

解答の公表は1月28日10時以降の予定です。
合否の検索は2月16日14時以降の予定です。

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、一様線路における一次、二次定数の周波数特性など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)

電氣的定数が一様に分布している一様線路において、往復導体の単位長当たりの抵抗とインダクタンスをそれぞれ R と L 、往復導体間の単位長当たりの漏洩コンダクタンスと静電容量をそれぞれ G と C とすると、 R 、 L 、 G 及び C は線路の一次定数といわれる。これら一次定数から導かれる減衰定数 α 、位相定数 β 、伝搬定数 γ 及び [(ア)] は、二次定数と総称される。

音声周波程度の低周波の場合、一般に、一次定数間において [(イ)] の関係が成立するため、角周波数を ω とすると二次定数の α 及び β は、次式で近似できる。

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega C R}{2}} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\omega L}{R} - \frac{G}{\omega C} \right) \right\}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{\omega C R}{2}} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\omega L}{R} - \frac{G}{\omega C} \right) \right\}$$

一方、30 [kHz] 以上の高周波になると、表皮効果、[(ウ)] などのため、一次定数の R が周波数 f の [(エ)] に比例して増加する。

また、[(ア)] は、低周波では周波数 f の [(エ)] に比例して減少し、高周波になると一定値に漸近する。

<(ア)～(エ)の解答群>

逆 数	平方根	2 乗	3 乗
伝搬速度 v	$G \quad \omega C$	$R \quad \omega L$	近接効果
遮蔽効果	反射係数 m	電磁結合	ファラデー効果
$L \quad G \quad R \quad C$	$L \quad G \quad R \quad C$	特性インピーダンス Z_0	
入力インピーダンス Z			

- (2) 次の文章は、メタリック伝送線路における漏話の軽減方法、伝送量に用いられる単位などについて述べたものである。 内の(オ)、(カ)に最も適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。 (3点×2=6点)

() 漏話の軽減方法などについて述べた次のA～Cの文章は、 (オ) 。

- A ケーブル内の各対の2本の導線を^よ撚ることにより漏話は軽減でき、隣接する対どうして撚りピッチを同一にすると、撚りピッチを変えた場合と比較して大きな軽減効果が得られる。
- B 信号の伝送方向(設備センタからユーザ方向又はユーザから設備センタ方向)ごとに回線をそれぞれ別々のケーブルに分けて収容する2条ケーブル方式は、遠端漏話と比較して漏話妨害の影響が大きい近端漏話を軽減する効果がある。
- C 長い平衡対ケーブルにおける漏話減衰量は、高周波になるに従い、一般に、オクターブ当たり遠端漏話では6[dB]、近端漏話では4.5[dB]の減少傾向を示す。また、遠端漏話減衰量は線路長が長くなるに従い増大するが、近端漏話減衰量は線路長に依存しない。

<(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 | |

- () 伝送量などを表す場合に用いられる単位について述べた次の文章のうち、正しいものは、 (カ) である。

<(カ)の解答群>

伝送線路の送信端の信号電力を P_S [W]、受信端の信号電力を P_R [W]とすれば、伝送線路の減衰量 L [dB]は、次式で求められる。

$$L = 20 \log_{10} \frac{P_R}{P_S}$$

電気通信分野においては、一般に、1 [mW]の電力を基準にした絶対電力レベルを表す単位として[dBm]が用いられる。この単位を用いて1 [mW]を表すと1 [dBm]となる。

伝送システムにおいて、基準点における絶対電力レベル[dBm]と任意の点における絶対電力レベル[dBm]との差は相対電力レベルといわれ、単位として[dBr]が用いられる。

[dBm0]は、伝送システムのゼロ相対レベル点における、信号の絶対電力レベルを示す単位である。例えば、-15 [dBm0]の信号の場合、相対電力レベルが-10 [dBr]の点における絶対電力レベルは-5 [dBm]である。

- (3) 次の文章は、石英系光ファイバの分散、非線形光学効果などについて述べたものである。
□内の(キ)、(ク)に最も適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を
記せ。(3点×2=6点)

