

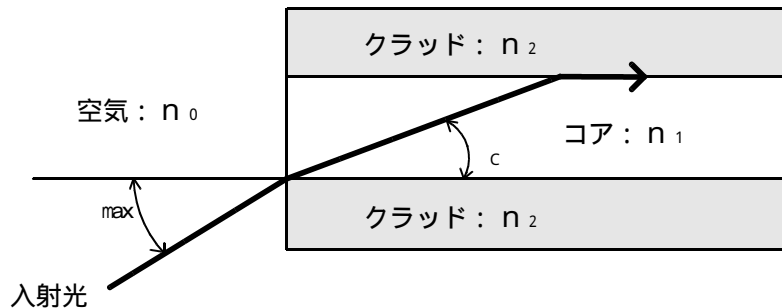
試験種別	試験科目	専門分野
線路主任技術者	専門的能力	通信線路

問1 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、光ファイバ内での光の伝搬について述べたものである。□内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。(2点×4=8点)

光ファイバへの光の入射を示す下図において、空気の屈折率を $n_0$ (ただし、 $n_0 = 1$ とする。) コアの屈折率を $n_1$ 、クラッドの屈折率を $n_2$ 、光が光ファイバ内を全反射して伝搬する最大入射角を $\theta_{max}$ とすると、スネルの法則により、空気とコアの関係から $\sin \theta_{max} = \square$ (ア)、さらにコアとクラッドの関係から $\frac{n_2}{n_1} = \square$ (イ)が成立する。 $\sin \theta_{max}$ で表される光ファイバの開口数(NA)は、通常 $n_1 \sin \theta_{max}$ であることから、NA  $\square$ (ウ)と表される。したがって、 $n_1 = 1.47$ で比屈折率差0.32[%]の場合、光ファイバのNAは約  $\square$ (エ)となる。



<(ア)~(エ)の解答群>

$\cos \theta_{max}$	$\cos \theta_c$	$n_1 \sin \theta_c$	$n_1 \cos \theta_c$
$n_2 \cos \theta_c$	$\sin \theta_c$	1.2	0.21
0.12	$n_1^2 - n_2^2$		
$n_1 \sqrt{\frac{2(n_2 - n_1)}{n_2}}$		$n_1 \sqrt{\frac{2(n_1 - n_2)}{n_1}}$	

- (2) 次の文章は、通信ケーブルに使用されている光ファイバのパラメータや特性等について述べたものである。□内の(オ)~(ク)に適したものを、次ページのそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

( ) 光ファイバの遮断(カットオフ)波長について述べた次のA~Cの文章は、□(オ)。

- A 光ファイバ内の光の伝搬モードは、波長によってシングルモードにもなったり、マルチモードにもなる。遮断波長は、シングルモード伝搬となる最小波長のことであり、シングルモード光ファイバの特性を表す主要パラメータの一つである。
- B シングルモード光ファイバの遮断波長  $\lambda_c$  は、コアの半径を  $a$ 、コアの屈折率を  $n_1$ 、クラッドの屈折率を  $n_2$  とすると、 $\lambda_c = \frac{2a}{2.405} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$  で表すことができる。
- C 一般に、高次の伝搬モードでは、遮断波長の近傍で光ファイバの曲がりにより生ずる放射損失が急激に大きくなる。このことから、ファイバを曲げることによってその損失波長特性を測定し、損失が急激に大きくなる波長を知ることにより遮断波長を測定することができる。

<(オ)の解答群>

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 光ファイバの分散について述べた次の文章のうち、誤っているものは、(カ) である。

<(カ)の解答群>

光ファイバの材料に起因する分散が材料分散、コアとクラッドの屈折率差が小さいことが原因で境界面において光の一部がクラッドにしみ出すことにより生ずる分散が構造分散であり、これらは波長に依存する特性を持つことから、併せて波長分散といわれる。

1.55 μm 零分散シフトファイバは、構造分散よりも変更の容易な材料分散の値を変えることにより、零分散波長を1.3 μm帯から1.55 μm帯へ移した光ファイバである。

