

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 2017年の世界の石炭（褐炭を含む）の資源量、生産量と貿易などに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。ただし、エネルギー白書2019、経済産業省を基準とする。

- ① 石炭の可採埋蔵量が最も多い国は、米国である。
- ② 石炭生産量全体の50%以上を、中国とインドで占めている。
- ③ 石炭消費量が二番目に多い国は、インドである。
- ④ 石炭輸出量全体の50%以上を、インドネシアと豪州で占めている。
- ⑤ 石炭輸入量が二番目に多い国は、日本である。

Ⅲ－2 我が国において、商業的に瀝青炭を採掘してきた炭田の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 商業的に瀝青炭を採掘してきた炭田として、北海道には釧路炭田、石狩炭田、留萌炭田、苫前炭田、天北炭田がある。
- ② 商業的に瀝青炭を採掘してきた炭田として、本州には常磐炭田及び九州内帯には三池炭田、筑豊炭田がある。
- ③ 商業的に瀝青炭を採掘してきた炭田に賦存する石炭の大半は、新第三紀に形成された。
- ④ 商業的に瀝青炭を採掘してきた炭田に賦存する石炭の大半は、比較的新しい地質時代の短期間に形成され、急速な石炭化作用の進行を特徴とする。
- ⑤ 商業的に瀝青炭を採掘してきた炭田の特徴として、炭層の側方への連続・安定性が乏しく、断層・褶曲が多く、炭層の上下盤岩石が脆弱であり、メタンガスなどの可燃性ガスの湧出が多い。

Ⅲ－3 石炭の成分、性質及びその分析法についての記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 石炭中の硫黄は、燃焼によりSO_x（硫酸化合物）として大気汚染の原因となり、ボイラーも腐食させる。この石炭中の全硫黄は、存在状態により燃焼性硫黄と不燃焼性硫黄に分けられ、不燃焼性硫黄は無機硫黄で硫化物硫黄が主体である。一方、燃焼性硫黄には、有機硫黄と無機硫黄があり、無機硫黄の主体は硫酸塩硫黄である。
- ② 発熱量は、石炭が完全燃焼した際の発熱量であり、通常、総発熱量（気乾ベース）で表記される。総発熱量から蒸発潜熱を除いた発熱量を、真発熱量という。
- ③ 石炭の粉碎性は、機械的衝撃により碎ける性質を表し、基準石炭をある一定条件で粉碎した際の表面積の増加割合100に対する相対値であるハードグローブ指数で表す。一般に、石炭化度の進んだ石炭は粉碎しやすい傾向を示す。
- ④ 石炭の粘結性とは、石炭を加熱したとき、軟化溶解し、流動・膨張後に再び固化する性質をいう。コークスは、この粘結性を利用して製造される。この特性は、瀝青炭のみに見られ、無煙炭や褐炭、風化（酸化）した瀝青炭はこの性質を示さない。
- ⑤ 固定炭素は主に炭素で構成されるが、この他に硫黄、水素、窒素及び酸素を含んでいる。一般に固定炭素は、石炭化度の進行とともに増加し、固定炭素の多い石炭は火付きが良くないが、火持ちが良い特徴を有する。

Ⅲ－4 次のうち、石炭の工業分析の項目として最も不適切なものはどれか。

- ① 固定炭素 ② 灰分 ③ 水分 ④ 揮発分 ⑤ 硫黄分

Ⅲ－5 坑内掘炭鉱における局部通気に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 局部通気には、円筒形の風管の端の中央部に取り付けたノズルから圧縮空気や高圧水流を吹き出させて通気力を得るジェット通気法、及びプロペラ型の小型扇風機を風管の端に取り付ける方法がある。
- ② 掘進坑道等の場合には、原則として吹込式が採用されるが、作業環境が重視される場合は吸出式が採用される。
- ③ 吸出式では、掘進切羽で発生した粉じん等は坑道を流動せず、風管の中を流動するので作業環境は良くなる。
- ④ 吸出式では、風の流れをコントロールしやすいため、切羽面で発生したガスを排除しやすい。
- ⑤ 吸出式では、ビニール風管が負圧でしぼむため通気量を確保しにくい。

