

〈2022 鉱場技術試験問題 解答と解説〉

問1 掘さくに使用する泥水の重要な特性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。
 泥水比重が高すぎて泥水柱圧力と (イ) との差が大きくなればなるほど、 (ロ) が低下する、差圧抑留され易くなる、 (ハ) を起こし易くなるなどの障害が起こる。このため泥水比重はできる限り低くすることが望ましい。しかし、泥水柱圧が (イ) よりも低すぎると噴出や (ニ) を起こすため、泥水比重は常に適正値を維持するように絶えずチェックしなくてはならない。

	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
(1)	地層破壊圧力	掘進率	崩壊	逸泥
(2)	地層破壊圧力	掘り屑の運搬能力	逸泥	崩壊
(3)	地層圧力	掘進率	逸泥	崩壊
(4)	地層圧力	掘り屑の運搬能力	逸泥	崩壊

解答：(3)

解説：掘さく泥水の性状と坑井掘さく障害に関する基本知識を問う問題。

掘さく泥水には、地層中に存在する石油・天然ガスやその他の圧力流体の噴出や地層の崩壊を防止する重要な役割がある。これらの役割は泥水比重（泥水柱圧力）によって行なわれる場合が多く、泥水比重は掘さく泥水の諸特性の中でも重要な特性である。地層圧力は地域によって大きく異なる場合があるため、泥水比重は常にその坑井での地層圧力とバランスした適正値を維持することが大切である。

泥水比重が高すぎて泥水柱圧力と (イ)地層圧力 との差が大きくなればなるほど、① (ロ)掘進率 が低下する、②差圧抑留され易くなる、③ (ハ)逸泥 を起こし易くなるなどの障害が起こる。このため泥水比重はできる限り低くすることが望ましい。しかし、泥水柱圧が (イ)地層圧力 よりも低すぎると噴出や (ニ)崩壊 を起こすため、泥水比重は常に適正値を維持するように絶えずチェックしなくてはならない。

参照：鉱山保安テキスト P29 [Ⅱ-1 掘さく, 1.4 掘さく泥水, 1.4.3 泥水の重要な特性]

問2 比重 1.3 の KCl ブライン溶液 30 kL に、清水を添加して、比重を 1.2 に希釈したい。加える清水の重量はいくらか。以下の(1)～(4)の中から正しいものを選べ。
 但し、清水の比重は 1.0 とし、希釈中に KCl が析出して沈殿しないものとする。

- (1) 10 ton
- (2) 12 ton
- (3) 15 ton
- (4) 18 ton

解答：(3)

解説：坑井の仕上げ作業を安全に行う上で、坑内の静水圧を適正に管理することが重要。本問題では、適正なブライン比重を計算により求められるかを問う。

比重＝重量÷体積であることを確認する。

希釈前のブラインの体積を V [kL]、比重を ρ_1 、添加する清水(比重 1.0)

の量を B [ton]、希釈後のブラインの比重を ρ_2 とすると、

希釈後のブラインの重量は、 $V \times \rho_1 + B$ [ton]、

希釈後のブラインの体積は、 $V + B$ [kL] となる。

従って、希釈後のブラインの比重 ρ_2 は、以下により求められる。

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

この式を展開すると、

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

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

$$B \times (\rho_2 - 1) = V \times (\rho_1 - \rho_2)$$

$$B = V \times (\rho_1 - \rho_2) \div (\rho_2 - 1)$$

ここで、 $V=30$ [kL]、 $\rho_1=1.3$ 、 $\rho_2=1.2$ なので、これらの値を代入すると、

$$B = 30 \times (1.3 - 1.2) \div (1.2 - 1.0) = 3 \div 0.2 = \underline{15.0 \text{ [ton]}}$$

