

理 科

「化学基礎，化学」

全学科の選択受験科目

化学基礎, 化学

原子量が必要なときは、次の値を用いなさい。

H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16
Na : 23 S : 32 Cl : 35

[1] 次の [1] ~ [12] にあてはまる最も適当な答をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その番号を解答記入欄にマークしなさい。

(1) 海水から水を取り出す操作は [1] である。

[1] の解答群

- ① クロマトグラフィー ② 昇華法 ③ 再結晶
④ 蒸留 ⑤ 抽出

(2) 共有結合に関する記述として正しいものは [2] である。ただし、配位結合は考えない。

[2] の解答群

- ① 結合する原子どうしの原子核の一部が重なり、価電子を受け取りあって共有する。
② 共有結合した原子の電子配置は、その原子が安定なイオンとなったときの電子配置と必ず同じになる。
③ 結合により、共有した電子を自由電子とよぶ。
④ 結合する原子の最外殻電子すべてが共有される。
⑤ 結合する原子は非金属元素どうしである。

(3) 石灰石に塩酸を加えると発生する気体は [3] である。

[3] の解答群

- ① CO ② CO₂ ③ O₂ ④ H₂ ⑤ Cl₂

化学基礎，化学

- (4) 硫酸鉄(Ⅱ)水溶液と塩化鉄(Ⅲ)水溶液に関する記述として間違っているものは 4 である。

4 の解答群

- ① 硫酸鉄(Ⅱ)水溶液に KSCN 水溶液を加えると血赤色の沈殿が生じる。
- ② 硫酸鉄(Ⅱ)水溶液に $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 水溶液を加えると濃青色の沈殿が生じる。
- ③ 硫酸鉄(Ⅱ)水溶液にアンモニア水を加えると緑白色の沈殿が生じる。
- ④ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると赤褐色の沈殿が生じる。
- ⑤ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液に $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 水溶液を加えると濃青色の沈殿が生じる。

- (5) マグネシウムとカルシウムに関する記述として正しいものは 5 である。

5 の解答群

- ① どちらも特有の炎色反応を示す。
- ② マグネシウムの単体は常温で水とほぼ反応しないが，カルシウムの単体は常温の水と反応する。
- ③ どちらも 2 個の価電子をもち，2 価の陰イオンになりやすい。
- ④ どちらの硫酸塩も水に溶けにくい。
- ⑤ どちらの塩化物も水に溶けにくい。

- (6) 次の金属イオンを含むそれぞれの塩基性の水溶液に硫化水素を通じたとき，黒色沈殿を生じないものは 6 である。

6 の解答群

- ① Zn^{2+} ② Pb^{2+} ③ Cu^{2+} ④ Fe^{2+} ⑤ Ag^+

化学基礎，化学

(7) 同じモル濃度の3種類の酸 ア) ~ ウ) について、各水溶液の pH の大小関係として正しいものは 7 である。

ア) 塩酸 イ) 酢酸 ウ) 硫酸

7 の解答群

- ① ア) = イ) = ウ)
- ② ア) = イ) < ウ)
- ③ ア) = イ) > ウ)
- ④ ア) < イ) < ウ)
- ⑤ ウ) < イ) < ア)
- ⑥ ウ) < ア) < イ)
- ⑦ イ) < ウ) < ア)
- ⑧ イ) < ア) < ウ)

(8) 体積 V_A [L]，濃度 C_A [mol/L] の塩酸に，濃度のわからない水酸化カルシウム水溶液を少しずつ滴下し，中和が完了したところで滴下をやめた。滴下した体積が V_B [L] であったとき，水酸化カルシウム水溶液の濃度 [mol/L] は 8 で示される。

8 の解答群

- ① $2 C_A V_A V_B$ ② $\frac{C_A V_B}{V_A}$ ③ $\frac{C_A V_A}{V_B}$
- ④ $\frac{C_A V_A}{2 V_B}$ ⑤ $\frac{2 C_A V_A}{V_B}$

(9) カルボン酸に関する記述として間違っているものは 9 である。

9 の解答群

- ① 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると，水素を生じる。
- ② アルデヒドを酸化することで得られる。
- ③ ギ酸は還元性を示す。
- ④ 酢酸に脱水剤を加えて加熱すると，酸無水物を生じる。
- ⑤ アルコールと脱水縮合すると，エステルを生じる。

