

化学系学生にわかりやすい
電 気 化 学

博士(工学) 井手本 康

博士(工学) 板垣 昌幸【共著】

工学博士 湯浅 真

コ ロ ナ 社

ま え が き

本書は、大学の学部・大学院で電気化学およびその関連科目について講義している井手本、板垣および湯浅が、電気化学を学ぶ学生諸氏のために書いたものである。電気化学は、物理化学において化学熱力学、化学平衡論および化学反応速度論とともに重要な領域を占めており、さらに現在では、電池、エレクトロニクス、工業電解、腐食・防食、表面処理、電気化学計測分野の発展とともに多くの研究者・技術者らが興味を持って研究している分野でもある。このような広範にわたる電気化学の基礎から応用を一人で執筆することはとても難しいため、執筆者3名がそれぞれの得意分野や講義している分野をもとに分担して執筆している。

本書の特徴は、電気化学の基礎から測定法、応用まですべて網羅していることである。1章では、電気化学の基礎と題して、電気化学の位置づけ、歴史および取り扱う分野から始まり、電気分解、溶液の電気伝導、電池、電極電位、さらには電気化学平衡論および電極反応速度論について紹介している。さらに2章では、電気化学測定法、腐食、工業電解、表面処理、エレクトロニクス、バイオエレクトロケミストリー、光電気化学、電気分析化学、エネルギー変換デバイス、有機および高分子化学での広範囲における電気化学の応用を紹介している。

本書には読者の理解の一助となるよう、各章の序論に内容の体系を示す表を設け、各項の冒頭にはその項の要旨を掲載している。また、本書の本文ページの見開き両端には〔memo〕欄を設けている。本書で電気化学を学ぶ学生諸氏は、関連・補足事項や自分で気がついた点などを是非この〔memo〕欄にどんどん書き込みしていただき、本書を自分だけの電気化学のノートとして仕上げてくださいことをお勧めする。学生諸氏には電気化学を興味深く理解し、本書

を長きにわたって電気化学の参考書として利用していただければ幸いです。

本書の執筆に当たり、企画の段階から内容の検討など、刊行に至るまで、コロナ社の皆様に多くの助言をいただいた。コロナ社の関係諸氏に心より感謝申し上げます次第である。

2019年8月

井手本 康
板垣 昌幸
湯浅 真

執筆分担

井手本 康： 1.2.5～1.2.9項, 1.3.4項, 1.4～1.6節

板垣 昌幸： 2.2～2.3節, 2.5節

湯浅 真： 1.1節, 1.2.1～1.2.4項, 1.3.1～1.3.3項, 2.1節,
2.4節, 2.6～2.11節, 演習問題

目 次

1. 電気化学の基礎

1.1 序 論	1
1.2 電 気 分 解	2
1.2.1 電気分解とは	2
1.2.2 電気分解の歴史	3
1.2.3 電気分解の方法、実験など	4
1.2.4 電気分解の将来	5
1.2.5 電気化学反応	6
1.2.6 ファラデーの法則	9
1.2.7 電 流 効 率	12
1.2.8 電 流 密 度	14
1.2.9 電 量 計	15
1.3 溶液の電気伝導	16
1.3.1 電気伝導とは	16
1.3.2 電気伝導におけるパラメーター	16
1.3.3 電気伝導度の測定法	17
1.3.4 当量導電率	18
1.4 電池と電気化学平衡	20
1.4.1 電池の起電力	20
1.4.2 標 準 電 池	26
1.4.3 不可逆電池と可逆電池	27
1.5 電 極 電 位	28
1.5.1 化学ポテンシャルと電気化学ポテンシャル	28
1.5.2 電極電位の尺度	30

