

平成 22 年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 50 ページある。(落丁・乱丁，印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物	理	1～15 ページ，	化	学	16～31 ページ
生	物	32～42 ページ，	地	学	43～50 ページ
- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
 - (1) 教育学部及び工学部の受験者は、90 分。
 - (2) 理学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 数学科及び化学科の受験者は、90 分。
 - ② 物理学科の受験者は、120 分。
 - ③ 生物学科及び自然環境科学科で理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ④ 生物学科及び自然環境科学科で理科 2 科目の受験者並びに地質科学科の受験者は、180 分。
 - (3) 医学部及び歯学部 of 受験者は、180 分。
 - (4) 農学部 of 受験者は、次のとおりである。
 - ① 理科 1 科目 of 受験者は、90 分。
 - ② 理科 2 科目 of 受験者は、180 分。
- 6 物理と化学は、学部、学科によって解答する問題が異なるので、物理と化学の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 7 化学及び生物には、選択問題があるので、化学及び生物の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 8 問題冊子及び下書き用紙は、持ち帰ること。

化 学

注意

- 1 化学選択の受験者は、下の表を見て○印の問題を解答せよ。

志望学部(学科)	問題番号				
	1	2	3	4	5
教育学部	○	○	○	○	
理学部(化学科)		○	○	○	○
理学部(数学科・生物学科・ 地質科学科・自然環境科学科)	○	○	○		
医学部		○	○	○	○
歯学部		○	○	○	○
工学部	○	○	○	○	
農学部	○	○	○	○	

- 2 問題 4 には、選択問題 I と II が出題されている。

I は「生活と物質」から、II は「生命と物質」からの出題である。いずれか一つを選択し、解答すること。

I と II の両方の問題を解答した場合は、両方とも採点の対象としないので、注意すること。

1

注意 教育学部, 理学部(数学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科),
工学部および農学部受験者用

次の文章を読んで, 問1～問8に答えよ。

金属結合によって, 金属原子が規則正しく配列した結晶を金属結晶という。金属結晶の主な結晶格子には, (1), (2), 六方最密構造などがある。(1)は, 立方体の各頂点と各面の中心に原子が位置している。(2)では, 立方体の各頂点と立方体の中心に原子が位置している。(1)は(2)よりもすき間の少ない構造である。金属結晶の単位格子に含まれる原子の数は決まっており, (1)では(3)個, (2)では(4)個である。金属結晶中で, ある原子をとり囲んでいるほかの原子の数を(5)という。金属結晶における(5)は(1)では(6), (2)では(7)である。

金属において, 価電子は特定の原子に結びつかず, 格子中を自由に動き回ることができる。このような電子を(8)という。金属は(8)により, 電気や(9)をよく伝える性質をもつ。また, (8)が周囲の特定の原子と結合を作っていないので, 外部から力を加えると, 金属の変形が起きる。金属をたたくと薄く箔状に広がる性質を(10), 引っ張ると細い線状にのびる性質を(11)という。このような性質を利用して, 金箔や銅線が作られている。

(2)の構造をもつ金属としてナトリウムがある。ナトリウムは水と激しく反応するため, 石油(灯油)中で保管する。ナトリウムは, 最外電子殻である(12)に1個の電子をもっている。そのため, ナトリウムは, この1個の電子を放出して, 陽イオンとなりやすい。一般的に, 金属元素は陽性が強く, 化合物を作るときに陽イオンになりやすい。希ガスを除く非金属元素は陰性が強く, 陰イオンになりやすい。そのため, 金属元素は, 希ガスを除く非金属元素と, イオン結合により結びつくことが多い。塩化ナトリウムや水酸化ナトリウムはイオン結合によりできた化合物の例である。二酸化ケイ素と水酸化ナトリウムを

1 : 2 の物質量の比で混ぜて高温で融解するとケイ酸ナトリウムが得られる。このケイ酸ナトリウムに塩酸を入れるとコロイド状のケイ酸が生じ、これを加熱乾燥したものがシリカゲルである。