- () 石英系光ファイバの分散などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、□(キ)である。

<(キ)の解答群>

光ファイバの材料であるガラスの屈折率が光の周波数によりわずかながら異なるため、光ファイバ中を伝搬する光パルスの幅が狭まる現象は分散といわれる。

光ファイバ中での分散には、材料分散、構造分散、モード分散及び偏波モード分散の四つがあり、このうち材料分散と構造分散の和は波長分散といわれる。

MM光ファイバにおいては、光ファイバ中を伝搬する各モードの伝搬速度が異なるために生ずるモード分散が、符号間干渉を引き起こすため、伝送帯域を制限する主な要因となる。

SM光ファイバのゼロ分散波長や分散スロープを制御して製造された光ファイバは、総称して分散制御光ファイバといわれる。

- () 光ファイバ中を伝搬する光の位相速度及び群速度について述べた次のA～Cの文章は、□(ク)。

- A 真空中の光の速度を c 、媒質の屈折率を n とすると、媒質中を伝わる光の速度は、 $\frac{c}{n}$ となり、この速度は、光の位相が伝わる速さであり位相速度といわれる。一方、周波数が異なる複数の波の集まりである波束が伝わる速度、すなわちパルスの包絡線が伝わる速度は、群速度といわれる。
- B SI型光ファイバでは、高次モードほど群速度が速くなる。これは、入射端で幅の広いパルスを入力しても、異なるモードに分担されて伝搬される結果、伝搬距離とともにパルスの幅が狭くなることを意味する。
- C 最も基本的なモードとなるLP₀₁モードは、波長が長くなると、電磁界が広がり屈折率の低いクラッドの影響を受けて位相速度が速くなる。逆に、波長が短くなると、電磁界がコアに集中して位相速度は遅くなり、コアの屈折率で決まる値に収束する。

<(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 | |

- (1) 次の文章は、光ファイバの分類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)

光ファイバを導波原理によって分類すると、全反射型及び□(ア)反射型に大別できる。全反射型の光ファイバは、コアとクラッドの屈折率差を利用した全反射によって光をコア内に閉じ込め、□(ア)反射型の光ファイバは、フォトリソグラフィックバンドギャップを利用して光をコア内に閉じ込めている。

光ファイバの□(イ)の材料による分類では、石英系光ファイバ、プラスチック光ファイバなどがある。さらに、石英系光ファイバは、機能によって、光増幅作用を有するEDF、□(ウ)の特性を制御したDCFなどに分類することができる。プラスチック光ファイバは、損失などの面では石英系光ファイバに及ばないが、一般に、耐屈曲性に優れ、大口径の光ファイバを製造しやすいなどの特徴を持つことから、LANなどの短距離通信、宅内配線などに用いられている。

また、光ファイバは、コアの□(エ)の違いにより、SI型及びGI型に分類される。

<(ア)～(エ)の解答群>

フレネル	誘電体	波長分散	伝搬モード数
ドーパント	ランバート	周波数	屈折率分布
結晶体	非線形性	スペキュラ	導電体
最大受光角	ブラッグ	添加物	偏波モード分散

- (2) 次の文章は、光ファイバの構造パラメータ、損失特性、非線形光学特性などについて述べたものである。□内の(オ)～(ク)に最も適したものを、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)

() 光ファイバの構造パラメータなどについて述べた次のA～Cの文章は、□(オ)。

- A 構造パラメータとは、コア径、クラッド径、コア/クラッド偏心率など光ファイバの構造にかかわるパラメータをいい、SM光ファイバでは、コア径に代わって定義されるモードフィールド径が用いられる。
- B モードフィールド径は、SM光ファイバの径方向の光強度がガウス分布で近似できるとき、光強度が最大値に対して $\frac{1}{e^2}$ (eは自然対数の底)になるところの直径をいう。
- C 光ファイバの光学的パラメータの一つである比屈折率差 Δ は、コアとクラッドの屈折率の違いの程度を表すパラメータであり、コアの最大屈折率を n_1 、クラッドの屈折率を n_2 とすると、次式で近似される。

