

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
			問1	問2	問3	問4	問5	
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29
		水底線路	8	8	8	8	8	線30～線44
	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45～線49	

- 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桁の数字がある場合、十の位の桁の「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	○	○	○	○	○	○
○	●	B	B	○	○	○	○	○	○
○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

生 年 月 日									
年	号	5	0	0	3	0	1		
平	成	○	●	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		

- 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。
- 試験問題についての特記事項は、裏表紙に表記してあります。

- 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。

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、メタリック伝送線路における減衰量、無ひずみ伝送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)

減衰量は、二次定数の一つである減衰定数の大小によって決定される。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れ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、減衰定数は、これら一次定数から導かれる。

減衰定数の近似式は、一般に、高周波(30(kHz)程度以上)の場合、次のように表される。

$$\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\square(ア)}$$

この近似式において、減衰定数は、R=G=0の場合に零になるが、これは全く減衰しないということを実現するのは不可能であり、□(イ)の関係にある場合に最小の値となる。しかし、実際の伝送路においては、一次定数の関係は、一般に、 $\sqrt{\square(ア)}$ $\sqrt{\frac{R}{G}}$ であり、□(イ)の減衰量最小条件を満足することは困難であることから、減衰量を小さくするにはインダクタンスLを大きくする方法がある。

また、減衰量最小条件は、無ひずみ伝送の成立する条件でもあり、有効周波数帯域全体にわたり、□(ウ)が一定であること、減衰定数が一定であること及び□(エ)が周波数に比例することが必要である。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

$$\frac{L}{R}$$

線路長

$$RL = GC$$

集中定数

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

分布定数

$$RG = LC$$

反射係数

$$\frac{R}{C}$$

位相定数

$$RC = GL$$

電流密度

LC

ボルツマン定数

$$\frac{C}{R} = GL$$

特性インピーダンス

(2) 次の文章は、メタリック伝送線路の特性などについて述べたものである。 内の(オ)、
(カ)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×2=6点)

() 一様線路における伝搬定数、電気的な特性などについて述べた次のA～Cの文章は、
 (オ)。

- A 一次定数には、直列的な要素として導体そのものの抵抗及び導線に電流の流れを阻止するように働くインダクタンス、並びに並列的な要素として導体間の絶縁体を介して存在する静電容量及び漏れコンダクタンスがある。
- B 音声周波帯における減衰定数は、導体抵抗、静電容量及び自己インダクタンスの平方根に反比例する。
- C 位相定数は、単位長当たりの信号波の位相の遅れを表すものであり、位相定数が小さいほど、信号波の伝搬速度が速い。

〈(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 | |

() 特性の異なる幾つかの線路を縦続接続した複合線路など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〉

複合線路では、一般に、多数の接続点で反射を生ずるが、奇数回の反射により送端側に戻る波は伴流(続流)といわれる。

複合線路の伝送特性を解析することは、一様線路と比較して複雑ではあるが、一様線路の解析手法を基本に、テブナンの定理を用いることで容易になる。

特性インピーダンスが Z_0 である一様な線路の受端側にインピーダンス Z を接続したとき、受端の位置角 θ は、 $\theta = \tanh^{-1} \frac{Z}{Z_0}$ となる。

複合線路においては、位置角 θ を用いることにより任意の点の電圧、電流及びインピーダンスを求めることができ、一般に、電圧は \cosh に、電流は \tanh に、インピーダンスは \sinh にそれぞれ比例する。

- (3) 次の文章は、光ファイバ中を伝搬する光の位相速度、群速度、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)

- () 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>

光ファイバ中を伝搬する光の位相速度を V_c 、群速度を V_g とすると、それぞれ以下の関係が成り立つ。ただし、 β は伝搬定数、 ω は角速度、 n は屈折率、 c は真空中の光の速度とする。

$$V_c = \frac{\omega}{\beta}, \quad V_g = \frac{d\omega}{d\beta}, \quad \beta = \frac{\omega}{V_c}$$

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。

S I 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。

最も基本的なモードとなる LP₀₁モードは、波長が短くなると、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、波長が長くなると、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。

