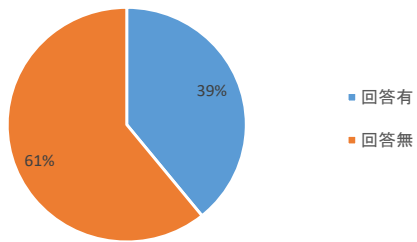
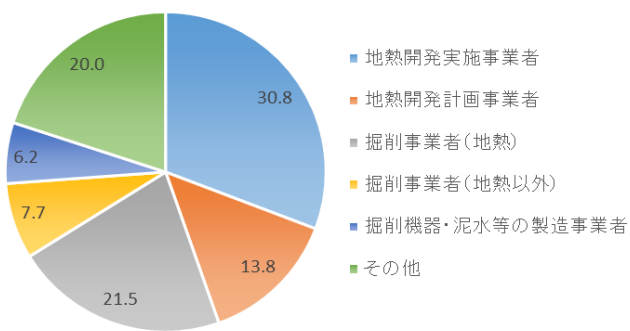


アンケート集計結果

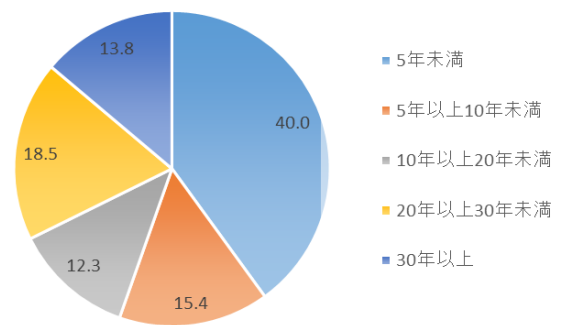
アンケートの回収率



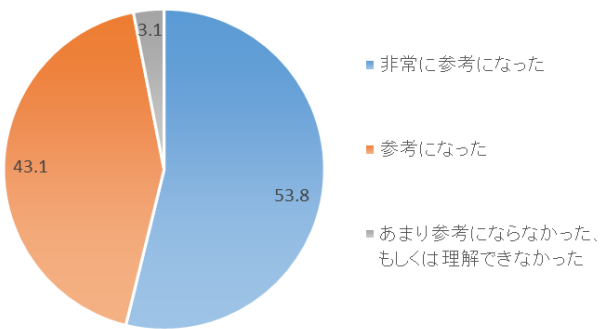
受講者の業種 (%)



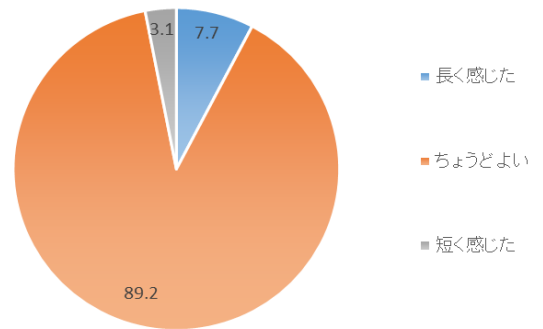
受講者の勤続年数 (%)



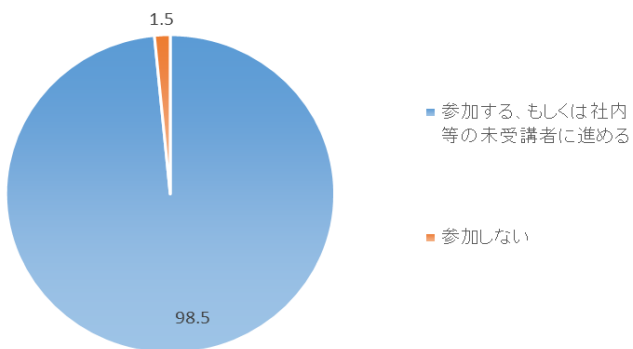
講座の内容について (%)