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

<(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	

- () 石英系光ファイバの損失特性など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>

光ファイバの損失は、一般に、光ファイバの軸方向に均等に分布しているため、 $[\text{dB} / \text{km}]$ という単位で表される。これは光が1 (km) 伝搬したときの光パワーの減衰量をデシベルで表したもので、例えば0.2 $[\text{dB} / \text{km}]$ の場合、50 (km) で10 $[\text{dB}]$ の損失があり、光パワーが10分の1となる。

光ファイバにおける吸収損失には、波長0.1 $[\mu\text{m}]$ 付近にピークがある紫外吸収、波長10 $[\mu\text{m}]$ 付近にピークがある赤外吸収などがある。光ファイバ通信で使用される波長域においては、紫外吸収はレイリー散乱損失よりも小さいため問題とならないが、赤外吸収は長波長側での主要な損失要因となる。

光ファイバにおけるレイリー散乱損失は、主に短波長側で支配的となる損失であり、光ファイバ製造時に高温状態で固化する際にコアとクラッドの境界面にできる凹凸が原因で発生する。

光ファイバのマクロベンディング損失は、光ファイバが許容曲率半径より小さい半径で曲げられたときなどの外的な要因により発生し、コアとクラッドの境界面に入射する光の角度が臨界角より小さくなるため、光が外部に放射されることによって生ずる損失である。ただし、入射角及び臨界角は、コアとクラッドの境界面の法線と光のなす角度とする。

- () 自己位相変調及び四光波混合について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 光ファイバに高強度の短光パルスを入射すると、光カー効果により屈折率の変化を生じ、光パルスの前縁部分は高周波側へ、後縁部分は低周波側へシフトする。このような現象は、自己位相変調といわれる。
- B 光ファイバの波長分散特性において、ゼロ分散波長より短波長側は正常分散領域、長波長側は異常分散領域といわれ、自己位相変調を受けた光パルスの幅は、正常分散領域では狭まり、異常分散領域では広がる。
- C 二つ以上の異なった波長の光を同時に光ファイバに入射したとき、入射光とは異なる新たな波長の光が発生する現象は、四光波混合といわれる。新たに発生した光はプローブ光といわれ、WDM方式では通信光に干渉し、伝送特性を劣化させる要因となる場合がある。

<(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 | |

- () 誘導ラマン散乱(SRS)及び誘導ブリルアン散乱(SBS)について述べた次の文章のうち、正しいものは、である。

<(ク)の解答群>

非線形散乱は、光の強度があるしきい値を超えると、光ファイバ媒質の振動と入射光との相互作用が原因で発生する散乱であり、音響的振動によって生ずる散乱はSRS、光学的振動によって生ずる散乱はSBSといわれる。

SRS及びSBSでは、入射光と同じ周波数の光が散乱されるレイリー散乱とは異なり、入射光とは異なる周波数の光が散乱される。散乱光は、入射光の低周波側と高周波側の両側の周波数域で発生する。

SRS及びSBSにおいて、入射光より高周波側に発生する散乱光は、ストークス光といわれる。

ストークス光は、SRSでは入射光と逆方向のみに伝搬するのに対し、SBSでは入射光と同方向と逆方向の両方向に伝搬する。

問3 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、分散制御光ファイバの種類、機能など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)

光ファイバ製造技術の進歩、高性能な希土類添加光ファイバ増幅器の開発、方式の普及などに伴い、目的に応じた波長分散特性を持つ光ファイバが開発・製造されている。

分散シフト光ファイバは、石英系光ファイバの極低損失領域である1.55μm帯で波長分散がゼロとなるように制御された光ファイバであり、屈折率分布を調整することにより、構造分散のを変化させ、ゼロ分散波長を1.3μm帯から1.55μm帯にシフトさせている。

分散フラット光ファイバは、広い波長範囲で低分散を実現した光ファイバであり、屈折率分布構造により、W型、4重クラッド型などがあり、方式などで用いられている。

1.3μm帯でゼロ分散の特性を持つ光ファイバを1.55μm帯で使用すると、約[ps/nm/km]の波長分散が生ずる。この波長分散は、の分散特性を持つ分散補償光ファイバを接続することにより相殺できるため、既設の光ファイバを1.55μm帯の光ファイバ通信システムで有効利用することができる。