- () 非線形光学効果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>

自己位相変調とは、入射された光自身の光強度により光キャリア周波数の位相が変化する現象をいい、これはファラデー効果による光ファイバの屈折率の変化に起因して発生するものである。ファラデー効果により、光パルスの立上がり部分は高周波数側へ、光パルスの立下がり部分は低周波数側へシフトされる。

異なる三つの波長の光が光ファイバ中に入射したときに新たな波長の光が生ずる現象は、一般に、四光波混合といわれ、WDM伝送では、伝送品質の劣化要因となる。

媒質の光学的格子振動と入射光の相互作用により新たな波長の光が発生する現象は、ラマン散乱といわれ、入射光強度が十分大きい場合に生ずる誘導散乱は、誘導ラマン散乱といわれる。

誘導ブリルアン散乱では、後方散乱光のみが強く発生し、また、発生する帯域幅が狭いことから、強い誘導ブリルアン散乱光を発生させるためには、スペクトル幅の非常に狭い入射光が用いられる。

- (1) 次の文章は、光ファイバの損失要因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)

光通信に用いられる石英系光ファイバの損失は、ガラス材料固有の特性に起因する損失と、製造後の外的要因によって生ずる損失に大別される。

ガラス材料固有の特性に起因する損失の一つであるレイリー散乱損失は、□(ア)の揺らぎによって生ずるもので、石英系光ファイバのレイリー散乱損失は、一般に、波長が1〔μm〕では1〔dB/km〕程度であり、波長が1.6〔μm〕では□(イ)〔dB/km〕程度である。ただし、1.6〔μm〕付近から長波長になるにつれて、□(ウ)の影響で急激に損失が大きくなる。

外的要因によって生ずる損失には、マイクロバンドやマクロバンドによる損失などがある。マクロバンドによる損失は、曲率半径が小さく曲げられた光ファイバで、コアとクラッドの境界面に入射する光の角度が境界面の法線と光のなす角度で表したときの臨界角より大きくなると、コアを伝搬する光の一部がクラッド内へ放射されるために発生する。この放射損失を抑えるために、クラッド部分に石英ガラスと比較して□(ア)が十分に小さい□(エ)を設けた構造の光ファイバがある。この□(エ)を含む領域が反射材の働きをするため光を閉じ込める効果があり、曲げに強く、取り扱いが容易な光ファイバコードとして、主に構内や宅内配線などで使用されている。

<(ア)～(エ)の解答群>			
0.1	OH基	量子	空乏層
1.3	赤外吸収	屈折率	フォトン
1.5	フォノン	水素	分子
10.0	透過率	空孔	紫外吸収

- (2) 次の文章は、光ファイバの特徴、構造、光の伝搬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)

- () 誘電体材料の違いによる各種光ファイバの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>

石英系光ファイバは、純粋な石英にゲルマニウム、ホウ素、フッ素などが添加され、低損失で長期的安定性に優れていることから、情報通信ネットワークなどに広く用いられている。

多成分系酸化物光ファイバは、非石英系光ファイバに区分され、ソーダ石灰ガラス、ホウ^{けい}硅酸ガラスなどを主成分としたものが多く、ナトリウム、カルシウムなどの組成比率を変えて増幅率を変化させている。

フッ化物光ファイバは、フッ化ジルコニウムなどを主成分とした光ファイバであり、石英系光ファイバと比較して、赤外吸収が小さく、希土類元素を添加することにより光増幅用光ファイバとして利用されている。

プラスチック光ファイバは、石英系光ファイバと比較して、伝送特性の面では劣るものの、コア径が大きく光デバイスとの接続が容易である、曲げに強く折れにくいなどの特徴を有することから、短距離の光LAN、ビル内や家庭内の配線などに使用されている。

- () 光ファイバの構造パラメータとその測定方法について述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

- A JIS規格において、構造パラメータの一つであるコア非円率とは、コア公差領域を定義する二つの円の直径の差をコア径に対する百分率で表した値と定義されている。
- B ITU-Tの標準化勧告において、コア及びクラッドの偏心率は、MM光ファイバで0.6〔 μm 〕以下、SM光ファイバで3〔 μm 〕以下となるように規定されている。
- C 構造パラメータの測定方法には、光学的方法と機械的方法がある。光学的方法の一つであるRNF法は、コア領域だけでなくクラッド領域も含む光ファイバ全体の屈折率分布の測定が可能である。