光ファイバ内を伝搬する伝搬モードの違いにより生ずる伝搬速度の違いは、モード分散といわれ、シングルモード光ファイバではその影響を考慮する必要はない。

偏波モード分散は、光ファイバの直交した二つの偏光軸に沿って光が伝搬する際の群遅延時間差によって光パルス幅が広がる現象である。

( ) マルチモード光ファイバの特徴について述べた次のA～Cの文章は、(キ) 。

- A ステップインデックス形光ファイバ内の伝搬モードは、0次モード、1次モード、2次モード、・・・といわれ、伝搬モード数Nは、 $N = \frac{2a \sin c}{\lambda}$  を満たす整数であり、無限に存在する。ただし、 $\lambda$  は光の波長、 $a$  はコアの半径、 $c$  は臨界角を表す。
- B グレーデッドインデックス形光ファイバのコアの屈折率分布は放物線状になっており、高次モードの光は、屈折率の大きい中心部を伝搬し、低次モードの光は、屈折率の小さい周辺部を伝搬することにより、各モードの到達時間をほぼ等しくしている。
- C マルチモード光ファイバの構造は、コア径、クラッド外径、開口数及びモードフィールド径により決定され、モード分散の影響によりベースバンド周波数特性が制限される。

<(キ)の解答群>

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 光ファイバの製造について述べた次の A ~ C の文章は、。

- A 石英系光ファイバのコアとクラッドの間に所定の屈折率差を持たせるため、コアにゲルマニウムを添加してコアの屈折率を大きくする方法、クラッドにフッ素を添加してクラッドの屈折率を小さくする方法などがある。
- B 大型プリフォームの製造に適した VAD 法では、最初に多孔質プリフォームを作製し、これを透明ガラス化する工程で塩素系ガスで加熱処理することにより、吸収損失の要因となる遷移金属イオンを十分に除去することが可能である。
- C プリフォームを加熱溶融して線引きする工程では、一般的に、線引きされた光ファイバに紫外線を照射して、塗布されている樹脂を即座に固化させ、光ファイバ表面を被覆する方法が採られている。

〈(ク)の解答群〉

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

問2 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、アナログ伝送系におけるひずみについて述べたものである。内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

伝送系の入力側に加えられた信号波形と出力側に現れる信号波形が異なる現象は、ひずみといわれ、減衰ひずみ、位相ひずみ及びひずみの3種類がある。

減衰ひずみは、周波数帯域を有する信号の減衰の大きさが、周波数によって異なるために生ずるひずみで、音声回線では一部の周波数において減衰が大きいと漏話の影響を受けやすく、また、減衰が小さいと、その周波数帯のみ特に大きく増幅されて鳴音を起こしやすくなる。

位相ひずみは、伝送系の位相量が周波数に対して比例関係にないため、すなわちが周波数によって異なるために生ずるひずみであり、ひずみともいわれる。

ひずみは、増幅器や変調器が性を伴うため、それらを含む能動回路の出力に生ずるひずみである。

一般に、ひずみは伝送路と逆特性を持ったによって、ある程度補正することができる。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

- |     |     |       |           |
|-----|-----|-------|-----------|
| 等化器 | 線形  | 群伝搬時間 | 雑音        |
| 遅延  | 定常波 | 圧縮    | 非直線       |
| 熱   | 結合波 | 振幅    | エコーキャンセラー |

(2) 次の文章は、伝送技術について述べたものである。  内の(オ)~(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。 (3点×4=12点)

( ) 伝送量の単位などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、  (オ) である。

<(オ)の解答群>

伝送路の減衰特性は、入力信号パワー  $P_n$  と出力信号パワー  $P_{n+1}$  の比により定められる。この比を  $\frac{P_{n+1}}{P_n} = e^{-2\alpha n}$  の指数形式で表すと、多数の通信装置とケーブルがシリーズに接続された伝送路の総合減衰特性は、

$$\frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{P_3}{P_2} \cdot \frac{P_4}{P_3} \cdots \frac{P_{n+1}}{P_n} = e^{-2(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \cdots + \alpha_n)}$$

で求められ、指数部のみの足し算ですみ、実用上便利である。

伝達量は、一般には複素数であり実数部を減衰量あるいは伝送損失、虚数部を位相角という。減衰量の単位にはネーパ (Np)、位相角の単位にはラジアン (rad) 又は度 (°) が用いられる。特に減衰量は  $\frac{P_2}{P_1} = 10^{-(1/20)}$  として単位にデシベル (dB) が用いられている。

通信電力の絶対値を、1 (mW) を基準として伝送単位によって表すとき、(dBm) を用いる。ここで 1 (mW) = 0 (dBm)、1 (W) = 30 (dBm) である。