<(ア)～(エ)の解答群>

7	TDMA	反転分布	WDM
12	ADS	波長依存性	クラッドモード
17	勾配が階段状	PDS	勾配が鋸歯状
22	正負が反対	非線形性	カットオフ波長

- (2) 次の文章は、通信用光ファイバケーブルの特性、構造、接続技術などについて述べたものである。 内の(オ)～(ク)に最も適したものを、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)

- () 光ファイバケーブルの特性、機能、試験方法などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 (オ) である。

<(オ)の解答群>

光ファイバケーブルは、布設時などに加えられる曲げによって光ファイバの破断寿命を縮める場合があるため、許容曲率半径の範囲内での取扱いが必要である。許容曲率半径の基準は、一般に、布設時はケーブル外径の4～5倍、固定時は6～10倍とされている。

光ファイバ心線には、温度特性、機械特性などを満足するため、多層被覆が施されている。2層構造の光ファイバ心線の場合、外層被覆には、側圧などから光ファイバを守るために外力を吸収する軟らかい材料が、また、内層被覆には、マイクロベンドを防止するために硬い材料が用いられている。

光ファイバケーブルは、布設時の最大張力が加わったときの伸び率が、ケーブルの構成材料の中で最も弾性領域の小さい光ファイバの許容伸び率以下となるように、外被、テンションメンバなどで引張強度が確保され、光ファイバケーブルの許容伸び率は、一般に、0.2〔%〕程度とされている。

光ファイバケーブルの機械的特性試験の一つであるしごき試験は、直線状に布設された光ファイバケーブルにローラーで500〔N〕の側圧荷重をかけ、その際に生ずる伝送損失の変化を測定するもので、試験後に残留するひずみ量も評価対象となる。

- () 光ファイバケーブル及び光ファイバコードの構造、特徴などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A S Z型光ファイバケーブルは、スロットの撚り回転の方向が1回転ごとに反転しているケーブルであり、ケーブル布設後でも、ケーブルの途中からケーブルを切断することなく、光ケーブル心線又は光ファイバ心線の取り出しを容易に行うことができる。
- B 架空ドロップ光ファイバケーブルは、一般住宅や小規模集合住宅へ光ファイバケーブルを引き込む際に用いられるケーブルであり、ケーブル本体に金属性のテンションメンバを配置したメタリックタイプと、落雷時などのサージ電流が宅内に流入しないようにテンションメンバを配置しないノンメタリックタイプがある。
- C 光ファイバコードは、一般に、光ファイバ心線の周囲を抗張力繊維で補強し、さらにPVC被覆を施して強度を高めたもので、1心タイプ、2心タイプなどがあり、機器内配線、屋内の機器間接続などに利用されている。

<(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 | |

() 光ファイバの融着接続技術などについて述べた次の A ～ C の文章は、(キ)。

- A 融着接続機の加熱方式として採用されている高周波トリガ方式は、高周波でアーク放電を行う際、放電開始時のみ必要な高電圧をトリガ的に加えることで、少ない消費電力で光ファイバ端面を加熱溶融することができる。
- B 融着接続は、光ファイバ端面を約 2,000〔 〕で溶融し、表面張力による自己調心作用を利用して軸合わせを行うため、接続する光ファイバの端面にカケ、リップ、傾斜などがある状態で接続しても、長期にわたり良好な伝送品質を得ることができる。
- C 多心融着接続機の光ファイバの調心方法には、一般に、融着接続する光ファイバを V 溝上に整列させ、アーク放電により光ファイバ端面を加熱・溶融し、光ファイバの表面張力による自己調心作用を利用して軸合わせを行う、外径調心法が採用されている。

<(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	

() 光ファイバの接続損失の要因、対策など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>

光ファイバの接続部は、屈折率が不均一又は不連続な領域と考えることができ、この不連続な領域で信号光の一部が反射して信号光の進行方向とは反対の方向に進むことにより、反射損失、LD の特性劣化、双方向多重伝送における雑音などの問題を引き起こす場合がある。