化学基礎，化学

(10) ニンヒドリン水溶液と反応して呈色しないものは 10 である。

10 の解答群

- ① アラニン ② システイン ③ リシン
- ④ フェニルアラニン ⑤ グリセリン

(11) 乳酸，フェノール，*o*-クレゾール，アセチルサリチル酸，フルクトースのうち，共通の官能基をもたない分子は 11 である。

11 の解答群

- ① 乳酸
- ② フェノール
- ③ *o*-クレゾール
- ④ アセチルサリチル酸
- ⑤ フルクトース

(12) アルカン，アルケン，アルキンに共通する記述として正しいものは 12 である。

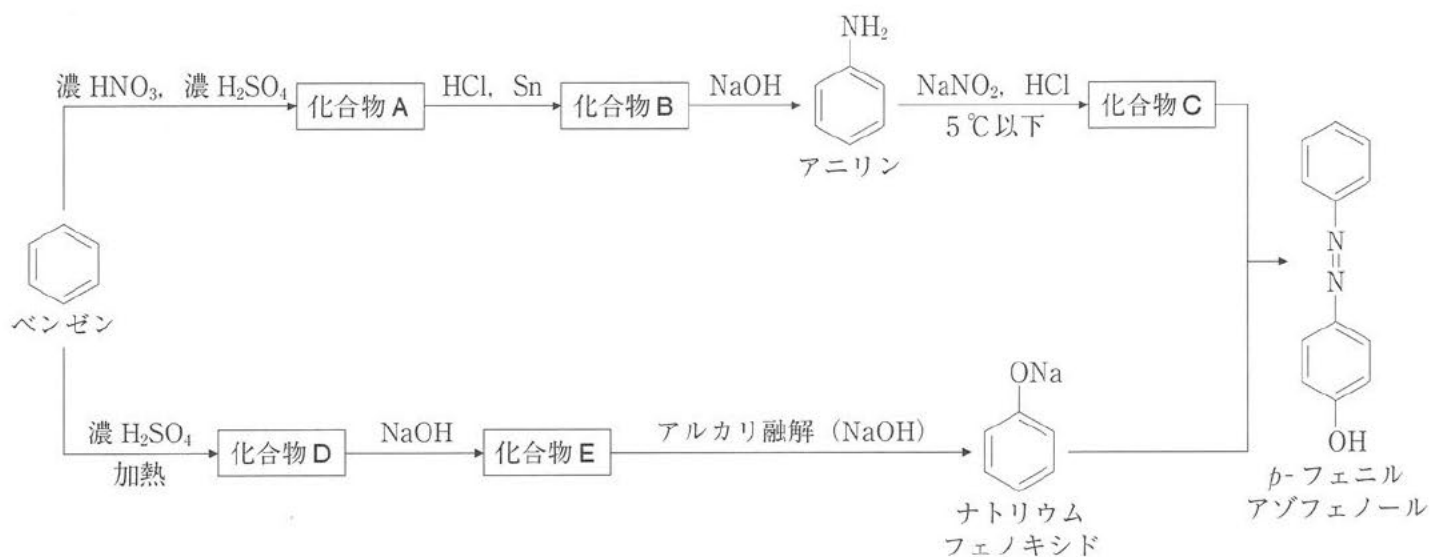
12 の解答群

- ① 環式炭化水素に分類される。
- ② 分子内に複数の炭素原子を有する。
- ③ 分子内にある炭素原子の数は水素原子の数より少ない。
- ④ 十分な酸素と反応させることにより，二酸化炭素と水のみを生じる。
- ⑤ 分子内に不飽和結合を有する。

化学基礎，化学

- [2] 次の 13 ～ 18 にあてはまる最も適当な答をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その番号を解答記入欄にマークしなさい。

下図は、ベンゼンから *p*-フェニルアゾフェノール (*p*-ヒドロシアゾベンゼン) を合成する経路を示したものである。



- (1) ベンゼンから化合物 A を得る反応は 13 であり、化合物 D を得る反応は 14 である。

13 と 14 の解答群

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① ハロゲン化 | ② エステル化 | ③ アセチル化 |
| ④ ニトロ化 | ⑤ ジアゾ化 | ⑥ スルホン化 |
| ⑦ 中和 | ⑧ 加水分解 | |