1.5.3	電極電位の規約	31
1.5.4	標準電極電位	32
1.5.5	単極（電極）電位の測定	37
1.5.6	参照電極	38
1.6	電極反応速度論	40
1.6.1	電極反応速度	41
1.6.2	電極反応の素過程	43
1.6.3	分極と過電圧	44
1.6.4	過電圧の測定法	46
1.6.5	分極曲線	46
1.6.6	抵抗過電圧	49
1.6.7	濃度過電圧	50
1.6.8	活性化過電圧	54
1.6.9	過電圧のまとめ	63
	演習問題	65

2. 電気化学の応用

2.1	序 論	67
2.2	電気化学測定法	69
2.2.1	電気化学セル（二電極法，三電極法）	69
2.2.2	作用 極	72
2.2.3	対 極	73
2.2.4	参照電極	74
2.2.5	ポテンシオスタットとガルバノスタット	75
2.2.6	さまざまな電気化学測定法	78
2.2.7	クロノアンペロメトリー	80
2.2.8	ボルタンメトリー	81
2.2.9	電気化学インピーダンス法	83
2.3	腐 食	86
2.3.1	金属材料と環境	86
2.3.2	電 位 - pH 図	88

2.3.3	平衡電位と混成電極電位	93
2.3.4	腐食電流の決定法	96
2.3.5	電気化学インピーダンス法による腐食電流の決定	98
2.3.6	全面腐食と局部腐食	99
2.4	工業電解プロセス	102
2.4.1	工業電解プロセスとは	102
2.4.2	重要な NaCl 水溶液電解プロセスとその技術革新	103
2.4.3	アルミニウム溶融塩工業電解の新規な検討	106
2.5	表面処理と機能化	107
2.5.1	さまざまな表面処理と期待される機能	107
2.5.2	電気めっき	108
2.5.3	無電解めっき	110
2.5.4	陽極酸化	112
2.5.5	化成処理	114
2.6	エレクトロニクスと電気化学	115
2.6.1	半導体デバイスと電気電子材料	115
2.6.2	注目される磁気記録材料, 表示材料	116
2.7	バイオエレクトロケミストリー	117
2.7.1	電気化学と生物のかかわり: バイオエレクトロケミストリーの始まり	117
2.7.2	各種の細胞と電気化学	118
2.7.3	生体表面での電氣的現象とその医療分野への応用	121
2.7.4	生体でのエネルギー変換	122
2.7.5	生体系での電気化学	123
2.7.6	葉緑体の電気化学	125
2.7.7	生物電気化学計測	128
2.7.8	サイボーグテクノロジー	131
2.7.9	生物電池	133
2.7.10	人工神経回路	134
2.8	光電気化学	135
2.8.1	光電気化学とは	135
2.8.2	太陽とそのエネルギー	135
2.8.3	太陽電池	137

2.9 電気化学分析	138
2.9.1 電気化学分析とは	138
2.9.2 イオンセンサー	139
2.9.3 活性酸素センサー	139
2.9.4 バイオセンサー	140
2.9.5 電位, 電圧, 電流密度などの二次元分析	140
2.10 エネルギー変換デバイス	141
2.10.1 エネルギー変換デバイスとは	141
2.10.2 一次電池	141
2.10.3 二次電池	142
2.10.4 燃料電池	142
2.11 有機化学と高分子化学における電気化学	145
2.11.1 有機電解合成および高分子電解重合	145
2.11.2 scCO_2 環境における合成	146
2.11.3 scCO_2 環境で得られる導電性高分子	146
2.11.4 得られた導電性高分子ナノ粒子	147
2.11.5 得られた導電性高分子ナノ粒子含有薄膜	151
演習問題	154
引用・参考文献	156
演習問題解答例	158
索引	164

第1章 電気化学の基礎

1.1 序 論

[memo]

1700 年末にガルバニ（伊）によって電気化学の糸口が見いだされ、1800 年代には電池の発明、そしてファラデーの法則が確立された。これにより化学は、電気分解による物質の製造、生物学、溶液物理化学、電磁気学などとの関連が生じ、さらに 1900 年代になると電気化学工業へと展開した。この章では、本節に続いて電気化学の基礎として、電気分解、溶液の電気伝導、電池と電気化学平衡、電極電位、電極反応速度論などについて詳説する。