<(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 | |

- () 光ファイバの構造、光の伝搬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>

光がコアとクラッドの境界面で全反射を繰り返しながら伝搬するためには、境界面において入射光と反射光との光ソリトン効果により、光パルスの広がりや圧縮が釣り合う必要がある。

誘電体中を伝わる光の速さは分極によって決まり、位相速度は分極の程度を表す屈折率に比例するため、光ファイバ中では屈折率の大きいコアの方がクラッドより光の伝搬速度は速い。

光の平面波が均一な媒質中を伝搬する場合には、光信号の群速度は光の伝搬速度と等しく、一般に、群速度と位相速度との積は媒質中の光の伝搬速度の2乗に相当する。

光ファイバの偏心率と非円率は、一般に、光ファイバ相互の接続損失及び光デバイスとの接続損失に及ぼす影響に比べ、伝送特性に及ぼす影響が大きい。

- () 光ファイバの伝搬モード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>

光ファイバ中の伝搬モード数は、光ファイバのコア及びクラッドの屈折率、コア径のほか、使用波長により決まることから、同じ光ファイバであっても、ある波長ではシングルモードでも、異なる波長ではシングルモードにはならない場合がある。

光の電界強度がコアの径方向に180度又は360度変化するような反射角度を持ち、コア内に閉じ込められた特定の電界分布を持つ光の伝搬の仕方は光の伝搬モードといわれ、MM光ファイバでは、一つの波長に伝搬モードが複数存在する。

光ファイバが単一モード伝搬となるためには、コアの半径を a (μm)、コアの屈折率を n_1 、クラッドの屈折率を n_2 、波長を λ (μm) としたとき、次式で表される規格化周波数が、2.405より大きくなるのが条件である。

$$= \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

光は、波の性質と粒子の性質を併せ持っており、光を粒子すなわち離散的な量子として捉えるとき、光子といわれ、そのエネルギーは周波数に比例するため、波長が短いほど光のエネルギーは高い。

- (1) 次の文章は、光ファイバの分散補償技術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)

分散補償技術には、非線形光学効果を利用して位相共役波、ソリトンなどを発生させる又は外部位相変調器を利用して□(ア)を行うなどの能動型のものと、分散補償ファイバ(DCF)、PLC、FBGなどの線形素子を利用する受動型のものがある。

光ファイバによる分散補償は、伝送路として使われる光ファイバの前又は後ろに、DCFを接続することにより行う。DCFの主要な目的の一つは、波長1.3μm帯で波長分散がゼロの標準型SM光ファイバを、EDFAが使用可能な1.55μm帯で使用可能とすることである。標準型SM光ファイバは1.55μm帯において、約□(イ) [ps/nm/km]の波長分散値を有するため、DCFは、短い長さでこの値をキャンセルするために必要とされる、絶対値が□(ウ)の波長分散値を持つことが要求される。そのため、DCFはコアとクラッドの屈折率差を大きくしてコア径を小さくすることにより、1.55μm帯において、材料よりも導波路構造が波長分散に及ぼす影響を大きくしている。

光ファイバの分散スロープ補償率の指標として、分散スロープと波長分散の比で表される□(エ)というパラメータが使われる。一般的なDCFの設計においては、分散スロープの絶対値のみを大きくすることは非常に困難であり、波長分散の絶対値がある程度大きくなるように設計せざるを得ない。このことから、□(エ)値が小さい伝送路ほど、DCFによりフラットな波長分散特性を得ることが容易となる。

<(ア)~(エ)の解答群>

- 3 4	ブリチャーピング	小さくかつ負	MFD
- 1 7	ポンピング	DSF	小さくかつ正
1 7	大きくかつ負	レンジング	FOM
3 4	RDS	クリーピング	大きくかつ正

(2) 次の文章は、石英系光ファイバ心線の構造及び特性、光ファイバケーブルの基本構造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、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>