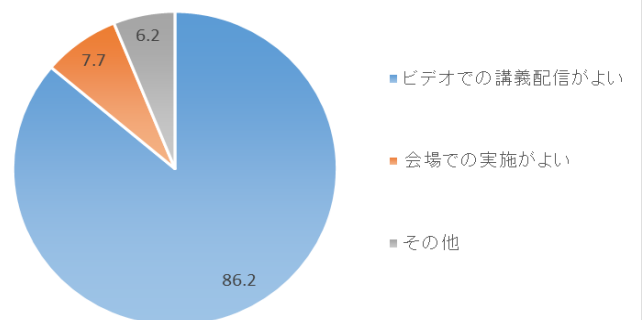
講演時間 (%)

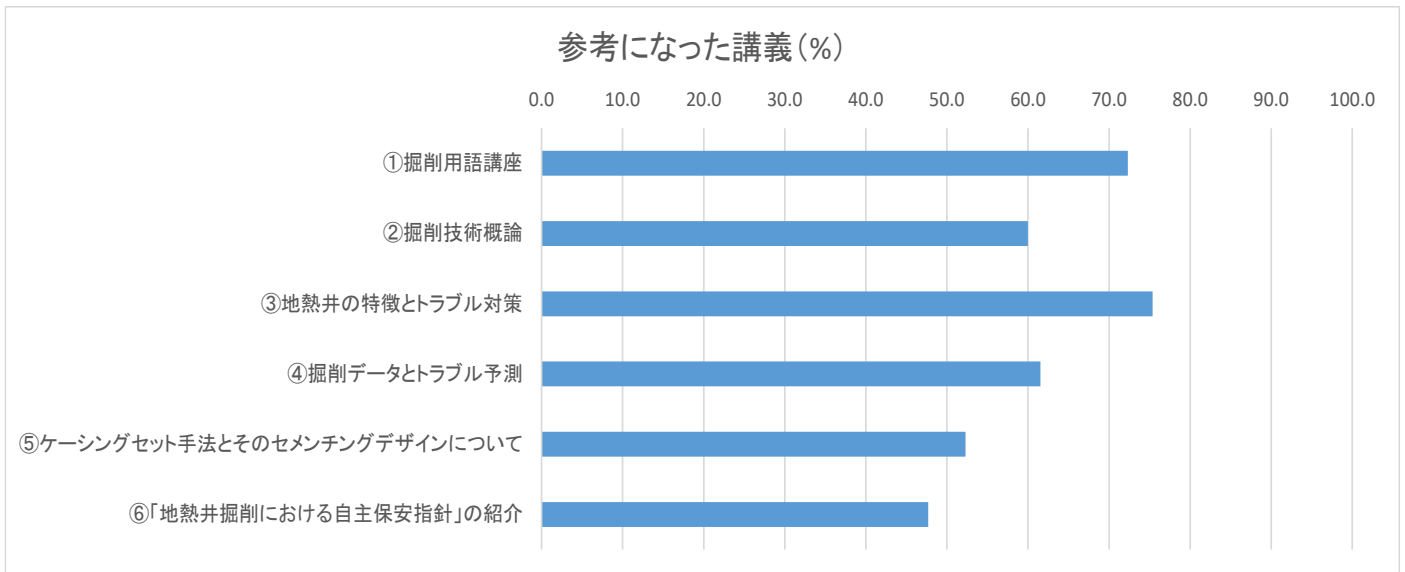
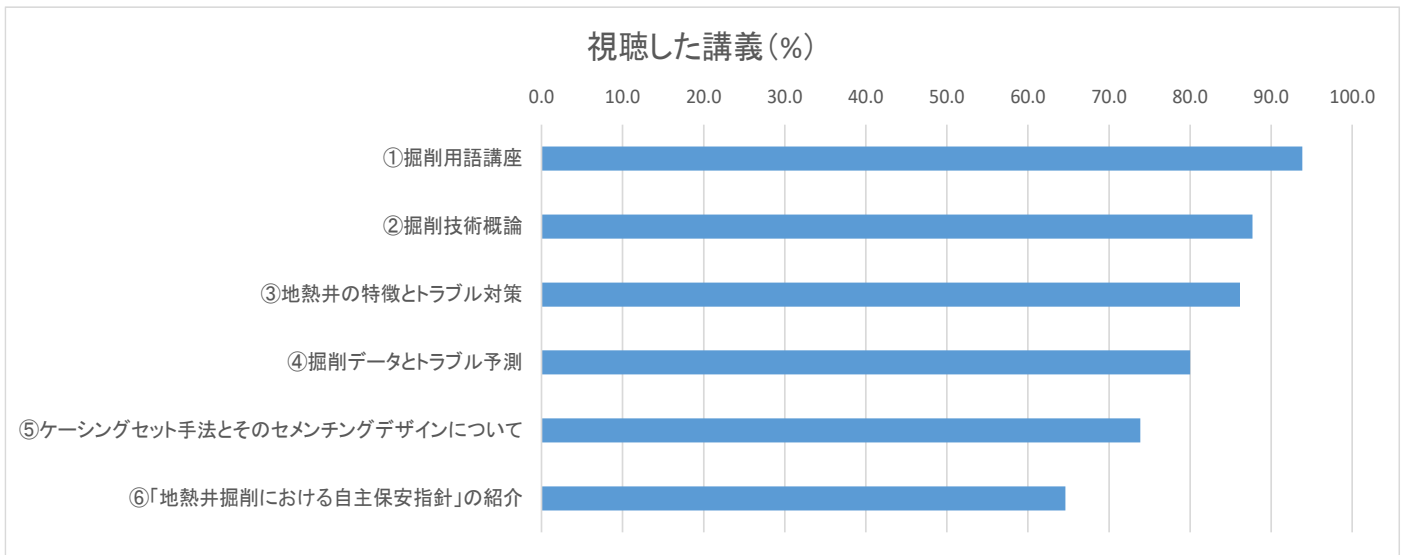