- (2) アニリンに関する記述として正しいものは 15 である。

15 の解答群

- ① 無臭の液体である。
- ② さらし粉の水溶液を加えると、黄色を呈する。
- ③ 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えると、黒色物質を生じる。
- ④ 無水酢酸を反応させると、安息香酸を生じる。
- ⑤ 水によく溶ける。

化学基礎，化学

- (3) 化合物 C は，低温の水溶液中では安定に存在するが，温度が上昇すると水と反応して分解し，フェノールと気体の 16 が生じる。

16 の解答群

- ① 酸素 ② 窒素 ③ 水素 ④ 塩素 ⑤ 二酸化炭素

- (4) 化合物 E の名称は 17 である。

17 の解答群

- ① フェノール ② 安息香酸ナトリウム ③ ナトリウムエトキシド
④ サリチル酸 ⑤ ベンゼンスルホン酸ナトリウム

- (5) *p*-フェニルアゾフェノールの利用方法として正しいものは 18 である。

18 の解答群

- ① 合成繊維として用いる。
② セッケンとして衣類の洗浄に用いる。
③ 解熱剤として用いる。
④ 木綿布を染めるのに用いる。
⑤ 導電性のフィルムとして用いる。

化学基礎，化学

- [3] 次の 19 ～ 24 にあてはまる最も適当な答をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その番号を解答記入欄にマークしなさい。

容積 0.60 L の容器Ⅰと容積 0.20 L の容器Ⅱを図1のように連結してコックで閉じ、以下の〔操作1〕～〔操作4〕を順に行った。連結部分の体積は無視できるものとし、すべての気体は理想気体とする。また、気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

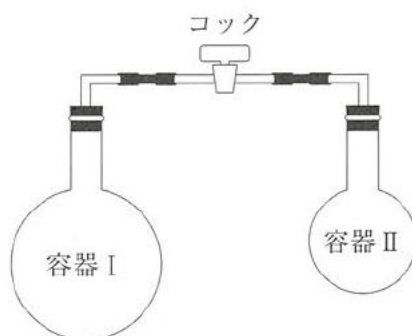


図1

- 〔操作1〕 容器Ⅰには酸素を $3.32 \times 10^5 \text{ Pa}$ となるように、容器Ⅱにはメタンを $2.49 \times 10^5 \text{ Pa}$ となるようにそれぞれ 27°C で満たした。
- 〔操作2〕 容器Ⅰと容器Ⅱを 27°C で一定に保ってコックを開き、十分な時間が経過してから再びコックを閉じた。
- 〔操作3〕 容器Ⅰを 77°C ，容器Ⅱを 27°C で一定に保ってコックを開き、十分な時間が経過してから再びコックを閉じた。
- 〔操作4〕 容器Ⅰと容器Ⅱを 27°C で一定に保ってコックを開き、十分な時間が経過してから再びコックを閉じた。

- (1) 〔操作1〕を行った後の容器Ⅰ内の酸素の物質量は 19 mol となる。

19 の解答群

- ① 0.030 ② 0.080 ③ 0.10 ④ 0.35 ⑤ 0.70

化学基礎，化学

- (2) [操作2]を行った後の2つの容器内の圧力はともに 20 Pa となる。また、これらの容器内の酸素とメタンの混合気体の平均分子量は 21 となる。

20 の解答群

- ① 2.3×10^5 ② 2.7×10^5 ③ 3.1×10^5 ④ 3.5×10^5
⑤ 3.9×10^5 ⑥ 4.2×10^5 ⑦ 4.5×10^5 ⑧ 4.8×10^5

21 の解答群

- ① 16 ② 19 ③ 23 ④ 26 ⑤ 29

- (3) [操作3]を行った後の2つの容器内の圧力はともに 22 Pa となる。ただし、容器の容積は温度によって変化しないものとする。

22 の解答群

- ① 2.3×10^5 ② 2.7×10^5 ③ 3.1×10^5 ④ 3.5×10^5
⑤ 3.9×10^5 ⑥ 4.2×10^5 ⑦ 4.5×10^5 ⑧ 4.8×10^5