光ファイバを被覆したものを光ファイバ心線といい、その構造は、一般に、内側からガラス、一次被覆、比較的柔らかい緩衝層、硬い二次被覆の順になっている。

低温環境では、光ファイバ心線の被覆材料とガラスの膨張係数の違いから、光ファイバの長手方向に応力が加わる。この応力により、光ファイバ心線の屈曲部の曲げ半径が小さくなり、損失が増加する場合がある。低温時の損失増加を防ぐためには、一次被覆を厚くして、曲げ半径の減少を抑制する対策が採られている。

3層構造の光ファイバ心線では、側面に大きな外力が加わったときに二次被覆が塑性変形を起こすと、側圧荷重が直接光ファイバに加わるため、損失増加や破断に至るおそれがある。また、二次被覆がいったん塑性変形すると、外力を取り除いた後も変形が残り、側圧荷重が光ファイバに加わり続けることから、加わると予想される外力が弾性変形の範囲になるように、二次被覆の寸法や材料定数が設計される。

光ファイバは、線引き装置を用いてプリフォームを約2,000〔 〕の高温に加熱して柔らかくし、細く長く引き伸ばして製作される。線引きすることにより、光ファイバには、プリフォーム内と相似の屈折率分布形状が形成される。

() 光ファイバケーブルの基本構造などについて述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

A 光ファイバは、側面に不均一な圧力が加わるとマイクロバンド損失が生じ、また、張力が加わるとグリフィスフローといわれる光ファイバ表面の微小クラックが成長し破断に至るおそれがある。光ファイバケーブルは、光ファイバを外力、張力、曲げなどから保護する構造を有している。

B 光ファイバを外力から保護する構造としては、タイトタイプとルースタイプの2種類に大別することができる。タイトタイプは光ファイバを動かないように固定して耐力を高めるものであり、ルースタイプは光ファイバをフリーにして外力の影響を緩和するものである。

C スロット型光ファイバケーブルは、溝のように一部が開かれた空間に複数の心線を挿入する構造である。溝を形成する材料に硬い材料を用いて側圧に対する変形を少なくし、温度変化による空間の変形や長さ変化に対して光ファイバの移動を拘束しないように溝の寸法を設計することで、光ファイバに加わる側圧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 | |

- () 光カブラの構造と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>

光信号を結合又は分岐するための基本デバイスである光カブラは、一般に、バルク型、ファイバ型、プレーナ光波回路型に分類される。プレーナ光波回路型カブラは、レンズ、ミラーなどにより構成され、安定性、寸法などの点で、バルク型やファイバ型に劣るが、フィルタなどの光部品を挿入し、高機能化を図ることが容易である。

ファイバ型光カブラには研磨型と融着延伸型があり、いずれの型も2本のファイバのコアを近接させてコアを伝搬する光波の磁界の共鳴を利用することにより光信号を結合又は分岐している。研磨型光カブラは、製造時にコアの間隔を調整することにより必要な結合比とすることが可能である。

融着延伸型光カブラは、複数本の光ファイバを並べて融着及び延伸して双円錐状のテーパを形成したものである。テーパ部はコア径が細くなっているため、入射した光の閉じ込めが強くなり、他方の光ファイバに光パワーが移行して伝搬モード間に結合が生ずるもので、結合比は入射光のパワーによって変化する。

プレーナ光波回路型の2入力2出力光カブラは、光信号の結合又は分岐の機能を持つ最も基本的な光デバイスであり、2本の光導波路は数[μm]の間隔にまで近接しており、光導波路中の光信号は相互に作用しながら伝搬する。結合比は、2本の光導波路の結合部の間隔と長さの設計により、調整が可能である。

- () 光ファイバの強度保証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>

プリフォームから光ファイバへの線引き時にほこりが付着すると、光ファイバ表面を傷付けるおそれがあるため、線引き直後に一次被覆を施すとともに室内をクリーンルーム化するなど、製造時の環境条件にも注意が必要である。

浸水状態を放置した光ファイバの破断確率は、乾燥状態と比較して10倍以上となる場合がある。光ファイバは、一定期間浸水していると破断確率の上昇を抑制することができなくなるため、浸水発見から修理完了までの期間を、一般に、30日以内としている。

