

〈鉱場技術試験問題 解答と解説〉

問1 構造性天然ガスなどと比べた水溶性天然ガスの一般的な特徴に関する (1) ~ (4) の記述のうち、不適切なものを選べ。

- (1) 水溶性ガス井では、自噴採取できる坑井もあるが、一般的にはガス層の圧力が低いため、ガスリフトまたは水中ポンプ方式で採取され、そのための設備と動力を必要とする。
- (2) 水溶性天然ガスの採取には大量のかん水を揚水しなければならない。揚水したかん水の処理のために送水管や排水管など大規模な施設が必要となる。かん水には高い濃度の塩分が含まれているので、地上に排出する場合には最終的に海域まで排出する施設が必要である。
- (3) かん水は坑水または廃水として海域に排出されるが、かん水には油分・重金属類・有害有機物等が含まれており、外洋海域へ排水するにあたっては排水処理を行わなければならない。また、かん水には窒素成分としてアンモニウムイオンを含有しているため、閉鎖性海域など富栄養化の問題が発生する可能性のある水域に排出する場合は、窒素成分を低減させるための処理が必要となる。
- (4) 水溶性天然ガスはメタン純度が高く、僅かに二酸化炭素や窒素が含まれているが、一酸化炭素や硫化水素などの有害な成分は含まれていない。

解答：(3)

解説：「水溶性天然ガスの一般的な特徴」を出題し、国産資源としての理解度を問う問題

水溶性天然ガスの特徴として記されている7項目の(5)

かん水は坑水または廃水として海域に排出されるが、かん水は油分・重金属類・有害有機物等を含んでいない化石海水であり、外洋海域へ排水するにあたっては排水処理の必要はなくそのまま直接排水できる。ただし、かん水には窒素成分としてアンモニウムイオンを含有しているため、閉鎖性海域など富栄養化の問題が発生する可能性のある水域に排出する場合は、窒素成分を低減させるための処理が必要となる。

参照：鉱山保安テキスト P284. ~285. [IV 水溶性天然ガス, 1 開発, 1.1 水溶性天然ガスの特徴]

問2 頁岩の崩壊防止対策に関する記述のうち、以下の(1) ~ (4)の中から誤っているものを選べ。

- (1) 頁岩とできるだけ反応しやすい泥水を使用する。
- (2) 掘進中のドリルストリングの挙動による機械的な衝撃力を小さく抑える。
- (3) 崩壊層をできるだけ早く掘り抜いて、早くケーシングをセットする。
- (4) 泥水比重は地層圧力とバランスした適正值を維持する。

解答：(1)

解説：ボアホールスタビリティによって崩壊が発生する原因は多々あるが、その内の1つは頁岩の場合、化学的原因であることを理解しているかを問う。

- (1) 頁岩の安定化機能の優れた泥水を使用しなければならない。すなわち頁岩と反応しにくい泥水を使用すべきである。
- (2) 正しい
- (3) 正しい
- (4) 正しい

参照：鉱山保安テキスト P69～70。 [Ⅱ 掘さく, 1.8.1 地層の崩壊]

問3 ケーシング計画は、その地域の状況に応じ掘削深度、ケーシング径、機械強度を検討して立案する。各ケーシングの設置に関する次の文中の () に当てはまる言葉の組み合わせを、以下の (1) ～ (4) の中から選べ。

- ① サーフェスケーシングは、地表付近の崩壊および逸泥を防止し、坑口装置を設置するためのもので、比較的 (イ) 径のケーシングである。サーフェスケーシング設置深度は、次区間で予想される (ロ) 比重の泥水を循環して掘削していても、坑壁がブレイクダウンしないように設定する。
- ② インターメディアイトケーシングは、サーフェスケーシング設置後、プロダクションケーシングを設置するまでの区間での掘削障害を防止するため設置するケーシングである。本ケーシングの (ハ) によって、目的深度に達せられるかどうか左右されることも多い。
- ③ プロダクションケーシングは、坑井を仕上げるために設置するケーシングである。初めから仕上げるのが予想される場合は、(ニ) から本ケーシングを降下することが多いが、状況に応じ (ホ) で降下し、セメンチング実施後、同じサイズのケーシングを継ぎ足すタイバック作業を実施する場合もある。

