

1. アルカリ金属に関する以下の問いに答えよ。(計 13 点)

- (1) Li, Na, K, Rb, Cs の 5 つの元素それぞれについて, 電子配置を記すとともに, 最外殻の主量子数を答えよ. 例えば Be を例にとれば「 $(1s)^2(2s)^2$, 最外殻の主量子数 2」のように解答すれば良い (内殻電子も省略せずにすべて記載すること). (各 1 点×5, 計 5 点)
- (2) アルカリ金属 (Li, Na, K, Rb, Cs) と, 同周期の第 13 族元素 (B, Al, Ga, In, Tl) を比較すると, 第 13 族元素の方が酸化されにくい. この原因を説明せよ. (4 点)
- (3) 金属 Na は水と激しく反応し発火することもある危険な金属であるが, 金属 Cs はその Na 以上に激しく水と反応することが知られている. なぜ Cs の方が水との反応が激しいのか, その違いをうみだす原因を説明せよ. (4 点)

2. 貴ガス元素に関する以下の問いに答えよ. ただし, 「閉殻だから」とか「閉殻で安定だから」というのは何の説明にもなっておらず解答として不適當である. (各 4 点, 計 12 点)
※さらに言うと, 閉殻なのは He と Ne だけで, それ以外の貴ガスは閉殻ではない.

- (1) 同じ周期の他の元素と比べ, 貴ガス元素は陽イオンになりにくい. この原因を説明せよ.
- (2) 貴ガス元素は陰イオンになりにくい. この原因を説明せよ.
- (3) 貴ガス元素の Ar と, その 1 価の陽イオン Ar^+ があったとする. これらが別々に存在している場合 (「Ar と Ar^+ の場合」) と, 「 Ar_2^+ という 2 原子分子 (の 1 価のカチオン) になっている場合」のどちらの方が低エネルギーか, 分子軌道法にもとづき説明せよ.

3. ハロゲンの単体である F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 の 4 つの分子を酸化力の強い順に並べるとともに (※左が酸化力の強くなるように解答すること), そのような酸化力の差を生む原因を説明せよ. (6 点)

4. 原子やイオンから電子を引き抜くのに必要なエネルギー E が, その原子やイオンの最外殻電子に対する有効核電荷 Z_{eff} , 最外殻電子の主量子数 n , 正の定数 E_0 を用いて $E = E_0 \times (Z_{\text{eff}} \div n)^2$ と近似できるとする. このとき, Al^{2+} から電子を引き抜いて Al^{3+} にするのに必要なエネルギーを E_0 を用いて表せ. (7 点)

5. 考古学の世界においては、遺物に含まれる放射性元素である ^{14}C と通常の炭素である ^{12}C の存在比を用いて年代を推定する ^{14}C 年代測定法がよく用いられている。これに関し、次の(a)~(c)の3つの問いの中から一つを選び解答せよ。どれを選んだのかわかるようにすること。(8点)

※余裕があれば、複数回答しても良い。その場合ボーナスとして、2つ正解で合計12点(通常+4点)、3つ正解で合計16点(通常+8点)を与える。

(a) ^{14}C は徐々に崩壊し減っていくはずだが、自然界における $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ の存在比はかなり過去から現在に至るまで(多少の変動はあるものの)ほぼ一定値を保っている。 ^{14}C の量がほぼ一定で減らない理由を説明せよ。

(b) ^{14}C 年代測定法は、数万年前程度までの年代決定には使用できるが、あまりにも古いもの(例えば恐竜がいた数千万年前など)には使用できない。これはなぜか。

(c) 遺跡から出土した木片に含まれている $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比(^{14}C 原子の数を、 ^{12}C 原子の数で割った値)を測定したところ、 2.6×10^{-13} であった。この木片のもともとの $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比(その木が生きていた時の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ の値)が 1.3×10^{-12} だったとすると、この木が生きていたのはおよそ何年前だと推定できるか?有効数字2桁で答えよ。ただし ^{14}C の半減期は5730年とする。

