

【05】化学部門

Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ-1 S_N2 反応に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① S_N2 とは、二分子求核置換の略記である。
- ② S_N2 反応は、協奏的な1段階過程で進行する。
- ③ S_N2 反応は、不可逆的である。
- ④ S_N2 反応は、立体特異的である。
- ⑤ 反応する炭素上での枝分かれば、 S_N2 反応の速度を減少させる。

Ⅲ-2 エタン、エチレン、及びベンゼン中の炭素-炭素結合の長さの順序として、最も適切なものはどれか。

- ① エチレン < エタン < ベンゼン
- ② ベンゼン < エチレン < エタン
- ③ エタン < ベンゼン < エチレン
- ④ エチレン < ベンゼン < エタン
- ⑤ エタン < エチレン < ベンゼン

Ⅲ-3 イソプロピルベンゼン(クメン)を原料とするクメン法は、ある化合物の工業的製法として知られている。この化合物として最も適切なものはどれか。

- ① フェノール
- ② アニリン
- ③ 安息香酸
- ④ ベンズアルデヒド
- ⑤ トルエン

Ⅲ-4 テルペノイドに関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

植物から得られる精油は主にテルペノイドと呼ばれる化合物の混合物からなっている。この油から単離される化合物は炭素数5個のAが構成単位となっている。Bは精油の中から大量に見つかった一群の炭素数Cの炭化水素化合物の名称である。テルペノイドは、分子中にカルボニル基やヒドロキシ基などの官能基を持つ誘導体も含む総称である。

テルペノイドは生体内で重要な役割を果たしているものが多い。例えば、 β -カロテン(β -カロチンともいう)は、植物の持つD色素でビタミンAの生物学的前駆体であり、分解生成物レチノールは生体内でEに関する重要な役割を果たす物質11-*cis*-レチナールに誘導される。

	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>
①	イソペンタン	ミルセン	5個	赤色	精神活動
②	イソプレン	ジテルペン	10個	赤色	嗅覚
③	イソプレン	モノテルペン	5個	緑黄色	痛覚
④	イソペンタン	ミルセン	10個	黄橙色	視覚
⑤	イソプレン	モノテルペン	10個	黄橙色	視覚

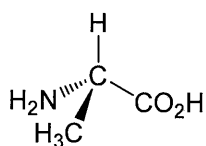
Ⅲ-5 アセタールとチオアセタールに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① アルデヒドとケトンは、酸触媒の存在下でアルコールと反応して、アセタールを与える。
- ② アセタールは塩基によってアルデヒドやケトンに加水分解されるが、酸に対しては安定である。
- ③ アセタールは、アルデヒドやケトンの保護基として役立つ。
- ④ アルデヒドとケトンはチオールと反応してチオアセタールを与える。
- ⑤ チオアセタールは、ラネーニッケルで処理することによって脱硫される。

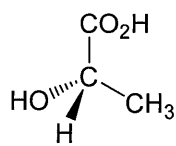
Ⅲ-6 カルボン酸誘導体の反応に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① カルボン酸は水素化アルミニウムリチウムにより還元されて、第一級アルコールを与える。
- ② エステルは水素化アルミニウムリチウムにより還元されて、第一級アルコールを与える。
- ③ 酸塩化物は水と反応して、エステルを与える。
- ④ エステルは、塩基水溶液か酸水溶液のどちらかにより加水分解されて、カルボン酸とアルコールを与える。
- ⑤ アミドは、酸水溶液又は塩基水溶液で加熱することにより、カルボン酸とアミンに加水分解される。

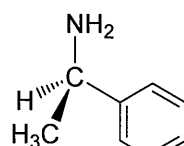
Ⅲ-7 次の4つの化合物(A)～(D)のうち、キラル中心がS配置の化合物の組合せとして、最も適切なものはどれか。



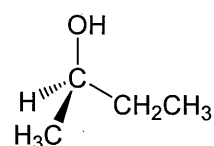
(A)



(B)



(C)



(D)

- ① (A) と (B)
- ② (A) と (C)
- ③ (A) と (D)
- ④ (B) と (C)
- ⑤ (B) と (D)