化学基礎，化学

- (4) [操作4]を行った後，容器Ⅰを密閉し取り外した。この容器Ⅰは0.015 molのメタンと0.060 molの酸素で満たされている。この容器内でメタンを完全燃焼させた。この燃焼の反応式は次のとおりである。



容器内を157℃で一定に保ち，十分に時間が経過した後の容器内の圧力は 23 Pa となる。

23 の解答群

- ① 2.3×10^5 ② 2.7×10^5 ③ 3.1×10^5 ④ 3.5×10^5
 ⑤ 3.9×10^5 ⑥ 4.2×10^5 ⑦ 4.5×10^5 ⑧ 4.8×10^5

- (5) [操作4]を行った後，容器Ⅱを密閉し取り外した。この容器を図2に示すようにガラス管に接続し，水上置換法により容器内の気体をメスシリンダー内に捕集した。27℃， 1.00×10^5 Pa の環境下で，コックを開けてメスシリンダー内に気体を入れ，その水面を外部の水面と一致させてからメスシリンダー内の気体の体積を測定したところ0.083 Lであった。メスシリンダー内の酸素とメタンの物質量の和は 24 mol となる。ただし，27℃における水の蒸気圧は 4.0×10^3 Pa とする。また，連結部分およびガラス管の体積は無視できるものとし，酸素とメタンは水に溶解しないものとする。

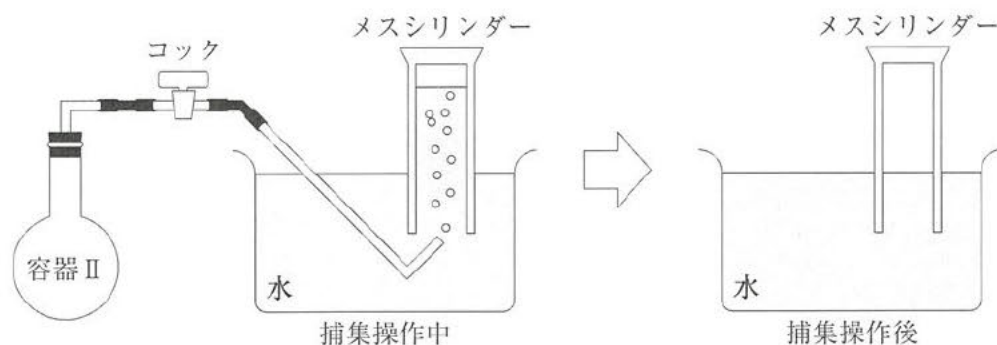


図2

24 の解答群

- ① 0.0012 ② 0.0021 ③ 0.0032 ④ 0.0042
 ⑤ 0.0053 ⑥ 0.0064 ⑦ 0.0078 ⑧ 0.0092

化学基礎, 化学

[計算余白]

次ページに続く

化学基礎，化学

- [4] 次の 25 ～ 32 にあてはまる最も適当な答をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その番号を解答記入欄にマークしなさい。

- (1) 大気中的一酸化窒素 (NO) や二酸化窒素 (NO₂) などは窒素酸化物 (NO_x) とよばれ、光化学オキシダント，酸性雨，微小粒子状物質 (PM 2.5) などの環境問題の原因源の一つである。また，火山からの発生や化石燃料の燃焼により生じる二酸化硫黄 (SO₂) などの硫黄酸化物 (SO_x) も酸性雨や PM 2.5 の原因となっている。表 1 に現在の SO₂，NO₂，PM 2.5 の環境基準を示す。

表 1 SO₂，NO₂，PM 2.5 の環境基準 (現在)

二酸化硫黄 (SO ₂)	1 時間値の 1 日平均値が 0.04 ppm 以下で，かつ 1 時間値が 0.1 ppm 以下である。
二酸化窒素 (NO ₂)	1 時間値の 1 日平均値が 0.04 - 0.06 ppm の範囲内あるいはそれ以下である。
微小粒子状物質 (PM 2.5)	1 年平均値が 15 μg/m ³ 以下で，かつ 1 日平均値が 35 μg/m ³ 以下である。

(環境省 HP より抜粋)

