。電解質膜は溶液流延法によって合成され、均一な形態を達成したことが走査型電子顕微鏡 (SEM) による特性解析で確認されました。PMMA-PC-LiClO₄-SiO₂ 電解質のイオン伝導率が AC インピーダンス分光分析によって測定され、室温での最大伝導率が 1.08×10^{-3} S/cm であることが判明しました。また、サイクリックボルタンメトリー (CV) により、エレクトロクロミック素子が顕著なレドックス反応を示すことがわかりました。これは、電圧の印加により透明状態と着色状態との切り替えが可能であることを示しています。また、分光電気化学研究には Cary 60 UV-Vis 分光光度計が使用され、経時変化モードで in situ 紫外可視スペクトルが取り込まれました。還元時に可視領域に強い吸光ピークが現れたことから、エレクトロクロミック効果が確認されました。また、長期にわたるサイクル試験によって素子の安定性が評価され、1,000 サイクル後に変色のわずかな劣化が観察されました。これは優れた耐久性を示しています。これらの研究結果から、効率的で耐久性の高いエレクトロクロミック素子の開発における PMMA-PC-LiClO₄-SiO₂ 電解質の将来性が明らかになりました。

インオペランド走査型電子顕微鏡と紫外可視分光光度計による全固体ポリマー電解質を用いたリチウム/硫黄セルの研究⁹

固体の薄膜ポリマー電解質を用いたリチウム/硫黄 (Li-S) セルの研究では、異なる UV-Vis 吸収バンドが波長 250、280、325、385、420、および 480 nm で観察されました。電解液を用いた以前の研究とは異なり、これらのバンドは良好に分離し、ポリスルフィド種がより明確に特定されました。これらの重要な吸収ピークには特定の硫黄種との相関関係があり、充電および放電サイクル中、420 nm のバンドは 320、385、および 480 nm のバンドとは反対の傾向を示しました。特に長期にわたる放電後に、ポリスルフィドのシャトルメカニズムが確認され、S₄²⁻ の濃度が高くなりました。ポリスルフィドの形成は、Cary 60 UV-Vis を使用して時間の関数として分析されました。これにより、サイクル中、S_x²⁻ (4 ≤ x ≤ 6) 種が電解質中に存在していたことがわかりました。この研究により、充電メカニズムと放電メカニズムの違いと、固体電解質の方が液体系より安定性が高いことが明らかになりました。このことは、ポリスルフィドの平衡および電池効率に影響する充電ヒステリシスの理解を深めるうえで役立ちます。



Agilent Cary 60 UV-Vis 分光光度計

Cary 60 UV-Vis 分光光度計は、反復的なルーチン分析に適したパワフルなツールです。動作波長範囲は 190 ~ 1,100 nm で、幅広いサンプリングアクセサリを取り付けることができます。また、ウォームアップ時間が不要で、室内光の干渉を受けることなく測定できます。光によるサンプルの劣化が起こらないため、常に正確な結果が確実に得られます。この室内耐光性と優れたビーム集光性を備えた Cary 60 UV-Vis は、光ファイバプローブを使用したサンプルコンパートメント外での測定にも最適です。

Cary 60 UV-Vis のキセノンフラッシュランプは 10 年間の保証付きです。Cary 60 UV-Vis は環境影響に関する独立監査と検証を受けており、My Green Lab が発行する ACT (Accountability = 説明責任、Consistency = 整合性、Transparency = 透明性) ラベルを取得しています。



Agilent Cary 3500 UV-Vis 分光光度計シリーズ

Cary 3500 マルチセル および コンパクト UV-Vis 分光光度計は、汎用性の高い測定ツールであり、その温度制御機能と、毎秒 250 ポイントという超高速データ採取レートが高く評価されています。

Cary 3500 フレキシブル UV-Vis 分光光度計は、小さな設置面積ながら独自の大型サンプルコンパートメントを搭載しています。長光路長キュベットを必要とする液体サンプルの分析や、固体サンプルの特性解析に適しています。有効動作波長範囲は 190 ~ 1,100 nm です。

Cary 3500 UV-Vis も My Green Lab が発行する ACT ラベルを取得しています。キセノンフラッシュランプは 10 年間の保証付きのため、安心してご使用いただけます。



Agilent Cary 4000/5000/6000i/7000 UV-Vis (-NIR) 分光光度計

このハイエンドの UV 分光光度計は波長範囲 175 ~ 3,300 nm で動作し、吸光度の高いサンプルのほか、拡散反射率や鏡面反射率の測定も可能です。

最新世代の検出器 (PbSmart、InGaAs、sandwich) を搭載し、175 ~ 3,300 nm の波長範囲で比類のない測光性能を発揮します。NIR 領域での感度に優れ、迷光を抑制します。これらの機能により、材料科学研究に適したパワフルなツールとなっています。Agilent Cary 7000 多角度可変自動測定分光光度計 (UMS) は、固体サンプル測定あらゆるニーズを満たします。Cary 7000 の多角度鏡面反射率/透過率測定機能を使用することで、これまで不可能だった実験系の構築が可能になり、分析内容の幅が広がります。また、自動測定によって分析時間の短縮とコスト削減も実現します。

