

## 6 過去問集

### 6.1 2008 年過去問

第1問 以下の文の下線部に当てはまる言葉を書け。同じ記号には同じ言葉が入る。

- (1) 太陽系内の元素分布を見ると、その大部分は (a) と (b) である。これらはほとんど宇宙の最初、(c) の時点で生成したと考えられている。一方、より重い元素である炭素や窒素、酸素は、宇宙に拡散していた物質が集合することによって形成された (d) の内部で生成されたと考えられている。一度、炭素、窒素、酸素が生成するとこれらを触媒とする (e) サイクルにより、効率的に (a) から (b) が合成される。この時に発生するエネルギーが (d) を明るく輝かせている。(d) の内部では鉄までの元素が合成されるが、それより重い元素は、質量の大きな恒星がその寿命が尽きたときに引き起こされる (f) 爆発で合成されたと考えられている。
- (2) 水素原子の中の電子の波動関数を (g) と呼ぶ。(g) の形としては様々なものが可能であるが、節の数でそのエネルギーが異なると解釈できる。1s, 3p, 2s, 3s, 2p のうちで最もエネルギーの低いのは (h) である。また、このうち球対称でないものは (i) (複数可) である。
- (3) 多電子原子の構造は、水素原子と同様に考えた (g) に、(g) エネルギーに低いものから順に電子を詰めるという (i) と、一つの軌道に配置することのできる電子数に制限を与える (k) とを考慮することによって考えることができる。

第2問 分子に関する以下の問に答えよ。

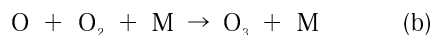
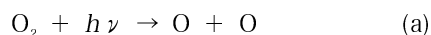
- (1)  $sp$ -,  $sp^2$ -,  $sp^3$ - の混成軌道で結合を説明できる最も簡単な炭化水素を、それぞれ一つ挙げよ。
- (2) 2-ブテンには trans 型と cis 型の二つの構造異性体が存在する。それらの構造式を異性体が区別できるように書け。
- (3) この二つは通常の条件下では互いに移り変わることはないが、紫外線を照射すると移り変わることができる。このことを説明する以下の文の下線部に当てはまる言葉を書け。
- 2-ブテンの HOMO は、(a) 性の  $\pi$  軌道であり、 $\sigma$  軌道の電子と共に (b) 結合が形成されている。紫外線を吸収すると、(c) 性の  $\pi$  軌道である (d) (HOMO と対になる言葉) に遷移する。このため、(b) 結合が切れて (c) 結合となり、中央の CC 結合のところで回転できるようになる。
- (4)  $CH_2CHCHCH_2CHCH_2$  と  $CH_2CHCHCHCHCH_2$  で どちらの  $\pi$ -共役系の長さが長い。

第3問 光（電磁波）と物質に関する以下の問に答えよ。

- (1) 波長 600 nm の光の振動数を求めよ。この波長の光の光子 1 個のエネルギーを求めよ。但し、光速は  $3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ 、プランク定数は  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J s}$  である。
- (2) 分子のスペクトルと、原子のスペクトルを比較すると、分子のスペクトルの方がずっと複雑である。これは、分子は (a) や (b) など、原子には存在しない運動をしていて、それらの状態変化に伴う構造がスペクトル中に見えるからである。このうち (a) 状態の変化に伴うスペクトルは、(c) の領域に観測され、現在人類の問題になっている地球 (d) にも関連している。一方、(b) 状態の変化に伴うスペクトルは、(e) の領域で観測される。特に宇宙から来る (e) は (e) 望遠鏡で観測され、宇宙空間中の分子についての貴重な情報を与えてくれる。(編注：最後の 2 つの (e) は (f) の誤りか)

第4問 化学反応に関する以下の問いに答えよ。

(1) 大気中のオゾンの生成反応は



の二つである。このうち高度が低い方が効率的に進む反応はどちらか。また、その理由を簡単に説明せよ。

(2) Chapman Cycle では、オゾンの消失に関わる反応をあと二つ考え、全体で定常状態になっていると考える。その反応式を示し、それぞれ(c), (d)とせよ。

(3) (a)~(d)で、オゾンが地上の生命にとって不可欠な役割を果たしていることに直接対応する反応はどれか。それはどのような役割か。

(4) 多くの化学反応の反応速度は Arrhenius の式

$$k = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

で表すことができる。式中の $E_a$ を何と呼ぶか。また、その意味を説明する反応のポテンシャル曲線を書き、どこが $E_a$ に対応するか示せ。

(5) 化学反応の進行方向を考察するのに、ギブズの自由エネルギー変化 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ を用いることができる。これは、熱力学第二法則で、宇宙のエントロピーが単調に増加するとされることと対応している。ギブズの自由エネルギー変化の式から、化学反応におけるエントロピー変化を導き、熱力学第2法則と関連付けて反応の進行条件を述べよ。

第5問 分子間力に関する以下の文の下線部に当てはまる言葉を答えよ。

(1) 希ガスのような構造・極性を持たないもの同士にも (a) と呼ばれる弱い引力が存在する。その引力を He と Ar で比較すると、(b) の方が大きい。

(2) 油（炭化水素化合物）は水に溶けず、それ自身で集合しようとする。油を水に溶かしたとき、油分子の周りの水は (c) 水と呼ばれる規則性の高い構造をしており、(d) が低下している。油が集合すると、相対的に (c) 水の割合が減少し、(d) が増大する。一方、ばらばらの方が全体の (e) は低い（編注：「高い」の誤りか）。全体としては (d) の増大が、(e) の低下に打ち勝ち、油分子は集合する。