よって、(3) が正答となる

問3 掘さくした坑井にケーシングを降下し、最初にセメントスラリーを送入し、ケーシング外周を固める作業を一般にプライマリーセメンチングという。

プライマリーセメンチングを成功させるために留意すべき事項として、次の(1)～(4)の中から正しいものを1つ選べ。

- (1) 坑内において泥水とセメントスラリーが混ざり合わないよう、泥水の粘性をできるだけ高く調整しておく。
- (2) 坑内において泥水とセメントスラリーが混ざり合わないよう、セメントスラリーの比重を泥水比重より低めに調整する。
- (3) セントライザーはケーシング降下時の障害になり得るので、傾斜井の場合には取付けない方がよい。
- (4) セメントスラリーがアニュラス部を上昇する際の坑底圧力上昇により逸泥を起こしたり、セメント硬化時にガスフローが発生したりすることがあるので、作業中およびセメント硬化待機時の坑井監視を的確に行う必要がある。

解答：(4)

解説：坑井を掘削する上で重要な作業であるセメンチングの基本知識について問う問題。

- (1) [誤] 坑内泥水の粘性はできるだけ低いほうがよい。
- (2) [誤] セメントスラリーの比重は泥水比重よりやや高め (0.20SG 程度を目安) に調整するとよい。

- (3) [誤] セメントスラリーと泥水との置換効率を考えた場合、セントライザーを適宜使用してケーシングの芯を出す（片側に寄らないようにする）ことが大事。特に傾斜井の場合、セントライザーを設置しないとローサイドにケーシングが片寄ってしまうので、適宜使用することが望ましい。
- (4) [正] セメントスラリーがアニュラス部を上昇する際の坑底圧力上昇により逸泥を起こしたり、セメント硬化時にガスフローが発生したりすることがあるので、作業中およびセメント硬化待機時は坑井監視を的確に行う必要がある。

参照：鉱山保安テキスト P67-68 [Ⅱ-1 掘さく， 1.7 セメンチング， 1.7.3 セメンチングの装置及び作業]

問4 泥水処理装置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。

シェールシェーカーとは、坑内から返ってきた泥水をメッシュスクリーンで (イ) により泥水と掘屑に (ロ) する装置をいう。ソリッドコントロールの中でシェールシェーカーが最初の役割を担うが、それが掘さく工程の増減（＝リグコストの増減）、坑内状況の良し悪しにも影響することより、地下から揚がってきた最初の段階で微細な掘屑をあらかじめ除去することが重要となる。例えば、シェールシェーカーを3台、泥水が (ハ) にフローするようにデバイダーなどを設置し、 (ニ) メッシュサイズのスクリンで極力ソリッド分を除去することがその第一歩となる。

	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
(1)	振動	結合	均一	粗い
(2)	重力	結合	液状	細かな
(3)	重力	分離	液状	粗い
(4)	振動	分離	均一	細かな

解答：(4)

解説：シェールシェーカーはソリッドコントロール機器の中で最初に通過する機器で、唯一全量の泥水が通過する機器である。従って、その機能と役割を理解することは重要である。本問題ではシェールシェーカーの基本知識について問う。

シェールシェーカーとは、坑内から返ってきた泥水をメッシュスクリーンで (イ)振動により泥水と掘屑に (ロ)分離する装置をいう。ソリッドコントロールの中でシェールシェーカーが最初の役割を担うが、それが掘さく工程の増減（＝リグコストの増減）、坑内状況の良し悪しにも影響することより、地下から揚がってきた最初の段階で微細な掘屑をあらかじめ除去することが重要となる。例えば、シェールシェーカーを3台、泥水が (ハ)均一にフローするようにデバイダーなどを設置し、 (ニ)細かなメッシュサイズのスクリンで極力ソリッド分を除去することがその第一歩となる。

参照：鉱山保安テキスト P108 [Ⅱ-2 掘さく装置， 2.3 泥水ポンプ， 2.3.5 泥水処理装置]

問5 試油・試ガス作業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、以下の(1)～(4)の中から選べ。

通常の試油・試ガスは、パーフォレーション、またはアンカー仕上げをした坑井において、プロダクションパッカーをセットして実施され、その作業手順は一般に次のとおりである。

① 排泥

チュービング内の泥水、パッカー下のケーシング内の泥水および試ガス層内に浸透していた掘さく泥水が油ガスとともに (イ) してくる。この泥水を十分に (ロ) しておかないと試油・試ガスによって得られるデータの誤差の原因となったり、生産開始までの長時間油ガス層に泥水を浸すことになり地層障害が懸念されたりする。