問 1 空欄 ~ に最も適切な語あるいは数字を入れて、文章を完成せよ。

問 2 下線部(a)で起こっている反応を化学反応式で書け。

問 3 下線部(b)の陽イオンと同じ電子配置をもつ希ガスの元素記号および元素名を書け。

問 4 原子から 1 個の電子を取り去って 1 価の陽イオンにするために必要な最小のエネルギーをイオン化エネルギーという。硫黄、塩素、アルゴン、カリウムについて、解答欄の不等号にしたがってイオン化エネルギーが大きい順に元素記号で答えよ。

問 5 ナトリウムイオンと酸化物イオンからできた電氣的に中性な物質の組成式と名称を書け。

問 6 下線部(c)で起こっている反応を化学反応式で書け。

問 7 主としてケイ砂などに含まれる二酸化ケイ素を利用して、ガラスやセメントなどを作る工業の名前を書け。

問 8 ナトリウムの単位格子の一辺の長さは 4.3×10^{-8} cm である。ナトリウムの結晶の密度を求めよ。計算の過程も示せ。有効数字は 2 桁とせよ。ただし、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とし、原子量は $\text{Na} = 23$ を用いよ。

2

注意 全学部受験者用

次の文章を読んで、問1～問6に答えよ。必要ならば原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$, $Na = 23$, $Ar = 40$, $Ca = 40$ を用いよ。

図1のように、密閉できる容器内に、ある量の水を入れた。気体部分に CO_2 を供給し、 CO_2 の分圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った。平衡に達した後に溶液中の CO_2 の濃度を測定したところ、質量パーセント濃度で 0.15% であった。

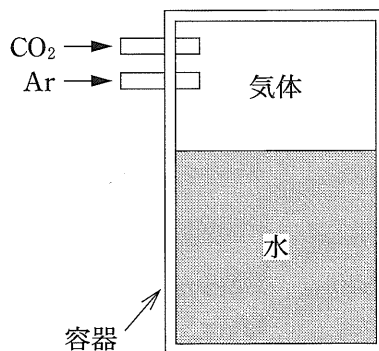


図1

問1 溶液中に存在する分子および陽イオンについて、物質量が最も多いものをそれぞれ一つずつ挙げ、化学式で答えよ。

問2 平衡後の溶液を容器から 50 g 取り出し、水 50 g を加えたときの CO_2 の濃度を質量モル濃度で表せ。計算の過程も示せ。有効数字は2桁とせよ。ただし、溶解した CO_2 は放出されないものとする。

問3 平衡に達する前の溶液を容器から取り出し、そのうち 10.00 mL をホールピペットを使ってコニカルビーカーに移した。ビュレットに 0.01000 mol/L NaOH 水溶液を入れ、少量を排出してコック下の空気を追い出したとき、メニスカスは図2中のA付近にあり、よく見ると 3 mL の目盛りになちょうど重なっていた。滴定によって中和点に達したとき、ビュレット内のメニ

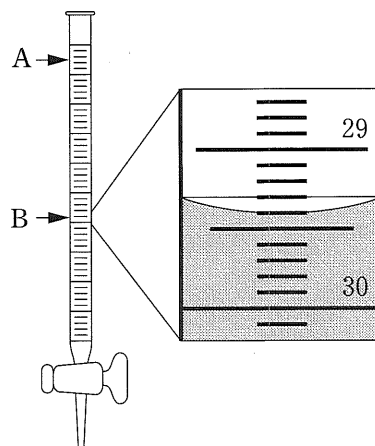
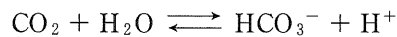


図2

カスは図2中のB付近にあり、拡大図のようになった。滴定に要したNaOH水溶液の体積を答えよ。また、CO₂のモル濃度を求めよ。計算の過程も示せ。有効数字に関しては、用いたビュレットの精度を考慮して、適切な桁数を判断せよ。

