

第 1 問

問 1 酸性の原因である水素イオン H^+ は水溶液中で単独で存在することはなく、水分子 H_2O と配位結合し、オキソニウムイオン H_3O^+ として安定に存在しています。ただし、特に必要のある場合を除いては H^+ と書き表します。

- ①…電子の個数は水素原子に 1×3 、酸素原子に 8×1 、1 価の陽イオンでは 1 個少なくなり、10 個です。誤り。②…水分子の 2 つの非共有電子対のうち 1 つが H^+ に配位され、非共有電子対は 1 つになっています (図 1)。正しい。③…上の配位結合は他の共有結合と全く同じで区別が付きません。配位結合は共有結合の一種ともいえます。正しい (けれど、受験生を悩ませる選択肢です。感心しません)。④…非共有電子対が共有電子対 3 つと強く反発し合い、図 2 のような三角錐形になります。アンモニア NH_3 分子も同様の構造です。正しい。1 の正解は①。

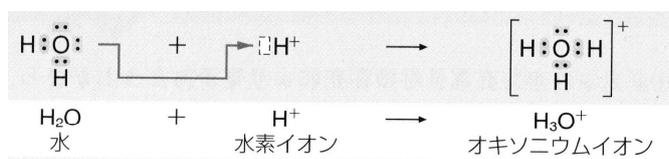


図 1【数研出版『化学基礎』p.56 より】

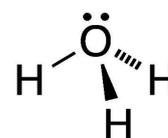
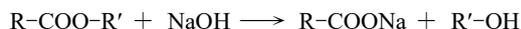


図 2

問 2 ヘリウム 2He 、ネオン ${}^{10}Ne$ 、アルゴン ${}^{18}Ar$ はいずれも 18 族 (希ガス)。同じ族の元素では原子番号が大きくなるほど原子半径は大きくなり、最外電子殻にはたらく原子核からの引力は弱くなるのでイオン化エネルギーは小さくなります。2 の正解は③。

問 3 同位体は原子番号=陽子数が同じで、中性子数が異なるため質量数が異なります (③は正しい)。同位体どうしは化学的性質はほとんど同じ (②が誤り)。①は原子量の定義そのもの。また、 ${}^{79}Br$ と ${}^{81}Br$ の存在比はほぼ 1:1 であることから、Br 原子 1 個を選んだとき、それが ${}^{79}Br$ である確率と ${}^{81}Br$ である確率はともに $1/2$ 。よって Br_2 が ${}^{79}Br{}^{79}Br$ である確率は $1/4$ 、 ${}^{81}Br{}^{81}Br$ である確率も $1/4$ 、 ${}^{79}Br{}^{81}Br$ である確率は $1/4 \times 2 = 1/2$ となります (④は正しい)。3 の正解は②。

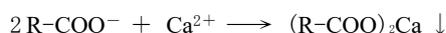
問 4 炭化水素基 C_mH_n- を $R-$ で表します。カルボン酸 $R-COOH$ とアルコール $R'-OH$ が脱水縮合して生じる化合物 $R-COO-R'$ をエステルといい、エステルに塩基の水溶液を加えて温めると加水分解され、カルボン酸の塩とアルコールになります。



エステル的一种である油脂を $NaOH$ で加水分解するとセッケンができることから、上の反応をけん化といいます。セッケン $R-COONa$ は弱酸と強塩基の塩なので、水溶液中では一部が加水分解して塩基性を示します。(d) が誤り。4 の正解は④。



$R-COO^-$ の炭化水素基 $R-$ は極性がなく疎水性、 COO^- は極性があり親水性です。セッケンを水に溶かすと親水性の部分を外側に、疎水性の部分を内側にしてミセルというコロイド粒子をつくり、油汚れの表面には疎水性の部分が吸着し、親水性の部分に囲まれた微粒子となって水中に分散します。 Ca^{2+} や Mg^{2+} を多く含む水は硬水といい、セッケンを硬水で使用すると



のように反応して水に不溶性の物質が沈殿し、洗浄能力を失います。

問 5 アレーニウスの定義では水溶液中で電離して H^+ (H_3O^+) を生じる物質が酸、 OH^- を生じる物質が塩基。ブレンステッド=ローリーの定義では、 H^+ を与える物質が酸、 H^+ を受け取る物質が塩基です。ア~エそれぞれの左辺について、後者で考えます。

ア… H₂O が酸，CO₃²⁻ が塩基。イ… H₂O が酸，CH₃COO⁻ が塩基。ウ… HSO₄⁻ が酸，H₃O⁺ が塩基。エ… NH₄⁺ が酸，H₂O が塩基。イとウが正しいので **5** の正解は④。

問 6 水溶液 A，B の質量はともに $1.0 \text{ g/cm}^3 \times (1.0 \times 10^3) \text{ cm}^3 = 1.0 \times 10^3 \text{ g}$ ，溶質の質量はともに $(1.0 \times 10^3) \text{ g} \times (0.10 \times 10^{-2}) = 1.0 \text{ g}$ なので，溶質としての硝酸 HNO₃ と酢酸 CH₃COOH の物質量はそれぞれ $1.0 / 63$ と $1.0 / 60$ 。このうち電離している物質量は，電離度を乗じてそれぞれ $(1.0/63) \times 1.0$ と $(1.0/60) \times 0.032$ 。計算するまでもなく大小は A > B です。次に中和に必要な NaOH 水溶液の体積ですが，電離度が小さくても（弱酸・弱塩基であっても）中和の相手さえいれば最終的にはすべて消費されますから，中和に供される酸・塩基の質量は電離度の大小に無関係です。硝酸も酢酸も 1 価の酸であり，物質量は酢酸のほうが多いので，必要な NaOH 水溶液の体積は A < B です。**6** の正解は②。