	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)
(1)	小さな	最高	グレード	地表	オーバーショット
(2)	大きな	最高	設置深度	地表	ライナーハンガー
(3)	小さな	最低	グレード	坑底	オーバーショット
(4)	大きな	最低	設置深度	坑底	ライナーハンガー

解答：(2)

解説：各ケーシング設置深度計画を適切に決定することは、最終計画深度まで掘削できるかできないかを決定する上で、最も重要な要素であり、基本的事項を問う。

- ・地表付近に設置するケーシングの呼び名がサーフェスケーシングである。
- ・地表付近の地質は一般的に強度が低いため、掘進時に使用される泥水比重

は高くできないため、その設置深度の決定は重要である。

参照：鉱山保安テキスト P15～17. [Ⅱ 掘さく, 1.1.2 ケーシング計画]

問4 水溶性天然ガスの既開発地域内で坑井を掘さくする場合には、構造的油ガス井掘削時ほど深刻ではないが、掘さく障害が想定されることがあり、安全に坑井を掘さくするため、遭遇した掘削障害に対し適正な対応をとることが必要となる。

掘さく時に想定される障害と対応について次の文中の () に当てはまる言葉の組み合わせを以下の (1) ～ (4) の中から選べ。

逸泥

既に開発が行われている地域内・周辺で水溶性天然ガス井を掘さくする場合には、生産により地層圧力が (イ) していることが多く、その地層部分で逸泥が起き易い。そのため、逸泥が想定される深度、区間をあらかじめ把握しておき、適正な (ロ) を保つなど泥水管理を十分に行うことが大事である。

地層の崩壊

崩壊は掘削区間上部に厚い砂層がある場合におきやすく、掘進中の逸泥に伴って起こる場合が多い。逸泥によって坑内泥水の (ハ) が下がり、それまで泥水柱圧で抑えられていた上部砂層の砂が坑内に押し出されてくることで起こる。このような崩壊を防止するためには逸泥を防止することが大事であるが、崩壊層があるとわかっている場合には、そのところまで (ニ) を挿入することも行われる。

抑留

掘管の抑留は地層崩壊により落下した砂が坑壁と掘管の間に挟まることに起因する場合と、泥壁が厚くなり坑径が小さくなって掘管が泥壁に吸着し、(ホ) によって押し付けられることに起因する場合が多い。前者の場合は先ず崩壊を防止することが重要である。後者の場合は、泥水管理を十分に行い、なるべく (ヘ) 泥壁を作るようにすることが重要である。

	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)
(1)	上昇	粘性	水位	セメント	差圧	厚い
(2)	上昇	比重	比重	コンダクター	岩圧	厚い
(3)	低下	粘性	比重	セメント	岩圧	薄い
(4)	低下	比重	水位	コンダクター	差圧	薄い

解答：(4)

解説：水溶性天然ガス井の掘削では、在来型油ガス井掘削と異なる掘削障害が想定され、対応法も異なることが多いので、理解しておく必要がある。その対応法の基本を問う。

逸泥

既に開発が行われている地域内やその周辺で掘さくする場合には、生産に

よってガス層圧力が低下しているため、そのガス層部分で逸泥が起き易い。このような場所で掘さくするときは、あらかじめ逸泥が想定される深度を把握しておき、その部分では特に適正泥水比重を保つなど泥水管理を十分に行うとともに、掘管の降下や泥水ポンプの作動を緩やかにするなどして、できるだけ逸泥を起こさないよう細心の注意を払って掘進することが大事である。逸泥が発生した場合には、泥水に逸泥防止剤を混入してできるだけ早く逸泥を防止する。逸泥防止剤を用いても逸泥が止まらない場合には、逸泥部分にセメントを放置する逸泥対策などが行われることもある。

地層の崩壊

崩壊は上部に厚い砂層がある場合に起きやすく、また逸泥に伴って発生するケースが多い。逸泥によって坑内泥水の水位が下がり、それまで泥水柱圧により抑えられていた上部の砂層の地層圧がまさり、地層水とともに砂が坑内に押し出されてくるからである。そのため、崩壊を防止するには逸泥を防止することが第一であるが、あらかじめ崩壊層があると分かっている場合には、そのところまでコンダクターパイプを挿入することも行われる。