問4 CO₂は水中で電離して炭酸水素イオンHCO₃⁻を生成する。



この反応の平衡定数 K は

$$K = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2\text{O}]}$$

と定義されるが、[H₂O]は一定と考えてよいので、

$$K_a = K[\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{CO}_2]}$$

のように書き換えることができる。 $K_a = 4.5 \times 10^{-7}$ mol/Lとして、電離後のCO₂の濃度が[CO₂] = 0.050 mol/Lであるときの電離度 α を有効数字2桁で求めよ。計算の過程も示せ。

問5 CO₂の分圧が 1.0×10^5 Pa の状態のところ、アルゴンを導入して全圧を 5.0×10^5 Pa とした。このとき、溶液中のCO₂の濃度はどのように変化するか。以下の(a)~(e)の中から一つ選び、記号で答えよ。また、その理由を書け。ただし、すべての気体は理想気体とみなしてよい。

- (a) およそ5倍に増える (b) およそ4倍に増える
(c) 変わらない (d) およそ4分の1に減る
(e) およそ5分の1に減る

問6 図1において、容器に入れる液体として水の代わりにNaOH水溶液を用いるとき、平衡に達するまでに溶解するCO₂の量はどのように変化するか。以下の(a)~(c)から一つ選び、記号で答えよ。また、その理由を書け。

- (a) 増える (b) 変わらない (c) 減る

3

注意 全学部受験者用

I 次の文章を読んで、問1～問6に答えよ。

炭化水素の水素原子が (1) 基あるいは (2) 基で置換された化合物をそれぞれアルコールとカルボン酸という。アルコールは構造異性体のエーテルと比べて沸点が高い。第一級アルコールを酸化すると (3) になり、さらに酸化するとカルボン酸になる。

ベンゼンに (1) 基が置換した化合物であるフェノールに金属ナトリウムを加えると水素を発生しながら (ア) が生成する。ベンゼンに (2) 基が置換した化合物である (4) は、トルエンを塩基性の過マンガン酸カリウム水溶液中で加熱して反応させ、反応溶液をろ過した後に、ろ液を塩酸で酸性にすると結晶として得られる。ベンゼンの隣り合った位置に (1) 基と (2) 基が置換した化合物である (5) と2倍の物質量の水酸化ナトリウムが反応してできる (イ) の水溶液に二酸化炭素を通じると (ウ) が生成する。

酸触媒存在下でアルコールとカルボン酸を反応させると、1分子の水がとれてエステルが生成する。メタノールに (5) を溶解させ、少量の硫酸を加えて加熱すると (6) が生成する。

問1 空欄 (1) ～ (6) に最も適切な語を、空欄 (ア) ～ (ウ) には示性式を入れよ。

問2 下線部(a)について、その理由を書け。

問3 下線部(b)について、次の①および②に答えよ。

- ① メタノールの酸化により生成する (3) の化合物名を書け。
- ② ①の生成物の約37%水溶液は消毒薬などに使われる。その水溶液の名称を書け。

問 4 下線部(c)について、一連の操作に対応する化学反応式を書け。

問 5 下線部(d)について、6.9 g の (5) をメタノール 50 mL に溶解し反応させたところ、(6) が 6.1 g 生成した。この量は理論量の何パーセントになるか求めよ。また計算の過程も示せ。有効数字は 2 桁とせよ。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$ とし、メタノールの密度は 0.79 g/cm^3 とする。

問 6 酸触媒によるアルコールとカルボン酸のエステル化反応は可逆反応である。この点をふまえて、問 5 の反応条件には (6) の生成量を増やすための工夫がなされている。どのような工夫か説明せよ。