伝送系の注目する点と伝送系の基準点とにおける信号の電力比を伝送単位で表した値を、その点の相対レベルといい、(dB<sub>r</sub>) で表す。伝送系の注目する点における信号電力を相対レベル 0 の点に 1 (mW) の信号を加えたものを基準として表す際の単位として (dBm<sub>0</sub>) を用いる。

( ) 伝送系における雑音について述べた次の A ~ C の文章は、  (カ) 。

- A 伝送系では、信号伝送を妨害する種々の不要な信号が混入してくるが、これらは総称して回線雑音といわれる。回線雑音には、伝送系内部で発生するものと、外部からの影響により発生するものに分けられる。前者は、更に伝送系において信号を伝送していない場合でも既に存在している基本雑音と、信号の伝送を行ったときに発生する漏話雑音などに分けることができる。
- B 基本雑音は、主としてアクティブ素子から発生する熱雑音で、導体中の自由電子の熱的じょう乱運動によるものである。これを避けることは原理的に不可能である。そのスペクトラムが全周波数に対して一様に分布していることから、白色雑音ともいわれる。
- C 多重通話路において回路中の増幅器などの部分では、信号の高調波のほかに和及び差周波数の種々の組合せからなる相互変調積による結合波が発生し、各部分で発生したこれらのひずみは、逐次累積されて非了解性の漏話となる。これは準漏話雑音といわれる。

<(カ)の解答群>

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 漏話雑音について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A ある回線の信号がほかの回線に漏れる現象は、漏話といわれる。アナログ伝送の場合には、了解性漏話と非了解性漏話とに分け、それぞれ通信の秘密保持、通信品質の観点から基準が定められている。漏話は伝送路で発生するものと、伝送装置で発生するものがある。
- B 伝送路で発生する漏話は、2対以上のケーブルなどにおいて、一つの対から他の対に電磁的、導電的な結合によって電気的エネルギーが伝達されるものや、同軸ケーブル等の不平衡性に基づく静電結合によるものなどがある。
- C 平衡対ケーブルでは、心線のピッチを変えて<sup>よ</sup>撚ることにより、誘導信号を打ち消すようにして漏話の発生を抑制することができる。

〈(キ)の解答群〉

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 鳴音と反響について述べた次の文章は、(ク) が正しい。

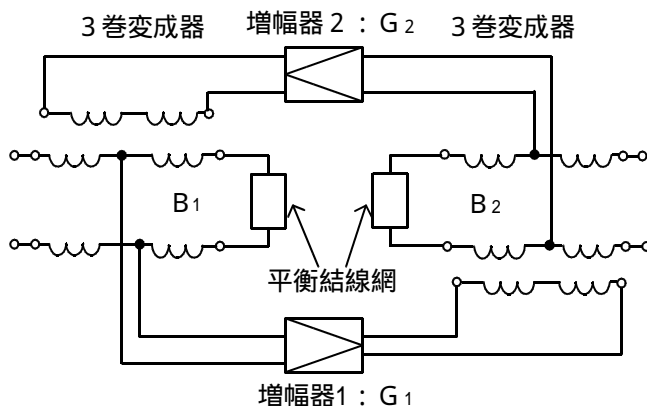
〈(ク)の解答群〉

図に示す2線式中継回路の3巻変成器において漏れがあると、その漏れが閉ループを形成する。反響損 $B_1$ 、 $B_2$ 、増幅器の利得 $G_1$ 、 $G_2$ の間に $G_1 + G_2 < B_1 + B_2$ の関係があると、この閉ループは発振を起こす。この現象は鳴音といわれ、 $= (B_1 + B_2) - (G_1 + G_2)$ は鳴音安定度といわれる。

鳴音状態に至らなくとも、鳴音状態に近くなると回線に減衰ひずみや位相ひずみを生じ、空洞中で話すように感じられる。通信にこのような故障が起こる状態は準鳴音といわれる。

図のような2線式中継回路を使った増幅を行うと、正規の主信号のほかに、変成器の漏れと増幅器からなるループを何回か回って、両方向に伝送される信号が発生する。これは反響といわれ、受話者に向けて送った信号が送話側に戻ってくるものは受話者反響、送話した主信号より遅れて受話者に到達するものは送話者反響といわれる。

反響をなくすためには、回線を4線式として3巻変成器の数をできるだけ多くすることが望ましい。また、反響が大きい場合には、通話レベルの大きいときに反響ループの利得を減少させるか、漏れ損を増すようにする。これは反響阻止装置(エコーサプレッサー)といわれる。



