

注 意 事 項

- 試験開始時刻 14時20分
- 試験種別終了時刻

試験科目	科目数	終了時刻
「電気通信システム」のみ	1科目	15時40分
「専門的能力」のみ	1科目	16時00分
「専門的能力」及び「電気通信システム」	2科目	17時20分

- 試験種別と試験科目別の問題(解答)数及び試験問題ページ

試験種別	試験科目	申請した専門分野	問題(解答)数					試験問題ページ
			第1問	第2問	第3問	第4問	第5問	
線路主任技術者	専門的能力	通信線路	8	8	8	8	8	線1~線15
		通信土木	8	8	8	8	8	線16~線27
		水底線路	8	8	8	8	8	線28~線42
	電気通信システム	専門分野にかかわらず共通	問1から問20まで			20		線43~線46

- 受験番号等の記入とマークの仕方

- マークシート(解答用紙)にあなたの受験番号、生年月日及び氏名をそれぞれ該当枠に記入してください。
- 受験番号及び生年月日に該当する箇所を、それぞれマークしてください。
- 生年月日の欄は、年号をマークし、生年月日に1けたの数字がある場合、十の位のけたの「0」もマークしてください。

[記入例] 受験番号 01CF941234

生年月日 昭和50年3月1日

受 験 番 号									
0	1	C	F	9	4	1	2	3	4
●	○	A	A	0	0	0	0	0	0
○	●	B	B	1	1	●	1	1	1
○	○	2	●	C	2	2	2	●	2
○	○	3	○	D	3	3	3	3	○
○	○	4	○	E	4	●	4	4	4
○	○	5	○	●	5	5	5	5	5
○	○	6	○	G	6	6	6	6	6
○	○	7	○	H	7	7	7	7	7
○	○	8	○	○	8	8	8	8	8
○	○	9	○	●	9	9	9	9	9

生 年 月 日									
年 号		5	0	0	3	0	1		
平成	○	●	○	○	○	○	○		
	○	○	○	○	○	○	○		
昭和	○	○	○	○	○	○	○		
	○	○	○	○	○	○	○		
大正	○	○	○	○	○	○	○		
	○	○	○	○	○	○	○		

- 答案作成上の注意

- マークシート(解答用紙)は1枚で、2科目の解答ができます。
「専門的能力」は薄紫色(左欄)、「電気通信システム」は青色(右欄)です。
- 解答は試験科目の解答欄の正解として選んだ番号マーク枠を、黒の鉛筆(HB又はB)で濃く塗りつぶしてください。
ボールペン、万年筆などでマークした場合は、採点されませんので、使用しないでください。
一つの問いに対する解答は一つだけです。二つ以上マークした場合、その問いについては採点されません。
マークを訂正する場合は、プラスチック消しゴムで完全に消してください。
- 免除科目がある場合は、その科目欄は記入しないでください。
- 受験種別欄は、あなたが受験申請した線路主任技術者(『線路』と略記)を で囲んでください。
- 専門的能力欄は、『通信線路・通信土木・水底線路』のうち、あなたが受験申請した専門的能力を で囲んでください。

- 合格点及び問題に対する配点

- 各科目の満点は100点で、合格点は60点以上です。
- 各問題の配点は、設問文の末尾に記載してあります。

- 登録商標などに関する事項

- 試験問題に記載されている会社名又は製品名などは、それぞれ、各社の商標または登録商標です。
- 試験問題では、® 及び™ を明記していません。
- 試験問題の文中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あります。

マークシート(解答用紙)は、絶対に折り曲げたり、汚したりしないでください。

次ページ以降は試験問題です。試験開始の合図があるまで、開かないでください。

受 験 番 号									
(控 え)									

(今後の問い合わせなどに必要になります。)

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、一様線路の一次定数及び二次定数と減衰量の関係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)