スクリーニング試験では、光ファイバの全長にわたって所定の応力やひずみを所定の時間加え、低強度の部分を破断させて取り除く。この応力やひずみのレベルは、ケーブルの製造や布設工事中に加わる引張ひずみ、布設後の残留ひずみ、ケーブルの温度変化に伴うひずみなどに基づき算定される。

石英ガラスの引張強度は、鋼の約2倍、銅やアルミニウムの10倍以上ある。しかし、光ファイバ表面に傷があると、光ファイバに張力が加わった場合、この力は傷に集中し、許容応力を超えると一気に破断する。これはガラスが脆性材料であるためである。

- (1) 次の文章は、光ファイバの損失測定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)

光ファイバの損失測定法は、光ファイバを伝搬する光の減衰量を直接測定する透過光法と、光ファイバのコアで発生する□(ア)による後方散乱光を測定する後方散乱光法の二つに大別される。さらに、透過光法は、カットバック法と挿入損失法に分けられる。

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、JISによる規定では、被測定光ファイバを入射端から□(イ)の位置でカットバックし、その切断位置での光パワーを測定することによって入射光パワーを得るものである。カットバック法は、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することができる。

後方散乱光法による測定には、一般に、光源から検出器、信号処理装置までをすべて内蔵したOTDRが用いられ、OTDR法ともいわれる。OTDRの光源には出力が高く安定したLDが使用されるが、短距離測定の場合、一般に、光源から入射する光の□(ウ)するほど測定分解能が高くなるかわりに□(エ)が悪くなり、測定可能距離が短くなる。

<(ア)~(エ)の解答群>

20 [cm] ~ 30 [cm]	ランバート反射	透過率
1 [m] ~ 2 [m]	パルス幅を広く	群遅延特性
5 [m] ~ 10 [m]	ゼーベック効果	レイリー散乱
20 [m] ~ 30 [m]	パルス幅を狭く	解像度
ピークパワーを大きく	ブリルアン散乱	S/N比
ピークパワーを小さく		

(2) 次の文章は、光ファイバケーブルの監視、保守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の非ガス保守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は、メタリックケーブルとは異なり、ケーブル内に水が浸入しても直ちに伝送特性には影響を及ぼさないため、非ガス保守が可能であるが、浸水を長期間放置した場合は、ケーブル内の金属の腐食などにより発生する水素の影響で損失が増加し、伝送特性に影響を及ぼす場合がある。

非ガス保守方式は、防水材料による止水技術と、浸水を監視、検知する技術を組み合わせたものである。

非ガス保守としている地下光ファイバケーブルは、一般に、各接続点に浸水センサを設置している。浸水センサは、水の浸入により曲げ付与部が光ファイバ心線に曲げを与え、破断させる構造となっており、破断位置をOTDRで検出することにより、浸水位置を特定することができる。

WBケーブルに用いられるWBテープは、不織布に吸水材料が塗布してあり、浸水すると吸水材料が吸水、膨張しながらゲル化してケーブルの隙間を埋め尽くし、止水ダムを形成してそれ以上の浸水を防止するものである。

() 光ファイバケーブルの破断箇所の探索方法などについて述べた次のA~Cの文章は、□(カ)。

A 破断した光ファイバケーブルに光パルスを入射すると、破断箇所での急峻な屈折率変化によりブラッグ反射が生じ、入射した光の一部が入射端に戻ってくる。OTDRは、光が入射端に戻ってくるまでの時間を測定し、距離換算することにより破断箇所を推定できる。

B 光ファイバケーブルの破断箇所は、一般に、OTDRを用いて破断の疑いのある箇所を推定し、推定された箇所付近を光ファイバIDテスト、可視光線などを用いて探索することにより特定される。

C 接続用クロージャ内や光ファイバコードの破断箇所は、可視光源を用いて漏れ光を目視することにより確認することができる。可視光源には、一般に、赤色LDが使用されている。

<(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 I D テスタを用いた、光ファイバの心線対照など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>

ユーザ近傍の引込区間などに導入されている R 1 5 心線といわれる光ファイバは、曲げに強く、曲げを与えても光信号が心線の外部に漏れないことから、光ファイバ I D テスタによる心線対照ができない。