Ⅲ－6 石炭や鉄鉱石等を運搬する貨物船に関する以下の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 石炭輸送には、ドライバルク船としてハンディ・サイズ、パナマックス・サイズ、ケーブ・サイズ、大型鉱石輸送船が使用される。
- ② ドライバルク船のうち、ハンディ・サイズの載貨重量トン数（DWT）は15,000～60,000DWT程度の船舶で、船上に荷役クレーンを装備している。
- ③ ドライバルク船のうち、パナマックス・サイズはパナマ運河を通航できる最大船型で、65,000～83,000DWTの船舶である。
- ④ ドライバルク船のうち、パナマックス・サイズより大型の船型にケーブ・サイズがある。
- ⑤ 大型鉱石輸送船は300,000DWTを超える輸送能力があり、大量輸送による安価な運賃が可能になる。

Ⅲ－7 柱房式採炭（ルームアンドピラー）に関する以下の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 一般的に、コンティニューアスマイナーと運搬設備を用いて、炭層を碁盤目状に掘削し、1区画の採炭が終了すると、残炭柱を奥部から回収してくる。
- ② 運搬設備としては、通常はシャトルカーやコンベアを組合せて用いる。
- ③ 坑道掘進と炭柱曳きの2つの方法で採炭する。
- ④ 採掘条件の変化に対応しやすく、断層に囲まれた小区画、あるいは薄層から厚層まで対応できるため実収率が高い。
- ⑤ 坑道網が採掘区画の限界位置にまで達すると坑道掘進は終了し、続いて、コンティニューアスマイナーにより炭柱曳きによる採炭が行われる。

Ⅲ－8 岩石の圧縮試験条件として、試験片について考慮されなければならないものとして次のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 大きさ
- ② 形
- ③ 重さ
- ④ 乾燥の程度
- ⑤ 仕上げの程度、特に上下の加工面の仕上げ

Ⅲ－９ トンネルや坑内掘鉱山で利用することを目的にBieniawskiが提案した岩盤分類であるRMR (Rock Mass Rating) において、評価項目として最も不適切なものはどれか。

- ① 健全な岩の一軸圧縮強度
- ② R. Q. D. (Rock Quality Designation)
- ③ 不連続面の方向 (走向・傾斜)
- ④ 摩耗硬度
- ⑤ 不連続面の状態

Ⅲ－10 露天掘鉱山における残壁の形成に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 最終残壁を形成する発破では、岩盤の損傷やバックブレイクの発生を極力抑えるべく、様々な制御発破技術が駆使される。
- ② 硬岩の残壁を機械掘削で形成することは、多くの場合経済的に有利である。
- ③ プレスプリッティングは、他の列に先立ち予定残壁面沿いの発破孔を起爆する発破方法である。
- ④ スムースブラスティングは、予定残壁面沿いの発破孔の装薬と配置に特別な工夫を加える発破方法である。
- ⑤ クッションブラスティングでは、発破孔の残壁側に「クッション」の役割を果たすべく爆薬と孔壁の間に詰めものが充填されるようにする。

Ⅲ－11 ある露天掘の岩石採取場では、降雨時の排水を1箇所の沈殿池に導水して処理している。この採取場は、集水面積9ha (ヘクタール)、年間降雨量 2100mm、流出係数は0.8である。汚濁による増量を考慮しないものとし、この採取場に流達時間内の平均降雨強度 30mm/hの降雨があった場合、沈殿池への降雨による流入水量[m³/s]に最も近い値は次のどれか。