- (1) 次の文章は、光ファイバの接続の概要について述べたものである。□内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。(2点×4=8点)

光ファイバの接続方法には、恒久的に接続する永久接続と、必要時に着脱可能な光コネクタによる接続とがある。永久接続は、いったん接続したら再び分離する必要がない箇所に使用され、融着接続とメカニカルスプライスによる方法とがある。また、光コネクタには、細くてフレキシブルな光ファイバを固定するため、□(ア)という部品が使われており、精密加工されたものやプラスチック加工された単心用、多心用のものがあり、その中で光ファイバを接着剤で固定している。

融着接続は、光コネクタ接続と比較して□(イ)できる特徴があり、光コネクタ接続は、融着接続と比較して接続が簡便な特徴がある。

また、銅線ケーブルの接続時には、単に心線が接触していれば電流が流れるが、光ファイバの接続は、光の導波路の結合であるため、コアとコア、クラッドとクラッドが正しく結合していないと、光は漏れたり反射したりして光信号の損失原因となる。さらに、光ファイバは、□(ウ)種類の光ファイバ同士でないと信号伝達が正常に実行できず、例えばマルチモード光ファイバとシングルモード光ファイバを機械的に接続しても□(エ)への光は100[%]伝達可能であるが、その逆の場合には、数[%]程度の光パワーしか伝達できない。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

クラッドからコア	伝搬モードが異なる
マルチモード光ファイバからシングルモード光ファイバ	
シングルモード光ファイバからマルチモード光ファイバ	
分散値を最小化	分散特性が異なる
接続損失と分散値を最適化	接続損失を小さく
フェルール	分散値を最大化
プラグ	伝搬モードが同じ
アダプタ	スリーブ
	分散特性が同じ

(2) 次の文章は、光ファイバの接続について述べたものである。  内の(オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。 (3点×4=12点)

( ) 光ファイバの接続損失の要因について述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (オ) である。

〈(オ)の解答群〉

国内で最もよく使用されている光コネクタの一つとしてSCコネクタがある。このコネクタはFCコネクタから発展したものであり、マルチモード光ファイバとシングルモード光ファイバのいずれにも使用できる無調心タイプのコネクタである。

融着接続しようとする同種類の光ファイバの端面が平滑に切断されていたとしても、接続箇所で両方の光ファイバが一直線にならず角度を持っている場合には、損失を生ずる。マルチモード光ファイバに比べて開口数が大きいシングルモード光ファイバの場合は、軸の曲がり角が同じでも、この損失値は大きくなる。

光コネクタによる光ファイバ接続の場合は、接続しようとする両方の光ファイバの間に間げきがあると、この間げきによる損失が生ずる。そこで高性能光コネクタでは、フェルール及び光ファイバの端面に丸みをつけて必ず物理的に接触するように工夫されている。

融着接続しようとする同種類の光ファイバの端面が平滑に切断されていても、コアとコアが一致せず軸ずれがある場合、光パワーの通路が合っていないのでその箇所です損失となる。コア径の小さいシングルモード光ファイバの場合は、特に軸合わせを精密に行う必要がある。

( ) 光ファイバの融着接続について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 光ファイバを構成する石英ガラスは、800～1,000〔 〕に加熱すると軟化して水あめ状になるので、接続したい2本の光ファイバの両端を向かい合わせに設置し加熱して熔融状態になったところで両端を接続し、加熱を止めて冷却すれば2本の光ファイバは融着される。
- B シングルモード光ファイバはコア径が10 μm以下と小さいため、融着接続時のコアの軸ずれを最小限にする必要がある。この軸ずれを調整するためにコア直視法による調心法がある。この方法は、光ファイバの接続端末部に側面から平行光線を投射し、透過してきた光をTVカメラでキャッチし、シングルモード光ファイバのコアとクラッドの境界線を画像処理して両方のファイバのコア軸の軸ずれを最小化する方法である。
- C 光ファイバが2心～8心程度のリボンファイバの融着接続の場合については、接続時間を短くするために、同時に一括接続する多心一括融着接続機が用いられる。この融着接続機では、放電の電極棒間の電界がほぼ一樣になる位置に多心ファイバの先端を並べて、同時に融着接続される。

