

受験番号

平成29年11月28日

地方独立行政法人大阪産業技術研究所 研究員（電子材料分野）
採用選考 専門試験問題

（注意）

専門問題は10問8ページまであります。解答用紙は3ページまであります。

解答前に、ページが不足していないか、順序が正しくそろっているかを確認してください。

解答は、別紙の解答用紙に記入してください。

問1 化学物質及び工業材料の分析およびキャラクタリゼーションをおこなう機器に関して、以下のI群～III群は、I群：装置略称、II群：分析法・分析装置名、III群：機器・方法の特徴または得られる情報を示している。これらの正しい組み合わせを各群より選び、解答欄に記号で答えよ。

I群：装置略称

- (ア) AFM、(イ) DLS、(ウ) MS、(エ) XPS、(オ) SEM、(カ) ICP-AES、(キ) GPC、(ク) HPLC、
(ケ) XRF、(コ) GD-OES

II群：正式な分析法・分析装置名

- A. 動的光散乱 B. ゲル浸透クロマトグラフィー C. X線光電子分光
D. 高速液体クロマトグラフィー E. 蛍光X線分析 F. グロー放電発光分析
G. 走査電子顕微鏡 H. 原子間力顕微鏡 I. 質量分析
J. 誘導結合プラズマ発光分光分析

III群：特徴・得られる情報

- a. 分子量（分子構造）、分子イオンピークを検出する
b. 水溶液試料中の元素の定量分析
c. 皮膜等の深さ方向の元素分布
d. 試料から発生する電子を検出して試料表面の元素の同定・定量
e. 表面形状観察、探針（プローブ）を用いる
f. 高分子化合物の分子量および分子量分布
g. 表面形状観察，電子線を用いる
h. 粒子径，散乱光の揺らぎを用いる
i. 液体を移動層とする分離・分析
j. 試料から発生するX線を検出して試料の元素の同定・定量

問2 誘電体に関して、下記の文の【ア】～【ク】にあてはまる適切な語句または数字を、下記語群から選び、記号（a、b、c等）で答えよ。

誘電体の電磁波に対する誘電分極には、おもにイオン分極、電子分極、配向分極の3つがある。電磁波の周波数が充分低い場合、これらすべての分極が起こるが、周波数が高くなるにしたがって、追従できず発現しない分極が出てくる。3つのうち【ア】分極が最も高い周波数まで残

る。また、【ア】分極による誘電体の比誘電率は屈折率の【イ】乗に等しい。電子レンジは、水分子のマイクロ波に対する【ウ】分極を利用している。チタン酸バリウムなど無機固体では【エ】分極を利用している。

一般に誘電体は、【オ】、【カ】、【キ】、【ク】の4種類に分類される。

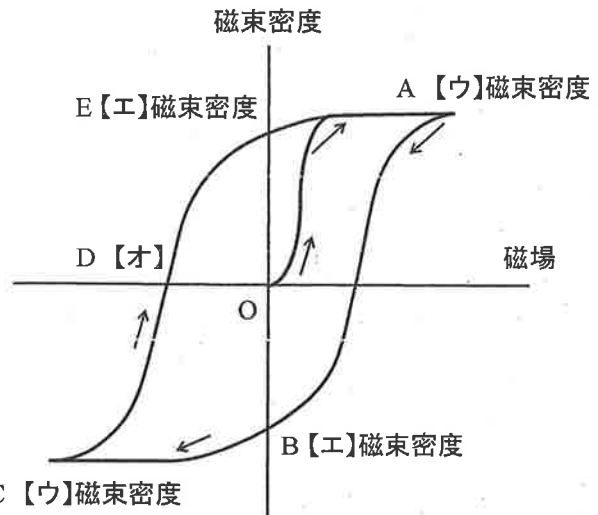
【オ】は外部電場を除いても分極が維持され、不揮発性・高速なメモリー材料として、利用されている。【カ】は、温度変化により分極が生じる材料であり、赤外線センサーに利用されている。【ク】は【オ】、【カ】、【キ】以外の誘電体一般が属し、外部電場を除くと分極が無くなる。