② 坑井密閉

排泥を十分行った後、油ガス層が本来の (ハ) に回復するまでの十分な時間密閉する。

③ 密閉坑底圧力測定

②で坑井を密閉している間の坑底圧力を測定・記録する。

④ 流動坑底圧力測定

坑口を開け、 (ニ) を調整することにより生産レートを 3～4 段階に変化させ、油、ガス、水の生産量、および流動坑底圧力を測定する。

⑤ 坑井密閉

⑥ 密閉坑底圧力上昇測定

産出時間にもよるが、一般的には、密閉してから 24～72 時間前後の坑底圧力を測定して試油・試ガス終了となる。

	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
(1)	自噴	処理	温度	チョーク開度
(2)	沈殿	排出	圧力	温度
(3)	自噴	排出	圧力	チョーク開度
(4)	沈殿	処理	温度	圧力

解答：(3)

解説：石油・天然ガスの試掘井を掘さくする最も重要な目的は、試油・試ガスにより経済的に生産可能かどうかを確認することであり、そのおおまかな作業手順を理解しておくことは重要である。

排泥：チュービング内の泥水、パッカー下のケーシング内の泥水および試ガス層内に浸透していた掘さく泥水が油ガスとともに (イ)自噴 してくる。この泥水を十分に (ロ)排出 しておかないと試油・試ガスによって得られるデータの誤差の原因とな

ったり、生産開始までの長時間油ガス層に泥水を浸すことになり地層障害が懸念されたりする。

坑井密閉：排泥を十分行った後、油ガス層が本来の(ハ)圧力に回復するまでの十分な時間密閉する。

流動坑底圧力測定：坑口を開け、(ニ)チョーク開度を調整することにより生産レートを3～4段階に変化させ、油、ガス、水の生産量および流動坑底圧力を測定する。

参照：鉱山保安テキスト P92-94 [Ⅱ-1 掘さく, 1.14 試油・試ガス作業]

問6 水溶性天然ガス井の掘さく時等に生じる可能性がある噴出防止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。

水溶性ガス井では、(イ) 坑井の掘さくの場合には噴出の恐れは少ないが、ガス水比の高い(ロ) 坑井の場合には、掘さく中に坑内水位の低下が原因となって噴出が生じる恐れがある。

保安を確保するため、水溶性ガス井の掘さくで使用する噴出防止装置は、鉱山保安法施行規則（鉱業上使用する工作物等の技術基準を定める省令第17条，技術指針第15章8(8)）により、次に掲げる圧力以上の最高使用圧力を有するものでなければならぬと定められている。

掘さくする水溶性ガス層の深度	圧力
垂直深度 <input type="text"/> m 未満のもの	目的層の垂直深度のメートル数に 0.0039 を乗じた数値のメガパスカル
垂直深度 <input type="text"/> m 以上のもの	3.923 MPa

ガス水比の高い水溶性ガス井では、噴出は、逸泥が生じたときや、(ニ) 時に適切な補泥を怠ったときなど、泥水頭が低下したことにより起こる場合がある。しかし、泥水管理を十分に行うことによって逸泥を防止し、掘さく手が十分注意を払って作業を行えば噴出の発生はほとんど防止することができる。したがって、常に掘さく手に十分な技術教育、保安教育を実施しておくことが噴出防止に最も必要な措置である。

	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
(1)	通常型	茂原型	1,000	揚管
(2)	通常型	茂原型	2,000	揚管
(3)	茂原型	通常型	500	降管
(4)	茂原型	通常型	1,000	降管

解答：(1)

解説：水溶性天然ガス井を掘削する際の噴出防止について問う問題。

(イ)、(ロ)はそれぞれ、「通常型」、「茂原型」である。

水溶性ガス井のガス産出挙動として通常型と茂原型の2種類があるが、それぞれの特徴は以下のとおり。

通常型：ガス採取開始後に、一般的に産出水量は徐々に減少していくが、ガス水比はほとんど変化せず、産出ガス量は産出水量に比例するのが特徴。わが国の水溶性天然ガス田のほとんどがこのような産出挙動を示すことから、通常型と呼ばれている。