化学とは、物質の変化を取り扱う学問である。化学で取り扱う物質の変化を化学変化（すなわち化学反応）という。物質が化学変化（化学反応）する際には、放熱したり吸熱したり、また発光することもある。物質の化学変化（化学反応）には、このように物質からの何らかのエネルギーの出入りを伴う。**電気化学**（electrochemistry）の分野では、この中で特に電子移動により生じる化学変化（化学反応）について取り扱う。

本章では、表 1.1 に示すように電気化学の位置づけおよび取り扱う分野から始まり、電気分解、溶液の電気伝導、可逆電池と電気化学平

2 1. 電気化学の基礎

[memo]

表 1.1 本章（電気化学の基礎）の体系

節	内 容
1.1 序 論	電気化学の位置づけ，電気化学の取り扱う分野，本章の流れなど
1.2 電気分解	電極の概念・種類，電解セル，電気化学反応，ファラデーの法則，電流効率，電流密度，電量計など
1.3 溶液の電気伝導	比抵抗，比電導度，電気伝導度の測定法，当量導電率など
1.4 電池と電気化学平衡	電池の起電力，起電力の測定，不可逆電池，可逆電池など
1.5 電極電位	化学ポテンシャル，電気化学ポテンシャル，電極電位の尺度，電極電位の規約，標準電極電位（ネルンストの式），単極電位の測定法，参照電極など
1.6 電極反応速度論	電極反応速度，電極反応の素過程，分極，過電圧，過電圧の測定法，分極曲線，抵抗過電圧，濃度（拡散）過電圧，活性化過電圧，バトラー・ホルマーの式，ターフェルの式など

衡，電極電位，電極反応速度論などを学び，演習問題でこれらの確認をしていく。

1.2 電 気 分 解

本節では電気分解について解説し，さらに電気分解に関連する電極の概念・種類，電気化学セル（電解セル，電池），電気化学反応，ファラデーの法則，電流効率，電流密度，電量計などについて述べる。

1.2.1 電気分解とは

電気分解（略して電解ともいう）（electrolysis）は，化合物溶液に電圧あるいは電位（二電極法では電圧，参照電極を含む三電極法では

電位という) をかけることによって^{†1}, 陰極で還元反応および陽極で酸化反応を起こして(電気化学的に成立する要件), 化合物を化学分解する, あるいは化学分解して生成物を生成する方法である。同様な原理により, 電気化学的な酸化還元反応による物質合成法を電解合成法, および高分子合成法を高分子電解重合法という。

1.2.2 電気分解の歴史

電気分解の歴史(表 1.2)は, 1800 年にイギリスのアンソニー・カーライル(Anthony Carlisle)とウィリアム・ニコルソン(William Nicholson)が初めて水(H₂O)の電気分解に成功したことから始まる。

表 1.2 電気分解の歴史

年	出来事
1800	H ₂ O の電気分解(カーライル, ニコルソン)
1806	結合の電気化学的仮説(デービー)
1807	KOH の電気分解による K の生成(デービー) 同年, 上記と同様の方法による Na, Ca, Sr, Ba, Mg などの生成
1833	ファラデーの電気分解の法則 「電気化学の基礎」を構築

その6年後の1806年, ハンプリー・デービー(Humphry Davy)により「結合の電気化学的仮説」が発表され, 翌1807年, 水酸化カリウム(KOH)を電気分解することでカリウム単体(K₂)を得ることに成功した。デービーはこの手法を用いて, 同年のうちにナトリウム(Na), カルシウム(K), ストロロンチウム(Sr), バリウム(Ba), マグネシウム(Mg)などを得ることに成功している。その後, デービーの研究を引き継いだマイケル・ファラデー(Michael Faraday)は, 「ファラデーの(電気分解の)法則」^{†2}など新規な事実を見いだし, 電気化学の基礎を築いた。