<語群>

a. 2, b. 3, c. 1/2, d. イオン, e. 電子, f. 配向, g. 常誘電体, h. 焦電体, i. 圧電体, j. 強誘電体

問3 磁性体に関して、下記の文の【ア】～【キ】にあてはまる適切な語句を、下記語群から選び、記号(a, b, c等)で答えよ。

外部磁場により磁石になりやすい鉄、ニッケル、コバルトなどの物質を【ア】と呼ぶ。右図は、【ア】の磁気ヒステリシス曲線を示す。磁気のない状態(点O)から、外部磁場が増えるに従って磁化され、縦軸にあたる磁束密度が増えていく。この磁束密度と磁場との比を【イ】といい、磁化されやすさを表す。そのまま、磁場を加えていくと磁束密度の限界が存在し、これを【ウ】磁束密度(点A、点C)といい、この値が高いほど強力な磁石となる。外部磁場を無くしても強磁性体を示す磁束密度を【エ】磁束密度(点B、点E)、【ア】の磁束密度をゼロにするために必要な外部磁場(点D)



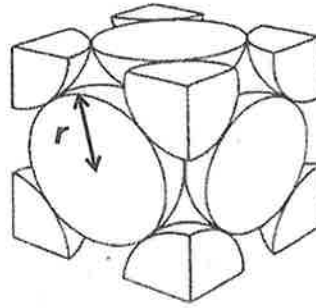
を【オ】と言う。一般に、磁性材料は大きく軟磁性材料と硬磁性材料に分類される。このうち、高い【オ】の物質が【カ】であり、永久磁石に用いられ、高い【イ】と低い【オ】の物質が【キ】で、電磁石やトランス、コイルのコアに使用される。

<語群>

a. 常磁性体, b. 強磁性体, c. 保磁力, d. 硬磁性材料, e. 軟磁性材料, f. 残留, g. 飽和, h. 弾性率, i. 透磁率

問4 結晶格子中の充填率に関する下記の文の【ア】～【ク】に整数を入れよ。

結晶格子中の原子を剛体球とみなし、結晶格子の中でその球が占める体積割合を充填率という。単体金属結晶の面心立方格子(下図)の充填率を求める。



面心立方格子

面心立方構造原子の半径を r とすると、この球の体積は

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \dots\dots(1)$$

面心立方格子単位胞の体積は

$$\left(\frac{[\text{ア}]}{\sqrt{[\text{イ}]}} r \right)^3 \dots\dots(2)$$

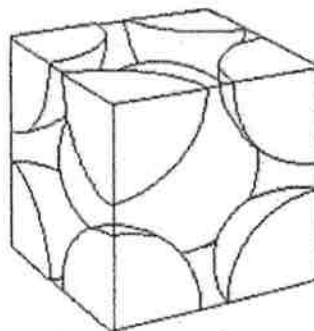
と表される。

面心立方格子単位胞中には、原子【ウ】個の原子が含まれる。式(1)、式(2)と原子数【ウ】より、充填率は、

$$\frac{\sqrt{[\text{エ}]}}{[\text{オ}]} \pi$$

と求まる。

ニッケルの結晶構造は面心立方構造である。面心立方構造のニッケルの密度を D_f とする。いま、ニッケルの原子半径はそのまま、体心立方構造（下図）をとったとする。



体心立方格子

体心立方格子の充填率は

$$\frac{\sqrt{3}\pi}{8}$$

であるから、体心立方格子となったニッケルの密度は、

$$\frac{[\text{カ}]}{[\text{キ}]} \sqrt{[\text{ク}] D_f}$$

と変化する。

(問 4 以上)

表に、種々の系の標準電極電位 E° (25 °C) (単位 V vs. NHE) を示す。

$\text{Ag}^+ + \text{e}^-$	\rightleftharpoons	Ag	0.7991
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	\rightleftharpoons	Al	-1.676
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^-$	\rightleftharpoons	Cd	-0.4029
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$	\rightleftharpoons	Cu	0.337
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	\rightleftharpoons	Fe	0.440
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	\rightleftharpoons	H_2	0.000
$\text{Li}^+ + \text{e}^-$	\rightleftharpoons	Li	-3.040
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$	\rightleftharpoons	Mg	-2.37
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$	\rightleftharpoons	Ni	-0.257
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	\rightleftharpoons	$2\text{H}_2\text{O}$	1.229
$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	\rightleftharpoons	$\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.6852
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	\rightleftharpoons	Zn	-0.763