- ① 0.22 ② 0.34 ③ 0.60 ④ 0.75 ⑤ 0.94

Ⅲ－12 坑内掘鉱山の通気に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 通気抵抗は、同一坑道においては、風速の2乗に比例する。
- ② 木杵支柱で坑道壁面に凹凸があると通気抵抗は大きくなる。
- ③ 等積孔が大きいことは、通気抵抗が小さいことを表す。
- ④ 通気に用いる扇風機の動力は風量の3乗に比例する。
- ⑤ 通気抵抗は、坑道断面積に比例する。

Ⅲ－13 地熱発電に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 日本国内（2018年）の地熱発電所の発電設備容量を合計すると100万kWを超えている。
- ② 蒸気発電は、地熱貯留層から取り出した蒸気を直接タービンに送って発電する方法である。
- ③ バイナリー発電は、生産井からの蒸気や熱水で水より沸点の低い媒体を沸騰させタービンに送り発電する方法である。
- ④ 地熱発電は天然ガスを燃料とした火力発電に比較して発電量（kWh）当たりの二酸化炭素の発生が少ない。
- ⑤ 地熱発電は季節や天候に影響されることなく年間を通じて、安定的に発電できるためベースロード電源として位置付けられる。

Ⅲ－14 地質用語に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 地層面などと水平面とのなす角度（通常、鋭角のほう）とその傾きの方位を傾斜という。
- ② 地層面などが水平面と交わる直線の方法を走向という。走向の測定は、クリノメータの長辺が面と接するときの長辺の方法を磁針により北を基準に読む。
- ③ 上盤が下盤に対して相対的にずり下がった断層を逆断層、上盤が下盤に対して相対的にずり上がった断層を正断層という。
- ④ ある地層が、堆積後又は火成岩・変成岩の形成後に隆起し、陸上で風化・剝削作用を受け、その浸食面上に新期の地層が堆積したとき、両者の関係を不整合という。
- ⑤ 褶曲構造において対称的に現れた地層について、層序的に上位の地層が中心に出ている褶曲構造を向斜、下位の地層が中心に出ている褶曲構造を背斜という。

Ⅲ-15 次に示す銅鉱物のうち、銅含有率が最も高いものはどれか。

- ① 黄銅鉱 (CuFeS₂)
- ② 斑銅鉱 (Cu₅FeS₄)
- ③ コペリン (CuS)
- ④ 輝銅鉱 (Cu₂S)
- ⑤ 赤銅鉱 (Cu₂O)

Ⅲ-16 選鉱における回収率 (Recovery) は、選鉱粗鉱中に含まれている有用鉱物 (着目成分) が精鉱中に回収された割合を示すものである。次の式のうち、着目成分回収率の定義として最も適切なものはどれか。

ここで、粗鉱 (原鉱) の品位 : f , 重量 : F

尾鉱 (廃石) の品位 : t , 重量 : T

精鉱の品位 : c , 重量 : C

とする。

- ① $\frac{f-t}{c-t}$
- ② $\frac{C(1-c)}{F(1-f)}$
- ③ $C+T$
- ④ $\frac{C}{F}$
- ⑤ $\frac{Cc}{Ff}$

Ⅲ-17 ある鉱石の粉砕仕事指数 (ワークインデックス) を求めたところ 32 [kWh/t] であった。この鉱石を 80% 通過粒子径 1600 [μ m] から 80% 通過粒子径 100 [μ m] まで、出力 60 [kW] の粉砕機で粉砕したい。時間当たり処理能力 [t/h] として最も近い値はどれか。なお、ボンドの粉砕仕事指数の式は次で表される。

$$W = 10 \times Wi \times \left(\frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}} \right)$$

W : 粉砕に要する仕事量 [kWh/t]

Wi : 粉砕仕事指数 (ワークインデックス) [kWh/t]

P : 粉砕後の 80% 通過粒子径 [μ m]

F : 粉砕前の 80% 通過粒子径 [μ m]