茂原型：ガス採取開始後に、産出水量は通常型と同様に徐々に減少するが、ガス水比が上昇して、産出ガス量はある期間逆に増加し、最大値に達した後漸減に向かうというのが特徴。このような産出挙動は、南関東ガス田九十九里地域南部の比較的浅い鉦床を仕上げた坑井によく見られ、茂原型と呼ばれている。

(ハ)、(ニ)は、それぞれ、「1,000」、「揚管」である。

揚管時は、坑内に降ろした掘削編成の容積分の泥水頭の低下が起こるので、その分の補泥を適宜行う必要がある。

参照：鉦山保安テキスト P286-288 [IV-1 開発, 1.2.2 産出挙動], P291-292 [IV-2 掘さく, 2.1.6 噴出防止]

問7 内径 200 mm、延長 3 km のパイプラインの気密試験を、窒素を用いて実施した。試験開始直後は、ゲージ圧 5.0 MPa、ライン内の窒素温度 27 °C であったが、24 時間後には 7 °C まで低下した。この時のパイプラインのゲージ圧に最も近いものを、次の(1)~(4)の中から選べ。ただし窒素は理想気体として取扱い、試験中に漏れは無かったものとする。

- (1) 5.7 MPa
- (2) 4.7 MPa
- (3) 3.7 MPa
- (4) 1.3 MPa

解答：(2)

解説：パイプラインの気密試験を通して、ボイル・シャルルの法則の理解度を問う問題。

ボイル・シャルルの法則： $PV/T = \text{一定}$ 、を適用して、

$$(5.0 + 0.1) \times V / (27 + 273) = (P + 0.1) \times V / (7 + 273)$$

$$5.1 \times V / 300 = (P + 0.1) \times V / 280$$

$$P = 5.1 \times 280 / 300 - 0.1$$

$$P = \underline{4.66}$$

式中 V:パイプラインの内容積
P:24 時間後の圧力

よって、正答は(2)の 4.7 MPa となる。

参照：鉦山保安テキスト P10-11 [I-4 熱および熱力学, 4.5 熱膨張]

問8 油・ガスの生産に関する以下の記述のうち、誤っているものを(1)～(4)の中から1つ選べ。

- (1) 他の条件が等しい場合、地層の浸透率が大きいほど産出量大きい。
- (2) 他の条件が等しい場合、流体粘度が小さいほど産出量大きい。
- (3) 他の条件が等しい場合、坑井半径が大きいほど産出量小さい。
- (4) 他の条件が等しい場合、産出時の坑底圧力（流動坑底圧）を高くするほど産出量小さい。

解答：(3)

解説：油・ガスの産出量と諸条件の関係の理解度を問う問題。

問題では、諸条件として、地層の浸透率、流体粘度、坑井半径、産出時の坑底圧力（流動坑底圧）を例に挙げている。

他の条件が同じ場合、坑井半径が大きければ、産出量も大きくなるので、(3)の記述が誤り。

参照：鉱山保安テキスト P153-160, [Ⅲ-1 採取, 1.1 一次採取, 1.1.4 天然ガスの採取]

問9 水溶性天然ガスの採取方法の一つであるポンプ採取方式の特徴として、誤っているものを(1)～(4)の中から1つ選べ。

- (1) 揚水効率が優れており、大量揚水が可能である。
- (2) ポンプの起動停止や点検整備が容易である。
- (3) 地上設備による騒音や振動の心配がない。
- (4) 出砂のある坑井の場合、ポンプが摩耗してしまう。

解答：(2)

解説：水溶性天然ガスのポンプ採取方式に関する基本知識を問う問題。

ポンプ採取方式は坑井内に水中ポンプを設置するので、点検整備は容易ではない。従って、(2)の記述が誤り。

参照：鉱山保安テキスト P304-305 [Ⅳ-4 生産, 4.1 採取, 4.1.3 ポンプ採取]