次回以降の参加について (%)



開催方法について (%)





受講者の声

○オンライン開催に関わるもの

アンケートでは「ビデオでの講義配信が良い」86.2%、「会場での実施が良い」7.7%となり、昨年に引き続き多くの受講者がビデオ配信を希望する結果となりました。寄せられたコメントでは「ビデオでの配信では、聞き逃した点や分からない点を確認するため、期間内に繰り返し聞くことができた点が良かった」、「業務の合間に時間を気にせず聴講できる」のコメントが寄せられました。また、会場での実施とビデオ配信の併催を希望する声も複数あり、来年度以降の参考とさせていただきます。

○講座の内容に関わるもの

アンケートでは「非常に参考になった」53.8%、「参考になった」43.1%、「あまり参考にならなかった」3.1%となりました。寄せられたコメントとしては、「現場経験を基にしたもので説得力があった」、「導入編のような内容から専門的な内容があり、幅広い知識を身に付けることができる」と肯定的なコメントも寄せられた一方、「前回とあまり代わり映えが無い様に感じた」、「初心者、中堅クラスごとなどに細かくまとめたほうがいい」、「入門者レベルの講義をお願いしたい」、「地熱井掘削と油井掘削の違いについて特化した講演があってもよいと感じた」などが寄せられました。

なお、「地熱井の特徴とトラブル対策」における水蒸気暴噴に記載がある URL から YouTube 動画を視聴できなかったとの声をいただきました。今回、掲示する PDF ファイルからは YouTube 動画を視聴できることを確認しましたので、PDF ファイルから試行してみてください。

○配信期間について

昨年、「配信期間を延長してほしい」とのコメントが寄せられており、1週間長い期間で公開しましたが、本年度も同様に視聴期間の延長を求める声が複数寄せられました。また、アンケート結果にある受講した講演においても、後方に配置された講座ほど、視聴率が低くなっている傾向が見て取れます。今後、同様の開催をする場合の参考にさせていただきます。