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をR、インダクタンスをL、往復導体間の単位長当たりの漏れコンダクタンスをG、静電容量をCとすると、R、L、G、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、位相定数、伝搬定数、特性インピーダンス Z_0 は、二次定数と総称され、伝搬定数と特性インピーダンス Z_0 は、次式で表すことができる。

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

$$Z_0 = |Z_0| e^{j\theta} = \text{(ア)}$$

ただし、jは虚数記号を、 ω は伝送波の角周波数を、 θ は特性インピーダンスの偏角をそれぞれ表し、eは自然対数の底とする。

また、二次定数は周波数特性があり、30(kHz)以上の高周波の場合、及びは次式で近似できる。

$$\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

(イ)

ここで、Rは、(ウ)などにより、周波数の平方根に比例して大きくなり、も同様に大きくなる。さらに、この線路の減衰量が最小となるR、L、G、Cの関係は(エ)であり、これは、減衰量最小の条件といわれる。実際の伝送路においては、減衰量最小の条件から乖離^{かい}しており、この条件に近づけるためにLを大きくする方法が用いられる。

<(ア)～(エ)の解答群>

遮へい効果

$$\sqrt{LC}$$

$$RC = GL$$

$$\sqrt{\frac{R - j\omega L}{G - j\omega C}}$$

$$\sqrt{\frac{G + j\omega C}{R + j\omega L}}$$

静電誘導

$$\sqrt{RG}$$

$$RG = LC$$

表皮効果

$$\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$R\sqrt{C} = G\sqrt{L}$$

$$\sqrt{\frac{G - j\omega C}{R - j\omega L}}$$

$$\sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

電磁結合

$$\sqrt{\frac{R}{G}}$$

$$RG = \omega^2 LC$$

(2) 次の文章は、メタリックケーブルの特性など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)

() 特性インピーダンスの周波数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、 (オ) である。

<(オ)の解答群>

特性インピーダンスとは、交流回路の電気抵抗に相当するものであり、実在の線路を無限に伸ばしたと仮定した場合に示す任意の点における電圧対電流の比をいう。線路の構成・材質が同一であれば同一の値を示し、線路を特性インピーダンスで終端するとその線路は無限長の線路と等価となる。

交流回路におけるインピーダンスは、大きさと方向を持つベクトル量であり、大きさと角度で表され、その角度は位相角といわれる。

音声周波での特性インピーダンスの近似式において、特性インピーダンスは、線路の導体抵抗の平方根に比例し、周波数と静電容量の積の平方根に反比例し、周波数が高くなるにしたがって減少する。

30 [kHz] 以上の高周波での特性インピーダンスの近似式において、特性インピーダンスは、線路の導体抵抗の平方根に比例し、静電容量の平方根に反比例し、周波数が高くなるにしたがって増加する。

() 平衡対ケーブルの一次定数及び二次定数の温度特性について述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

A 一次定数の温度特性において、静電容量は温度による大きな変化はなく、また、外部インダクタンスも線径と線間距離によって決まるため、ほぼ一定である。一方、抵抗及び内部インダクタンスは導電率の関数であるため、導電率の温度変化によって変化する。

B 直流抵抗は温度変化に対して広範囲にわたって直線的に変化し、 $20 []$ 、 $t []$ の直流抵抗をそれぞれ R_{20} 、 R_t 、また、 α を温度係数とすると、一般に、 $R_t = R_{20}\{1 - \alpha(t - 20)\}$ で表され、温度が高いほど直流抵抗は小さくなる。

C 二次定数の温度特性は一次定数の温度特性から推定でき、特性インピーダンスについては、高周波での変化が特に大きい。

<(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	

- () 漏話現象と漏話減衰量など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〉

漏話を起こすもとなる回線は誘導回線、漏話を受ける回線は被誘導回線といわれる。また、被誘導回線において、誘導回線の送端側に生ずる漏話は遠端漏話、誘導回線の受端側に生ずる漏話は近端漏話といわれる。