問10 天然ガス中の脱酸性ガス処理に関する(イ)～(ハ)の記述のうち、正しい記述の数を以下の(1)～(4)の中から選べ。

- (イ) 天然ガス中には水分のほかに、硫化水素、炭酸ガス等の酸性ガスが含まれている場合がある。
- (ロ) 酸性ガスは油と共存して採取処理装置やパイプライン等を腐食させる。

(ハ) 硫化水素を含む天然ガスをユーザー側で使用する際の問題点としては、人体への毒性等がある。

- (1) 0 個
- (2) 1 個
- (3) 2 個
- (4) 3 個

解答：(3)

解説：脱酸性ガス処理に関する基本的理解度を問う問題。

(ロ)の記述は誤り。正しくは「水と共存」（「油と共存」は間違い）。

その他の2つの記述は正しい。従って、正しい記述の数が2個となるので、(3)が正解となる。

酸性ガスは水と共存して採取処理装置やパイプライン等を腐食させ障害となるので、パイプラインで送る前に除去する必要がある。

参照：鉱山保安テキスト P197 [Ⅲ-2 集油および集ガス, 2.3.3 脱酸性ガス処理]

問 11 坑廃水の排水処理に関する以下の記述のうち、誤っているものを(1)～(4)の中から1つ選べ。

- (1) 油ガス田の生産活動に伴い排出される排水は、一般に油ガス田の衰退による含水率の上昇、水攻法や化学攻法の適用による量の増加および水質の変化が起こる。
- (2) 含油排水は通常遊離性油、水中油滴型エマルジョン状態の油滴、各種無機塩類および泥砂等の固形粒子を含有しているため、廃棄する際には鉱害を起こさないよう処理しなければならない。
- (3) 設備管理上の問題として、硫酸還元バクテリアの硫酸塩還元時の硫化水素の発生に伴う爆発対策が必要である。
- (4) 廃水処理プロセスにおける基本的な単位操作には、沈降もしくは浮上分離、凝集、ろ過、吸着、スラッジ分の脱水および廃棄等がある。処理プロセスの選定には処理対象排水の性状、目標水質、規模、運転維持管理の難易度および経済性等を考慮し、上記方法を組み合わせることが必要である。

解答：(3)

解説：坑廃水の排水処理に関する基本的理解度を問う問題。

(3)の記述は誤り。硫酸還元バクテリアの硫酸塩還元時の硫化水素の発生に伴う腐食対策が必要である（爆発対策は間違い）。

参照：鉱山保安テキスト P204-206 [Ⅲ-2 集油および集ガス, 2.4 排水処理]

問 12 可燃性天然ガスの燃焼に関する以下の記述のうち、誤っているものを(1)～(4)の中から1つ選べ。

- (1) 可燃性天然ガスは、炎、火花、静電気放電、過熱物体などの着火源の存在により、容易に燃焼する。
- (2) 可燃性天然ガスには燃焼を起こす濃度の最低値（下限）および最高値（上限）があり、一般に1気圧、常温において空気との混合気中の可燃性天然ガスの容量% (vol%) で示す。
- (3) 燃焼を起こす濃度範囲を燃焼範囲と言ひ、連鎖的な燃焼により爆発を起こす危険があることから爆発範囲とも呼ばれる。
- (4) 燃焼範囲はガスの組成によって異なり、メタン 2.1～9.5 %、エタン 3.0～12.4 %、プロパン 5.0～15.0 %である。

解答：(4)

解説：可燃性ガスの燃焼に関する基本的理解度を問う問題。

燃焼範囲はガスの組成によって異なり、以下のように炭化水素の炭素数によって燃焼範囲が小さくなっていく。従って、(4)の記述は間違い。

メタン 5.0～15.0 %
エタン 3.0～12.4 %
プロパン 2.1～9.5 %

なお、上記は炭素数1～3までの直鎖炭化水素であるが、直鎖炭化水素では炭素数によって以下の様に燃焼下限が低下すると共に、燃焼範囲も狭くなっていく。

ブタン 1.8～8.4 %
ヘキサン 1.2～7.4 %
オクタン 1.0～6.5 %
デカン 0.8～5.4 %

参照：鉱山保安テキスト P143 [Ⅲ-1 採取, 1.1 一次採取, 1.1.4 天然ガスの採取]