○講義資料について

「資料を共有していただきたい」、「事前に資料を配布していただきたい」とのコメントが寄せられており、今後、同様の開催をする場合の参考にさせていただきます。

講義に関する質問事項 (13件)

いただいた質問に対し、回答を掲示いたします。

ご質問 1： 掘削用語講座

質問内容：

(p7) 四本場について、地上から離れた所にあります。乗っているデリックマンの体調が急変した場合（下痢や急病など）、どのように対処するのでしょうか？

回答：

自力で降下してくることが出来ない場合は、搭乗カゴや専用の担架等をウインチで四本場まで吊り上げ、それにデリックマンを乗せて降ろしてくることになります。

ご質問 2： 掘削用語講座

質問内容：

(p7) 併せて、男女平等が叫ばれる昨今において、掘削仕事における女性進出も当然想定されますが、お手洗いや衛生、清潔などの観点から、女性対応はされているのでしょうか？

回答：

現在は、女性の方も現場に出入りすることも多く（来客やドリリングクルー以外のエンジニア等）、その際は更衣室やトイレは女性専用のものを用意して使用していただいています。

ご質問 3： 地熱井の特徴とトラブル対策

質問内容：

(p21)水蒸気暴噴の事例として、葛根田 K6-2 号井が挙げられていました。このときの 2 度目の暴噴が深度 47m で発生とありますが、暴噴発生箇所はどのようにして知れるのでしょうか？（圧力計が有って、急激な圧力減少が見られるとか、温度計が有って、急激な気化熱温度低下があるとか？）また、注水によって温度抑圧しつつ掘削するとありますが、注水能力を上回る暴噴が発生した場合は、どのように対処するのでしょうか？（開発初期の不確実性の多いフィールドにおいて、要求される暴噴抑制用注水能力の定量的な決定法はあるのでしょうか。それとも経験則でしょうか）

回答：

プレゼンでは説明しておりませんが、葛根田 K6-2 号井では、深度 277.1mまでの区間で少なくとも 3 箇所の逸泥か所があったと記載されています。葛根田の事例では、277.1mで全量逸泥が発生し、坑内の水位低下を引き起こし、163mの逸泥か所（断裂部）から暴噴が発生したと著者の斎藤氏は推測しております。その後、注水量を 107kl/hr から 157kl/hr に増加させることで水位が上昇し、深度 163mの断裂部からの暴噴を抑圧できたと推測しております。（詳しいメカニズムに関しては（斎藤清次、地熱井における逸泥対策の実施例、石油学会誌第 5 7 巻第 5 号、1992）をご参考ください。）地熱では、通常逸泥を伴いながら掘削することが多く、全量逸泥にいたるまで数か所の逸泥層を通過することが高い頻度で

起こります。最深部で全量逸泥が発生した場合、坑内の水位低下を引き起こし、静水圧が低下すると上部の逸泥（断裂部）層から暴噴が発生することがあります。掘削中に暴噴がどの箇所で起こったかは、逸泥層（断裂部）が何層もある場合、掘削中に推定することは難しいです。また、発生する水蒸気圧は断裂部の熱と坑内の静水圧（泥水比重と水位低下の程度）に依存します（飽和水蒸気曲線を参照）。

また注水能力を上回る暴噴がおきた場合、特に次のようなケースでは坑井の抑圧は難しいと考えられます。掘削中の最深部で大逸泥が起こり、坑内水位が低下した場合、水位よりも浅い断裂部から暴噴することがあります。注水しても水位回復が見込めないのが暴噴箇所を冷却・抑圧することは困難になります。

このような状態では BOP を閉めて水を継続して送り続けることで坑内は徐々に冷却されていくため暴噴が収まってくる場合もありますし、給水量を増やす工夫をするか、実際に実施したことはありませんが逸泥防止剤をスクイズして最深部の逸泥を抑え、水位を回復させる事も一つの手法かと思えます。