問 7 NaOH 水溶液のモル濃度を $c \text{ mol/L}$ として，中和の関係式

$$\text{酸の価数} \times \text{濃度} \times \text{体積} = \text{塩基の価数} \times \text{濃度} \times \text{体積}$$

を用います。H₂SO₄ は 2 価の酸，NaOH は 1 価の塩基ですから，

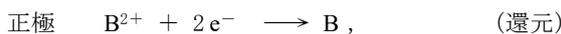
$$2 \times 0.0500 \text{ mol/L} \times (10.0 \times 10^{-3}) \text{ L} = 1 \times c \text{ mol/L} \times (8.00 \times 10^{-3}) \text{ L}.$$

これを解いて， $c = 0.125$ を得ます。**7** の正解は③。

問 8 ①…鉄板の表面に亜鉛をめっきしたものをトタンといいます。亜鉛は表面に酸化皮膜をつくり内部を保護するので，鉄板が酸化されにくくなります。②…塩素の殺菌作用を利用しています。③…生石灰を乾燥剤として利用しています。④…炭酸水素ナトリウムは熱分解により二酸化炭素を発生し，生地を膨らませます。**8** の正解は①。

問 9 鉄鉱石に含まれる Fe₂O₃ の質量は $1000 \text{ kg} \times 0.480 = 480 \text{ kg}$ 。Fe₂O₃ = 160 g/mol より，この物質量は $480 \times 10^3 / 160 \text{ mol}$ です。式(1)により，Fe₂O₃ 1mol から Fe 2mol が得られるので，Fe = 56 より，求める質量は $56 \text{ g/mol} \times (480 \times 10^3 / 160) \text{ mol} \times 2 \text{ mol/mol} = 336 \times 10^3 \text{ g} = 336 \text{ kg}$ 。**9** の正解は⑤。

問 10 ダニエル電池は 2021 年度から中 3 で扱うようになりました。2 種類の金属のうちイオン化傾向の大きいほうの金属がイオン化することで回路に電子を供給する。すなわち負極になります。負極として亜鉛を，正極として銅板を用いるのが代表的です。各極の反応は



全体の反応は



となります。1mol の金属 A が反応すると 2mol の電子が導線の流れ，1mol の B が析出します（②が誤り）。また，反応の進行に伴い，金属 A の板の質量は減少し，金属 B の板の質量は増加します。**10** の正解は②。

時間の経過とともに，A の硫酸塩水溶液では A²⁺ の増加により [A²⁺] > [SO₄²⁻]，B の硫酸塩水溶液では B²⁺ の減少により [B²⁺] < [SO₄²⁻] となり，電気的な不均衡が生じて電流が流れにくくなります。が，素焼き板を通して，A の側から A²⁺ が，B の側から SO₄²⁻ がそれぞれ移動し，不均衡は解消されます。

第 2 問

問 1 エタノールは非電解質ですから，水溶液中に H⁺ (H₃O⁺) も OH⁻ も存在しません。つまり中性。アルコールはヒドロキシ基 -OH を持ちますが，水溶液中ではこの部分が水分子と水素結合を形成し（それで溶解する），-OH は電離しません（①が誤り）。

②…多くの物質では固体の密度 > 液体の密度です。水が例外です。③…化学反応式は

$C_2H_5OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$ 。 **11** の正解は①。

問2 ①…温度を 20℃から 40℃へ上昇させるために、エタノールよりも水のほうが時間がかかっています。正しい。②…水溶液の温度が 100℃になるまでは、液中にエタノールが残存しています。時間 t_1 において液体の温度は約 90℃ですから正しい。③…正しい。沸騰中に沸点が変化するのは混合物（水溶液）です。④…エタノールと水が 50g 蒸発するまでの時間がそれぞれ t_1 と t_2 ですが、「蒸発に必要な時間」というと各液体が沸点に達してからの時間（グラフが“水平”になってからの時間）を指します。それはともかく、エタノール 50g を蒸発させる熱量が水 50g を蒸発させる熱量よりも小さいのですから、1g であっても同じことです。誤り。 **12** の正解は④。

問3 a 質量パーセント濃度は溶質と溶媒の質量で決まります。10%の水溶液であれば、溶質を全体の 10%、溶媒（水）を全体の 90%にします。 **13** の正解は①。

問3 b a の流れで原液 A の質量を 1000g としましょう。蒸留液は質量 100g、濃度 50% ですから、これに含まれるエタノールの質量は 50g。残留液は質量 900g、含まれているエタノールは $100g - 50g = 50g$ ですから、濃度は $(50/900) \times 100 = 5.55 \dots \approx 5.6$ [%]。 **14** の正解は③。

問3 c 原液 A の質量を 1000g とします。蒸留液 1 は質量 100g、濃度 50%。これを次の原液とすると、蒸留液 2 の質量は 10g、濃度は図 2 より 78%となります（あっけないですね）。 **15** の正解は③。

なお、原液の質量パーセント濃度が 96% になると、蒸発する気体でのエタノールと水の混合比が原液と同じになり、したがって蒸留液の濃度も 96% のまま、これ以上は蒸留が進まなくなる — ということが知られています。