Ⅲ－８ 2015年の統計に基づく世界の再生可能エネルギーの動向に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① バイオマスが一次エネルギー総供給に占める割合は、先進国（OECD諸国）に比べて開発途上国（非OECD諸国）の方が低い。
- ② 太陽光発電は2015年の累積導入量で見ると、日本は中国、ドイツに次いで世界第3位となっている。
- ③ 風力発電の設備容量は近年急速に増加し、中国が世界のおよそ1/3を占め、米国とドイツがそれに続いている。
- ④ 水力発電は大規模なものまで含めると世界で最も導入が進んでいる再生可能エネルギー発電といえる。
- ⑤ 地熱による発電設備容量が最も大きいのは米国で、次いでフィリピン、インドネシア、ニュージーランドと続いている。

Ⅲ－９ 石油の物性に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ノルマルブタンの沸点は、イソブタンの沸点より高い。
- ② パラフィン、オレフィン、単環ナフテンでは、炭素数が多いほど密度は大きくなる。
- ③ 純炭化水素の融点は、炭素数が多いほど高くなる。
- ④ 動粘度は、絶対粘度を密度で割ったものである。
- ⑤ ベンゼンの総発熱量（重量当たり）は、ノルマルヘキサンのそれより大きい。

Ⅲ－10 石油精製で利用される流動接触分解（FCC）装置に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 石油の重質留分を触媒により分解し、高オクタン価のガソリン基材とする方法である。
- ② 反応に用いられる触媒は一般に小球状（beads）か粉末で、活性成分として白金が担持されている触媒が使われている。
- ③ 原料油として代表的なものは、脱硫減圧軽油や脱硫残油である。
- ④ 分解ガソリンのオクタン価分布は比較的均一であるが、特に軽質部のオクタン価が高いことが特徴である。
- ⑤ 接触分解装置に必要な熱は触媒を再生する際に得られるため、大型の加熱炉は不要である。

Ⅲ-11 石油製品に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 軽油の自己着火性の指標であるセタン価（セタン指数）は、一般的に芳香族系炭化水素よりパラフィン系炭化水素の方が高い。
- ② 灯油の燃焼性は煙点によって評価される。灯油中に芳香族炭化水素が多いほど煙点は高くなる。
- ③ 自動車用ガソリンのアンチノック性はオクタン価で評価される。一般的に芳香族系炭化水素のオクタン価は高く、ほとんどのものが100以上を示す。
- ④ 石油アスファルトには、ストレートアスファルトとブローンアスファルトがある。
- ⑤ 重油は、動粘度によって1種（A重油）、2種（B重油）、3種（C重油）に分類されている。

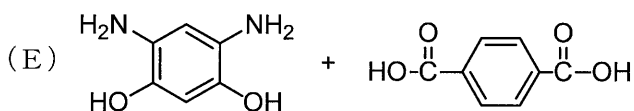
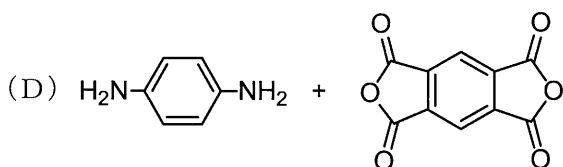
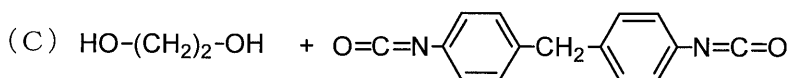
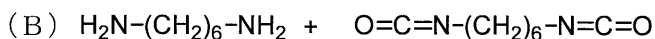
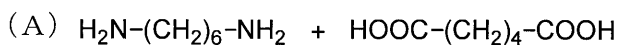
Ⅲ-12 潤滑油に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 潤滑油は石油系と非石油系に分類されるが、石油系が多く使用されている。
- ② 石油系潤滑油はその成分により、パラフィン系とナフテン系に分けられる。
- ③ パラフィン系潤滑油には、電気絶縁油や冷凍機油が含まれる。
- ④ 非石油系潤滑油には、合成潤滑油と動植物油がある。
- ⑤ 合成潤滑油には、ポリ- α -オレフィン（PAO）やエステル類などがある。

Ⅲ-13 石炭に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。なお、数値は2014年度統計によるものとする。

- ① 我が国の一次エネルギー国内供給に占める石炭の割合は約25%である。
- ② 我が国の石炭需要は、火力発電用が最も多く、次いで製鉄用で、この両方で全需要の約81%を占めている。
- ③ 我が国の発受電電力量を電源別に見ると、石炭火力発電が約31%を占めている。
- ④ 鉄鉱石を精錬して鉄に変える高炉では、粘結性が高い瀝青炭から作られたコークスを大量に使用している。
- ⑤ 褐炭は、瀝青炭に比べて石炭化が進んでいないため、着火点は瀝青炭よりも高い。