漏話減衰量は誘導回線の送端電力と被誘導回線の漏話電力の比であり、次式で表される。

$$\text{漏話減衰量} = 10 \log_{10} \frac{\text{漏話電力}}{\text{送端電力}} \text{ [dB]}$$

二つの回線間の電氣的な結合には静電結合と電磁結合があるが、メタリック伝送の音声回線においては、電磁結合の漏話に対する影響は小さく、静電結合が支配的である。

静電結合による漏話量を考えるとき、漏話電圧(漏話量)は特性インピーダンスに比例する。したがって、一般に、装荷ケーブルは、無装荷ケーブルと比較して特性インピーダンスが大きいため、漏話減衰量が大きくなる。

- () 反射係数と透過係数の関係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〉

特性インピーダンス Z_1 を持つ一様線路の受端に、特性インピーダンス Z_2 を持つ一様線路が接続されているとき、受端点における電圧反射係数は、 $\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$ で表され、電圧透過係数は、電圧反射係数に 1 を加えた値となる。

特性インピーダンス Z_1 を持つ一様線路の受端に、特性インピーダンス Z_2 を持つ一様線路が接続されているとき、受端点における電流反射係数は、電圧反射係数に -1 を掛けた値となり、電流透過係数は、1 から電圧反射係数を減じた値となる。

特性インピーダンス Z_1 を持つ一様線路の受端側が短絡されているとき、受端点における電圧反射係数は -1 となり、入射波と同じ大きさで符号が反対の反射波が発生することになる。また、線路の受端側が開放されているとき、受端点における電圧透過係数は 2 となる。

特性インピーダンス Z_1 を持つ一様線路の受端に、特性インピーダンス Z_2 を持つ一様線路が接続されているとき、受端点における電圧反射係数を m とすると、逆流減衰量(反射電圧が入射電圧に対してどれだけ減衰して発生しているかを表したものは、 $20 \log_{10} \left(\frac{1}{m^2} \right)$ で表される。

- (1) 次の文章は、シングルモード(SM)光ファイバの構造パラメータ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)

SM光ファイバの構造は、モードフィールド径、□(ア)、カットオフ波長などのパラメータにより決定される。

モードフィールド径とは、SM光ファイバの径方向の光強度分布がガウス型で近似できるとき、光強度が□(イ)値の $\frac{1}{e^2}$ (eは自然対数の底)になる直径のことである。

□(ア)は、現実には、SM光ファイバのモードフィールド中心とクラッド中心が同じ点にならないことから、これらの中心間の距離として定義される。ここで、モードフィールド中心とは、SM光ファイバの□(ウ)モードの電界分布の中心をいい、クラッド中心とは、クラッド表面を最もよく近似する円の中心をいう。

カットオフ波長とは、伝搬モードが□(エ)の波長であり、カットオフ波長より短い波長に対しては伝搬モードがマルチモード伝搬となる。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

最小	最大	平均	中間
NA	コア非円率	LP11	高次
LP01	トンネル	クラッド非円率	
モードフィールド偏心率		一つになる最長	
一つになる最短		複数になる最短	
複数になるすべて			

(2) 次の文章は、光ファイバの分散、光損失などの特性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)

() 光ファイバの分散の種類と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、 (オ) である。

<(オ)の解答群>

グレーデッドインデックス形光ファイバは、コア内の屈折率を連続的に変化させたものであり、コアの中心付近での光の伝搬速度は、クラッド付近の伝搬速度と比較して遅くなる特徴がある。

光ファイバにおけるコアとクラッドの屈折率差が小さい場合、境界面での全反射現象は、光の一部がクラッド部分へしみ出すようにして発生している。このしみ出しの割合は、光の波長が短いほど大きく、波長が長いほど小さい。

偏波モード分散は、光ファイバのコア形状が製造上などの理由により、わずかに楕円化している場合に、二つの直交偏波モード成分間に伝搬時間差を生じ、パルス波形の広がりが発生する現象である。