†1 電位の物理的意味については1.5節を参照。

†2 1.2.6項を参照。

[memo] 現在では、電気分解は塩素 (Cl_2)、アルミニウム (Al) などのさまざまな化学物質の生産に用いられ、さらに近年では、エネルギー源として期待される水素の製造法としても研究が進められている。

1.2.3 電気分解の方法、実験など

電気分解をするには

- ① 電気を流すための電極
- ② 電圧を印加するための直流電源
- ③ 電気分解する物質を入れる電解槽

などが必要となる (図 1.1)。

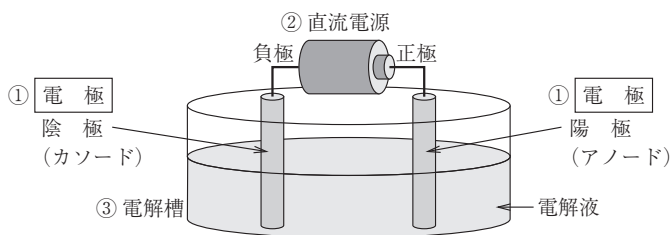


図 1.1 電気分解

① の二つの電極のうち電源の**負極** (negative electrode) と接続するものを**陰極** (カソード, cathode), **正極** (positive electrode) と接続するものを**陽極** (アノード, anode) と呼ぶ。電極の材質は電気分解の生成物、過電圧などに大きな影響を与える。例えば、工業的規模においては安価かつ安定な炭素電極が用いられ、実験的規模においては炭素以外にも腐食されにくい白金、金などの貴金属電極がよく使用される。また、用途によってはガス拡散電極が使われることもある。さらに、効果的な反応速度、選択的な反応のために、電極触媒が用いられることもある。

② の直流電源は、電気分解を一定方向に進行させるために用いる。

③ の電解槽 (または電解セル) は電解液を入れる容器のことであ

る。電解液には、電気分解したい物質を溶媒に溶かした溶液（溶液系）と、加熱して融解させた溶融塩（溶融塩系）とがある。また、水蒸気電解のように固体電解質を用いて気体を電気分解することもある。

溶液系の場合、溶媒には水がよく用いられる。水に不溶の物質の場合は代わりに有機系溶媒が使用される。よく用いられる有機溶媒に、アセトニトリル、塩化メチレン、ジメチルスルホキシド、ジメチルホルムアミド、炭酸プロピレン、テトラヒドロフラン、ベンゾニトリルなどがある。なお、溶媒、支持電解質^{†1}などの種類によって電気分解の生成物が異なる場合がある。

溶融塩系の場合は、化合物に融解する試薬として他の物質を混合することがある。例えば、アルミニウムにおける酸化アルミニウムの溶融塩電解（ホール・エルー法）^{†2}は有名である。銅においては、粗銅を陽極、純銅を陰極として硫酸銅水溶液中で電気分解して純度の高い銅が生産される。

1.2.4 電気分解の将来

水の電気分解は、将来的なエネルギー源として期待されている水素の生産方法の一つとして研究されている。これに関連して、太陽光発電、水力発電、風力発電などで得られた電力を用いて水を電気分解し、得られた水素を燃料電池で発電に利用することで、自然エネルギーを有効利用する方法が提案されている。図 1.2 のようにこの電気

†1 電解質とは電解液中でイオンに解離し電流を流す物質で、指示電解質とは電流を流す役割のみを担い、電極反応に影響を与えない電解質である。

†2 融解させた融剤（氷晶石とフッ化ナトリウム）をアルミニウムの原料となる酸化アルミニウムと溶融させ、それを炭素電極を使って電気分解する方法。溶融させた酸化アルミニウムと融剤が電気分解されると負極にアルミニウムが集まる。化学反応としては、下記ようになる。