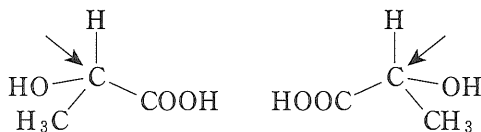
II 次の問 7～問 9 に答えよ。

問 7 プロパン、プロペン、プロピンについて、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 炭素原子がすべて一直線上に存在するものを一つ選び、示性式を書け。
- (2) すべての結合が常温で自由に回転できるものを一つ選び、示性式を書け。

問 8 分子式 C_4H_9Cl の化合物には光学異性体が存在する。鏡像の関係が分かるように、(例) にならって光学異性体の構造式を書き、不斉炭素原子を矢印で示せ。

(例)



問 9 ベンゼンに 3 個のメチル基が置換した化合物の構造式をすべて書け。

4

注意 1 教育学部, 理学部(化学科), 医学部, 歯学部, 工学部および農学部
受験者用

注意 2 I は, 「生活と物質」から, II は, 「生命と物質」からの出題である。

いずれか一つを選択し, 解答すること。

I と II の両方の問題を解答した場合は, 両方とも採点の対象としな
いので, 注意すること。

I 〈選択問題(生活と物質)〉

(i) 次の文章を読んで, 問 1～問 6 に答えよ。

合成樹脂は一般に軽くて強く, 成形しやすいという特長があり, 熱可塑性樹脂^(a)と熱硬化性樹脂に分けられる。さらに, 高吸水性樹脂^(b), イオン交換樹脂, 導電性樹脂等に分類される高機能性の樹脂もある。しかし, 合成樹脂は自然環境中で分解されにくく, また塩素系の樹脂を比較的低温の焼却炉^(c)で処理した場合, 毒性の^(d)高い一群の有機化合物が生成することがある等, その廃棄方法には種々の問題が伴っている。最近では, 環境汚染の問題のためだけでなく, 有効利用のためにもリサイクルの方法が種々考えられ, 実用化されている。

(e) ゴムには天然ゴムと合成ゴムがあり, 耐摩耗性, 耐薬品性または耐老化性などに優れた特性をもつ合成ゴムが開発されている。

問 1 下線部(a)の熱可塑性樹脂に分類される樹脂を次の(ア)～(エ)の中から一つ選び, 記号で答えよ。

(ア) フェノール樹脂

(イ) 尿素樹脂

(ウ) メラミン樹脂

(エ) スチロール樹脂

問 2 下線部(b)の高吸水性をもたせるために樹脂に組み込まれている官能基を示性式で示せ。

問 3 下線部(c)のような合成樹脂の一般的性質を改変して、自然環境中で分解されやすくした樹脂の総称を答えよ。

問 4 下線部(d)の毒性の高い一群の有機化合物は何か答えよ。

問 5 下線部(e)のリサイクルの方法のうち、回収された樹脂を破碎、洗浄後、溶解、成形して、素材のまま再利用する方法の名称を答えよ。

問 6 炭素と炭素の二重結合をもたないため加硫の操作を行わなくても高い耐老化性を示す合成ゴムを次の(ア)～(ウ)の中から一つ選び、記号で答えよ。

(ア) ブタジエンゴム (イ) シリコーンゴム (ウ) クロロプレンゴム

(ii) 次の文章を読んで、問 7～問 9 に答えよ。

植物から得られる天然繊維には木綿や麻がある。木綿の主成分は、 であり、吸湿性に優れている。動物から得られる天然繊維には羊毛や、カイコのマユから作られる絹などがある。保温性と とに優れている羊毛の主成分は、 というタンパク質であり、しなやかで光沢のある繊維である絹の主成分は というタンパク質である。

問 7 上記の空欄 ～ に入る最も適切な語を次の語群より選び、記号で答えよ。

(ア) ケラチン (イ) コラーゲン (ウ) フィブロイン
(エ) デンプン (オ) セルロース (カ) トリプシン
(キ) カプロン酸 (ク) 伸縮性 (ケ) 難燃性
(コ) 可塑性