問 13 計量器に関する以下の記述のうち、誤っているものを(1)～(4)の中から1つ選べ。

- (1) 超音波流量計は、流体中に超音波を放射し、流速が音速に与える変化から流量を測定する。伝搬速度差法とドップラー法の2つがある。
- (2) 渦流量計は、カルマン渦による流体の振動現象を利用して体積流量を測定する。流体の組成、密度、湿度、圧力などの影響を大きく受けるため、測定には注意が必要である。
- (3) タービン流量計は、管中を流体が流れると翼車が回転し、翼車の回転数と流速が比例することを利用し、翼車の回転数を測ることで流量を求める。

- (4) 容積式流量計は、一定容積の計量室を持つ流量計であり、計量室の容積分の流体が流れるときの回転子の回転数から流量を求める。

解答：(2)

解説：計量器に関する基本知識を問う問題。

渦流量計は、カルマン渦による流体の振動現象を利用して体積流量を測定する流量計である。特徴としては、機械的可動部がないことや流量測定範囲が広いことが挙げられる。また、気体、流体いずれも測定でき、流体の組成、密度、湿度、圧力などにほとんど影響されずに体積流量を測定できる。従って、(2)の記述が誤り。

参照：鉱山保安テキスト P206-215 [Ⅲ-3 計量, 3.1 流量計による計量]

問 14 原油の貯蔵に使用される円錐屋根型タンク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。

円錐屋根型タンクは、原油貯蔵タンクとして最も構造が簡単で安価に建設できるので、一般的に広く利用されている。円錐屋根型タンクの操作圧力は水柱 60～70 mm であって、タンク内に存在する原油揮発ガスと空気との混合気体の圧力がタンクの操作圧力より高くなると、混合気体は より大気中へ排出されて原油の揮発成分の損失となる。これは昼夜の の変化によって毎日起るもので呼吸損という。また、タンクに内容液を張り込む時に流入した内容液と原理的には等量の蒸発した蒸気と空気が放出されることによる損失を という。反対に、内容液を払出すことによりベーパー空間が増し、これに内容液の蒸発が追従しきれずに外部から空気が入り込むことで圧力の平衡が保たれるが、その増加分の蒸発分圧までの蒸発が起これ、結果として蒸発損失が発生する。これを という。日本では一般に呼吸損失は年間で全量の 3.5%、受入損失と払出損失は 0.2% くらいである。この量は軽視できない量であり、タンク内で発生する揮発ガスと空気との混合ガスの爆発しやすさとともに、円錐屋根タンクの最大の欠点となっている。

	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
(1)	開放弁	気温	受入損失	払出損失
(2)	ドレインノズル	気温	受入損失	払出損失
(3)	ドレインノズル	圧力	払出損失	受入損失
(4)	開放弁	気温	払出損失	受入損失

解答：(1)

解説：原油タンクに関する基本知識を問う問題。

円錐屋根型タンクの操作圧力は水柱 60～70 mm であって、タンク内に存在する原油揮発ガスと空気との混合気体の圧力がタンクの操作圧力より高くなると、混合

気体は (イ)開放弁より大気中へ排出されて原油の揮発成分の損失となる。これは昼夜の (ロ)気温の変化によって毎日起るもので呼吸損という。

タンクに内容液を張り込む時に流入した内容液と原理的には等量の蒸発した蒸気と空気が放出されることによる損失を (ハ)受入損失という。

反対に、内容液を払出すことによりベーパー空間が増し、これに内容液の蒸発が追従しきれずに外部から空気が入り込むことで圧力の平衡が保たれるが、その増加分の蒸発分圧までの蒸発が起これり、結果として蒸発損失が発生する。これを (ニ)払出損失という。

参照：鉦山保安テキスト P238-239 [Ⅲ-5 貯蔵, 5.1 原油の貯蔵, 5.1.1 原油タンク]