光通信に用いられている一般的な光源は、完全な単一波長でなく、ある幅を持った波長特性を持っている。このような波長に幅のある光が光ファイバに入射すると、光の伝搬速度が波長によって異なるために到達時間に差が発生し、パルス波形に広がりが生ずる。

() 光ファイバの光損失特性について述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

A 吸収損失には、波長0.1[μm]付近にピークのある赤外吸収損失、波長10[μm]付近にピークのある紫外吸収損失、水から生じる水酸化イオン(OH⁻)などの不純物による吸収損失がある。

B レイリー散乱損失は、光ファイバ製造時の高温状態(約2,000[])において生ずる屈折率のゆらぎに起因し、波長が長くなるほど大きくなる。

C 曲げ損失(マクロベンディングロス)とは、光ファイバが曲げられたときに生ずる損失であり、曲率半径が小さく曲げられた光ファイバ内では、コアとクラッドの境界面と入射光のなす角が変化して、光がクラッド内へ漏れることにより損失が生ずる。

<(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

- () S M光ファイバの波長分散特性など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。

S M光ファイバにおいて、波長に対する材料分散の変化の割合は、構造分散の変化の割合と比較して、ゆるやかである。

1.55 μmゼロ分散シフト光ファイバは、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、ゼロ分散波長を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、S M光ファイバでは1.55 μm帯において顕著に発生する。

- () 光ファイバと受・発光デバイスとの結合損失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〉

結合損失 は、半導体レーザからの光出力を P_o 、光ファイバに入射した光出力を P_i とすると、次式で表される。

$$= -20 \log_{10} \left(\frac{P_o}{P_i} \right)$$

半導体レーザの反射面と光ファイバの入射端とで共振状態が発生し、半導体レーザの電流 光出力特性にうねりや雑音が発生することを抑えるため、一般に、光ファイバの入射端に無反射処理が施される。

半導体レーザと光ファイバの結合方法には、分布屈折率レンズで集束する方法、光ファイバ端面を球状に加工してレンズ作用により集光する方法、非球面レンズを用いて集光する方法などがある。

光ファイバ内を伝搬してきた光は、光ファイバ端面から空間に放射される際に光ファイバの開口数に対応して広がって放射される。したがって、受光素子を光ファイバと効率よく結合させるため、受光素子を光ファイバ端面に近づける、受光面積の大きな受光素子を使用するなどの方法が採られる。

- (1) 次の文章は、光ファイバケーブルの構造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の構造は、光ファイバケーブルが幹線系に導入された当初は、光ファイバ心線を□(ア)の周りに撚り合わせたユニットを、さらに複数本撚り合わせて集合した□(イ)構造であった。その後、多心化、高密度化のニーズが高まり、国内においては、□(ウ)とスロットロッドを組み合わせた構造の光ファイバケーブルが主流となり、1,000心程度の多心構造のケーブルが導入されている。

□(ウ)は、光ファイバをケーブル内に高密度で収容できるため、多心光ファイバケーブルに適した構造であり、主要な性能の一つとして、□(エ)特性が優れていること、すなわち、外部応力が加わっても光伝送特性が安定していることが挙げられる。これは、光ファイバ素線被覆に用いる樹脂のヤング率や径などを最適にすることにより、光ファイバ素線被覆表面で発生した外部応力が内部のガラスに伝わりにくい構造設計とすることにより得られる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

カッド	光ファイバコード	緩衝層	LAP
伝送帯域	層撚り	側圧	分散
V溝	コルゲートスチール	光増幅	抗張力体
光ファイバテープ心線		6心光ファイバユニット	
2層構造心線		ルースチューブ心線	

- (2) 次の文章は、光ファイバ心線の構造、光ファイバ接続技術など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)

- () 光ファイバ心線の構造と特徴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〉

1次被覆にUV硬化型樹脂を用いた光ファイバ素線は、一般に、被覆構造が2層になっており、内層にはヤング率が約1[GPa]の硬めの材料、外層には約1[MPa]の軟らかい材料が用いられている。