気体の 1.0 ppm とは 100 万分の 1 のことであり，1.0 m³ の空気中に 1.0 cm³ の割合で物質が存在することである。また，1 μg = 1 × 10⁻⁶ g である。

1 時間値とは，ある時間の正時 (00 分) から次の正時 (00 分) までの間の 1 時間に得られた測定値である。例えば，午前 9 時 00 分から午前 10 時 00 分までの間の測定値である。

- 1) NO₂ や SO₂ に関する記述として間違っているものは 25 である。

25 の解答群

- ① NO₂ はハーバー・ボッシュ法で硝酸を製造する過程で NO から生じる。
- ② NO₂ は刺激臭のある赤褐色の気体である。
- ③ SO₂ は接触法により硫酸を製造するときの原料である。
- ④ SO₂ は刺激臭のある無色の気体である。
- ⑤ SO₂ も NO₂ も実験室で発生させるときは下方置換で捕集する。

化学基礎，化学

- 2) 1013 hPa, 0.0℃において, 1.0 m³ 中の大気に SO₂ が 0.040 ppm で存在するというこ
とは, SO₂ が 4.0×10^{-5} m³ 存在するということであり, これは $4.0 \times$ 26 L に相当
する。この中に SO₂ は約 27 $\times 10^{-3}$ mol 存在する。ただし, すべての気体を理想気
体とする。

26 の解答群

- ① 10^{-3} ② 10^{-2} ③ 10^{-1} ④ 10^1 ⑤ 10^2 ⑥ 10^3

27 の解答群

- ① 0.25 ② 1.0 ③ 1.8 ④ 4.0 ⑤ 9.0

- 3) 表 1 の環境基準に関する記述として間違っているものは 28 である。

28 の解答群

- ① NO₂ の 1 時間値の 1 日平均値は 0.04 ppm 以下でなければならない。
② SO₂ より NO₂ の方が 1 時間値の 1 日平均が多くてもよい。
③ SO₂ も NO₂ も体積が基準であり, PM 2.5 は質量が基準となっている。
④ SO₂ については, 1 時間値が上限の 0.1 ppm である時間が 1 日に 10 回以上ある
と 1 日平均値を上回ることが決まってしまう。
⑤ SO₂ も NO₂ も PM 2.5 も 1 日平均値の上限が決まっている。

化学基礎，化学

- (2) 光化学オキシダントによる大気汚染の状況が悪化し，その状態が継続すると認められるとき，光化学スモッグ注意報が発令される。A県の2000年から2018年までにおける，光化学スモッグ注意報が発令された回数と，そのときの SO_2 ， NO_2 ， $\text{PM}2.5$ の濃度を表2に示す。ただし，表2に記載されている「－」は測定値がないことを示している。

表2 A県における光化学スモッグ注意報と環境汚染物質に関するデータ

光化学スモッグ注意報		SO_2	NO_2	$\text{PM}2.5$
年	発令数	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$
2000	23	7	48	－
2001	23	6	45	－
2002	19	5	45	－
2003	8	2	25	－
2004	18	4	41	－
2005	22	4	40	－
2006	17	4	39	－
2007	17	2	35	－
2008	19	2	35	－
2009	7	2	30	－
2010	20	2	29	－
2011	9	2	25	－
2012	4	2	25	16
2013	17	2	23	14
2014	9	2	22	16
2015	14	2	22	16
2016	5	2	21	14
2017	6	2	20	12
2018	9	1	20	12