抑留

掘管の抑留は地層の崩壊による場合と差圧抑留によるケースが多い。崩壊による場合は、崩壊によって落下した砂が坑壁と掘管の間に挟まるため、この場合はまず崩壊を防止することが大事である。差圧抑留の場合は、泥壁が厚くなり、坑径が小さくなって掘管が泥壁に吸着し、差圧によって押し付けられて起こるものである。この場合は泥水管理を十分に行い、なるべく薄い泥壁を作るようにすることが重要である。

参照：鉱山保安テキスト P. 290～291 [IV 水溶性天然ガス, 2.1.3 掘削上の障害]

問5 掘さく作業終了後、仕上げ層がないことが確認された場合、試油・試ガスを実施した結果採算性がないと判断された場合、あるいは、長期間の生産により生産層が減退し、それ以上の生産継続が困難と判定された場合には、その坑井は廃坑される。一般的な廃坑作業時に実施する各作業の順序を正しく表した組み合わせを以下の(1)～(4)の中から選べ。

- (イ) ケーシングの回収可能深度の調査：セメントを充填してある部分のケーシングまたは坑壁の崩れによりスタックされた個所のケーシングは回収不能であるので、検層により回収可能深度を調査する。
- (ロ) 二重管部の閉塞：更にケーシングが二重に残っている個所では、径の小さいほうのケーシング内にブリッジプラグをセットしその上に一定量のセメントをスポットする。
- (ハ) プラグバックセメンチング：ケーシングの切断個所上部にセメントを立ちあげ閉塞する。
- (二) 坑口の閉塞：坑口付近に残っているケーシング内にセメントをスポットし、鉄板溶接により坑口にキャップを設置する。
- (ホ) ケーシングの切断：回収可能深度調査により回収可能と判断された深度付近まで、爆薬切断装置もしくはカッターを降下し、ケーシングを切断する。

(1) (ホ) ⇒ (二) ⇒ (イ) ⇒ (ハ) ⇒ (ロ)

- (2) (イ) ⇒ (ロ) ⇒ (ホ) ⇒ (ハ) ⇒ (ニ)
- (3) (イ) ⇒ (ホ) ⇒ (ハ) ⇒ (ロ) ⇒ (ニ)
- (4) (ニ) ⇒ (イ) ⇒ (ハ) ⇒ (ロ) ⇒ (ホ)

解答：(3)

解説： 廃坑しなければならない国内坑井が増加する中で、廃坑手順・作業時の注意点等を理解しておくことは重要である。廃坑に関する基本事項を問う。

掘さく終了後種々の検層での調査の結果、仕上げ層がないことが確認された場合、または試油・試ガスを実施したが産出量が少なく採算性がない場合、その坑井は廃坑される。後日になって坑井から水および油ガス等が地上に洩れ、農作物に被害を与えたり、埋立個所が陥没したりする鉱害問題を起さぬよう万全の作業をすることが大切である。この作業にも坑井の状況によりいろいろな方法があるが一例を示す。

- ① 地層と遮断するためテスト層を閉塞する。
- ② ケーシング尻にブリッジプラグかりテーナをセットし、プラグ上にセメントをスポットしたり、リテーナ下にセメントを圧入する。
- ③ ケーシングを切断して回収する。
 - 1) セメントを充填してある部分のケーシングまたは坑壁の崩れによりスタックされた個所のケーシングは回収不能であるので検層により回収可能深度を調査する。
 - 2) 回収可能深度で爆薬かカッターにてケーシングを切断回収する。
 - 3) ケーシングの切断個所をセメントで閉塞する。
 - 4) 更にケーシングが二重に残っている場合、径の小さい方のケーシング内にブリッジプラグをセットしプラグ上にセメントをスポットする。
 - 5) 坑口にセメントをスポットし、鉄板溶接にてキャップする。

参照： 鉱山保安テキスト P92. [Ⅱ掘さく, 1.13 廃坑作業]

問6 比重 1.30 SG (Specific Gravity) の掘削泥水 10 kℓ に、バライトを添加して、比重を 1.5 SG に上げたい。添加するバライトの重量は何トンになるか。以下の (1) ~ (4) の中から正しいものを選べ。

但し、バライトの比重は 4.0 SG とし、添加したバライトは沈殿せず、すべて泥水中に分散するものとする。

- (1) 3.0 トン
- (2) 3.2 トン
- (3) 3.4 トン
- (4) 3.6 トン

解答：(2)

解説： 坑井の掘削作業を行っていくうえで、坑内の静水圧を管理していくことが重要である。そのために、必要な泥水比重を得るための加重剤（バライト）の添加量を計算ができることを確認する問題。