「開発初期の不確実性の多いフィールドにおいて、要求される暴噴抑制用注水能力の定量的な決定法はあるのでしょうか。それとも経験則でしょうか」のご質問に関しては開発初期の不確実性の多いフィールドでは逸泥層の場所も透水能力も不明なためどの程度の給水能力が必要か定量的に予想することは困難だと思えます。

従いまして、通常はリグの送水能力に合った給水源を確保してその範囲内で水を送るのが現実的な対応だと思えます。

ご質問 4：掘削データとトラブル予測

質問内容：

取得データは 2 種類、機材に由来するものと、地層に由来するものがあるとのことでした。地層由来のものは自然物ですから不確実性が多く、定量的な予測が難しいかと思えます。一方で機材に由来するものは人工物なので規格や物性などが明確です。そこで、掘削サービスを行った際の機材が受ける損傷、経年劣化などを丁寧に解析することで、現場での想定外の破損防止、経済性向上に繋がると考えます。どのように各機材の劣化具合を測定、解析、予測し、機材のマネジメントをされているのでしょうか？

回答：

動力源であるモータについては、モータの温度を計測記録しております。その計測結果やインバータの制御で壊滅的な破損の前に停止することになります。ただし、通常の制御されていない小型のモータは管理されておりませんが、主力モータに取り付けているブローなどは、モータやブローが破損するとその主力モータは停止するようにプログラムされております。

モータのベアリングについては、特に制御されていないため、低速回転では「音」での判断になります。仮に高速で回転するモータであれば、停止することもあるかと思えます。この場合はトルクで感知するかはプログラマーに聞いてみないと不明です。

ドローワークスなどは、ギヤが組み込まれており、そのためオイル循環されております。基本的に油圧ユニット（HPU）でドローワークス本体とブレーキシステム・アイアンラフネックを動かしています。

プログラムでは、油量・油圧・油温を管理しています。そのドローワークスに適した数値（上限値・下限値）で管理しております。逸脱する場合は、油圧ユニット・ドローワークスが停止し、パーキングブレーキがかかります。その後、原因を取り除き稼働させております。

ポンプなどは、具体的にはプログラムで消耗品の管理はしておりませんので、クルーの管理となります。

ご質問 5：掘削データとトラブル予測

質問内容：

(p20)スライドの写真からも、蒸気が檣を覆ってしまい、四本場のデリックマンは危険な持ち場であると分かりました。素早い避難が必要かと思われませんが、緊急時に咄嗟に動く為には日頃からの避難訓練が必要かと思えます。そこで、一般に掘削技師らはどれくらいの頻度で、どのような避難訓練をされているのでしょうか？また、より広範に考えて、資源開発現場（探査、掘削、検層、生産管理、廃坑など）において、避難訓練や危険防止教育は十分になされているのでしょうか？

回答：

数十年前は、噴出量確認をするため直上噴出をおこなっておりました。蒸気量が少ない場合は、サイドトラックを実施していました。その当時の成功した時の写真です。噴出開始してから30分程度でこのような状態になっております。1つの目安として使用した写真です。写真の坑井で5MW程度の能力はあります。貯留層から口元まで温度が上昇するまでは徐々に噴出量が上がります。

掘削作業前には酸素欠乏に関する教育をする必要があります。有資格者から硫化水素・測定機器・防毒マスク・避難方法等の講義を行います。BOPに関しては噴出兆候のない場合で週1回程度試運転を行います。逸泥発生時でかつ高温と考えられる場合は、その都度BOPの点検を行います。場内の硫化水素濃度の測定は、設営中から実施しなさいと言われる労働基準監督署もありますのでそのように対応しています。

掘削現場が狭い場合が多いため、サブストラクチャーのフロアを足場で広げて避難場所を広く確保することもあります。

生産井を廃坑することは滅多にありませんが、調査井を廃坑するときは坑井からの硫化水素濃度を確認したり、ファンを取り付けたりしてから実施しております。埋坑方法は、調査結果によって仕様を決めております。