ルースチューブ構造の光ファイバ心線においては、1次被覆と2次被覆(チューブ)の間にはジェリーなどが充填されているものがある。

初期の光ファイバテープ心線の構造は、複数本の光ファイバ心線を整列させ、その上下を接着剤が塗布されたポリエステルフィルムで挟み込んだ構造や、押出被覆した構造などであったが、現在では、複数本の光ファイバ心線を整列させて、UV硬化型樹脂でテープ状に成形したものが広く使用されている。

光ファイバ心線の側面に大きな外部応力が加わり、光ファイバ心線の被覆が塑性変形を起こすと、一般に、加重が直接光ファイバに加わるため、損失増加や破断するおそれがある。

- () 光ファイバの接続方法などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ)。

- A 融着接続は、熱源として放電が一般的であり、放電部分の熱分布を平坦化し、かつ、放電範囲を広げるための高周波放電技術が用いられている。さらに、接続する直前に光ファイバの端面をわずかに溶かし、端面を整形することにより接続の成功率を高める予加熱融着技術が用いられている。
- B 光ファイバの再接続が予想される接続箇所では、着脱可能な光コネクタ接続が用いられる。光コネクタ接続では、接続損失の要因となる反射を抑制するために、接続端面を凹球面状に研磨している。凹球面研磨された光コネクタは、一般に、PC(Physical Contact)といわれ、反射と接続損失を低減するうえで効果的なコネクタである。
- C メカニカルスプライス接続は、光ファイバの端面を突き合わせた状態で固定・把持して接続する方法である。表面に凹凸のない直線状の溝と押さえ板の間にできる空間に、光ファイバを沿わせて固定し、光ファイバの端面どうしの間に屈折率整合剤を注入して接続する。光ファイバの軸合わせは、光ファイバの外径を基準とするため、光ファイバのコアに偏心があると接続損失が大きくなる。

〈(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 | |

- () 光ファイバ融着接続機の機能と特徴など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〉

単心用の光ファイバ融着接続機においては、高倍率で直接コア部分を観察することによりコアの位置を調心し、かつ、光ファイバの外径を一致させようとする自己調心作用を利用するため放電時間を3秒以上とすることにより、低損失な接続が実現されている。

多心用の光ファイバ融着接続機においては、セラミック製の固定V溝により光ファイバの外径を調心する方法が用いられるが、光ファイバ製造技術の向上によりコア偏心量が1〔 μm 〕以下程度まで低減されていることにより、0.1秒以下の短い放電時間で低損失な接続が実現されている。

最適な接続特性を得るためには、放電パワー、放電時間、予備放電時間などの放電条件を設定する必要がある。放電パワーは、その最適値が温度、湿度、気圧などの外部環境によって変動するため、一般に、放電テスト機能により自動設定される。

光ファイバ融着接続機による接続作業手順としては、初めに心線の被覆除去を行い、ニッパなどで光ファイバを切断した後、アーク放電などによって接続し、その後、接続部を補強する。また、光ファイバカッタを用いて光ファイバを切断する場合、心線の被覆除去を行う必要はない。

- () 光クロージャの構造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〉

地下用光クロージャは、限られたスペース内での高密度な心線収納性や、防水性が要求されるが、心線収納性については、融着接続などによる光ファイバ心線接続部と心線余長を必要な曲率半径に保持した状態で収容できる構造となっており、1,000心程度の光ファイバ心線を収容可能なものがある。

地下用光クロージャには、光ファイバ心線が無切断の状態でも光ファイバケーブルを取り付けることができ、地下用光クロージャのエントリプレートは半円筒形に2分割されたスリーブによって挟み込まれ固定されるものがある。

地下用光クロージャには、光ファイバケーブル挿入部をゴム製のシール材を用いたシール機構とすること及びスリーブ相互間をバックルなどを用いて締め付けて密着させることにより防水性を確保しているものがある。