〈(カ)の解答群〉

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 光ファイバのコネクタ接続の特徴について述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 光ファイバケーブルを用いた建物内の配線や、着脱可能な分界点を必要とする光ファイバコードの接続には、着脱自在な光コネクタが用いられる。光コネクタをあらかじめ光ファイバケーブルに装着しておけば、短時間に接続が可能となる。
- B 単心用の光コネクタは、フェルールを内蔵したプラグとスリーブを内蔵したアダプタから構成されている。一つのアダプタに両側からプラグが差し込まれ接続が完成する。コネクタ接続時の損失の原因は、軸ずれ、軸の傾斜、間げきなどがあるが、軸ずれの寸法と間げきの寸法が同じ場合、間げきの方が軸ずれよりも接続損失が大きい。
- C 単心用光コネクタの代表として S C コネクタがある。S C コネクタは最も普及しているコネクタの一つであり、ハウジングはプラスチック製で、着脱が簡単なプッシュオン形となっている。フェールの端面の研磨は P C 研磨が多く用いられているが、このほかに反射を低減したアドバンスド P C 研磨、斜め P C 研磨が実用化されている。

〈(キ)の解答群〉

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 光ファイバの融着接続時の留意事項について述べた次の文章は、(ク) が正しい。

〈(ク)の解答群〉

シングルモード光ファイバを融着接続する場合、放電時間が長くなるとコア部の表面張力によって光ファイバ外径が一致してコア部にずれが生ずるため、接続損失が増大する。これを防止するために、ファイバの溶融領域をファイバ端面の狭い部分に集中し、外径整形時間を短くしてコア部の表面張力による外径一致を防ぐことが必要である。

コア偏心が比較的大きい初期のシングルモード光ファイバを、コア軸を調心して単心ごとに融着接続する場合、接続時の放電回数を必ず 2 回以上実施し、長時間放電と同様な効果を得ながら作業をすることが必要である。

融着接続には「予加熱融着法」が一般に使用されている。この方法の特徴は予加熱時に光ファイバ端面を整形し、放電によって溶融するのは光ファイバ端面からごくわずかな部分に限定され、光ファイバそのものの構造には変化がないことにある。

融着接続の場合、光ファイバ端面における傾斜、欠け及び突起などの有無は接続損失に関係しないが、ファイバ軸に直角でかつ平滑な端面で切断するためには、応力破断法の原理に基づく光ファイバ切断器が一般に用いられている。



- (1) 次の文章は、光アクセス網の幹線系光ファイバケーブルの構造について述べたものである。  
 [ ] 内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、  
 [ ] 内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

幹線系光ファイバケーブルは、主に [ (ア) ] に收容されるため、限られた [ (ア) ] 空間内にいかに効率よくケーブルを布設・收容するかが重要であり、光ファイバケーブルの高密度化・細径化に合わせて効率的に布設・接続する技術が必要となる。

幹線系光ファイバケーブルには、一般的に、光ファイバリボンが使用される。これは、直径 [ (イ) ] に被覆された単心の光ファイバ心線をリボン状に横に一列に並べ、さらに一括して被覆したものであり、4心と8心の光ファイバリボンが一般に用いられている。

光ファイバをケーブルとして收容する構造には、大別すると三つのタイプがある。その構造はスロットロッド形、 [ (ウ) ] 及びチューブ形である。スロットロッド形は、ほかの二つのタイプと比較してケーブルの細径化に有利な構造であり、幹線系や配線系ケーブルでは主としてこの構造が採用されている。 [ (ウ) ] は、ケーブル構造が簡易であり、メタリックケーブルと同様の製造が可能である。チューブ形は、ケーブルの中心部に光ファイバリボンを收容した構造で高密度性に優れており、ほかの二つのタイプの構造と比較して外被強度が大きい。

また、幹線系光ファイバケーブルの水走り防止手段としては、従来はケーブル内部に外部よりも高い圧力の乾燥空気を送り込む方法と、ケーブル内部に粘性の高いジェリーを充てんする方法とが用いられていたが、前者はケーブルの高密度化や長スパン化、後者は光ファイバ心線の接続作業の効率化の妨げとなっていたことから、最近では光ファイバ心線を收容するスロットロッド周囲に [ (エ) ] と呼ばれる材料を巻き付ける方法が採用されている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉		
ハンドホール	0.9 [mm]	単心線形
リボンテープ形	ビル内配管	ポリエステルテープ
0.25 [mm]	単心ユニット形	ストランド形
0.3 [mm]	1.5 [mm]	地下管路
抑え巻きテープ	防水テープ	熱収縮スリーブ
0.125 [mm]		