溶融と電気分解で大量の電力を消費するため、アルミニウムは「電気の缶詰」と呼ばれることもある。

索 引

【あ】		過電圧	44	サイボーグテクノロジー	
アデノシン三リン酸	119	ガルバニ電位	29		131
アニオン	6	ガルバノスタット	77	作用極	42
アノード	4	カロメル電極	39	酸化電流	47
アノード電流	56	還元電流	48	酸化反応	7
アノード反応	32	還元反応	7	参照電極	43,70
				三電極法	70
【い】		【き】		【し】	
イオン交換膜法	104	貴	31	試験極	42
イオンセンサー	139	起電力	22	弱電解質	19
イオン独立移動の法則	19	ギブズ・ヘルムホルツの式	24	照合電極	30,43
一次電池	141	ギブズの自由エネルギー	141	正味の電流密度	55
陰イオン	6	キャタライジング	112	人工神経回路	134
陰極	4	鏡像力	29		
陰極電流	56	強電解質	19	【す】	
		銀-塩化銀電極	40	水素過電圧	48
		銀電量計	15	寸法安定性陽極（電極）	104
【え】		【く】		【せ】	
エネルギー変換デバイス	141	グラム当量	9	正極	4
		クロノアンペロメトリー	80	静電ポテンシャル	29
エレクトロニクス	116	クーロメーター	15	生物電気化学	117
塩橋	37	クロメート処理	114	全分極	45
【お】		【け】		【そ】	
オーム損	49	結晶化過程	43	相界面	21
		限界電流密度	53	素過程	41
【か】		【こ】		粗度因子	15
開回路	22	交換電流密度	56	ゾーン法	129
外部電位	29	光電気化学	135		
化学電池	20	高分子電気化学	145	【た】	
化学当量	9	コットレルの式	81	対極	42,70
化学ポテンシャル	30	コットレルプロット	81	対称因子	58
化学めっき	110	コールラウシュの平方根則	19	太陽電池	135
可逆電池	28	混成電極電位	95	ダニエル電池	22
拡散過程	43	コンダクタンス	17	ターフェル定数	61
拡散過電圧	50			ターフェルの式	61
拡散層	52	【さ】		ターフェルプロット	97
化成処理	114	サイクリックボルタン		単極	22
カソード	4	メトリー	82	単極反応	22
カソード電流	56				
カソード反応	32			【ち】	
カチオン	6			超臨界二酸化炭素	145
活性化過電圧	54				
活性化分極	54				
活量	32				

超臨界流体	146				
【て】		【に】		腐食電位	95
抵抗過電圧	49	二次電池	142	腐食電流	95
抵抗分極	49	二電極法	69	物質移動過程	43
抵抗率	17			物理電池	21
定常測定	78	【ね】		不動態域	91
滴水水銀電極	30	ネルンストの式	35	分極	44
電位差計	25	燃料電池	142	分極曲線	46
電界	16			分極抵抗	62
電解セル	6	【の】		【へ】	
電荷移動過程	43	濃淡電池	20	平衡電位	56
電気泳動	128	濃度過電圧	50	【ほ】	
電気化学	1	濃度分極	50	ホイートストンブリッジ	
電気化学セル	6				17
電気化学当量	10	【は】		飽和カロメル電極	39
電気化学反応	8	バイオエレクトロ		ポテンシオスタット	75
電気化学分析	138	ケミストリー	117	ポテンシャル	28
電気化学ポテンシャル	30	バイオセンサー	140	ボード線図	86
電気抵抗	16	バトラー・ホルマーの式		ボルタ電位	29
電気伝導	16			ボルタモグラム	82
電気伝導度	17	半電池	23	ボルタンメトリー	81
電気分解	2	半反応	22		
電気めっき	109			【み】	
電極	8	【ひ】		みかけの表面積	15
電極電位	28	卑	31	【む】	
電極反応	8	比抵抗	17	無限希釈	19
電極反応速度	41	非定常測定	78	無電解めっき	110
電極反応速度論	41	比電導度	17		
電池	7	非ファラデー電流	11	【め】	
電池図	22	標準水素電極	30	めっき	108
電池電圧	22	標準電極電位	32		
電池反応	7	標準電池	26	【も】	
電場	16	表面処理	107	モル当量	9
電流	16	表面電位	29	【ゆ】	
電流効率	12			有機電気化学	145
電流密度	14,41	【ふ】		【よ】	
電量計	15	ファラデー定数	9	陽イオン	6
【と】		ファラデー電流	11	陽極	4
導電性高分子	146	ファラデーの法則	9	陽極電流	56
導電率	17	フィックの拡散の第一法則		浴電圧	48
銅電量計	15		51	【り】	
当量イオン導電率	20	フィックの拡散の第二法則		理想希薄溶液	19
当量導電率	18		80	理想溶液	19
【な】		不可逆電池	27	律速過程	41
ナイキスト線図	85	フガシテイ	32	流束	51
内部電位	29	不感域	91		
		負極	4		
		複合電極	95		
		腐食	86		
		腐食域	91		