## 6.2 2004 年過去問

第1問 以下の文の下線部に当てはまる言葉を書け。

太陽系内でもっとも存在量の多い元素は (a) であり、その次に存在量の多い元素は (b) である。これらは、宇宙の始まりである (c) で生成されたものである。これに対し、ウラニウムのような非常に重い元素は (d) 内では生成しえない。これらは (f) の際に生成したと考えられる。

第2問 原子、分子に関する以下の問いに答えよ。

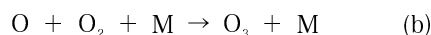
- (1) 図1のHeの例を参考に窒素原子の電子配列を示せ。
- (2) 図2の  $1\sigma$  と  $1\sigma^*$  のエネルギーの違いを波動関数の節の数の違いから説明せよ。
- (3)  $C_nH_m$  で表わされる簡単な炭素分子で、炭素原子が  $sp$ -混成、 $sp^2$ -混成、 $sp^3$ -混成をしているものをそれぞれ一つ挙げよ。このうち  $\pi$ -結合と呼ばれる結合を形成しているのはどれか。

第3問 光（電磁波）と物質に関する以下の問いに答えよ。

- (1) フラウンホーファーの発見した太陽光のスペクトル中の暗線の多くは、後に炎色反応の観測によってその正体がつきとめられた。暗線の正体は何であったか。
- (2) 共役ポリエン  $H(CH=CH)_nH$  の中には色の付いたものがある。 $n$  の大小と色との間にはどのような関係があるか、簡潔に述べよ。
- (3) 多くの分子は、波長  $3\text{--}30\ \mu\text{m}$  の赤外線を吸収する。これは、分子のどのような運動に対応した遷移によって引き起こされるか。

第4問 化学反応に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 大気中のオゾンの生成・分解反応



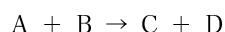
で、高度が高いほうが効率的に進むのはどちらか。

- (2) 多くの反応の反応速度がアレニウスの式、 $k = A\exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$ 。これを説明する反応のポテンシャル曲線を示せ。
- (3) 吸熱反応



が条件によっては自発的に進む。これをギブスの自由エネルギー変化  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  から説明せよ。

- (4) 一般に反応



は最後まで進行せず、あるところで平衡に達する。その条件を(3)の議論に基づいて示せ。

第5問 分子間には、化学結合程強くはないが、弱い引力が存在する。以下の問いに答えよ。

- (1) メタンや、エタンのような飽和炭化水素同士の引力と水分子の引力はどちらが強いのか。
- (2) 水分子同士の引力には、特に名前が付けられている。何と呼ぶか。

## 6.3 過去問解答

### ・ 2008 年過去問

- 第1問 (a)水素 (b)ヘリウム (c)ビッグバン (d)恒星 (e)CN (f)超新星 (g)原子軌道 (h)1s (i)3p, 2p  
(j)構成原理 (k)パウリの排他律
- 第2問 (1)(sp<sup>-</sup>)アセチレン C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (sp<sup>2-</sup>)エチレン C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (sp<sup>3-</sup>)メタン CH<sub>3</sub> (2)省略 (解答は 2.2 の図 10)  
(3)(a)結合 (b)二重 (c)反結合 (d)LUMO (e)単 (4)CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>CHCH<sub>2</sub>
- 第3問 (1)(振動数)  $\nu = c/\lambda = 5.0 \times 10^{14}[\text{Hz}]$  (エネルギー)  $\varepsilon = h\nu = 3.3 \times 10^{-19}[\text{J}]$   
(2)(a)振動 (b)回転 (c)赤外線 (d)温暖化 (e)遠赤外線 (f)電波
- 第4問 (1)(b), 式中の M は第3体である酸素や窒素を表す. これらの濃度は高度が低いほど高く, また反応(b)の速度は[M]に比例するため,  
(2)  $\text{O}_3 + h\nu \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$  (c)  $\text{O} + \text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}_2$  (d)  
(3)(c), 生命にとって有害である紫外線をカットする役割.  
(4)活性化エネルギー, 図は省略 (解答は 4.2 の図 3).  
(5)省略 (解答は 4.3 の「・熱力学第2法則」のすぐ上)
- 第5問 (a)分散力[ファンデアワールス力] (b)Ar (c)構造 (d)水分子のエントロピー  
(e)油分子のエントロピー

### ・ 2004 年過去問

- 第1問 (a)水素 (b)ヘリウム (c)ビッグバン (d)恒星 (e)CNO (f)超新星爆発
- 第2問 (1)下図3 (2)1σ軌道には原子核間に節がないが, 1σ\*軌道は原子核間に節があり, エネルギーが高い.  
(3) (sp<sup>-</sup>)アセチレン C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (sp<sup>2-</sup>)エチレン C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (sp<sup>3-</sup>)メタン CH<sub>3</sub> (π-結合)アセチレン, エチレン
- 第3問 (1)基底状態と励起状態のエネルギーの差に相等する光の吸収. (2)n が大きいほど, 波長の長い光を吸収する. (3)振動
- 第4問 (1)(a) (2) 省略 (解答は 4.2 の図 3). (3)省略 (解答は 4.3 の「・熱力学第2法則」のすぐ上)  
(4)反応の解離度をαとしたとき, ギブズ自由エネルギーG=0 となるときに平衡状態に達する.
- 第5問 (1)水分子の引力 (2)水素結合