比重 = 重量 ÷ 体積 であることを確認する。

既存泥水の体積を V kl、比重を ρ_1 、
 新規泥水の比重を ρ_2 、バライト添加量を B ton
 とする。

新規泥水の重量 = $V \times \rho_1 + B$ ton、

新規泥水の体積 = $V + B / 4$

となる。

従って、新規泥水の比重 $\rho_2 = (V \times \rho_1 + B) / (V + B / 4)$
 である。

この式を展開すると、

$$\rho_2 \times (V + B / 4) = (V \times \rho_1 + B)$$

$$4 \times \rho_2 \times V + \rho_2 \times B = 4 \times V \times \rho_1 + 4 \times B$$

$$B \times (4 - \rho_2) = 4 \times V \times (\rho_2 - \rho_1)$$

$$B = 4 \times V \times (\rho_2 - \rho_1) \div (4 - \rho_2)$$

値を代入すると

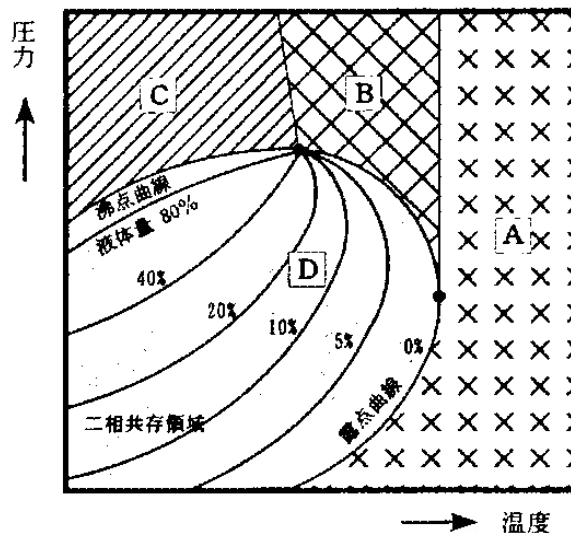
$$B = 4 \times 10 \times (1.5 - 1.3) \div (4 - 1.5)$$

$$= 8 \div 2.5$$

$$= 3.2 \text{ ton}$$

参照： 鉱山保安テキスト P29. [Ⅱ 掘さく, 1.4.3 泥水の重要な特性]

問7 下図は層内炭化水素系の状態模式図である。これを参照して次の説明文のうち、正しい記述の数を以下の(1)～(4)の中から選べ。



- ① A の範囲にあるものはガス層であり、層内炭化水素系は初期から層内の圧力と温度のもとでは気体として存在するが、層内圧力が低下すると液体が凝縮する。

- ② B の範囲にあるものはガスコンデンセート層であり、層内炭化水素系は初期には層内の圧力、温度のもとで液体として存在するが、圧力が低下するとガスが産出されるようになる。
- ③ C および D の範囲にあるものは油層である。C の場合、層内圧力は層内炭化水素系の沸点圧力以上で層内炭化水素系はガスとして存在し、層内圧力が沸点以下に下がれば液体となる。

- (1) 正しい記述はない
- (2) 1 つ
- (3) 2 つ
- (4) 3 つ

解答：(1)

解説：層内炭化水素系の温度及び圧力による挙動について、状態模式図をしっかりと理解しているかを問う問題。

本模式図は頻出の問題であり、解答にあたって、一つ一つ落ち着いて読み解けば、説明文が全て誤りである事が判別できる。

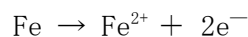
4 つの説明文の表記は、テキスト表記に基づいている。出題している説明文中誤った表記の箇所を下線で示し、正解であるテキストの表記を→以下で示す。

- ① A の範囲にあるものはガス層であり、層内炭化水素系は初期から層内の圧力と温度のもとでは気体として存在するが、層内圧力が低下すると液体が凝縮する。→ 気体として存在し、層内圧力が低下しても気体のままである。
- ② B の範囲にあるものはガスコンデンセート層であり、層内炭化水素系は初期には層内の圧力、温度のもとで液体として存在するが、圧力が低下するとガスが産出されるようになる。→ 気体として存在するが、圧力が低下すると液体(コンデンセート)が凝縮(逆行液化)する。
- ③ C および D の範囲にあるものは油層である。C の場合、層内圧力は層内炭化水素系の沸点圧力以上で層内炭化水素系はガスとして存在し、層内圧力が沸点以下に下がれば液体となる。→ 液体(原油)として存在し、層内圧力が沸点以下に下がればガスが放出される。