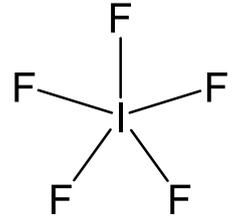
6. 次の表は、いくつかの単結合の結合エネルギーを示したものである(単位は kJ/mol)。この表に関し、下の問いに答えよ。(各5点×2, 計10点)

	H	C	O	F
H	H-H 436	C-H 412	O-H 463	H-F 565
C		C-C 348	C-O 360	C-F 484
O			O-O 146	O-F 185
F				F-F 158

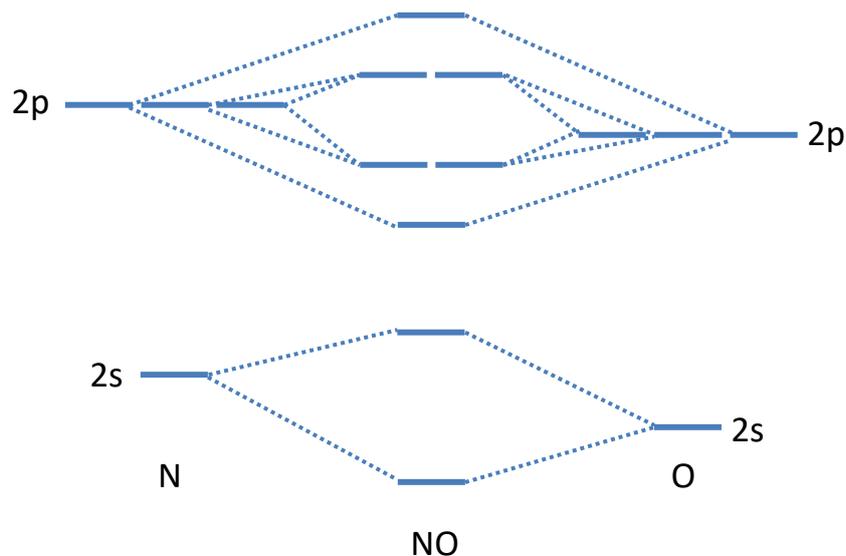
(1) 表中の赤字で示した結合は、C-C や C-H 結合に比べ結合エネルギーが顕著に低い。この理由を説明せよ。

(2) この表の値を用い、「1 mol の H_2 と 1 mol の F_2 となっている場合」と「2 mol の HF 分子になっている場合」のエネルギーを計算し、どちらがどれだけ安定か(=エネルギーが低いか)を解答せよ。ただしここでは、物質のエネルギーは結合エネルギーのみで決まると近似してよい。

7. ハロゲン間化合物の一つに、 IF_5 がある（右図）。この化合物に関し、以下の問いに答えよ。ただし右図（正五角形）は実際の分子の立体構造とは関係ないので、この見た目から構造を推測しないこと。（計 10 点）



- (1) I と F に非共有電子対を追加し、ルイス構造完成させよ（図を解答用紙に記すこと）。ただし中心のヨウ素原子だけは 8 電子則を満たさない。（3 点）
- (2) そのルイス構造に VSEPR の考え方を適用し、この分子がどのような立体構造になっているのかを説明せよ。（7 点）（単に構造を解答するのではなく、その構造にたどり着くための考え方をきちんと説明すること）
8. 窒素原子と酸素原子から一酸化窒素（NO）分子ができる際の軌道の準位図は、次の通りである。これをもとに、下の問いに答えよ。（各 4 点，計 16 点）



- (1) 同じ軌道であっても、N の軌道よりも O の軌道の方がエネルギーが低い（例えば N の 2s よりも O の 2s のエネルギーが低い）。この理由を説明せよ。
- (2) NO 分子において、「電子が入っている軌道（※電子が 1 つでも入っていればよい）のうち、最もエネルギーが高い軌道」がどのような形をしているのか、図で描け。
- (3) NO 分子から電子を一つ減らして NO^+ にすると、もともとの NO 分子と比べて結合の強さはどうなるか。そうなる理由も簡単に記せ。
- (4) NO 分子に電子を一つ追加して NO^- にすると、もともとの NO 分子と比べて結合の強さはどうなるか。そうなる理由も簡単に記せ。