問 8 下線部(a)の理由について、構成成分の性質と構造から考察し、40 字以内で説明せよ。

問 9 絹糸に下線部(b)の特徴をもたせるための工程について、40 字以内で説明せよ。

(iii) 次の文章を読んで、問 10 および問 11 に答えよ。

多糖類であるデンプンの構成単位は単糖類の α - (1) であり、 α - (1) が直鎖状に α - (2) 結合という共有結合によって連なっている (3) と、 α - (2) 結合以外に、 α - (4) 結合という共有結合によって、枝分かれしながら連なっている、 (5) から構成されている。

タンパク質の構成単位はアミノ酸であり、アミノ酸が (6) 結合によって多数連なったものである。タンパク質は体内でアミノ酸まで消化され、小腸から吸収され、からだの構成成分になる。

油脂は、脂肪酸 3 分子と (7) 1 分子が縮合した (8) という化合物であり、植物や動物の体内に広く存在している。脂肪酸は炭素原子が鎖状に連結した構造の炭化水素基をもつが、この中に二重結合が 1 個以上含まれる脂肪酸を (9) 脂肪酸といい、単結合だけの脂肪酸を (10) 脂肪酸という。

問10 空欄 (1) ~ (10) に最も適切な語を入れよ。

問11 次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) タンパク質を構成するアミノ酸のうち、たとえばロイシンのように、ヒトの体内で合成できないために食物から摂取する必要のあるアミノ酸の総称を書け。
- (2) (1)に述べたアミノ酸の例を、ロイシン以外に二つ答えよ。

Ⅱ 〈選択問題(生命と物質)〉は次ページ

II 〈選択問題(生命と物質)〉

- (i) 唾液の^だアミラーゼの性質を調べる実験を行った。次の問1および問2に答えよ。

問1 アミラーゼが作用する物質を準備するために、ジャガイモのデンプン2gを80℃の蒸留水100mLにしばらく浸^つけておいた。デンプンの一部は溶け出し、残りは不溶であった。溶け出した部分には主な成分として が含まれ、不溶な部分には主な成分として が含まれている。また、デンプンの水溶液に希硫酸を加えて加熱し、デンプンを完全に加水分解すると が生成する。

次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 空欄 ~ に最も適切な物質名を入れよ。
(2) が縮重合して になるときに形成され、アミラーゼが作用する結合の名称を答えよ。
(3) と の構造の違いを60字以内で書け。

問2 問1のデンプンの溶け出した部分10mLを入れた試験管を4本用意した。これらの試験管にpHの異なるリン酸緩衝液2mLを加えて、下の表に示すpHの反応溶液とした。また、唾液2mLを採取して蒸留水で20mLに希釈して酵素溶液とした。

試験管番号	反応溶液のpH	酵素溶液の熱処理
1	5	なし
2	7	なし
3	8	なし
4	7	あり

次の(1)~(4)に答えよ。

- (1) 反応溶液のみを含む4本の試験管に、ヨウ素溶液を1滴加えてよくかきまぜたところ、すべて同じ色になった。これらの溶液の色を答えよ。
- (2) (1)でヨウ素溶液を加えた1番~3番の試験管の反応溶液に酵素溶液2 mLを加え、37℃で保温した。1番~3番の試験管のうち、最も早く色に変化する試験管の番号を答えよ。ただし、加えたヨウ素溶液は酵素反応に影響しないものとする。
- (3) (2)で答えた試験管の反応が十分にすすむまで、37℃で保温したときの主な生成物の物質名と溶液の色を答えよ。
- (4) (1)でヨウ素溶液を加えた4番の試験管の反応溶液に、100℃で5分間熱処理した酵素溶液2 mLを加え、37℃で十分な時間保温した。このときの溶液の色を答えよ。また、その理由を40字以内で書け。