- ① 0.40
- ② 0.53
- ③ 1.9
- ④ 2.5
- ⑤ 16

Ⅲ－18 選別方法に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 薄流選別は、水平あるいは傾斜した板上を薄く流れる液体中に粒子を供給し、移動速度が比重により異なることを利用して選別する。
- ② 重液選別は、水中での粒子の沈降速度の差を利用して選別し、ジグ選別では溶液の比重より小さな比重のものは浮上し、大きな比重のものは沈降することを利用して選別する。
- ③ 風力選別は、水平、垂直あるいは斜め方向に流れる気体の中で粒子を重力沈降させ、沈降速度又は落下位置の違いによって選別する。
- ④ 静電選別は、物質表面の電気伝導性の差を利用して選別する。
- ⑤ 渦電流選別は、物質の電気伝導性の差を利用して選別する。

Ⅲ－19 粉砕理論に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① Kick則では、粉砕エネルギーは、新たに増加した粉体の表面積に比例する。
- ② Rittinger則では、粉砕エネルギーは、粉砕比の対数に比例する。
- ③ Bondの粉砕仕事指数は、物質の圧縮強度から計算して求める。
- ④ 粉砕の一般式としてLewisの式 ($dW \propto \frac{dx}{x^n}$) (ここで、Wはある大きさの固体 D_1 を D_2 まで粉砕するのに要するエネルギー、 x は代表粒子径)がある。 $n=1.5$ では、Kick則になる。
- ⑤ Bondは、砕料の粉砕しにくさ(粉砕抵抗)として、仕事指数(work index)を定義した。

Ⅲ－20 重液選別に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 工業的に用いられている溶液は擬重液である。
- ② 重液材として、磁鉄鉱やフェロシリコンの粉末が用いられる。
- ③ 選別の際に付着した重液材は、洗浄後、浮力選別により回収し、循環使用する。
- ④ 重力式重液選別機には、ドラム型、コーン型などがある。
- ⑤ 遠心力式重液選別機には、ハイドロサイクロンなどがある。

Ⅲ-21 浮遊選別に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 固体粒子表面の水に対する濡れ性の差を利用して選別する方法である。
- ② パルプ中に気泡を導入し、疎水性粒子を気泡に付着させて気泡と共にオーバーフローさせ、親水性粒子をパルプ中に残存させる。
- ③ 濡れ性の定量的な指標としては、接触角が知られている。
- ④ 捕収剤は、浮選機に導入された気泡の安定化・分散を図り、浮選セル上部に形成されるフロス層の安定化を図る。
- ⑤ 条件剤には、活性剤、抑制剤、pH調節剤、分散剤などがある。

Ⅲ-22 プラスチックを取り巻く状況に関連する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。ただし、記述内容は令和元年版 環境・循環型社会・生物多様性白書、環境省、及びプラスチックリサイクルの基礎知識 2019、一般社団法人プラスチック循環利用協会による。

- ① 近年マイクロプラスチック（一般に5mm以下の微細なプラスチック類をさす）による海洋生態系への影響が懸念され世界的な課題となっている。
- ② 2017年の我が国における廃プラ総排出量は903万tと推定され、その内マテリアルリサイクル向けの原料となったものは211万tある。そしてその内100万t以上をPETボトルが占めている。
- ③ 我が国における樹脂別の生産量を見るとポリエチレン、ポリプロピレンの2種類で45%を占め、PET樹脂は4%未満に過ぎない。
- ④ プラスチックリサイクルの手法については、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルの3つに分類されることが多いが、セメント原・燃料化はサーマルリサイクルに分類される。
- ⑤ 製鉄所では、鉄鉱石とコークスそして副原料を投入するが、廃プラスチックをコークスの代わりに投入することが出来る。このとき燃料として炉内を高温にするとともに、鉄鉱石中の酸化鉄から酸素を奪う還元剤として働く。