光コネクタでの反射を抑制するための方法として、端面へのマッチングオイルの充填、斜め研磨、すき間をなくすための PC 研磨などがある。

光ファイバの接続特性は、コアの軸合わせの精度、端面の加工精度、接続条件、光ファイバパラメータの差異などにより決まる。標準の SM 光ファイバにおいては、一般に、0.8〔μm〕程度のコア軸ずれで、0.1〔dB〕程度の損失が生ずるとされている。

光ファイバの融着接続後、接続部に軸ずれや曲りがある場合は、原因として融着接続機の放電パワーの不足が考えられるため、バッテリー残容量のチェック又は電極棒の交換後、再度接続をやり直す必要がある。

- (1) 次の文章は、光アクセス網における光ファイバIDテストを用いた作業、レーザ製品の安全基準など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)

光ファイバケーブル設備の建設作業や保守作業を行う際、誤接続や誤切断を回避するため、一般に、光ファイバIDテスト(以下IDテストという。)などを用いて光ファイバ心線の対照が行われる。

IDテストを用いた心線対照においては、現用回線に影響を与えないようにするため、IDテスト送信部から対照したい光ファイバに、一般に、通信光より□(ア)対照光を挿入し、IDテスト受信部の曲げ部で、対照光の漏れを検出して、該当する光ファイバを特定する。対照光には、通信光より曲げ損失が大きい□(イ)〔μm〕の光源などが用いられる。

光通信システムなどで使用されるレーザ光は、一般に、人間の目には見えず危険である。レーザ製品は、JISC 6802：2014において、人間の目及び□(ウ)に対するレーザ放射の危険性を基準として、8段階にクラス分けされている。レーザ光による事故を防止する方策としては、使用するレーザ製品のクラスを確認すること、レーザ出射口やそれに接続された光ファイバ端面を裸眼でのぞかないこと、レーザ光防止の眼鏡を着用することなどがある。

なお、レーザ光の危険度は、光パワーだけではなく、□(エ)、パルス幅などでも異なるので注意が必要である。

<(ア)～(エ)の解答群>

0.95	1.25	1.65	1.75
位相	発火	波長	医療行為
染色体	伝搬モード数	変調度	皮膚
短波長で、かつ、変調された		短波長で、かつ、無変調の	
長波長で、かつ、変調された		長波長で、かつ、無変調の	

(2) 次の文章は、光パワーメータ及び光ファイバ増幅器について述べたものである。 内の(オ)～(ク)に最も適したものを、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)

() 光パワーメータの種類及び特徴について述べた次のA～Cの文章は、 (オ) 。

- A 光パワーメータは、光電変換型及び熱変換型の2種類に大別される。ホトダイオードを光検出器として用いた光電変換型光パワーメータは、熱変換型光パワーメータと比較して、検出感度が高い、ダイナミックレンジが広いなどの特徴を有している。
- B 光電変換型光パワーメータは、波長依存性があることから、一般に、測定時の値を補正するため、測定波長を入力する機能が具備されている。
- C 熱変換型光パワーメータは、光エネルギーを受光体に吸収させ、その温度上昇、又は温度上昇に伴う体積、圧力、抵抗などの変化量を測定して光パワーに換算するため、光電変換型光パワーメータと比較して、応答時間が短い、外部環境変化の影響を受けにくいなどの特徴を有している。

<(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	

() 光ファイバ増幅器の種類、特徴など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>

希土類添加光ファイバ増幅器は、希土類イオンを添加した光ファイバを増幅媒体としており、光ファイバとの整合性に優れる、30 [dB]以上の高利得が容易に得られる、偏波依存性がないなどの特徴がある。

希土類添加光ファイバ増幅器で増幅可能な波長帯は、光ファイバのコアに添加する希土類元素に依存し、一般に、1.3 μm帯の増幅にはネオジムやプラセオジムが、1.4 μm帯の増幅にはトリウムが、また、1.55 μm帯の増幅にはエルビウムが用いられる。

ファイバラマン増幅器は、光ファイバの非線形現象である誘導ラマン散乱を利用しており、1.55 μm帯では、増幅したい信号光の波長より約300 [nm]長波長側の強い励起光を入射することにより、任意の波長の信号を増幅することができる。