【る】		【れ】	
ルギン毛管	43	連続法	130
◇			
【A】		concentration polarization	50
activation overpotential	54	conductance	17
activation polarization	54	conductive polymer	146
activity	32	conductivity	17
adenosine triphosphate	119	corrosion	86
anion	6	corrosion current	95
anode	4	corrosion potential	95
anodic current	47,56	corrosion region	91
anodic reaction	32	Cottrell plot	81
apparent surface area	15	Cottrell's equation	81
artificial neural circuit	134	coulometer	15
ATP	119	counter electrode	42,70
【B】		crystallization process	43
bath voltage	48	current	16
bio-electrochemistry	117	current density	14
biosensor	140	current efficiency	12
Bode diagram	86	cyborg technology	131
Butler-Volmer's equation	60	cyclic voltammetry	82
【C】		【D】	
calomel electrode	39	Daniell cell	22
catalyzing	112	de-electronation	7
cathode	4	diffusion layer	52
cathodic current	48,56	diffusion overpotential	50
cathodic reaction	32	dimensionally stable anode	104
cation	6	DME	30
cell	7	dropping mercury electrode	30
cell reaction	7	DSA	104
cell representation	22	DSE	104
cell voltage	22	【E】	
charge transfer process	43	electorode reaction	8
chemical battery	20	electric conduction	16
chemical cell	20	electric field	16
chemical equivalent	9	electric resistance	16
chemical plating	110	electroanalytical chemistry	138
chemical potential	30	electrochemical cell	6
chemical treatment	114	electrochemical equivalent	10
chromate coating	114	electrochemical potential	30
chronoamperometry	80	electrochemical reaction	8
complex electrode	95	electrochemistry	1
concentration cell	20	electrode	8
concentration overpotential	50	electrode kinetics	41
		electrode potential	28
		electrode reaction rate	41
		electroless plating	110
		electrolysis	2
		electrolytic cell	6
		electromotive force	22
		electronation	7
		electronics	116
		electrophoresis	128
		electroplating	109
		electrostatic potential	29
		elementary process	41
		EMF	22
		energy conversion device	141
		equilibrium potential	56
		equivalent conductance	18
		equivalent ionic conductance	20
		exchange current density	56
		【F】	
		Faradaic current	11
		Faraday constant	9
		Faraday's law	9
		Fick's first law of diffusion	51
		Fick's second law of diffusion	80
		flux	51
		fuel cell	142
		fugacity	32
		【G】	
		Galvani potential	29
		galvanostat	77
		Gibbs free energy	24
		Gibbs-Helmholts equation	24
		gram equivalent	9