- (2) 次の文章は、幹線系及び配線系光ファイバケーブルの布設、接続技術等について述べたものである。  
 [ ] 内の(オ)~(ク)に適したものを、次ページのそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

( ) 光ファイバケーブルの長尺布設が可能な理由について述べた次のA~Cの文章は、 [ (オ) ] 。

A 光ファイバ心線の直径は、従来の同軸ケーブル(9.5mm同軸ケーブルなど)の外部導体直径と比較して細いため、ケーブル化した際、テンションメンバ等を含めても同軸ケーブルより細径とすることができる。そのため、ケーブルドラムが同軸ケーブルの場合と同じ大きさとする、光ファイバケーブルの方が長く巻くことができ、長尺布設が可能となる。

- B 光ファイバの主原料であるガラスの比重は、銅の約  $\frac{1}{4}$  であるため、光ファイバ心線を集合しケーブル化した状態でもかなりの軽量化ができる。一方、ケーブル布設可能長はケーブル重量に影響されるため、仮に同直径のケーブルを比較した場合、許容けん引張力が同じと想定すると、光ファイバケーブルの方がメタリックケーブルに比較して布設距離を長くできる。
- C 一般的に、光ファイバケーブルは、メタリックケーブルと比較して可とう性に優れているため、長尺布設が可能となる。

〈(オ)の解答群〉

Aのみ正しい	Bのみ正しい	Cのみ正しい
A、Bが正しい	A、Cが正しい	B、Cが正しい
A、B、Cいずれも正しい	A、B、Cいずれも正しくない	

- ( ) 幹線系光ファイバケーブルの外被接続技術や心線接続技術について述べた次の文章のうち、誤っているものは **(カ)** である。

〈(カ)の解答群〉

光ファイバケーブル外被接続は、光ファイバケーブルの心線接続部を過酷な自然環境において長期的に保護するために必要となるものであり、光ファイバケーブルの設置場所によって、地下用光クロージャと架空用光クロージャに大別され、幹線系では地下用光クロージャが主に用いられる。この地下用光クロージャは、一般的に、分岐数及び光ファイバ心線の収納数により形状・大きさが区別されており、それぞれ使用する場所の状況に応じて適用されている。

地下用光クロージャは、地下のマンホール及びとう道内における光ファイバケーブルの接続箇所に適用するため、限られたスペース内での高密度な光ファイバ心線収納性や防水性が要求される。このため、ケーブル挿入部やシール機構、スリーブ部、バックル等が最適化された構造となっている。

地下用光クロージャにおける光ファイバ心線収納性については、融着接続やメカニカルスプライスによる光ファイバ心線接続部と心線余長を最小限必要な曲率半径を保った状態で収納できるとともに、心線増設や切替えなどの作業時において、心線の識別が容易にできるハンドリング性に優れた収納構造となっており1,000心程度の光ファイバケーブルでも収納できる。

地下用光クロージャにおける防水性については、ゴム性のシール材を用いたシール機構により確保されており、ケーブル挿入部は、シール材をケーブル外被の上から外径に合わせて数回巻き付け、エントリプレートで挟み込み、固定する。スリーブ相互間については、バックル等を用いて締め付けることで密着させて防水性を確保している。

( ) 配線系光ファイバケーブルの構造について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 配線系光ファイバケーブルは、幹線系光ファイバケーブルと同様、接続作業の効率化、ケーブルの細径化の観点から、一般に、光ファイバリボンが採用されている。また、外被は、ポリエチレンと押え巻きテープによって構成されている。
- B 電柱に架設される配線系光ファイバケーブルから、ユーザ宅やユーザビルに必要な光ファイバ心線を引き込む場合、既に架設しているケーブルの途中から光ファイバテープ心線を取り出し分岐接続することが必要となる。このため現在は、スロットロッド構造を用いた配線系光ファイバケーブルの場合は、余長の取りやすいS Z<sup>よ</sup>燃りスロットロッド構造が主に採用されている。
- C 配線系光ファイバケーブルは、支持線部とケーブル部が一体の自己支持形構造のケーブルが主流となっているが、一般に、ケーブルの受ける風圧荷重を考慮して、ケーブル支持線とケーブルの接合部には、窓のない構造のものが用いられている。

〈(キ)の解答群〉

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 配線系光ファイバケーブルの外被接続技術について述べた次の文章は、(ク)が正しい。