Ⅲ-23 ひ素排水の処理に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 一般排水の共沈剤として使用されることの多いアルミニウム塩は、ひ素の共沈処理効果が低い。
- ② キレート樹脂は、3価のひ素(Ⅲ)の方が5価のひ素(V)よりも吸着量が多い場合があり酸化処理も不要であるが、価格が高いため低濃度排水向けや凝集沈殿処理水の高度処理への適用が主体である。
- ③ ひ素を含む排水は、いろいろな金属イオンを含有する 경우가多く、ひ素は重金属と難溶性塩を生成するため、pH調整するのみで共沈処理される場合が多い。
- ④ ひ素を主体とする排水には共沈剤として鉄(Ⅲ)塩を使用し、最適pHは4～5であるが、鉄(Ⅲ)塩を過剰に添加すれば有効pHは3～7に広がる。
- ⑤ 3価のひ素(Ⅲ)よりも5価のひ素(V)の方が共沈処理は容易であるため、3価のひ素(Ⅲ)を空気の曝気処理で5価のひ素(V)に酸化してから共沈処理を行う。

Ⅲ-24 重金属排水の中和処理に使用される中和剤(アルカリ剤)の特徴に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 水酸化マグネシウムは、pH6ぐらいまでは消石灰と同等の中和速度であるが、pH8以上のpH調整には実用上、他のアルカリ剤との併用が必要である。
- ② 消石灰は、乳液として使用するが、薬品貯槽、薬注配管での沈殿防止対策は必要である。
- ③ カセイソーダは、中和速度が速く、pH調整が容易で、液状であるため濃度調整も容易である。
- ④ 石灰石(炭酸カルシウム)は、石灰岩を粉砕したもので消石灰に比べ安価であるが、中和速度は遅く、実用中和はpH5程度までである。
- ⑤ 消石灰は、カセイソーダに比べ高価であるため、大規模な排水処理で使用される場合が少ない。

Ⅲ－25 大気汚染物質の発生源に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ボイラーから発生する汚染物質は、ボイラーに使われる燃料の種類に大きく依存する。石炭、重油、灯油、ガスの順に一般的にはばいじん濃度は低減する。
- ② ごみ焼却炉から排出される大気汚染物質の主なものは、ばいじん、NO_x、塩化水素、CO、炭化水素類、ダイオキシン類などであるが、多様な廃棄物が焼却されるため、そのほかの大気汚染物質が発生する恐れもある。
- ③ 産業廃棄物焼却炉では、焼却物中に塩素化合物も多いため、排ガス洗浄装置を有している施設も多い。
- ④ 大気汚染物質の発生源は、移動発生源と固定発生源に大別することができる。その他の一般家庭などの民生系、森林、田畑などの自然・生態系からの大気汚染物質の発生が考えられるが、これらについては排出量の把握はたやすくその評価も進んでいる。
- ⑤ コークス炉からの発生ガス中に含まれる大気汚染物質としては、ばいじん、SO₂、CO、ベンゼンなどがあげられる。

Ⅲ－26 様々な資源の循環的利用について述べた次の記述のうち、最も適切なものはどれか。ただし、記述内容は環境省、令和元年版 環境・循環型社会・生物多様性白書による。

- ① 容器包装リサイクル法に基づく分別収集・再商品化の実績を見ると、ペットボトルの再商品化量は2015年度から2017年度にかけて2割以上の伸びを見せている。
- ② リサイクル率の定義は様々であるが、特定家庭用機器再商品化法（家電リサイクル法）の基本方針に定められた回収率目標では出荷台数を分母として計算されている。
- ③ 本来食べられるにもかかわらず廃棄されている食品、いわゆる食品ロスは2016年度で1000万tを超えた。
- ④ 使用済自動車の再資源化等に関する法律（自動車リサイクル法）では、自動車破碎残さに関して再資源化目標値が70%と設定されており、2017年度の再資源化率は目標値をかろうじて上回る72%であった。
- ⑤ 使用済小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律（小型家電リサイクル法）では2018年度までに1年当たり14万tの回収量を目標としているがこの値は2017年度にすでに達成された。