また、一般に金属(M)をそのイオン(M^{n+})の溶液に浸し、次のような平衡状態にあるとき、



25 °Cにおいて、Mの電極電位 E は、Nernst の式から近似的に

$$E = E^\circ + (0.06 / n) \times \log[\text{M}^{n+}]$$

で表わすことができる。

さらに、電池反応の標準ギブズエネルギー変化 ΔG° と電池の標準起電力 ΔE° との間には、下記の関係がある。

$$\Delta G^\circ = -nF \Delta E^\circ$$

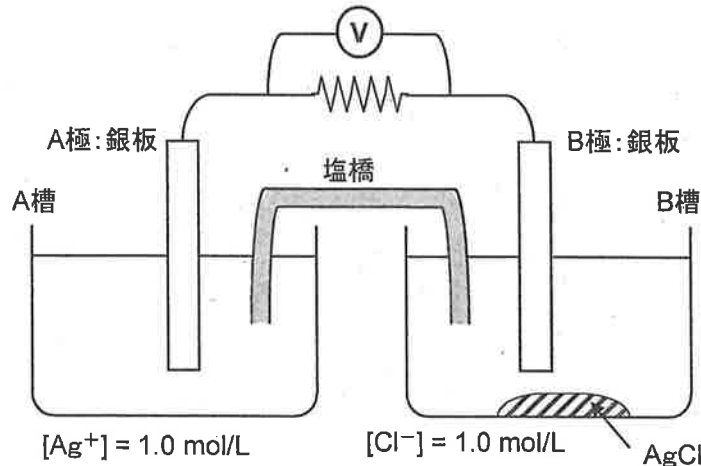
$[\text{M}^{n+}]$ はイオンの濃度(mol/L)、n はイオンの価数、 $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$ はファラデー定数である。これらの表と式を参考にして、次の問 5 ~ 問 7 に答えよ。

問5 次の各反応式のうち、標準電極電位 E° から見て、矢印方向に進みやすいものは○印、進みにくいものは×印をつけよ。

- 1) $\text{Mg}^{2+} + \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Mg}$
- 2) $3\text{Zn}^{2+} + 2\text{Al} \rightarrow 3\text{Zn} + 2\text{Al}^{3+}$
- 3) $\text{Ni} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{Ag}$

問6 次の文の【ア】と【イ】に適切な記号や式、数字を入れよ。

いま、図のような電池を組み立て、電位差を測定することによって難溶塩である AgCl の溶解度積 K_{sp} を求めることができる。



A 槽の溶液の Ag^+ の濃度は $[\text{Ag}^+] = 1.0 \text{ mol/L}$ 、B 槽の溶液は、 AgCl で飽和され、 $[\text{Cl}^-] = 1.0 \text{ mol/L}$ に調整されているとする。

A 極の電位 E_A 、B 極の電位 E_B は、Nernst の式から

$$E_A = E^\circ \quad (1)$$

$$E_B = E^\circ + \text{【ア】} \quad (2)$$

で示される。 AgCl の溶解度積を K_{sp} とすると、B 槽の Ag^+ の濃度 $[\text{Ag}^+]_B$ と Cl^- の濃度 $[\text{Cl}^-]$ のあいだに、

$$[\text{Ag}^+]_B [\text{Cl}^-] = K_{\text{sp}} (\text{mol/L})^2 \quad (3)$$

の関係がある。式2と式3から式4が得られる。

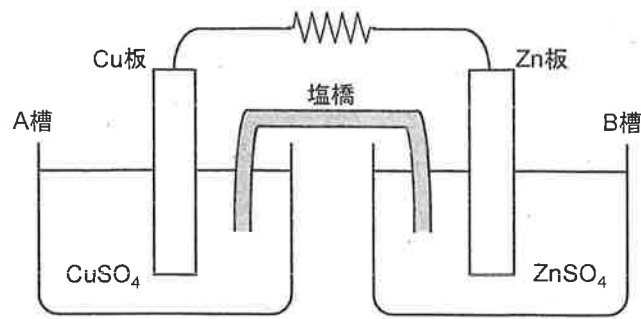
$$E_B = E^\circ + 0.06 \log(K_{\text{sp}}/[\text{Cl}^-]) \quad (4)$$