Ⅲ-14 次の試薬を用いた重縮合・重付加のうち、ポリウレタンが得られるものとポリイミドが得られるものの組合せとして、最も適切なものはどれか。



- ① A, C ② A, E ③ B, D ④ B, E ⑤ C, D

Ⅲ-15 次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

ゴムノキの樹皮を傷つけると A と呼ばれる白い粘性の樹液がしみ出してくる。これにギ酸や酢酸を加えると B し、沈殿させたものが生ゴム（天然ゴム）である。生ゴムの主成分はポリイソプレンであるが、弾性に乏しく実用にならない。そこで生ゴムをローラーでよく C をした後、硫黄を5～8%加え140℃に加熱するとゴムは大きな弾性を示し機械的強度も向上する。これを D という。また、生ゴムを乾留（空気を遮断して加熱）すると分解してイソプレンが生成する。イソプレンに *n*-ブチルリチウムを加えてヘプタン中でアニオン重合すると E が主体のポリイソプレンが得られる。これを D すると弾性のあるゴムが得られる。

	A	B	C	D	E
①	ラテックス	塩析	素練り	加硫	1, 2-構造
②	ラッカー	凝析	混練り	ゲル化	1, 2-構造
③	ラテックス	塩析	素練り	加硫	1, 4-構造
④	ラッカー	凝析	混練り	架橋	1, 4-構造
⑤	ラテックス	塩析	素練り	ゲル化	1, 4-構造

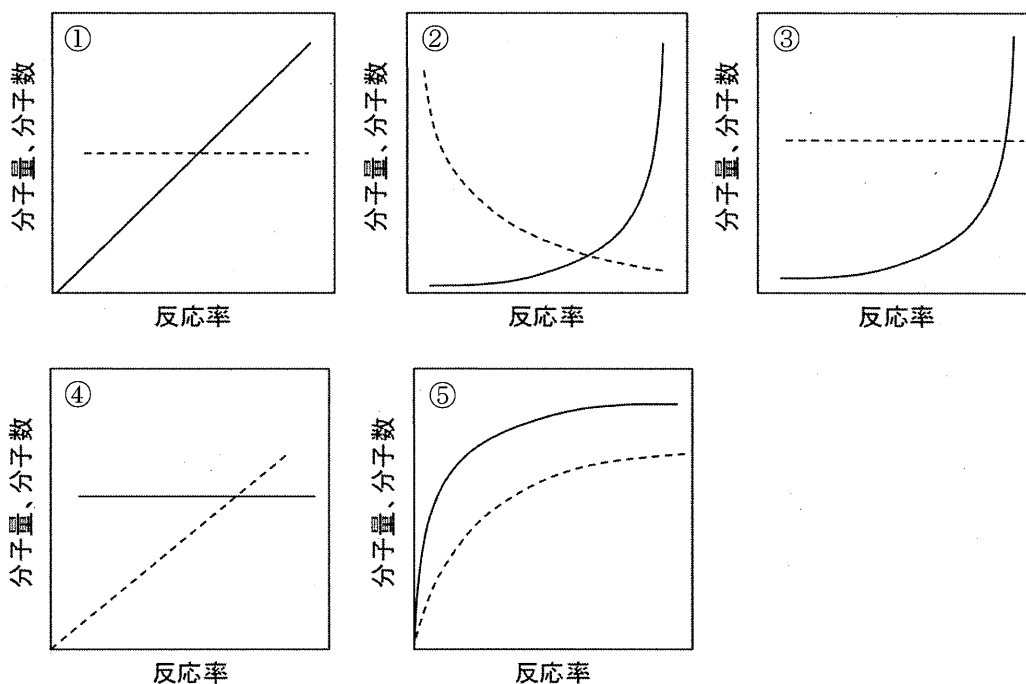
Ⅲ-16 環状モノマーの開環重合に関する次の記述のうち、不適切なものの組合せはどれか。

- (A) ϵ -カプロラクタムを開環重合するとポリエステルが得られる。
- (B) ϵ -カプロラク톤を開環重合するとナイロンが得られる。
- (C) エピクロロヒドリンを開環重合するとポリエーテルが得られる。
- (D) ラクチドを開環重合するとポリ乳酸が得られる。
- (E) トリオキサンを開環重合するとポリオキシメチレンが得られる。