Ⅲ-27 セメント産業の環境に関する取組について、次の記述のうち最も不適切なものはどれか。ただし記述は一般社団法人セメント協会「環境にやさしいセメント産業2018」による。

- ① 我が国のセメント製造において、セメント1t当たりの廃棄物・副原料使用量は2017年度において471kgであった。
- ② セメント製造における廃棄物・副原料使用の中で、石炭灰は高炉スラグとともに最も多く使用されるものであるが、逆に石炭灰の利用側から見た場合、セメント製造に用いられる量は2015年度に有効利用量全体の68%であった。
- ③ セメント製造における焼成工程は高温を必要とするため、セメント製造全体で消費されるエネルギーのうち約30%がこの工程で消費される。
- ④ セメント製造におけるエネルギー原単位は2017年度にセメント1t当たり3374MJであり2010年度と比べ85MJ減少した。
- ⑤ セメント産業では、製造工程上、二次廃棄物は発生せず、また高温プロセスによりダイオキシン類の発生が極めて少ないという特徴を活かし廃棄物・副産物のリサイクルに取り組んでいる。

Ⅲ-28 我が国のごみ（一般廃棄物）焼却施設の熱回収に関する次の記述のうち、(ア)～(エ)の正誤についての組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、令和元年版環境・循環型社会・生物多様性白書、環境省を基準とする。

- (ア) 2017年度、ごみ焼却発電を行っている割合は施設数ベースでは34.1%である。
- (イ) 2017年度、ごみ焼却発電施設における総発電量は約92億kWhであり、約310万世帯分の消費電力に相当する。
- (ウ) 2017年度における、ごみ焼却発電施設は全国で370以上ある。
- (エ) 発電後の低温の温水を、地域冷暖房システムに有効利用する事例も見られる。

	ア	イ	ウ	エ
①	正	正	誤	正
②	誤	正	誤	正
③	正	正	正	正
④	正	誤	誤	正
⑤	正	誤	正	誤

Ⅲ-29 石油・天然ガスの貯留岩に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 実際に石油・天然ガスの貯留岩になっている岩石の種類は限られており、世界的に約60%が砂岩、約30%が炭酸塩岩である。
- ② 炭酸塩貯留岩は組成的には石灰岩とドロマイトに区分され、その多くは砂質貯留岩よりも孔隙率が大きい。
- ③ 凝灰岩などの火山砕石岩が貯留岩となっている石油・天然ガス田は、海外では極めてまれであるが、国内では一般的である。
- ④ 一般的な貯留岩性状の評価として、孔隙率は10%以上であれば良好、浸透率は10 md以上であれば良好であるとされる。
- ⑤ 非在来型石油・天然ガスであるシェールオイル・シェールガスは、貯留岩からではなく根源岩中の油ガスを直接採取するものである。

Ⅲ-30 岩石全体のP波速度は、孔隙内流体及び岩石粒子のP波速度を孔隙率で重み付けした調和平均で表される（Wyllieの時間平均式）と仮定する。孔隙が水で満たされた砂岩のP波速度を測定したところ、3.6 km/sであった。砂岩粒子及び水のP波速度がそれぞれ5.5 km/s及び1.6 km/sであるとき、この砂岩の孔隙率に最も近い値はどれか。

- ① 0.11 ② 0.22 ③ 0.49 ④ 0.51 ⑤ 0.78

Ⅲ-31 石油・天然ガス貯留層の性質に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 岩石には圧縮性があり、流体圧力（地層圧）に応じて孔隙容積は変化する。
- ② 多孔質媒体が同径球の集合体であるとき、粒径が大きいほど孔隙率も大きい。
- ③ 毛管圧力は、毛管径が小さいほど大きい。
- ④ 浸透率は流量と圧力の関係式（ダルシーの式）における比例定数であり、SI単位系での単位として μm^2 が用いられる。
- ⑤ 多孔質媒体内に2種類以上の流体が共存して流動している場合の、それぞれの浸透率を有効浸透率という。