両極の電位差 $E_A - E_B$ を測ると、 0.6 V であった。この時、溶解度積 K_{sp} は、

$$K_{\text{sp}} = \text{【イ】} \quad (10^{-x} \text{ の形で答えよ})$$

と求めることができる。

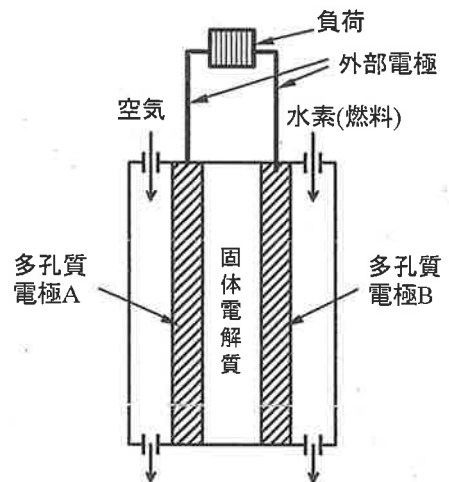
問7 ダニエル電池 (図) に関して、次の問に答えよ。



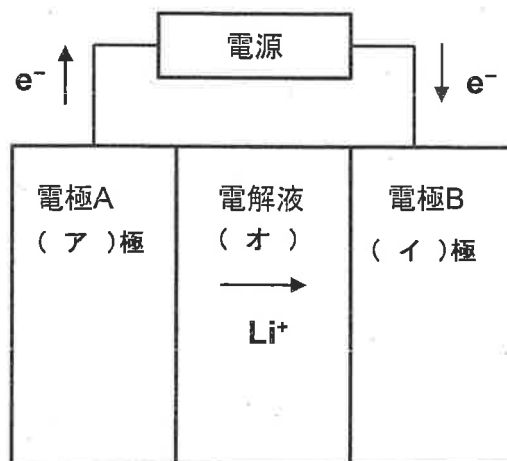
A槽の Cu^{2+} の濃度 $[\text{Cu}^{2+}] = 1.0 \text{ mol/L}$ 、B槽の Zn^{2+} の濃度 $[\text{Zn}^{2+}] = 1.0 \text{ mol/L}$ 、 25°C において、このダニエル電池を負荷につないだときの標準起電力 ΔE° と、標準ギブズエネルギー変化 ΔG° (kJ mol^{-1} 単位) を求めよ。

問8 右図は、固体酸化物型燃料電池の模式図である。この燃料電池の特徴について、誤っているものを1~4から選び数字で答えよ。

- 1 適切な作動温度は、通常 600°C 以上である。
- 2 水素（燃料）の電極から外部電極を通して負荷に電子が流れるので、水素（燃料）の電極は、カソードである。
- 3 固体電解質の中は、おもに酸化物イオンが移動する。
- 4 水素のほかに、一酸化炭素やメタンを燃料として使う場合もある。



問9 下図は、リチウムイオン二次電池の模式図である。矢印は、充電時における電子とリチウムイオンの動きを示している。この電池の反応に関する文中の空欄【ア】～【カ】に当てはまる言葉を下記語群から選び、記号 (a、b、c等) で答えよ。



電極 A は【 ア 】極、電極 B は【 イ 】極である。電極 A では、活物質【 ウ 】が電気化学的に【 エ 】される。リチウムイオンは電解液中を【 ア 】極から【 イ 】極活物質である【 オ 】に移動する。このようにして、化学エネルギーが電気エネルギーに変換される。電解液としては、通常【 カ 】を用いることが多い。

<語群>

- a. カドミウム, b. 水酸化ニッケル, c. 黒鉛, d. 正, e. 負, f. 陰, g. 陽, h. 炭酸プロピレン溶液, i. 水酸化リチウム水溶液, j. コバルト酸リチウム, k. 熔融塩, l. イッテルビウム, m. ジルコニア, n. 酸化, o. 還元, p. 水素化

問 10 電気化学反応系における交流インピーダンス測定の解析においては、反応系を右図のようなコンデンサー、抵抗、拡散抵抗の記号を直列または並列に結合し、等価回路で表現する。