光ファイバ I D テスタの送信部から送出される心線対照光は、波長が通信で 사용되는波長より短波長の光であるため、同じ曲げ半径であっても、通信用の光より漏れが大きく検出が容易である。

光ファイバ I D テスタによる心線対照には、通信用の光や自然光の漏れなど心線対照光以外の光パワーの誤検出を防止するため、一般に、2 7 0 [H z] の変調光が用いられている。

光ファイバ I D テスタは、受信部で光ファイバ心線に曲げを与え、その曲げ部から漏れる光を検出して心線対照する装置であり、通信品質に影響を及ぼすことから、通信が行われていない時間帯に使用しなければならない。

- () O T D R の機能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、 である。

<(ク)の解答群>

O T D R で観測される波形では、光ファイバの途中に接続点、破断点又は特性上の不連続点があると、その点でパルス状の反射波や段差、直線の傾きの変化が表示され、この段差の大きさを測定することで接続損失や不連続点の程度を知ることができる。

O T D R は、光ファイバの長さ方向においてどの点でも後方散乱係数が同じものとして、行きの光パルスの減衰量と帰りに発生する後方散乱光の減衰量から伝送損失を求める装置であり、接続された光ファイバのそれぞれの後方散乱係数が異なる場合には、接続損失がマイナスに測定される場合もある。

O T D R では、受光素子である A P D のショット雑音、A M P の熱雑音などの測定系に起因する雑音成分の影響を受けるため、繰り返し測定を行い、得られたデータの平均値を測定値として採用している。

O T D R において、光出射端近傍の反射光が観測される点から最遠端のフレネル反射が観測される点までの範囲は、一般に、ダイナミックレンジといわれ、ダイナミックレンジが大きい O T D R ほど長い距離の光ファイバ損失を測定できる性能を有している。

- (1) 次の文章は、アクセス系ネットワークにおける光ファイバケーブル接続点の決定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)

アクセス系ネットワークにおいては、心線の融通性、心線切替の迅速性及び保守性を勘案して、極力、コネクタ接続を適用することとしている。ただし、管路区間においては、コネクタ部の大きさの問題、管路区間の□(ア)を高精度に算出することが困難であるなどの理由により両端コネクタ付ケーブルが適用できないことから、ケーブルの牽引側では融着接続を、繰出し側ではコネクタ接続を採用することとしている。

無遮断配線法が適用される場合には、一般に、□(イ)を用いることにより、建設時にはケーブル接続点を少なくして長尺ケーブル布設を行うことが可能であるが、サービス開始後に□(イ)を多用することはケーブル解体時に現用回線への影響が懸念される。このため、ルート決定の段階において、光ファイバアクセス設備の構成、使用する装置の特性などから決まる□(ウ)を考慮して分岐点を決定し、必要な分岐心線数のみを接続するポイントを設定しておくことが望ましい。

ケーブル接続点の決定に当たって留意すべき事項には、

多心線数を引き込む必要のあるユーザビル近傍やき線点近傍に接続点を設定する

管路区間におけるケーブル接続点は、建設作業及び保守運用作業の容易性を考慮し、環境条件の良好なマンホールに設定する

□(エ)を適用するエリアのき線ケーブルとビル引込みケーブル相互の心線接続は、信頼性確保の観点から、時計回り、反時計回りの心線に分散することを考慮して接続点を設定する

などがある。

<(ア)～(エ)の解答群>

ケーブルピース長	スター配線法	許容分散値	管路内径
メッシュ型配線	ケーブル構造	F D配線法	布設張力
後分岐接続工法	ループ配線法	最大牽引力	S Z工法
たぐり寄せ工法	許容光損失値	張力増加率	融着接続機

- (2) 次の文章は、アクセス系光ファイバケーブルの配線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)

- () アクセス系光ファイバケーブル配線法の種類、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、□(オ)である。

<(オ)の解答群>

ループ無逓減配線法は、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、任意の箇所で任意の心線数での後分岐が可能であることから、他の配線法と比較して、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である。

スター無逓減配線法は、一般に、通信土木設備の制約などによってループ無逓減配線法の適用が困難なエリアに適しており、散在するユーザの所要心線数に応じて配線していることから、ループ無逓減配線法と同様に、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である。

