

ディビジョン番号	11
ディビジョン名	電気化学

大項目	4. 電気化学計測／電気化学反応
中項目	4-1. 電気化学計測
小項目	4-1-3. 表面電気化学（時空間ダイナミクスの確かな把握からの学際的发展）

概要（200字以内）

新産業発展の基盤学問領域として電気化学の重要性が著しく高まっている。基礎学術を再創成するとともに、広く時空間を見渡した電気化学界面のダイナミクス制御が重要になる。電極反応ダイナミックイメージングを可能にし、界面・新物質・ナノ物質の本質を見極めつつ、計算化学との融合や表面測定手法群の高度化を図り、階層的創発性の概念も取り入れた電極表面ナノ制御、ナノ・メゾ空間分子ネットワーク創製が鍵となるであろう。

現状と最前線

1. 産業・応用分野 新産業発展の基盤学問領域としての電気化学の重要性が従来になく高まっている(図1-A~C)。しかし現状では、(1) エネルギー分野の本質的なブレークスルーが、研究費の国家的投資に比べて少ない、(2) 学術分野の理論・手法が十分に生かされていない、(3) 電極表面で実際に何が起きているのかを解明して次のステップに発展させる学術が未熟、などの問題がある。これらを解決し、新興産業領域への発展をも確かなものにするため、今後の最前線は、図2に例示のように、学術分野を深化させなければならない。

2. 表面電気化学過程を把握するための電気化学計測 電位制御下での原子の動きをビデオ化するまでに発展しているが、視点の連続性、極限を観る方法などの学問的发展を更に促す必要がある。特に重要なのは、(1) 電極反応のダイナミックイメージング、(2) 高速現象を原子・分子レベルで解明する手法、(3) 階層的対象に関する時空間的把握 (1 分子~活性点~分子組織~

A. 電気化学が支える主要なテクノロジー開発分野

工業生産プロセスの触媒系、環境対策  
エネルギー利用（電池、燃料電池、キャパシタ）  
エネルギー変換（光エネルギー変換等）  
センサ（医療、環境計測など多岐に亘る）  
など

B. 日進月歩し続ける電気化学技術革新

メッキ、防食、電子回路形成など

C. 電気化学技術の発展方向性

小型化、微細加工、高効率化、高感度化、超寿命化、ダイナミックレンジ拡張、省エネルギー、マルチモード化、ナノ制御電気化学デバイスのベルトコンベアー生産など

図1 産業・応用分野における表面電気化学分野の現場・最前線・課題

メゾスコピック領域～光学顕微鏡レベル～マクロに至る空白域のない観測)、(4) 表面電気化学現象における創発性の概念の導入などである。超分子系構造形成・消滅とナノ組織化、分子ネットワーク、高次元異方性、ナノ・メゾ空間の反応、分子協調性、刺激応答階層性などを展望する必要がある。

3. 新物質相・ナノ物質と電気化学 新物質（ナノカーボン、ナノ粒子、量子ドット、イオン液体など）が創製される度に電気化学系への応用が試されるが、本質的に新しい現象、機能は何であるのかを見据える基礎研究が重要である。

4. 計算科学との融合、表面測定手法群の高度化

計算科学の発展が、吸着、触媒、生体分子の挙動や電気化学界面反応場の理解を下支えするレベルに達すること、同時マルチ測定で強化した分光電気化学など表面測定手法群を高度化することが、階層的創発性の理解、高次ダイナミクスの理解に不可欠である。

例1. ボルタンメトリの学術再創成

背景：①最も簡便な電気化学界面測定手段としてボルタンメトリの利用が顕著に増大  
②正しく深い理解をもって使用し、解析できる研究者数がむしろ減少

課題：①古典論から最新理論までを包括的し、「使える」学問としての見直し  
②更に進んだ利用を促すために、「学術再創成」研究の舞台で掘り下げた学術研究を推進

例2. 電極表面科学・測定法の発展方向性

背景：広い未踏領域が残る

課題：空白のない時空間の領域、および実際の応用を見通した特殊環境において、表面化学現象を確実に把握するための電極表面科学・測定法を格段に発展

例3. 電極表面科学を必要とする分野へ浸透

背景：応用性が工業で活かし切れていない

課題：あらゆる関連分野との学際的融合的な研究推進を加速

図2 表面電気化学分野の今後の最前線の3例  
—求められる学術深化—

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

- ボルタンメトリの歴史・基礎から最先端理論・実践までのモノグラフが完成し汎用される。
- 構造規制電極表面上での原子～メゾスコピック（分子組織）レベルのミリ秒オーダーでのダイナミックイメージングが可能になる。
- 電極表面や液液界面現象における階層性と創発性が主要な研究コンセプトとなる。
- 二次電池、燃料電池、キャパシタの格段の性能向上のための指針が明らかにされ、材料分野との学際的研究が本格化する。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

- 電気化学系の太陽光エネルギー変換効率が、動的界面制御新概念に基づいた研究で14%に。
- ナノ・メゾ空間の電気化学挙動を設計・理解する理論体系が進歩し、材料創製技術がナノ反応系を生み出し、センサを格段に高度化。また物質・電子の高速移動と、空間内分子ネットワーク形成のための指針が示される。
- 界面構造と挙動の計算ソフトが高度化・普及し、使用環境と時空間を選ばない分光電気化学測定装置群が開発される。

キーワード

電極表面ナノ制御、階層的創発性界面現象、ボルタンメトリ学術再創成、ナノ・メゾ空間分子ネットワーク、電極反応ダイナミックイメージング

(執筆者：相 樂 隆 正)