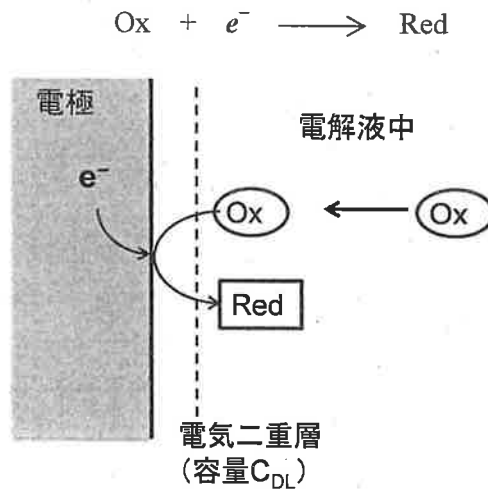


交流インピーダンス Z は電流-電圧で位相差があることを反映して、虚数単位 j 、実数成分 Z' 、虚数成分 Z'' を用いて複素表現され、

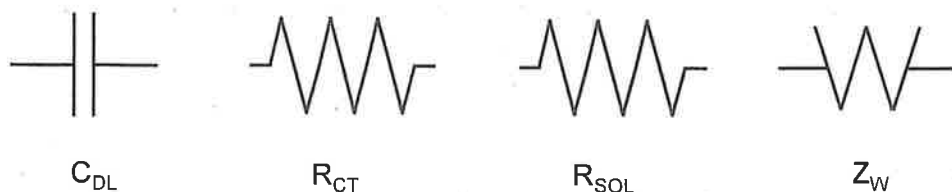
$$Z = Z' + jZ''$$

と表すことができる。

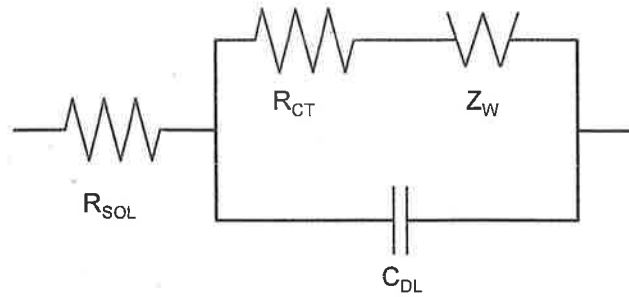
図のような電極反応系



における等価回路は、電気二重層容量 C_{DL} 、電荷移動抵抗 R_{CT} 、溶液抵抗 R_{SOL} 、物質移動抵抗（拡散抵抗） Z_w を用いて、

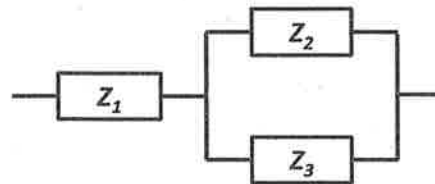


下記のように描ける。



これらをふまえて、本電極反応系のインピーダンス Z を求めるにあたり、下記の文の【ア】～【ウ】に入る適当な式を答えよ。

抵抗やコンデンサーで表される3つのインピーダンス Z_1 、 Z_2 、 Z_3 が図のように、直列・並列混合で結合している場合の全インピーダンス Z は、



$Z =$ 【ア】

と表せる。また、抵抗 R のみ、またはコンデンサー（容量 C ）のみの回路のインピーダンスは、それぞれ

抵抗のみ： $Z = R$

コンデンサーのみ： $Z = -j \frac{1}{\omega C}$

となる。ここで、 ω は交流の角周波数である。

これらの式と等価回路から、本電極反応系のインピーダンス Z は ω 、 C_{DL} 、 R_{CT} 、 R_{SOL} 、 Z_W を用いて、

$$Z = R_{SOL} + \frac{\text{【イ】}}{1 + j\text{【ウ】}} \quad (\text{ただし、【イ】、【ウ】には分数は含まれない})$$

と求めることができる。

受験番号

平成29年11月28日

地方独立行政法人大阪産業技術研究所 研究員（電子材料分野）
採用選考 専門試験
解答用紙

問 1

I. 装置略称	II. 正式な分析法・分析装置名	III. 特徴・得られる情報
(ア) AFM		
(イ) DLS		
(ウ) MS		
(エ) XPS		
(オ) SEM		
(カ) ICP-AES		
(キ) GPC		
(ク) HPLC		
(ケ) XRF		
(コ) GD-OES		

問 2

	解答		解答		解答		解答		解答
ア		イ		ウ		エ		オ	
カ		キ		ク					

問 3

	解答		解答		解答		解答		解答
ア		イ		ウ		エ		オ	
カ		キ							

問 4

	解答		解答		解答		解答		解答
ア		イ		ウ		エ		オ	
カ		キ		ク					

問 5

	解答		解答		解答
1)		2)		3)	

問 6

	解答		解答
ア		イ	

問 7

	解答		解答
ΔE°		ΔG°	kJ mol^{-1}

問 8

解答

問 9

	解答		解答		解答		解答
ア		イ		ウ		エ	
カ							

問 10

	解答		解答
ア		イ	
ウ			

<計算欄>