ファイバラマン増幅器は、希土類添加光ファイバ増幅器と比較して、増幅効率は劣るが、波長多重励起により広帯域の増幅特性が得られる、励起光の波長を選定することにより任意の波長域において利得が得られる、伝送用光ファイバを増幅媒体として利用できるなどの特徴がある。

() 光ファイバ増幅器の利得及び雑音指数について述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

A 光ファイバ増幅器の利得は、出力側の信号光パワーと入力側の信号光パワーの比として求められる。光ファイバ増幅器の出力側には、増幅された信号光のほかに光ファイバ増幅器内で発生し増幅された自然放出光(A S E)が含まれているため、利得の測定時には A S E 分を考慮する必要がある。

B 光ファイバ増幅器の利得の測定方法は、電氣的測定法及び光学的測定法に大別される。電氣的測定法による光ファイバ増幅器の利得 G は、強度変調された信号光パワーを、スペクトラムアナライザを用いて、光ファイバ増幅器の入力側と出力側で測定した値をそれぞれ S_{in} と S_{out} とすると、次式で求められる。

$$G = \sqrt{\frac{S_{in}}{S_{out}}}$$

電氣的測定法では、変調周波数を 500 [kHz] 以下とすることにより、A S E の影響を受けにくい測定が可能である。

C 光ファイバ増幅器の雑音指数(N F)は、入力側の S N 比(S_{in} / N_{in})に対して出力側の S N 比(S_{out} / N_{out})がどれだけ低下したかで表され、次式で求められる。

$$NF = 10 \log_{10} \left(\frac{S_{in} / N_{in}}{S_{out} / N_{out}} \right)$$

光ファイバ増幅器における出力側の S N 比は、一般に、光ファイバ増幅器の利得分だけ、入力側の S N 比より改善される。

<(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	

() 光ファイバ増幅器の増幅特性を向上させる方法などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、(ク) である。

<(ク)の解答群>

E D F の励起効率を高くするための方法の一つに、E D F の構造を改善する方法がある。センタドープ構造の E D F は、クラッド部にエルビウムを添加した構造を有しており、励起光強度の強い部分とエルビウム添加領域が重ならないようにして励起効率を高くしている。

W D M 伝送システムに用いられる光ファイバ増幅器には、広帯域で平坦^{たん}な増幅特性が求められる。平坦な増幅特性を得る方法として、E D F にアルミニウムとゲルマニウムを共添加する方法、光ファイバ増幅器の出力端に長周期ファイバグレーティングを用いた利得等化器を付加する方法などがある。

E D F A の高出力化を図るには、励起光源自体を高出力化する方法のほか、コアを 2 重構造とした E D F を用いる方法などがある。

E D F A の基本構成には、前方励起系、後方励起系及び双方向励起系の 3 種類があり、励起光として、一般に、低雑音増幅を目的とした前方励起系では $1.48 \mu\text{m}$ 帯が、また、高出力動作を目的とした後方励起系では励起光から信号光への変換効率が高い $0.98 \mu\text{m}$ 帯が用いられる。

- (1) 次の文章は、光ファイバケーブルの構造設計、布設時の張力など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)

光ファイバケーブルに許容される伸びは、光ファイバに許容される破断確率と使用する光ファイバの [(ア)] を基に決定され、光ファイバの弾性限度以下の伸び率で布設できるようにケーブルの構造が設計される。光ファイバケーブルの [(イ)] は、ケーブルメーカーの仕様書で規定されており、一般に、ケーブルの布設長の分布などを想定して500[m]～1[km]の自重相当に設定されている。