[H]		non Faradaic current	11	roughness factor	15
half-cell	23	normal hydrogen electrode		[S]	
half-cell reaction	22	Nyquist diagram	85	salt bridge	37
hydrogen overvoltage	48	[O]		saturated calomel electrode	39
[I]		OCV	22	scCO ₂	145
ideal solution	19	ohmic drop	49	SCE	39
image force	29	ohmic loss	49	secondary battery	142
IM 法	104	open circuit	22	SHE	30
infinite dilution	19	open circuit voltage	22	silver-silver chloride electrode	40
inner potential	29	organic-electrochemistry	145	single electrode	22
ion sensor	139	outer potential	29	single electrode reaction	22
ion-exchange membrane method	104	overpotential	44	solar cell	135
<i>iR</i> drop	49	overvoltage	44	SSE	40
<i>iR</i> loss	49	oxidation reaction	7	standard cell	26
irreversible cell	27	[P]		standard electrode potential	32
<i>iR</i> 損	49	passivation region	91	standard hydrogen electrode	30
[K]		passivity region	91	strong electrolyte	19
Kohlraush's square root law	19	phase boundary	21	supercritical carbon dioxide	145
[L]		photo-electrochemistry	135	supercritical fluid	146
law of the independent ionic migration	19	physical cell	21	surface finishing	107
less noble	31	plating	108	surface potential	29
limiting current density	53	polarization	44	symmetry factor	58
Luggin capillary	43	polarization curve	46	[T]	
[M]		polarization resistance	62	Tafel constant	61
macromolecular- electrochemistry	145	positive electrode	4	Tafel plot	97
mass transfer process	43	potential	28	Tafel's equation	61
mixed electrode potential	95	potentiometer	25	test electrode	42
molar equivalent	9	potentiostat	75	total polarization	45
[N]		primary battery	141	[V]	
negative electrode	4	[R]		Volta potential	29
Nernst equation	35	rate determining processes	41	voltammetry	82
net current density	55	reduction reaction	7	voltammogram	82
NHE	30	reference electrode	31,43,70	[W]	
noble	31	resistance overvoltage	49	weak electrolyte	19
		resistance polarization	49	Wheatstone bridge	18
		resistivity	17	working electrode	42
		reversible cell	28		

— 著者略歴 —

井手本 康 (いでもと やすし)
1984年 東京理科大学理工学部工業化学科卒業
1986年 東京理科大学大学院理工学研究科修士課程修了(工業化学専攻)
1986年 富士写真フイルム株式会社勤務
1989年 東京理科大学助手
1992年 博士(工学)(東京理科大学)
2000年 東京理科大学助教授
2008年 東京理科大学教授
2014年 東京理科大学理工学研究科長
2016年 東京理科大学理工学部長・理工学研究科長
現在に至る

板垣 昌幸 (いたがき まさゆき)
1988年 東京工業大学工学部金属工学科卒業
1993年 東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了(金属工学専攻), 博士(工学)
1994年 東京理科大学助手
1998年 東京理科大学講師
2001年 東京理科大学助教授
2004年 東京理科大学教授
現在に至る

湯浅 真 (ゆあさ まこと)
1983年 早稲田大学理工学部応用化学科卒業
1988年 早稲田大学大学院理工学研究科博士課程修了(応用化学専攻), 工学博士
1988年 東京理科大学助手
1993年 東京理科大学講師
1998年 東京理科大学助教授
2001年 東京理科大学教授
現在に至る

化学系学生にわかりやすい電気化学

Electrochemistry : Easy to Undergraduate Students Majoring in Chemistry

© Yasushi Idemoto, Masayuki Itagaki, Makoto Yuasa 2019

2019年10月3日 初版第1刷発行



検印省略

著者 井手本 康
板垣 昌幸
湯浅 真
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 萩原印刷株式会社
製本所 有限会社 愛千製本所

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-06649-4 C3043 Printed in Japan

(柏原)



<出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構(電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp)の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。