- ① A, B ② A, C ③ B, C ④ B, E ⑤ C, D

Ⅲ-17 2官能性のモノマーが次々に連結することで高分子が生成する反応を逐次重合という。例えば、ジカルボン酸とジオールからポリエステルが得られる重縮合は典型的な逐次重合である。次のグラフのうち、逐次重合により生成するポリマーの分子量、分子数と反応率の関係を表すものとして、最も適切なものはどれか。

ただし、実線が分子量、破線が分子数を表す。



Ⅲ-18 高分子の構造に関する次の記述の下線部のうち、最も不適切なものはどれか。

① 熱可塑性高分子は高温では融液の状態を示す。このうち、② ポリエチレンのような結晶性高分子の融液の温度を下げていくと、融点で結晶化を伴いながら固体となる。しかし、全ての領域で結晶化するわけではなく、③ 分子鎖が無秩序に存在する非晶領域がある。この段階では一部の高分子鎖は運動可能であるが、さらに温度が下がると、高分子鎖の運動が凍結された状態になる。この高分子鎖の運動が凍結される温度をガラス転移温度といい、この温度付近では線膨張率、比熱容量、比体積、屈折率などの温度依存性が変化する。④ ガラス転移は熱力学的な相転移の一種であり、その温度は高分子の繰返し単位の化学構造の影響を受ける。例えば、比較的柔軟な主鎖を持つポリエチレンのガラス転移温度は0℃以下の低い値であるが、ポリカーボネートのように芳香環などが導入され、⑤ 主鎖が剛直になると高分子のガラス転移温度は上昇する。

Ⅲ-19 エンジニアリングプラスチック（通称、エンプラ）は、耐熱性や機械的強度に優れた高分子である。次の高分子のうち、エンプラとして分類するのに最も不適切なものはどれか。

- ① ポリエチレングリコール
- ② ポリブチレンテレフタレート
- ③ ナイロン66
- ④ ポリフェニレンスルフィド
- ⑤ ポリカーボネート

Ⅲ-20 水溶液電解で析出させることが困難な金属は融解塩（溶融塩）電解が行われるが、融解塩（溶融塩）電解を利用して工業生産されている金属の組合せとして、最も適切なのはどれか。

- ① ニッケル、ケイ素
- ② 亜鉛、鉛
- ③ ナトリウム、マグネシウム
- ④ アルミニウム、銀
- ⑤ クロム、チタン

Ⅲ-21 ガラスに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 鉛ガラスは主成分の1つにPbOを含み、放射線遮蔽ガラスや、美術工芸品用ガラスや装飾品用ガラスに使用される。
- ② 板ガラスを軟化点近くまで熱し、冷気を吹きつけて一様に急冷すると、表面に均一な圧縮応力が生じ、強度が向上する。これが強化ガラスで、ショーウィンドウ等のガラスに用いられる。
- ③ 石英ガラスは単一のSiO₂組成であり、化学的耐久性は高いが熱膨張率も高く急熱急冷には弱い。
- ④ 結晶化ガラスは、強度が高く他のガラスに比べて線膨張率が低いので、耐熱ガラスや食器に用いられる。
- ⑤ 光ファイバー用石英ガラス製法として、SiCl₄を原料とした化学気相析出(CVD)法がある。

Ⅲ-22 無機物質は多くの技術分野で用いられている。無機物質とその応用の組合せとして、最も不適切なものはどれか。

- ① バリウムフェライト … 永久磁石
- ② アルミナ …… LSI基板
- ③ 酸化チタン …… 光触媒
- ④ 安定化ジルコニア …… 酸素センサー
- ⑤ チタン酸バリウム …… 包丁

Ⅲ-23 周期表第14族の元素(C, Si, Ge, Sn, Pb)に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 半導体の性質を持つ元素がある。
- ② 金属、半金属及び非金属を含む。
- ③ 地殻中の元素の存在比が、上位3番以内の元素は無い。
- ④ 融点が1,000℃を超える元素がある。
- ⑤ 同じ元素でも結晶系が異なると研磨材で利用する場合と潤滑剤で利用する場合がある。

Ⅲ-24 金属やその結晶に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 体心立方構造では、各原子は周囲の6個の原子と接触する。
- ② 金属元素の大部分は、六方最密充填構造又は立方最密充填構造をとる。
- ③ 六方最密充填構造では、各原子は周囲の12個の原子と接触する。
- ④ 立方最密充填構造は、面心立方格子である。
- ⑤ 全元素の約3/4は、金属元素である。