〈(ク)の解答群〉

架空用光クロージャは、①電柱に架設される架空光ファイバケーブル相互の接続箇所(接続点)、②地下から電柱に立ち上げる引上げ光ファイバケーブルと架空光ファイバケーブルとの接続箇所(配線点)、③ユーザ宅に引き込むドロップ光ファイバケーブルと架空光ファイバケーブルとの接続箇所(アクセス点)、④ドロップ光ファイバケーブル相互の接続箇所(分配点)に適用される。

架空用光クロージャは、①2枚の鬼目板を用いた締付け方式による簡易ケーブル把持技術、②トレイ収納方式により心線余長部をフリーとし、接続部のみを収納する高密度収納技術、③シーリングテープを用いてクロージャ内への水の浸入を防ぐシーリングテープ防水技術により、施工性の向上が図られた構造となっている。

配線点用光クロージャは、配線点において、地下からの引上げ光ファイバケーブルと架空光ファイバケーブルの接続用のためだけに適用される光クロージャであり、架空配線方面別の切替えについては、地下用クロージャ内で切替えを行なうため、最大40心の心線収納だけが行なえる少心タイプのものだけとなっている。

接続点用光クロージャは、架空光ファイバケーブルの最大200心が接続可能で、引き通しケーブルだけを収容できるが、分岐ケーブルについては収容できない構造となっている。このため分岐を行う必要がある場合は、電柱の上部側(設備センタ側)に分岐用光クロージャを取り付け、電柱の下部側(設備センタ側とは逆のケーブルエンド側)に分岐ケーブルとの接続点用クロージャを取り付ける必要がある。

(1) 次の文章は、屋外線路設備の腐食発生原因とその一般的な対策について述べたものである。

□内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。

(2点×4=8点)

屋外線路設備は、様々な厳しい環境下におかれており、特に金属材料を使用している設備では、腐食対策が設備の長期信頼性の確保において重要な課題となる。

一般に、地下鉛被ケーブル、地下構造物における埋設金属体では、土壌又は地下水に接した状態におかれると腐食を受けるのが通常である。この場合、主な腐食の原因として、直流電気鉄道などからの□(ア)により生ずる電食と、それ以外で、埋設金属体の表面に形成される局部電池作用による腐食や周囲の土壌のイオンと、金属の化学反応などで生ずる□(イ)とに分類できる。一般に、これらは総称して電気化学腐食といわれる。この電気化学腐食の基本的な対策としては、腐食発生原因の除去、埋設金属体への電流の打ち消し、電流の遮断などがある。

架空構造物では、大気中の酸素が水と反応して腐食を発生させ、特に海塩粒子や腐食性ガスなどが存在する場合、その反応は著しく促進される。そのため、使用環境に適した高耐食性材料の選定や塗装などによる防食対策が有効であり、代表的な高耐食性材料としては、ステンレス鋼やアルミニウムのように不動態といわれる、極めて緻密な被覆を表面に形成した腐食しにくい金属や、溶融亜鉛メッキ、□(ウ)メッキなどの耐食性のメッキを施した高耐食性材料が、広く使われている。

腐食環境からの遮断対策としては、膜厚が0.05～0.2〔mm〕程度の一般的な塗装や、膜厚を1～2〔mm〕程度としてより耐食性を向上させた□(エ)などがあるが、塗装は紫外線によって劣化するため、定期的な塗装替えによるメンテナンスが必要である。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

非電解質腐食	イオン化傾向	有機ライニング
迷走電流	サージ電圧	自然腐食
選択腐食	Zn-Cu合金	Zn-Al合金
すず	静電誘導	UV樹脂

(2) 次の文章は、地下埋設物及び架空構造物の腐食について述べたものである。  内の (オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。

(3点×4 = 12点)

( ) 地下埋設物の腐食について述べた次の文章のうち、誤っているものは、  (オ) である。

〈(オ)の解答群〉

地下管路に布設されている鉛被ケーブルでは、管路内の溜水中に鉛被に対する腐食性が高いイオン(硝酸イオン、塩素イオン等)が含まれている場合、管路とケーブルの間げきに腐食性イオンが凝縮されるため、これにより導電率が高くなり、マイクロ電池作用による、すきま腐食が発生する確率が高い。

防食鋼管は、配管用炭素鋼管の内外面に合成樹脂塗料を焼き付け塗装したものであり、金属管の中でも腐食に強く、主として電柱などへの引き上げ管路や橋梁添架区間に適用されている。しかし、現在は、腐食しない軽量で取り扱いが容易な硬質ビニル管が新設管路に広く使われている。