光ファイバケーブル布設時の [(ウ)] は、線路形式(管路、とう道、架渉など)、布設形状(直線、曲線、屈曲など)、ケーブル種別などにより異なることから、それぞれの布設区間ごとに計算し、布設するケーブルの [(イ)] 以下となるように設計する必要がある。光ファイバケーブルの [(ウ)] を $T[N]$ とすると、光ファイバケーブルを水平に布設する場合、布設区間ごとの [(ウ)] は以下の計算式で求めることができる。

$$\text{直線区間} \quad T = T_0 + \mu g L W$$

$$\text{曲線区間} \quad T = (T_0 + \mu g L W) K$$

$$\text{屈曲部直後} \quad T = T_0 K$$

ここで、 $T_0[N]$ は布設対象区間直前の張力、 μ は摩擦係数、 $g[m/s^2]$ は重力加速度、 $W[kg/m]$ は単位長当たりのケーブル質量、 $L[m]$ は布設対象区間の長さ、 K は [(エ)] であり $K = e^{\mu \theta}$ (e は自然対数の底、 $\theta[rad]$ はケーブルの交角)である。

<(ア)～(エ)の解答群>

把持力	牽引張力 ^{けん}	線引き速度	グリフィスフロー
屈曲率	許容張力	張力増加率	構造パラメータ
初期張力	設計寿命	せん断荷重	スクリーニング荷重
弛 ^ち 度	側圧荷重	ケーブル外径	テンションメンバ

- (2) 次の文章は、光ファイバケーブルなどの配線法、布設方式、故障とその対策などについて述べたものである。 内の(オ)～(ク)に最も適したものを、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)

- () アクセス系光ファイバケーブルの配線法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>

アクセス系における配線法は、需要動向、需要密度、管路設備の有無、保守性、信頼性、経済性などを総合的に勘案して決定され、一般に、放射状に構築された既設の管路設備を使用して配線する場合はスター配線法が、管路設備がメッシュ状に構築されているエリアではループ配線法が適しているとされている。

ループ無通減配線法は、一般に、高速、広帯域サービス需要が面的に発生し、かつ、急増している都市部のビジネスエリアなどに適しており、心線の後分岐が可能であることから、心線の融通性が高く、需要への即応と柔軟な対応が可能な配線法とされている。

スター無通減配線法は、一般に、通信土木設備の制約などによってループ無通減配線法の適用が困難なエリアに適しており、設備センタから最遠端のユーザまで心線を通減することなく配線していることから、ループ無通減配線法と同様に、心線の融通性が高く、需要への即応と柔軟な対応が可能な配線法とされている。

スター通減配線法は、一般に、需要が広範囲にわたって散在し、かつ、需要変動が小さいエリアに適しており、突発的な需要の発生に対しては心線の融通を図ることが難しく即応性に欠ける配線法であるが、ケーブル故障時の救済が容易である、分散収容が可能であるなど、ループ無通減配線法と比較して、信頼性の高い配線法とされている。

- () 光ファイバケーブルの布設方式について述べた次のA～Cの文章は、(カ) 。

- A 地下線路方式では、とう道や管路を使用するほかに、道路管理者が設置する情報BOX、C.C.BOXなどを使用する場合がある。
- B 地下線路方式は、中継系区間、幹線系区間などで採用され、架空線路方式と比較して、光ファイバケーブルが風雨、氷雪などの気象条件の変動、地上建造物、樹木などからの損傷を受けにくいなど信頼性が高い。
- C 管路を有効に使用するための方式の一つに、フリーアクセス方式がある。この方式は、既設配線管路やフリーアクセス管路から、新たな引き込み管路などを分岐して光ファイバケーブルなどを布設する方式であり、管路増設コストを抑制することができる。

<(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 | |

- () アクセス系光ファイバケーブルなどの故障とその対策について述べた次の文章のうち、正しいものは、(キ) である。

<(キ)の解答群>

光ファイバケーブル布設後に光損失増加が発生した場合、その発生原因の一つに、光ファイバケーブル心線の波打ち現象が考えられる。波打ち現象は、光ファイバケーブルの牽引端でケーブル外被と光ファイバケーブル心線を一緒に固定しないこと、人力で牽引することなどで回避することができる。

光ファイバの断線は、接続用クロージャ内、端末装置付近の心線接続部などで発生することが多い。このような断線を防止するため、融着接続の場合は、接続部を補強・固定するため熱収縮スリーブを加熱した後に光ファイバにねじれがないか確認すること、F A コネクタ接続の場合は、接続する光ファイバを、コネクタ内蔵のフェルールと突き合わせるため、適正な長さで外被を除去し切断することなどが重要である。