結論

この白書で紹介した7つの最先端研究プロジェクトの要約から、Agilent UV-Vis および UV-Vis-NIR 分光光度計が分光電気化学研究の発展において重要な役割を果たしていることがわかりました。電極触媒におけるレドックス状態のカイネティクスの研究から、困難な環境における複雑な還元挙動の調査まで、これらの機器が電気化学反応の高精度なリアルタイム分析を可能にしています。Agilent Cary シリーズの分光光度計は、その優れた汎用性と感度により、電気化学の基礎研究および応用研究のどちらにもなくてはならないツールとなっています。このように多様な研究に組み入れられていることから、その機能が現代の科学研究の厳しい要求を満たしていることは明白です。

参考文献

1. Mesa, C. A.; Pastor, E.; Francàs, L. UV-Vis Operando Spectroelectrochemistry for (Photo)electrocatalysis: Principles and Guidelines, *Curr. Opin. Electrochem.* **2022**, *35*, 101098. DOI: 10.1016/j.coelec.2022.101098
2. León, L.; Mozo, J. D. Designing Spectroelectrochemical Cells: A Review, *TrAC* **2018**, *102*, 147–169. DOI: 10.1016/j.trac.2018.02.002
3. Bozal-Ginesta, C.; Rao, R. R.; Mesa, C. A.; Liu, X.; Hillman, S. A. J.; Stephens, I. E. L.; Durrant, J. R. Redox-State Kinetics in Water-Oxidation IrO_x Electrocatalysts Measured by Operando Spectro electrochemistry, *ACS Catalysis* **2021**, *11*(24), 15,013–15,025. DOI: 10.1021/acscatal.1c03290
4. Kumar, V. J.; *et al.* The syntheses, Structures and Spectroelectrochemical Properties of 6-Oxo-Verdazyl Derivatives Bearing Surface Anchoring Groups. *J. Mater. Chem. C.* **2022**, *10*, 1,896–1,915. DOI: 10.1039/D1TC05495C
5. Moles Quintero, S.; *et al.* Neutral and Anion Species of Quinoidal Thienothiophene Diketopyrrolopyrroles Display a Common Aggregation Mode. *Chem. Eur. J.* **2024**. DOI: 10.1002/chem.202402094
6. Wang, N.; Lukács, Z.; Gadgil, B.; Damlin, P.; Janáky, C.; Kvarnström, C. Electrochemical Deposition of Polyviologen-Reduced Graphene Oxide Nanocomposite Thin Films, *Electrochim. Acta.* **2017**, *231*. DOI: 10.1016/j.electacta.2017.02.065
7. Euringer, L.; *et al.* Tuning Electron Transfer Coupling and Exchange Interaction in Bis-triarylamine Radical Cations and Dications by Bridge Electron Density. *J. Am. Chem. Soc.* **2024**. DOI: 10.1021/jacs.4c09221
8. Kuo, C.-W.; Chen, B.-K.; Li, W.-B.; Tseng, L.-Y.; Wu, T.-Y.; Tseng, C.-G.; Chen, H.-R.; Huang, Y.-C. Effects of Supporting Electrolytes on Spectroelectrochemical and Electrochromic Properties of Polyaniline-poly(styrene sulfonic acid) and Poly(ethylenedioxythiophene)-poly(styrene sulfonic acid)-based Electrochromic Device. *J. Chin. Chem. Soc.* **2014**. DOI: 10.1002/jccs.201300479
9. Marceau, H.; Kim, Chi-Su; Paoletta, A.; Ladouceur, S.; Lagacé, M.; Chaker, M.; Vijn, A.; Guerfi, A.; Julien, C. M.; Mauger, A.; *et al.* In Operando Scanning Electron Microscopy And Ultraviolet-Visible Spectroscopy Studies Of Lithium/Sulfur Cells Using All Solid-State Polymer Electrolyte, *J. Power Sources* **2016**, *319*. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2016.03.093.

詳細情報

[UV-Vis 分光分析と分光光度計の基礎サイト](#)

[UV-Vis および UV-Vis-NIR 機器セレクションガイド](#)

[UV-Vis アプリケーションガイド](#)

[ホームページ](#)

www.agilent.com/chem/jp

[カスタムコンタクトセンター](#)

0120-477-111

email_japan@agilent.com

本製品は一般的な実験用途での使用を想定しており、医薬品医療機器等法に基づく登録を行っておりません。本文書に記載の情報、説明、製品仕様等は予告なしに変更されることがあります。

DE-003142

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2024

Printed in Japan, December 20, 2024

5994-8001JAJP