架空光ファイバケーブルとユーザ宅への引込み用のドロップ光ファイバケーブルとの接続箇所に用いられる架空用光クロージャでは、心線収納性を高め、メカニカルスプライス接続などの接続作業スペースを確保するため、収納トレイを使用しない。

- (1) 次の文章は、光伝送損失測定方法の種類と特徴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)

光伝送損失を測定する方法は、□(ア)法と後方散乱光法の2種類に大きく分けられる。さらに、□(ア)法には、カットバック法と□(イ)法がある。

カットバック法は、被測定光ファイバに入射した光パワーと出射した光パワーの差を測定する方法で、被測定光ファイバの入射端から1~2[m]の位置で切断した点での光パワーを入射光パワーとして測定する。この方法は、すべての種類の光ファイバについて最も正確に伝送損失を測定できる方法である。

□(イ)法は、入射側の励振用光ファイバの光出力を被測定光ファイバへの入射光パワーとして測定する方法であり、実際に布設、接続され、被測定光ファイバの入射側を切断できない場合に用いられる。

一方、後方散乱光法は、ガラス固有の屈折率のゆらぎによる□(ウ)といわれる現象を利用し、後方散乱光を検出することで、光損失や接続損失の値を測定することができる。実際の測定では、一般に、OTDRが用いられ、OTDRでは、被測定光ファイバに光パルスを入射し、被測定光ファイバ内で発生する後方散乱光などが、反射点までの距離に比例した遅延時間後に入射端に戻ってくる。戻ってきた光を□(エ)で分離して取り出した後、受光装置で電気信号に変換し、光損失を測定する。

〈(ア)~(エ)の解答群〉			
ホトダイオード	光ソリトン	M C V D	干渉
波長フィルタ	挿入損失	誘導放出	V A D
光方向性結合器	周波数掃引	透過光	ミー散乱
レイリー散乱	微分位相	光増幅器	熱光学効果

(2) 次の文章は、光ファイバの測定技術など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)

() OTDRの機能、測定方法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〉

OTDRは、パルス幅の小さいパルスを送ると、分解能が高まり、高精度の測定ができ、また、パルス幅が小さいほど散乱点での伝搬光電力に対する後方散乱光電力の減衰が小さく、遠距離測定が可能である。

OTDRで測定する反射波形は、同じ光ファイバを同じ条件で測定しても同じ波形にはならない場合がある。これは、測定系に起因する雑音成分の影響を受けるためである。したがって、一般に、OTDRでは平均化処理を行い、測定値としている。

OTDRによる測定において、一般に、被測定線路の始端と終端やコネクタ接続部に現れる不要なフレネル反射の影響を取り除くためにマスクの位置と幅を設定する。

OTDRによる測定において、光の入射端からある一定の距離まではフレネル反射の影響により損失などが測定できない範囲が存在する。短距離の光線路を測定する場合には、ダミーの光ファイバを入射端に挿入することによりフレネル反射の影響を抑えることができ、損失測定が可能となる。

() 波長分散測定関連技術について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 波長分散の測定法には、周波数領域と時間領域での測定法がある。JIS C 6827 (光ファイバ波長分散試験方法)では、周波数領域での測定法として位相法が、時間領域での測定法としてパルス法が規定されている。
- B 位相法で用いられる光源には、適当なスペクトルの広がりをもったLEDからの光を分光器で波長選択する方法や波長の異なるLDを用いる方法がある。LEDを光源とする方法は、LDの場合と比較して長距離の測定は困難であるが、測定波長を多く選択でき、測定精度が高い。
- C パルス法は、測定波長ごとの伝搬時間を直接測定する方法である。SM光ファイバの波長分散を測定する場合、パルス法では、高次モードを取り除くためのモードフィルタが必要となるが、位相法では、高次モードの影響は受けなためモードフィルタを必要としない。

〈(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 | |

- () 光ファイバの心線対照技術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IDテストを使用した心線対照において、現用通信光の波長が1.55〔 μm 〕の場合は、一般に、心線対照光の波長として現用通信光と比較して波長の短い1.31〔 μm 〕を適用する。