Ⅲ-25 次の各製品と製造法の組合せとして、最も不適切なものはどれか。

- ① 炭酸ソーダ …………… 水銀法
- ② 水酸化ナトリウム ……… 隔膜法
- ③ 高純度シリコン …………… 帯域融解法
- ④ アルミナセラミックス … 焼結法
- ⑤ アンモニア …………… ハーバー法（ハーバーボッシュ法）

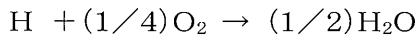
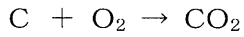
Ⅲ-26 レーザーに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① レーザーから発生する光は、干渉する性質を持つのでコヒーレントである。
- ② 白色光は、異なる波長の光が混在しているのでインコヒーレントである。
- ③ 励起状態の系が入射光で刺激され、基底状態に戻る際に放出される光の波長は、入射光のエネルギーにより変化する。
- ④ 自然放出とは、励起された原子が電磁場など外からの作用と無関係に光（電磁波）を放出して基底状態に戻ることである。
- ⑤ 励起状態にある原子やイオンの数が、基底状態にある数より多い分布を反転分布という。

Ⅲ-27 気体の性質と蒸発潜熱に関する記述のうち、最も適切なものどれか。

- ① 気体の粘度は、温度の上昇とともに増大する。
- ② 蒸発潜熱は、圧力の上昇とともに増大する。
- ③ 気体の熱伝導率は、温度の上昇とともに減少する。
- ④ 気体のエンタルピーは、圧力の上昇とともに増大する。
- ⑤ 25℃の高圧水素を減圧すると温度は低下する。

Ⅲ-28 ある燃料油の組成は炭素90wt%，水素10wt%である。この燃料油に理論空気量の1.5倍の空気を供給し完全燃焼させたとき、水蒸気を除く燃焼ガス中の窒素濃度に最も近い値はどれか。燃焼ガスは0℃，100kPaの条件下にあり，反応は次式による。



ただし，空気中の酸素濃度，窒素濃度はそれぞれ21.0vol%，79.0vol%とし，各元素の原子量は，H=1，C=12，O=16とする。

- ① 79% ② 80% ③ 81% ④ 82% ⑤ 83%

Ⅲ-29 一般に高分子の数平均分子量 M_n は，次のように定義される。

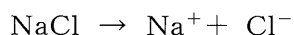
$$M_n = \frac{\sum_{N=1}^{\infty} n_N M_N}{\sum_{N=1}^{\infty} n_N} = \frac{\sum_{N=1}^{\infty} w_N}{\sum_{N=1}^{\infty} n_N}$$

ここで， M_N は重合度 N の高分子（ N 量体）の分子量， n_N は系に含まれる N 量体の物質量 [mol]， w_N は分子量 M_N を持つ分子の質量である。分子量1万，5万，10万の高分子をそれぞれ，10g，40g，50g混合したとき，この混合物の数平均分子量は，次のうちの範囲にあるか。

- ① 10,000 ~ 20,000
 ② 20,001 ~ 35,000
 ③ 35,001 ~ 50,000
 ④ 50,001 ~ 65,000
 ⑤ 65,001 ~ 80,000

Ⅲ-30 15wt%の食塩水の1気圧における沸点について、最も近い温度はどれか。

ただし、食塩は水溶液中で100%解離するものとし、イオン化された Na^+ 及び Cl^- は非揮発性とする。



また、水の気液平衡係数 $K_{\text{H}_2\text{O}}$ は次式で表されたとする。ここで、 $p^*_{\text{H}_2\text{O}}$ は水の蒸気圧、 P は全圧とする。

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = p^*_{\text{H}_2\text{O}} / P$$

NaCl 及び H_2O の分子量はそれぞれ、58.5、18.0とする。また、水の蒸気圧は以下を参照のこと。

温度 (°C)	100	101	102	103	104	105	106
蒸気圧 (MPa)	0.1000	0.1036	0.1074	0.1112	0.1152	0.1192	0.1234

- ① 101 °C ② 102 °C ③ 103 °C ④ 104 °C ⑤ 105 °C

Ⅲ-31 温度が一定に保たれた回分反応装置で $\text{A} \rightarrow \text{B}$ の反応を行った。反応速度はA成分濃度の2乗に比例する。反応を開始してから1時間後に反応率が50%になった。反応率が75%となるのは、反応を開始してから何時間後か最も近いものはどれか。