Ⅲ-32 水の浸入の無い枯渇型ガス層からのガスの生産履歴データが次の表のように与えられているとき、原始埋蔵量 $[m^3]$ に最も近い値はどれか。ただし、 G_p を累計生産量、 p を貯留層圧力、 z をガスの圧縮係数、 G を原始埋蔵量、 p_i を初期の貯留層圧力、 z_i を初期の圧縮係数としたとき、物質収支は $(p/z) = (1 - G_p/G)(p_i/z_i)$ で表されるとする。

累計生産量 (m^3)	貯留層圧力 (MPa)	ガスの圧縮係数
0	24.0	0.80
10×10^6	21.0	0.75
20×10^6	18.2	0.70

- ① 80×10^6 ② 83×10^6 ③ 86×10^6 ④ 120×10^6 ⑤ 150×10^6

Ⅲ-33 石油の増進回収法 (EOR, Enhanced Oil Recovery) に関する次の記述のうち、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

二酸化炭素ガス圧入法では、(1) 油層に圧入された二酸化炭素ガスは原油との間にミシビリティを形成して孔隙内の a を消失させ、(2) 二酸化炭素ガスが原油に溶解することにより、油の b を低下させるとともに油を c させる、などの効果によって回収率の向上を図る。掃攻効率の向上を図るために、二酸化炭素ガスと水を d に圧入する方法がよく実施される。

- | | a | b | c | d |
|---|-----|-----|----|----|
| ① | 濡れ性 | 粘度 | 酸化 | 同時 |
| ② | 毛管力 | 粘度 | 膨張 | 交互 |
| ③ | 濡れ性 | 浸透率 | 膨張 | 同時 |
| ④ | 毛管力 | 粘度 | 膨張 | 同時 |
| ⑤ | 毛管力 | 浸透率 | 酸化 | 交互 |

Ⅲ－34 坑井調査に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 掘削中の泥水に溶け込んでいる油ガス層のガスや掘屑を調査分析する坑井調査を泥水検層（マッドロギング）という。
- ② 物理検層の手法には、測定器をケーブルで坑内に降下するワイヤーライン検層と坑底掘削装置に統合された測定機器を用いるLWD（Logging While Drilling）がある。
- ③ VSP（Vertical Seismic Profiling）は坑井を利用した反射法地震探査手法の一つであり、複数の発振器と受振器を坑井内に設置する。
- ④ 泥水検層では、泥水や掘屑の調査だけでなく、深度、掘進率、ビット荷重、ポンプ圧力などの掘削データの測定も行う。
- ⑤ 電気検層などの油ガス層の評価を行うための物理検層は、ケーシングをセットする前の裸坑状態のときに実施する。

Ⅲ－35 石油・天然ガス井の坑井仕上げに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 穿孔仕上げ方式では、プロダクションケーシング又はライナーをセメンチングした後にパーフォレーター（ガンパー）によって生産層と導通する孔を開ける。
- ② 坑井近傍の浸透率改善のために用いられる坑井刺激法には水圧破砕と酸処理の2つがあり、貯留層が炭酸塩岩の場合には酸処理が多用される。
- ③ アンカー仕上げ及びアンカー投げ込み仕上げは、仕上げ区間に設置する孔明管をセメンチングしないため、生産性障害が少なく済む。
- ④ 生産性障害の度合いを示す指標として用いられるスキンプクターの単位はmである。
- ⑤ 石油・天然ガスの生産に伴って砂が坑内に流入して生産性を低下させる障害を出砂障害と呼ぶが、炭酸塩岩貯留層ではほとんど発生しない。