検層時は暴噴される時が多いと感じております。発注区分が違つたための場合もありますが、最近では暴噴するような坑井は掘削したことはありません。

ご質問6：掘削データとトラブル予測

質問内容：

スライド p21 の暴噴対策について、「圧力均等という考え方ではなく」とありますが、これはどのような考え方、対策方法なのでしょうか？（恐らく、地熱井における冷却抑圧に対応した石油井での考え方なのかと想像します）

回答：

地熱井の貯留層圧力は低く、山間部では水位がGL-600mや800mになる場合があります。石油のように圧力が高く泥水比重で抑えることは滅多にないということです。

稀に300mで仕上げた坑井ですが、温度が260℃あり、通常の泥水では暴噴や溢泥する場合があります、その場合は泥水比重を1.40程にする場合があります。

このような浅い箇所での地熱開発は、地域の温泉審議会で規制しているところもあり、使用できないのが現状です。

また、地層内フラッシュする坑井で透水性の良い場合は、常に流体を注入しております。九州では最低1000L/分の水を注水しております。注水停止して数秒で噴出して来る坑井もあります。坑内冷却という考え方もありますが、基本流体を入れて噴出防止をしているといった感覚です。

坑口装置の交換時の注意は必要ですが、そのような場合は、RTTS パッカーとドリルカラーとストームバルブを取り付け、坑井内に水を満水にし、噴出がないことを確認して坑口装置を取り替えることもあります。暴噴の危険性の高い地域では、ライナー坑を掘削する前に生産用坑口装置を取り付け、バルブに保護フランジを取り付け通常の掘削用坑口装置を取り付ける場合があります。

ご質問7：ケーシングセット手法とそのセメンチングデザインについて

質問内容：

スライド p4 のシミュレーションは、どのような支配方程式に基づくものなのでしょうか？（幾何学的条件としてスタンドオフ、アニユラス空間形状、方程式として粘性流体の保存則、硬化の熱、化学反応とか？）（幾何学的条件をある側面から表現したものが Standoff Profiles 曲線と思われる。当然、セントライザーがある部分の方がスタンドオフ率は高い）

回答：

P.7 に置換効率を上げるため必要性を述べているが、泥水をセメントで置換できるかをシミュレーションにて検証することが非常に重要となります。

まず、Stand off を計算し、その後、Displacement simulation (3D)でセメンチングにて泥水がセメントと置換されるかを検証します。この意味でも Stand off simulation は Displace simulation(3D)の要素の一つということができます。

ここで、Displacement simulation (3D)は、Stand off simulation の結果も用い、有限要素法にて対象区間を細かく区切り、泥水置換を Simulation することになります。使用する Input Data は、スタンドオフ、アニュラス空間形状、流体の粘性、流体速度、Wiper Plug の有無、管動・回転の有無になります。

また、Stand off simulation は坑井形状(坑径・傾斜・方位)、セントライザー性状(セントライザーの形状やスプリングの広がる強さ等)、坑井状況(泥水比重や降下する CSG 性状)を入力し、力学的に Stand off を計算させるものです。

なお、Halliburton 社の Stand Off Simulation は、Soft String(鉄管などを柔らかいロープなどに見立てた簡易化した計算法)での計算や Stiff string(鉄管などを薄い弾性体の棒に見立てての計算法)での計算ができることが特色として挙げられます。しかしながら、Stand off 計算ではまだ Stiff String 計算が API(American Petroleum Institute) に承認されていないため、Halliburton としては、要求があった場合のみ、Stiff string Centralization の計算を行うこととしています。

ご質問 8： ケーシングセット手法とそのセメンチングデザインについて

質問内容：

スライド p32 の、セメンチング中に想定外の事象が発生したとき、さあどうする、という部分について、複数のシナリオを予め会社側が準備しておき、そのフローチャートに従って作業し直す、とのことでした。現場で瞬時に最適な判断を下すことは、極めて困難で、その成否は殆ど運次第といっても過言ではないように感じました。そこで、現に p34 では「何回行っても改善が見られない場合もある」とある) もし失敗したら、どのようにリカバリーするべきでしょうか？