メカニカルスプライスにおける主な故障原因として、光ファイバ端面どうしの隙間、端面の異常及びメカニカルスプライス素子内への異物混入がある。これらの対策としては、光ファイバは所定の長さで切断すること、整備・点検された光ファイバカッタを使用すること、メカニカルスプライス素子の個別梱包袋は使用直前まで開封しないことなどがある。

光コネクタ端面に汚れ、異物などが付着すると、伝送特性が劣化するだけでなく、光コネクタ端面で目に見えない強い光が発生することにより、光コネクタ端面を溶融し損傷するファイバヒューズ現象が発生するおそれもある。ファイバヒューズ現象の防止策としては、光コネクタクリーナを用いて光コネクタ端面を清掃する方法などがある。

- () 通信線路設備の劣化とその対策などについて述べた次の A ～ C の文章は、(ク) 。

- A ケーブルのクリーピングは、ケーブルの温度伸縮、車両通行に起因する振動などにより発生する。クリーピングの対策として、ケーブル移動防止金物で機械的にケーブルの移動を止める、ケーブルの移動量に見合ったスラックを設けるなどの方法があり、後者は、主に橋梁添架ケーブルで用いられ、スラックは、一般に、橋梁添架管路の中間部に設けられる。
- B S S 形 C C P ケーブルの心線コア移動は、温度変化、風によるケーブルの振動などが原因で発生し、接続端子^{かん}函内で心線コアがシースから突き出したり、引き込まれたりするなどの現象である。心線コア移動の対策としては、規格に合った張力や捻回数で架渉する、心線コアをテープなどで固定するなどの方法がある。
- C 寒冷地においては、管路内の溜水^{りゅう}の凍結圧によるケーブルの変形、圧壊などを防止するため、中空の P E パイプをケーブルとともに管路内に挿入し、溜水の凍結時に P E パイプが潰れて凍結圧を吸収することで、ケーブルを保護する方法がある。

<(ク)の解答群>

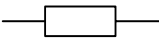
- | | | |
|---------------|-----------------|----------|
| A のみ正しい | B のみ正しい | C のみ正しい |
| A、B が正しい | A、C が正しい | B、C が正しい |
| A、B、C いずれも正しい | A、B、C いずれも正しくない | |

試験問題についての特記事項

- (1) 試験問題に記載されている製品名は、それぞれ各社の商標又は登録商標です。
なお、試験問題では、® 及び TM を明記していません。

- (2) 問題文及び図中などで使用しているデータは、すべて架空のものです。

- (3) 試験問題、図中の抵抗器及びトランジスタの表記は、新図記号を用いています。

新 図 記 号	旧 図 記 号	新 図 記 号	旧 図 記 号
			

- (4) 論理回路の記号は、MIL記号を用いています。

- (5) 試験問題では、常用漢字を使用することを基本としていますが、次の例に示す専門的用語などについては、常用漢字以外も用いています。

〔例〕・迂回(うかい) ・筐体(きやうたい) ・輻輳(ふくそう) ・撚り(より) ・漏洩(ろうえい) など

- (6) バイト[Byte]は、デジタル通信において情報の大きさを表すために使われる単位であり、一般に、2進数の8桁、8ビット(bit)です。

- (7) 情報通信の分野では、8ビットを表すためにバイトではなくオクテットが使われますが、試験問題では、一般に、使われる頻度が高いバイトも用いています。

- (8) 試験問題のうち、正誤を問う設問において、句読点の有無など日本語表記上若しくは日本語文法上の誤りだけで誤り文とするような出題はしてありません。

- (9) 法令に表記されている「メガオーム」は、「メガオーム」と同じ単位です。

- (10) 法規科目の試験問題において、個別の設問文中の「」表記は、出題対象条文の条文見出しを表しています。
また、出題文の構成上、必ずしも該当条文どおりには表記しないで該当条文中の()表記箇所の省略や部分省略などを行っている部分がありますが、()表記の省略の有無などで正誤を問うような出題はしてありません。