(ii) 核酸に関する次の問3~問6に答えよ。

問3 核酸を構成する5種類の元素を原子番号の小さい順に元素記号で答えよ。

問4 核酸を構成する単量体の名称を答えよ。

問5 ある二重らせん構造のデオキシリボ核酸(DNA)の塩基の組成(4種類の塩基のモルパーセント)を調べたところ、リボ核酸(RNA)には含まれない塩基が30%であった。このDNAを構成する4種類の塩基の名称と、それぞれの割合を答えよ。

問6 タンパク質の合成に関わる3種類のRNAの名称を答えよ。

5

注意 理学部(化学科), 医学部および歯学部受験者用

次の文章を読んで, 問1~問5に答えよ。必要ならば原子量 $H = 1.0$, $O = 16$, $S = 32$, $Cu = 64$, $Zn = 65$, ファラデー定数 $F = 9.7 \times 10^4 \text{ C/mol}$, 気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。

電池は, (1) 反応に伴って放出されるエネルギーを, 電気エネルギーとして取り出す発電装置である。図1にボルタ電池の概要を示した。外部回路のスイッチを閉じたときの電極表面の反応は, Znの (2) がCuより大きい^(a)ために起こる。(3) は外部回路を通じZn電極からCu電極へ流れる。したがって, ボルタ電池ではZn電極が (4) 極として, Cu電極が (5) 極として働く。電極間の電位差は約1Vであるが, 放電後すぐに気体が発生し,^(b)起電力が低下する。一方, 気体が発生しないように工夫されたダニエル電池(図2)^(c)は, 比較的長い間安定した起電力を発生する。

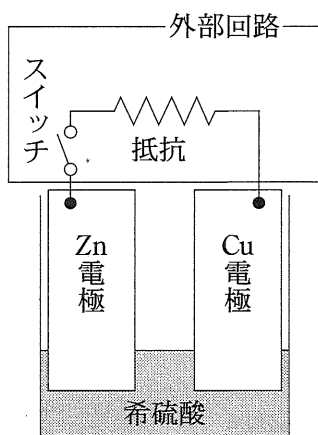


図1 ボルタ電池

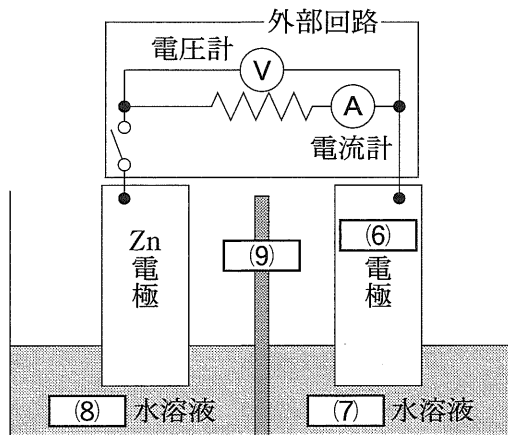


図2 ダニエル電池

問1 文中の空欄 (1) ~ (5) および図2の空欄 (6) ~ (9) に最も適切な語や物質名を入れ, 文章と図を完成せよ。

問 2 下線部(a)に関して、(1) Zn 電極と(2) Cu 電極のそれぞれの表面で起こる反応をイオン反応式で書け。ただし、電子を e^- で表わせ。

問 3 下線部(b)に関して、 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ で体積 2.0 mL の気体が発生したとき、次の(ア)および(イ)の量を求めよ。計算の過程も示せ。ただし、発生した気体は理想気体と考え、有効数字は 2 桁とせよ。Zn 電極で発生する気体は無視してよい。

(ア) 電解質溶液に溶け出た電極の質量

(イ) 外部回路に流れた全電気量

問 4 下線部(c)に関して、次の(ア)~(ウ)について答えよ。

(ア) スイッチを閉じたとき、 電極表面で起こる反応をイオン反応式で書け。ただし、電子を e^- で表わせ。

(イ) に基づいて、気体が発生しない理由を書け。

(ウ) 図 2 の の役割を説明せよ。

問 5 図 2 のスイッチを閉じて、以下に示した(1)~(3)の一連の実験を行い、電流と起電力の時間変化を記録した。得られた時間変化として最も適切なグラフを次ページ図 3 の(a)~(h)から一つずつ選び、記号で答えよ。ただし、 水溶液と 水溶液の電解質濃度は等しく、電解質溶液に接している電極の面積(接触面積)も等しい。