回答：

タイバックを行うライナーセメンチングにおいては、セメントがライナーラップの中でセメントが固まりライナー仕上げになるケースが、失敗ということになります。そのために、数十回のスクイズ作業は失敗ではありません。要は作業時には、目的達成のために作業手順と起こりうる状況を事前にフローチャートで書いておき、時間と状況について、どの時間でどちらの方向に進むかを決めておくだけでライナーラップ内でのセメント硬化を予防できます。

また、状況を把握して作業を行う安心感もあり、作業もスムーズに進みます。メンタルとコストもそうですが、どこで計画変更をすることになるかは、オーナー側の判断で決めておく必要もあるかもしれません。

ご質問 9： 地熱井掘削における自主保安指針

質問内容：

動画 3:40 (3分40秒目あたり)において、作業技師の高齢化、外国人技師の増加、とありますが、その要因は何でしょうか？また、それを解決する為に、どのような事が求められるのでしょうか？

回答：

原因はいくつかあると思いますが、掘削作業員の不足に最も影響を与えている原因は、1999年から約20年間に渡り新規の大型発電所が建設されなかったことによると考えています。掘削技術者は机上教育だけではなくフィールドで育成され、その育成には長い時間を要します。地熱資源開発が活性化している現状では、20年前に活躍された掘削技術者や掘削経験のある外国人技術者のお力添えをいただかざるを得ません。JOGMECではその解決の一助になるように、数年前から掘削監督者と掘削技術者を養成する講座を開設しています。

ご質問 10： 地熱井掘削における自主保安指針

質問内容：

動画 7:03 の用語の定義、保安について、作業場における人身災害の防止とありますが、人身災害とは具体的にどんなことでしょうか？例えば、墜落転落、機械への巻き込まれ、過労死や過労による傷病などでしょうか。或いは、従業員同士での紛争による傷病、ハラスメント被害のことでしょうか？

回答：

自主保安指針及び自主保安指針解説における「保安」の定義は、自主保安指針第1章総則第1節通則2。(用語の定

義) (1)に記載のとおり、「作業場における」と定義しています。

「保安」とは安全衛生と同義で、地熱井の掘削及び蒸気、熱水その他の調査を行うに当たって、作業場における人身災害の防止、掘削機器及び設備の保全並びに環境の保全を図ることをいう。

ご質問 11： 地熱井掘削における自主保安指針

質問内容：

動画 14:50 に電気主任や電工の資格が書かれていますが、屋外実験用の発電機周りの配線、運転に関しては、無資格者が行っても構わないのでしょうか？また、動画 21:27 では電気主任技術者の設置が義務付けられていますが、これは常駐が義務付けられているのでしょうか？

回答：

自主保安指針第 1 章総則第 2 節安全衛生管理体制 1.7 免許、資格、講習等を必要とする工事及び作業(14)電気工事、自主保安指針解説第 1 章総則第 2 節安全衛生管理体制（安衛法）1.7 免許、資格、講習等を必要とする工事及び作業(14)電気工事をご参照ください。

ご質問 12： 地熱井掘削における自主保安指針

質問内容：

動画 26:20 の労災報告について、労災認定されるには証拠集めがとても重要であると考えますが、どうしても証拠が集まらなかったときは、どうなるのでしょうか？

回答：

自主保安指針及び自主保安指針解説は、その目的として労災認定の基準について定める範囲とするものではありません。自主保安指針第 1 章総則第 1 節通則 1. (目的) この「地熱井掘削における自主保安指針」(以下指針という。)は、地熱資源を調査、開発する事業者が地熱井の掘削及びこれに関連する工事を行うに当たり、保安の確保を図ることを目的とする。

その他のご質問 13：「リーミングとバックリーミング」「プラグ式セメンチング」「インナーstring式セメンチング」「等価泥水比重」の用語に関し、質問が寄せられたため、07 資料(PDF)「掘削用語講座(番外編)」として掲載いたします。