可視光のうち0.63〔 μm 〕の波長帯を使用した心線対照では、出力端からの出力光を目視で簡易に確認できる利点があるが、光ファイバIDテストを使用した方法と比較して、長距離での心線対照は困難である。

光ファイバIDテストでは、光ファイバを曲げ部により湾曲させ、漏洩した270 Hz変調の心線対照光を曲げ部にある受光素子で検知し、該当心線を心線対照することができる。

多心テープ心線の心線対照における線番の識別方法として、例えば4心MTコネクタが装着されたテープ心線では、あらかじめ1番心線又は4番心線に光を送出しておき、当該線番の出力端で遮光板を可動させ、光ファイバIDテストにて出力光の受光レベルの変動を確認することにより、線番の確認を行う方法などがある。

- () 光ファイバケーブルに関する保守技術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〉

光ファイバの曲げ損失は、波長依存性がないため、心線対照光として1.31 μm 帯波長を用いて、曲げによる異常の発生箇所を確認できる。

光ファイバの長さ方向のひずみを測定する方法としては、ブリルアン散乱光の光周波数スペクトルが、ひずみに比例してシフトする現象を利用したB-OTDRによる測定方法がある。

地下管路区間における光ファイバ接続部の浸水故障は、長期的な破断寿命の短縮、損失の増加のおそれがある。そこで、マンホールの一部の接続点に浸水検知モジュールを取り付けて、光パワーメータで測定することにより、浸水箇所を早期発見することが可能である。

可視光源は、目で見ることができる短波長の青色LDが使用されており、通信に影響を与えることがないため、心線対照に使用する際、通信が行われていないことを確認する必要はない。

- (1) 次の文章はアクセス設備における光ファイバケーブルの配線設計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。ただし、□内の同じ記号は同じ解答を示す。(2点×4=8点)

アクセス設備における光ファイバケーブルの配線設計の基本的な流れは、サービス需要の把握から、光配線エリアの設定、配線方法の選定、光損失設計値の確認などを行い、これらに基づき、□(ア)の決定、接続点の決定、ケーブル心線数の決定などを行う。

光ファイバケーブルの光損失設計は、伝送路光損失Lが許容光損失値L_{max}以下であることを保証するため実施するものであり、許容光損失値L_{max}は、適用する伝送装置のシステム動作範囲である□(イ)から規定される。ここで、伝送路光損失Lは、アクセス設備の構成を踏まえて、一般に、設備センタ内の配線区間損失(以下、所内区間損失という。)をX、設備センタからユーザとの分界点までの配線区間損失(以下、所外区間損失という。)をY、構内配線区間損失をZとすると、次式で表すことができる。

$$L_{max} \quad L = X + Y + Z$$

ただし、 $Y = f(a, b, c, d)$ とし、 $f(a, b, c, d)$ は、下記の項目をパラメータとする関数である。

- a: 光ファイバケーブルの損失 b: □(ウ) 損失
c: 融着接続損失 d: マージン

なお、上式における所外区間損失Yは、ユーザまでの距離や線路形態、接続点数などにより変動し、設計のためのパラメータとして光ファイバケーブルの損失、□(ウ) 損失、融着接続損失及びマージンの関数として、一意的に決定される。

このように、光ファイバケーブルの配線設計では、光損失設計を踏まえて検討し、例えば、地下管路区間における接続点は、施工環境などを考慮して選定され、さらに、布設張力を抑えるため、□(エ)などを優先的に選定するが、光損失値を低減するため、接続点数の低減や□(ア)の変更などを行う必要が生ずる場合がある。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

テープ心線	橋梁部 ^{りょう}	モード分散	ルート
吸収	送受光レベル差	破断点	傾斜部
レイリー散乱	屈曲部	狭あい箇所	コア径
受光レベルと構内配線区間損失差		送出光レベルと所内区間損失差	
経年劣化による送出光レベル変動差		コネクタ接続	