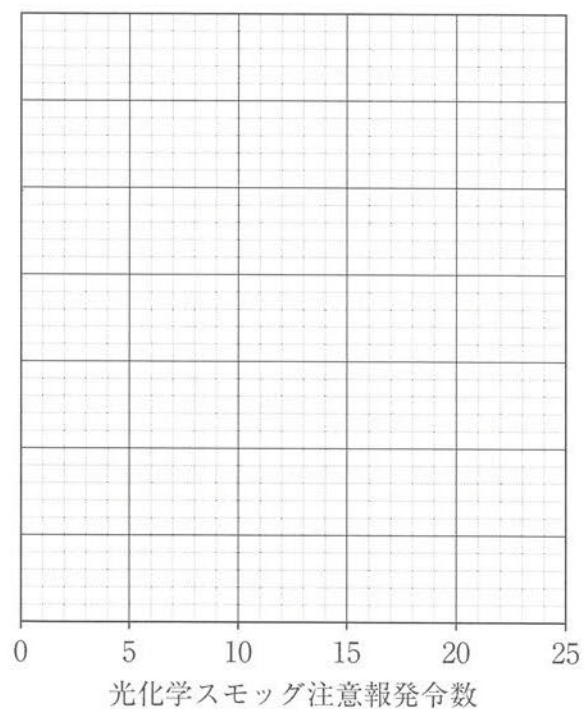
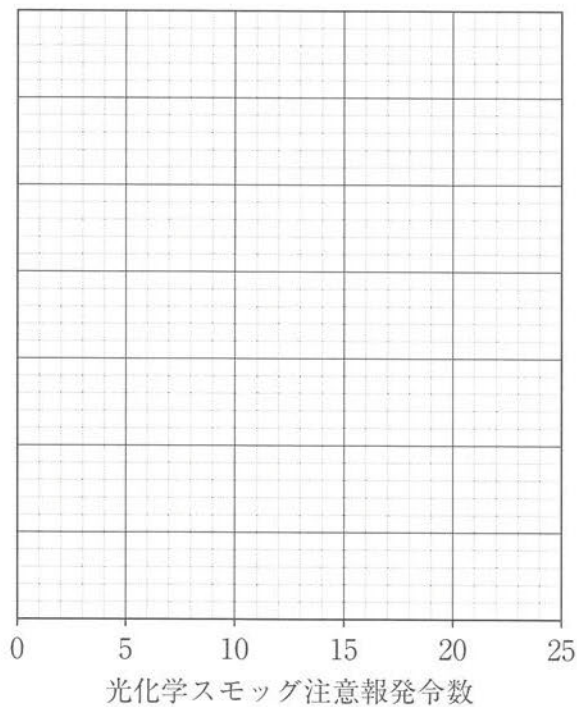
(ある都道府県の環境局のHPより抜粋，改変)

化学基礎，化学

- 1) 表2をもとに考えられる光化学スモッグ注意報の発令数に対する SO_2 、 NO_2 、 $\text{PM}2.5$ の濃度との関係を説明する記述として正しいものは 29 と 30 である。適宜、グラフを作成し考えてもよい。

29 と 30 の解答群

- ① 光化学スモッグ注意報が発令されると、その発令数の多い少ないに関わらず SO_2 の濃度は 0.004 mg/m^3 以上の高い値を示す。
- ② 発令数が多くなるほど、 NO_2 の濃度が低くなる傾向がある。
- ③ 発令数が15回より多くなると、 SO_2 の濃度が高くなる場合が多い。
- ④ 発令数に関わらず NO_2 の濃度は SO_2 の濃度より低い。
- ⑤ 発令数が多くても少なくとも $\text{PM}2.5$ の濃度は平均値より2割以上変化しない。
- ⑥ NO_2 は発令数が15回以上の場合、必ず15回未満の場合より濃度が高い。



化学基礎，化学

- 2) 光化学オキシダントは、 NO_x と空気中に拡散した揮発性有機化合物 (VOC) が、太陽からの紫外線を受けて化学反応することで生じる。VOC は気体となって空気中に拡散しやすく、シックハウス症候群や呼吸器への健康被害などを引き起こす物質である。VOC ではないと考えられるものは 31 である。

31 の解答群

- ① メタノール
- ② トルエン
- ③ ベンゼン
- ④ アセトアルデヒド
- ⑤ セルロース

- 3) 光エネルギーを利用した反応についての記述として正しいものは 32 である。

32 の解答群

- ① 植物は光エネルギーを利用して二酸化炭素と酸素から糖を合成している。
- ② 酸化チタンは触媒として働き、酸化チタンの表面周辺にある物質を重合する作用を示す。
- ③ ハロゲン化銀には感光性があり、光が当たると銀と塩素が反応して塩化銀が生じる。
- ④ メタンを臭素と混合して光を当てるとメタンの水素原子と臭素原子が置き換わる反応が起こる。
- ⑤ 酸素分子に紫外線を当てるとオキシ酸が生じる。