マンホール内の付属金物などは、溜水中に生息する硫酸塩還元バクテリアや硫黄バクテリアなどが生成する硫化水素などの化学物質によっても腐食する場合がある。この場合は、一般の防食対策では全く効果が得られないため、現在のところマンホール内の洗浄が唯一、有効な手段となっている。

一般に、ケーブルにおける電食は、金属外被を持つ鉛被地下ケーブルに発生する問題であり、プラスチック外被のケーブル自体には発生しない。しかし、クロージャの付属金物などは金属であるため、条件によっては腐食が発生することから腐食対策が必要である。

( ) 架空構造物の腐食について述べた次のA～Cの文章は、  (カ) 。

A 垂鉛メッキを施した吊線などの鋼より線では、塩害や工場のばい煙による特殊環境を除けば、一般に、風雨に直接さらされている露出部分が最も腐食しやすく、外部より遮断されている接続端子函内やケーブルカバー内などでは、腐食は発生しない。

B 塩害のおそれのある地域及び土壌による化学腐食のおそれがある地域には、基本的にコンクリートポールを適用するが、条件によってコンクリートポールが適用できない場合は、UC (Un Corrosive) 鋼管継柱又はAE (Anti-Electric Corrosive) 鋼管継柱を適用する。なお、AE 鋼管継柱とは、アルミメッキを施した上管に耐候性鋼管の下管を<sup>かんごう</sup>嵌合させた鋼管柱のことである。

C 非防食タイプの下部支線などが、異なった土壌層にまたがって埋設されている場合は、土壌の通気性が異なることによって、同一の金属の間でもマイクロ電池が形成され、これにより通気性のよい土質中に埋設された部分で激しく腐食する場合がある。これは一般に、濃淡電池作用といわれる。

〈(カ)の解答群〉

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 電食対策とその調査方法について述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 直流電気鉄道が起因する一般的な電食防止対策として、鉄道のレール等へ埋設管などの金属体を電氣的に接続して、埋設金属体を流れる電流を直接大地に流出させず、一括してレール又は変電所に帰還させる方法がある。これは流電陽極方式といわれ、最も広く用いられる電食対策の一つである。
- B 埋設金属体に電気防食を実施した場合、防食電流の一部が近接した無防食の埋設金属体に流入し、干渉による電食を生じさせる危険があり注意が必要である。この干渉の調査に当たっては、できるだけ正確に状況を把握するため、測定地点は3箇所以上選定し、同時測定を行うことが望ましい。
- C 電食に対しては、電気鉄道軌条の両側概ね2 [km] 以内及び2 ~ 4 [km] 以内を電食調査対象とするのが一般であり、調査の結果、電食の危険があると考えられる区域と判断された場合、必要な電食防止対策を講ずる。

〈(キ)の解答群〉

Aのみ正しい	Bのみ正しい	Cのみ正しい
A、Bが正しい	A、Cが正しい	B、Cが正しい
A、B、Cいずれも正しい	A、B、Cいずれも正しくない	

( ) 腐食に起因した設備劣化について述べた次の文章のうち誤っているものは、(ク) である。

〈(ク)の解答群〉

塩害地域に設置されている所外設置通信装置(R Tなど)では、装置の扉開閉などによって海塩粒子が内部に侵入し、腐食が発生することがある。例えば、プリント基板の部品端子のハンダ付け部や配線パターン部分で腐食が発生している。

とう道やマンホールのコンクリート壁は、コンクリートのかぶり厚さが極端に浅いと、比較的短期間に内部の鉄筋が錆びて膨張し、コンクリートを押し上げて局部的に壁のはく離が生ずる場合がある。これは施工不良によるものが大半であり、補修方法は、鉄筋の錆<sup>さび</sup>を取り除いた後、プライマの塗布、埋戻し、化粧仕上げ等を行う。

鋼管柱では、張り紙防止シートや番号札の裏側にすきま腐食を起こすことがあり、この場合の補修方法としては、腐食成分を含まないポリウレタン系塗料及びニトリルゴム系接着剤などを使用することが望ましい。

遅れ破壊(応力腐食割れ)とは、金属が静的応力下で水素の影響によって割れたように腐食が進行するもので、ある時間を経過しながら徐々に破断が起こる現象である。特に不平衡荷重の加わったコンクリート柱の鉄筋などにこの現象が生ずると、コンクリート柱はゆっくりと湾曲しながら傾斜していく特徴があり、定期的な点検が必要である。