

国際環境工学部
環境化学工学科
総合問題

【注 意】

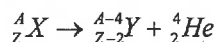
1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 試験時間は 10 時 00 分から 12 時 00 分までの 120 分、配点は 60 点です。
(配点の内訳：第 1 問 30 点・第 2 問 30 点)
3. この問題冊子は、表紙以外に 4 ページあり、解答用紙は 2 枚あります。
4. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 解答用紙には、解答箇所以外に受験番号記入欄（各解答用紙 2 箇所）、氏名記入欄（各解答用紙 1 箇所）があるので、受験番号と氏名を正しく記入してください。正しく記入されていない場合には、採点できないことがありますので、十分注意してください。
6. 解答はすべて指定した解答用紙に記入してください。
7. 解答用紙を持ち出してはいけません。持ち出した場合、試験をすべて無効とします。
8. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
9. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

第1問（環境に関する科学）

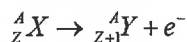
問1 文中の空欄にあてはまる適切な語句または数字を答えよ。

自然界には、 ^{35}Cl と ^{37}Cl のように、原子番号が同じで質量数が異なる原子が存在する。これらは、互いに とよばれる。それぞれの中性子数は ^{35}Cl は , ^{37}Cl は である。 の中には、(a) 原子核が不安定で、放射線を出して壊れていくものがある。このような を という。 が一定時間内に壊れる割合は一定であるため、これを利用すると遺物の年代を測定することができる。また、元素を原子番号の順に並べ、性質の似た元素が同じ縦の列に並ぶように配列した表を、元素の周期表という。周期表の第17族の元素は とよばれ、1価の陰イオンになりやすく反応性が非常に高い。第18族の元素は とよばれ、反応性が低く化合物を作りにくい。

問2 下線部 (a) について、ウランやラジウムのような原子核は不安定で自然に放射線を出してほかの原子核に変わる。放射線の一つである α 線を放出する現象を α 崩壊という。元素記号を X 、質量数を A 、原子番号を Z とすると、 A_ZX の原子核が α 崩壊して α 粒子（ヘリウムの原子核： ${}^4_2\text{He}$ ）が放出される現象は以下のように書ける。



また、同じく A_ZX の原子核が β 線を放出する現象を β 崩壊という。 β 崩壊すると、中性子の数が過剰な原子核では、原子核中の中性子が陽子と電子 e^- に変化し、この電子 e^- が β 線として放出される。そのため、 β 崩壊は以下のように書ける。



${}^{238}_{92}\text{U}$ が何度かの α 崩壊もしくは β 崩壊により、 ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ となって安定した場合、この間の α 崩壊の回数と β 崩壊の回数をそれぞれ求めよ。なお、計算が必要な場合は、途中の計算過程も示すこと。

問3 下記の問いに答えよ。計算が必要な場合は、途中の計算過程も示すこと。

- (1) 遺跡から出土した木材中の ^{12}C に対する ^{14}C の割合から木材の年代を推定することができる。伐採された木材は大気から二酸化炭素を取り入れないため、木材中の ^{14}C は放射線を出して一定の割合で減少し、5730 年で半分になることがわかっている。出土した木材中の ^{12}C に対する ^{14}C の割合が自然界での ^{14}C の割合の $\frac{1}{8}$ であったとき、この木材は何年前に伐採されたものと推定できるか答えよ。
- (2) ある放射性元素は、崩壊して 1 年後に 1%が他の元素に変わっていた。この元素の半減期を有効数字 2 桁で答えよ。なお、 $\log_{10} 99 = 1.9956$ ， $\log_{10} 2 = 0.3010$ とする。

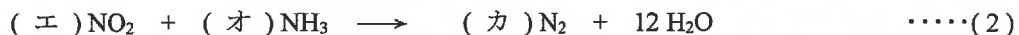
第2問 (化学)

[注意] 必要であれば、次の原子量を用いよ。

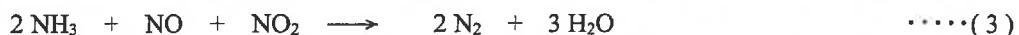
原子量 $H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0$

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。計算が必要な場合は、途中の計算過程を示し、有効数字3桁で答えよ。

窒素酸化物のうち、大気汚染の原因となる一酸化窒素 (NO) や二酸化窒素 (NO_2) などを総称して NO_x という。 NO_x は自動車のエンジンなど高温・高圧となる機関で、① 窒素 (N_2) と酸素 (O_2) が反応して生成され、排出される。 NO_x は総量が規制されており、特に都市部では、ディーゼルエンジンを利用する大型トラックやバスの排出ガスが厳しく規制されている。そのため大型トラックやバスには、排出ガス中の NO_x を除去する装置 (尿素 SCR システム*) が搭載されている。尿素 SCR システムでは、排出ガスに尿素水溶液が噴射される。尿素水溶液中の ② 尿素 ($CO(NH_2)_2$) が、高温下で加水分解されてアンモニア (NH_3) を生じ、この NH_3 によって NO や NO_2 が N_2 に還元され、除去される (式 (1) および式 (2))。



ただし、③ NO と NO_2 の物質量の比が $1:1$ のとき、式 (3) に示す還元反応が最も効率よく進行する。

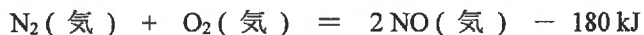


*尿素SCRシステム：尿素選択触媒還元 (Selective Catalytic Reduction) システム

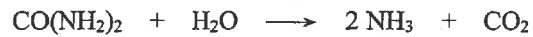
問1 NO 、 NO_2 および NH_3 の窒素原子の酸化数をそれぞれ答えよ。

問2 (ア) ～ (カ) に適する数値を答えよ。

問3 下線部①の反応で NO が生成する熱化学方程式は、下式のように表される。 NO の結合エネルギー (kJ/mol) を求めよ。ただし、 N_2 および O_2 の結合エネルギーは、それぞれ $945 kJ/mol$ および $498 kJ/mol$ とする。



問4 下線部②の反応は下式で表される。



質量パーセント濃度が 30.0 % の尿素水溶液 500 mL の場合に発生するアンモニアの物質質量 (mol) を求めよ。ただし、30.0 % の尿素水溶液の密度を 1.10 g/mL とし、反応は完全に進行するものとする。

問5 下線部③において、NO 330 mg と NO₂ 506 mg の混合物があるとき、この混合物が最も効率よく浄化されるときに消費される NH₃ の質量 (mg) を求めよ。ただし、反応はすべて完全に進行し、NH₃、NO および NO₂ のみが尿素 SCR システムの反応に関与するものとする。