- ① 1.5時間 ② 2時間 ③ 3時間 ④ 4時間 ⑤ 5時間

Ⅲ-32 95°C、1 atm (0.1013MPa)において、ベンゼンとトルエンの混合物が気液平衡の状態になっている。ベンゼンの液相中のモル分率に最も近い値はどれか。

ただし、この系の気液平衡は以下のラウールの法則に従うものとし、95°Cのベンゼン、トルエンの蒸気圧はそれぞれ、1,177mmHg (0.1569MPa)、477mmHg (0.0636MPa)とする。

$$\text{ラウールの法則} : P \cdot y_i = p_i \cdot x_i$$

P : 平衡圧 (全圧)

x_i, y_i : 成分 i の液相, 気相中のモル分率

p_i : 平衡温度における成分 i の蒸気圧

- ① 0.25 ② 0.40 ③ 0.60 ④ 0.63 ⑤ 0.68

Ⅲ-33 内径19.8 mm×外径22.2 mmの内管を設置した二重管型熱交換器において、環状部に150℃の熱媒油を流量1.0 [kg・s⁻¹] で流し、内管部を流量0.5 [kg・s⁻¹] で流れる水を90℃から120℃まで温めたい。流体を向流で流した場合に必要な伝熱管長さは、次の値のうち最も近いものはどれか。

ただし、熱媒油と水の比熱はそれぞれ2.1 [kJ・kg⁻¹・K⁻¹] 及び4.2 [kJ・kg⁻¹・K⁻¹] で、外径基準の総括伝熱係数はU=540 [W・m⁻²・K⁻¹] とする。また、熱交換器内部の流体温度差平均値ΔT_mは両端の流体温度差ΔT₁とΔT₂の相加平均として算出してよい。

- ① 20 m ② 48 m ③ 56 m ④ 63 m ⑤ 65 m

Ⅲ-34 水84 molに成分A 16 molを溶解した水溶液に、純粋なトルエン84 molを加え、容器の中で攪拌し、静置したところ、2液相に分離した。上層の成分Aの量として、最も近い値はどれか。相互溶解度は非常に小さいので、ここでは、相互溶解度をゼロとして算出してよい。液液平衡のデータを下表に示す。

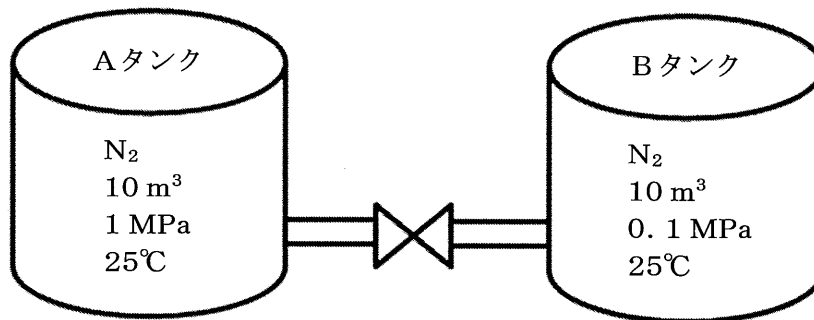
表：水-A-トルエンの液液平衡データ（単位はmol%）

水相			トルエン相		
水	A	トルエン	水	A	トルエン
92.1	7.8	0.1	0.5	2.6	96.9
84.8	15.0	0.2	1.0	5.0	94

- ① 2 mol ② 4 mol ③ 8 mol ④ 12 mol ⑤ 15 mol

Ⅲ-35 バルブを介して遮断されている2基の密閉したタンクがある。Aに示した 10m^3 のタンクには 1MPa の窒素ガスが充填されており、Bタンクの容量も 10m^3 であり、 0.1MPa の窒素ガスが充填されている。温度はともに 25°C である。遮断しているバルブを時間をかけて開け、2基のタンク内の圧力が均一で平衡となったときのBタンクの温度に最も近い値はどれか。

ただし、窒素ガスは理想気体とし、外部からの入熱は無視する。また、定圧比熱 C_p 、定容比熱 C_v として、 $C_p/C_v=1.4$ とする。



- ① -47°C ② 19°C ③ 25°C ④ 33°C ⑤ 47°C