(2) 次の文章は、光ファイバケーブルにおける線路設計など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)

() 光ファイバケーブル伝送システムにおけるマージン設定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>

光ファイバケーブル区間は、故障修理、支障移転によるルート変更などに起因する光損失の増加が考えられる。このように増加が予測される光損失は、マージンとして設計段階で見込む必要がある。

伝送装置におけるLDの出力変動分、APD電流増幅時のレベル変動分、受発光素子の経年劣化に伴うレベル変動分などによる光損失増加分は、一般に、マージンとして見込まれている。

マージンが不足する場合の対策として、ルート長を短縮する、コネクタ接続点を融着接続に変更する、光出力レベルのより高い伝送装置へ変更するなどの方法がある。

光ファイバケーブル伝送システムにおいて、送出光レベルが2 [dBm]、最低受光レベルが-30 [dBm]、光ファイバケーブル損失が0.2 [dB/km]、その他の光損失を考慮しない場合、最大伝送距離が150 [km]であるとき、マージンは、3 [dB]見込まれている。

() アクセス系光配線法について述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

- A ループ無逓減配線法は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用できる。この配線法は、後分岐接続工法を適用することによって、需要への即応と柔軟な対応が可能となる。
- B スター無逓減配線法は、設備センタから最遠端のユーザまで心線を逓減することなく配線するため、ループ無逓減配線法と同様、心線の融通性が高く、需要への即応と柔軟な対応が可能であるが、ループ無逓減配線法と比較してケーブル切断故障などに対する信頼性は低い。
- C スター逓減配線法は、需要が広範囲にわたって散在し、かつ、需要変動も小さく、安定的に発生しているエリアに適用される。この配線法は、スター無逓減配線法と比較して、突発的な需要の発生に対して心線の融通を図ることが難しく、即応性に欠ける。

<(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 | |

- () アクセス系光ネットワークの構築について述べた次の文章のうち、正しいものは、である。

<(キ)の解答群>

光アクセス方式には、使用する伝送媒体の組み合わせにより、光ファイバケーブルだけで構築する形態と既存伝送媒体と光ファイバケーブルを組み合わせで構築する形態があり、光ファイバケーブルだけで構築する形態には、F T T B、F T T C、F T T Hなどがある。

H F Cは、同軸ケーブルと光ファイバケーブルを併用する形態である。ユーザ側からの流合雑音を減少させるなどのため、幹線系は同軸ケーブルで、配線系を光ファイバケーブルで構築した形態である。

S S方式のF T T Hは、設備センタからユーザ側まで光ファイバを直接引き込む形態である。S S方式のF T T Hは、ユーザ相互間で光ファイバを共有しないためアクセス制御の制約は少ないが、一般に、P D S方式のF T T Hと比較してユーザ当たりの設備コストは高い。

P D S方式は、設備センタとユーザ間にE / O変換、多重分離機能を有する能動素子を用いる方式である。

- () 光アクセス設備で適用されるケーブルについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、である。

<(ク)の解答群>

光ファイバケーブルは、使用環境により形状・構造が異なり、主に、とう道などに用いられる難燃性外被を施したF Rケーブル、架空線路区間に用いられる支持線とケーブルを一体化したS S型ケーブルなどがある。

鳥類、げっ歯類などによる生物被害対策としては、ポリエチレン外被に穴などを開けられても心線に影響を及ぼすことがないように、アルミ層をポリエチレン外被の内側に適用したH Sケーブルを用いる方法がある。

光ファイバケーブル内には、テンションメンバや介在対など金属導体があるため、設置環境により、誘導防止対策が必要である。対策としては金属を使用しないI Fケーブルの使用や金属管路への収容などがある。

地下管路区間において、光ファイバケーブル内の一部が浸水した場合、長期間放置しなければ、ケーブル内の金属の腐食に伴い発生した水素による損失の増加などによる伝送特性上の影響はなく、一般に、ガス保守を実施しないW Bケーブルが適用される。