(1) 記録を開始してから時間(ア)まで、安定した電流と起電力が観測された。

(2) 時間(ア)から(イ)の間、それぞれの容器の電解質溶液と同じ溶液を、一定の速さでゆっくりと追加した。時間(イ)で、電解質溶液の体積は 2 倍になり、電極の接触面積は 3 倍に増加した。

(3) 時間(ウ)で、両電極を電解質溶液から一定の速さでゆっくりと引き上げ始めた。時間(エ)で、両電極は液面から同時に離れた。

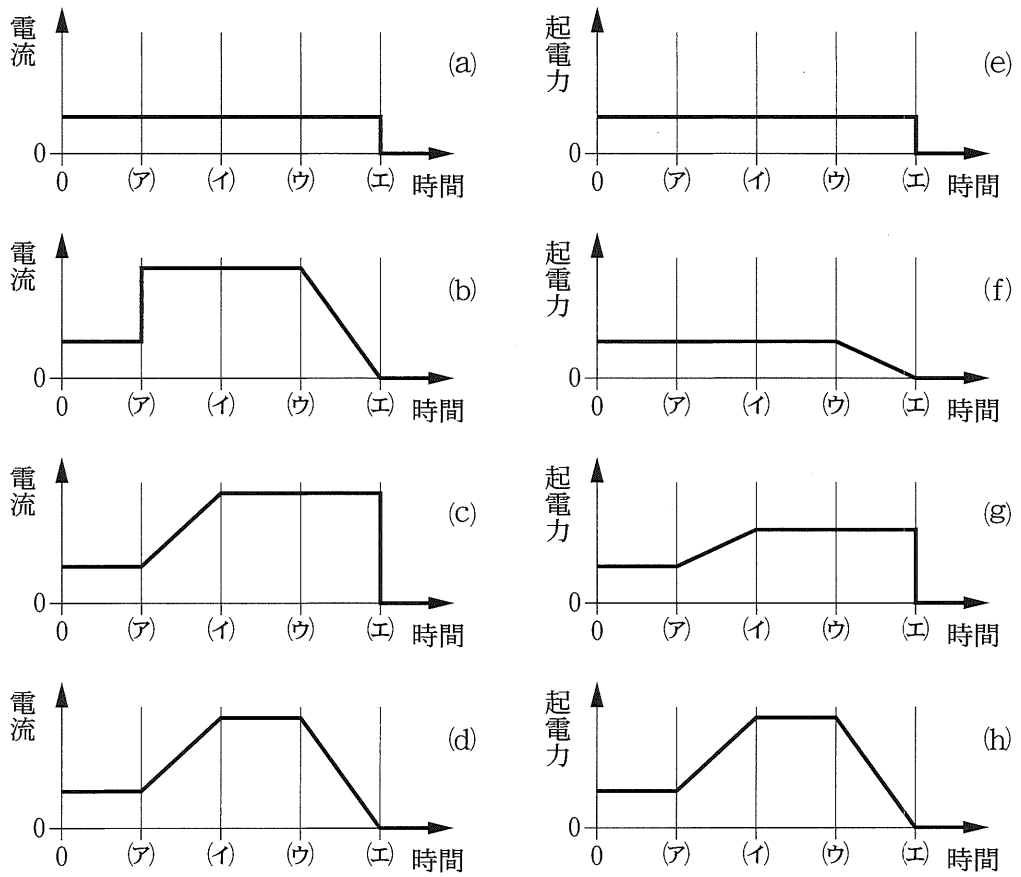


図 3