参照：鉱山保安テキスト P140. ~160. [Ⅱ生産, 1.1.4 天然ガスの採取]

問8 パイプラインの腐食に関する次の記述について、() にあてはまる語句等の組み合わせとして正しいものはどれか。

地下埋設されたパイプラインの腐食のうち、自然腐食は金属体や土壤の不均質のため金属表面に形成される (イ) によって発生し、(ロ) に相当する金属表面が腐食する。一方、電食は外部の (ハ) がパイプ内に流入することで発生し、この電流が地中に (ニ) する金属表面が腐食する。鉄の腐食表面における腐食発生機構は、次の電気化学式として説明される。



	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
(1)	局部的短絡電池	陽極	直流電流	流出
(2)	局部的短絡電池	陽極	交流電流	流出
(3)	局部的短絡電池	陰極	交流電流	流出
(4)	硫酸塩還元菌	陽極	直流電流	流入

解答：(1)

解説：パイプラインの腐食のメカニズムの理解度を問う問題

(イ)：土中の金属表面には、種々の原因によって電位を異にする部分が存在するが、その結果無数の「局部的短絡電池」が形成される。

(ロ)：局部的短絡電池が形成されると、「陽極」に相当する金属表面が腐食する。

(ハ)：電食は陽極、陰極の形成が金属体や土壌などの不均一性によるのではなく、外部から流入する「直流電流」によって生ずる。

(ニ)：埋設パイプラインから地中へ電流が「流出」する部分が陽極となって電食を起こす。

参照：鉱山保安テキスト P228. ～233. [Ⅱ生産, 4.2.3 パイプラインの防食]

問9 標準状態 (0°C、1気圧) 下で 56 リットルの容積を占めるガスの質量を測ったところ 45 g であった。このガスの比重 (空気比重 = 1.0) として正しいものを、以下の (1) ～ (4) の中から選べ。ただし、標準状態におけるガス 1 mol (モル) の容積は 22.4 リットル、空気の分子量は 29.0 とする。

- (1) 1.244
- (2) 1.056
- (3) 0.621
- (4) 0.038

解答：(3)

解説：気体の物性値の基本について理解度を問う問題

$$\text{ガスのモル数} = 56.0 / 22.4 = 2.50 \text{ mol}$$

$$\text{ガス 1 mol の質量} = 45.0 / 2.50 = 18.0 \text{ g}$$

$$\text{ガスの比重} = 18.0 / 29.0 \approx 0.621$$

参照：鉱山保安テキスト P140. ～160. [Ⅱ生産, 1.1.4 天然ガスの採取]

問10 水溶性天然ガスの還元圧入に関する次の記述について、() に当てはまる語句等の組み合わせとして正しいものはどれか、以下の (1) ～ (4) の中から選べ。

水溶性天然ガスにおいては、ガス産出に伴い大量のかん水を汲み上げるため、地盤沈下の恐れがある。汲み上げたかん水の一部を還元する方法が地盤沈下防止対策として最も有効であることが従来から認められている。還元井としては、還元を目的に仕上げられた坑井よりも生産井を還元井に転用しているものが多くみられる。還元圧入において最も懸念されるのは、(イ)の問題である。特に(ロ)鉦床の場合、ガス層の圧力が下がりガス水比が上昇することが特徴であり、効率的な生産ができるわけであるが、産出層と同じ地層に還元されるため、ガス層の圧力が(ハ)し、茂原型の特徴であるガス水比に大きく影響し、ガス水比が低下しガスの産出量が著しく(ニ)する。

	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
(1)	ブレイクスルー	茂原型	上昇	減少
(2)	サステナビリティ	茂原型	低下	増加
(3)	ブレイクスルー	通常型	上昇	増加
(4)	サステナビリティ	通常型	低下	減少

解答：(1)

解説：水溶性天然ガス田における還元圧入に関する問題点の理解度を問う問題

- (イ)：生産井を還元井に転用しているため、同じ地層に還元することになり**ブレイクスルー**の発生が懸念されている。
- (ロ)：後述に**茂原型**の特徴であるガス水比の上昇とありヒントになっている。理解しておいていただきたい。
- (ハ)：還元圧入により、地層圧力が**上昇**することに繋がる。
- (ニ)：還元圧入によりガス水比が低下するとあり、これによりガスの産出量の**減少**に繋がる。