スター逓減配線法は、一般に、需要が広範囲にわたって散在し、かつ、需要変動も小さく、需要が安定的に発生するエリアに適しており、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、即応性に欠ける配線法である。

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適用され、管路設備がメッシュ状に構築されている大都市ビジネスエリアなどではループ配線法が適用される。

- () アクセス系光ネットワークの構成などについて述べた次のA~Cの文章は、□(カ)。

- A 光ファイバケーブルだけでネットワークを構成する形態としては、光ファイバケーブルを直接家庭に引き込むF T T Hや、ビル内に引き込むF T T Bなどがある。この形態では、一般に、ユーザ宅内にO L Tを、設備センタ側にO N Uを設置することにより、光ファイバの特性を十分に利用できるため、広帯域サービスに最も適している。
- B 既存のメタリックケーブルと光ファイバケーブルを組み合わせるネットワークを構成する形態としては、F T T CやH F Cなどがある。この形態では、既存の設備を利用することによって建設コストの低減が可能であるほか、メタリックケーブルのみの形態と比較して、より高速の信号伝送が可能になる。
- C P O Nは、設備センタとユーザ宅の途中に受動素子を用いた光分岐回路などを設置し、設備センタからの光信号を分岐してユーザ宅に接続する形態である。また、P D SはP O Nにおける光分岐回路を光多重化装置に置き換えたものであり、ユーザ数が増加しても1ユーザ当たりの使用可能帯域は変わらない。

<(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 | |

- () 光ファイバケーブルの種類、構造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>

アクセス系ネットワークで使用される光ファイバケーブルは、使用場所により、加入者光ファイバケーブル、局内光ファイバケーブル及び構内・宅内光ファイバケーブルに大別され、これらは基本的な構造及び外被の種類は同じであるが、テンションメンバは使用環境により異なっている。

加入者光ファイバケーブルには、送電線沿線や鉄道線路沿線など強電界地域での誘導対策用のノンメタリックケーブル、地下直接埋設用のコルゲートシースケーブルなどがある。コルゲートシースケーブルは、ノンメタリックケーブルと比較して、一般に、軽量であり小さな張力で布設可能な構造になっている。

自己支持形光ファイバケーブルは、ケーブル外被の外側にテンションメンバと吊架用^{ちよう}ストランドワイヤを一体化した支持線を有する構造であり、丸形ケーブルと比較して、一般に、ダンシング現象を起こしにくい特徴を有している。

局内光ファイバケーブルには、局内設備の延焼防止及び安全性が要求されることから、PEケーブルと比較して、難燃性、耐火性、耐熱性などに優れたPVCケーブルのほか、燃焼時に有害ガスが発生せず、鉛化合物による環境汚染などのおそれがないノンハロゲンケーブルなども用いられる。

- () 光ファイバ通信システムの設計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>

光ファイバ通信システムで伝送される信号の品質は、一般に、SN比と波形ひずみによって決まる。SN比と波形ひずみを決める重要な要素は、通信用光ファイバケーブルの分散及び損失であり、一般に、SN比は分散により、また、波形ひずみは損失によって決まる。

アクセス系光ファイバ通信システムの設計においては、光配線エリア内で最遠端となるユーザまでの光損失の合計が、許容光損失値を満足する必要がある。波長が $1.3\ \mu\text{m}$ 帯を使用するシステムの許容光損失は、標準的に、 $22\sim 24$ [dB]とされており、 10 [km]以上のシステム設計が可能である。

光ファイバ通信システムは、経年劣化により光送受信器などに性能劣化が生ずるため、設計段階においてあらかじめシステムマージンを見込んでおく必要がある。このシステムマージンには、光ファイバケーブルの故障修理及び支障移転に伴う光損失の増加分は、光ファイバケーブルの布設状況などにより異なることから、含まれない。

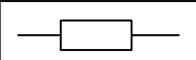
光ファイバ通信システムの伝送路許容光損失値は、使用する光ファイバケーブルの損失、コネクタ接続損失、光ファイバケーブルと光送受信器との結合損失などからなる光ファイバケーブル設備の光損失を合算した値である。

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、旧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(きょうたい) ・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。