参照：鉦山保安テキスト P312. [IV 水溶性天然ガス, 4.8.3 還元圧入]

問11 油・ガス井での坑底圧測定の目的に関する記述のうち、以下の(1)～(4)の中から誤っているものを選べ。

- (1) 油・ガス層の埋蔵量の計算
- (2) 坑井障害の有無の判定
- (3) 浸透率の計算
- (4) 坑内の腐食状況

解答：(4)

解説：油・ガス井の生産管理に必要な坑底圧測定の目的を問う設問

坑底圧測定の目的とその概要：

油・ガス層から油・ガスを合理的に採取して、それを管理するために坑底圧測定を行い、その測定結果を種々の技術計算の基礎に用いる。主なものを以下に示す。

- ① 油・ガス層の埋蔵量の計算
- ② 油・ガス井の産出能力計算
- ③ 坑井障害の有無の判定
- ④ 浸透率の計算
- ⑤ 坑井間の干渉に関する試験
- ⑥ 液面深度と圧力勾配(液体密度)の判定

参照：鉱山保安テキスト P259. ～265. [Ⅱ生産, 7.2 計測作業]

問 12 送ガスパイプラインの中間にラインヒータを設置した。15 °C (入口温度) のガスを 100,000 m³/日 のレートで流したときに、ガスの出口温度は 45 °C になっている。このときの所要伝熱量 (MJ/h) を求め、その値に近いものを以下の (1) ～ (4) の中から選べ。ただし、ガスの密度および比熱は、0.72 kg/m³、 2.72×10^{-3} MJ/kg・K とする。

- (1) 0.2448 MJ/h
- (2) 2.448 MJ/h
- (3) 24.48 MJ/h
- (4) 244.8 MJ/h

解答：(4)

解説：伝熱量 Q (MJ/h) = 質量 m (kg) × 比熱 c (MJ/kg・K) × 温度変化 ΔT (K) の計算方法を理解する。

$$\text{ガス流量} : 100,000 \text{ m}^3/\text{D} = (100,000 \div 24) \text{ m}^3/\text{h}$$

ガス密度が 0.72 kg/m³ なので、重量 (kg/h) に換算すると

$$(100,000 \div 24) \text{ m}^3/\text{h} \times 0.72 \text{ kg/m}^3 = 3,000 \text{ kg/h}$$

したがって所要伝熱量は

$$\begin{aligned} & 3,000 \text{ kg/h} \times 2.72 \times 10^{-3} \text{ MJ/kg} \cdot \text{K} \times (45 \text{ }^\circ\text{C} - 15 \text{ }^\circ\text{C}) \\ & = 244.8 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

参照：鉱山保安テキスト P9. ～P11. [Ⅰ基礎知識, 4 熱および熱力学]

問 13 原油の計量に用いるタービン流量計に関する記述のうち、以下の (1) ～ (4) の中から誤っているものを選べ。

- (1) 上流側には直管部およびストレーナを取り付ける必要がある
- (2) 構造が簡単で軽量である
- (3) 流体抵抗の大きい高粘度液に適している
- (4) 1 台での流量測定範囲が広い

解答：(3)

解説：タービン流量計の特徴を理解しているかの確認

タービン流量計は流体抵抗の少ない低粘度液に適している。

参照：鉱山保安テキスト P219.～220. [Ⅱ生産, 3.3 その他の計量方法]

問 14 毒物、劇物の貯蔵に当たっての留意点に関する記述のうち、以下の(1)～(4)の中から誤っているものを選べ。

- (1) 可燃性のものは酸化剤、熱源、火気から隔離し、電気設備は防爆型とする
- (2) ガスを発生する恐れのあるものは、密閉空間に保存する
- (3) 転倒、転落および他の物体による衝撃を防止する措置を講ずる
- (4) 乾燥した冷暗所に貯蔵する

解答：(2)

解説：毒物、劇物の貯蔵に当たっての留意点を理解する

ガスの発生する恐れのあるものは、密閉空間に保存せず、換気を十分に行なえる場所に保管する必要がある。

参照：鉱山保安テキスト P270. [Ⅱ生産, 8.4 貯蔵および取扱い]