

注 意 事 項

- 1 試験開始時刻 1 4 時 2 0 分
- 2 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	1 5 時 4 0 分
「専門的能力」のみ	1 科 目	1 6 時 0 0 分
「専門的能力」及び「電気通信システム」	2 科 目	1 7 時 2 0 分

- 3 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 41
	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 2 0 ま で					2 0 線 42 ~ 線 45

- 4 受験番号等の記入とマークの仕方

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 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 0 1 C F 9 4 1 2 3 4

生年月日 昭和 5 0 年 3 月 1 日

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

生 年 月 日									
年 号	5	0	0	3	0	1			
平成	0	1	1	0	1	0	0	0	0
昭和	1	1	1	1	1	1	1	1	1
大正	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	9	9	9	9	9	9	9	9	9

- 5 答案作成上の注意

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 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。

- 6 合格点及び問題に対する配点

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

- 7 登録商標などに関する事項

- (1) 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。
- (2) 試験問題では、® 及び ™ を明記していません。
- (3) 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、平衡対ケーブルの一次定数と二次定数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)

平衡対ケーブルは、長手方向に均一で一様な線路であり、その電気特性は □ (ア) 定数回路として扱うことができる。この線路の往復導体の単位長さ当たりの抵抗を R 、インダクタンスを L とし、また、往復導体間の単位長さ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、これらの R 、 L 、 G 、 C は、線路の一次定数といわれる。

一次定数から誘導される □ (イ) 定数 γ 及び特性インピーダンス Z_0 は、次式で表される。

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

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = |Z_0| e^{j\varphi}$$

ただし、 j は虚数記号を、 ω は伝送波の角周波数を、 φ 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。

この □ (イ) 定数 γ の式において、実数部 α は □ (ウ) 定数、虚数部 β は □ (エ) 定数といわれ、これらの γ 、 α 、 β 、 Z_0 は線路の二次定数と総称される。

〈(ア) ~ (エ)の解答群〉

伝 達	位 相	集 中	遅 延
相 加	伝 搬	減 衰	分 布
増 幅	反 射	等 価	伝 送

(2) 次の文章は、複合線路の電氣的諸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)

() 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＞

伝送系の位相量を表す単位には、ラジアン[rad]あるいは度[°]などがある。ひずみのない伝搬速度の速い線路を得るためには、位相量は、できるだけ小さく、周波数に比例することである。

伝送系の減衰量を表す単位には、ネーパ[Np]とデシベル[dB]がある。ネーパは二点間の信号電力比を自然対数で表したものに $\frac{1}{2}$ を乗じたものであり、デシベルは、二点間の電力比を常用対数で表したものに10を乗じたものである。

通信電力の絶対値を表す単位として用いられる[dBm]は、1[mW]を基準値としている。1[mW]は0[dBm]、100[mW]は20[dBm]、1[W]は30[dBm]と表される。

伝送系において、ある点と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う。相対レベルの単位は、[dBm0]で表される。

() 反射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＞

特性インピーダンスが Z_1 と Z_2 の異なる二つの一様線路が縦続に接続されている場合、特性インピーダンス Z_1 側からの入射波について、 $Z_1 < Z_2$ のときは、電圧反射係数は負、 $Z_1 > Z_2$ のときは、電圧反射係数は正となる。

線路の受端が開放されている場合は、受端において入射波は全反射されるが、このとき、電圧、電流ともに入射波と同位相で反射される。

線路の受端が短絡されている場合は、受端において入射波は全反射されるが、このとき、電圧は入射波と同位相で反射され、電流は逆位相で反射される。

局部的に同軸ケーブルが変形して外部導体半径がわずかに小さくなった場合、その場所の静電容量が ΔC だけ増加し、インピーダンス不均等が生じて反射が起こる。この場合、 ΔC が小さくても周波数が高くなるほど反射係数は大きくなる。

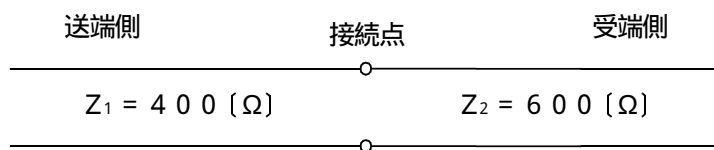
() 反射係数及び透過係数などについて述べた次の A ～ C の文章は、(キ)。

- A 特定のインピーダンス Z_1 を持つある線路の受端に、インピーダンス Z_2 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、電圧透過係数は $1 - m$ 、電流透過係数は $1 + m$ で表される。
- B 特定のインピーダンス Z_1 を持つある線路の受端に、インピーダンス Z_2 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、 $20 \log_{10}(\frac{1}{m^2})$)と表される。
- C 特性の異なる複数の線路を縦続に接続した複合線路においては、複数の接続点において繰返し反射が生ずるが、奇数回反射した波、偶数回反射した波と主信号の比をそれぞれ逆流係数及び伴流係数(続流係数)という。

〈(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	

() 図に示す複合線路において、送端側の特性インピーダンス Z_1 を $400 [\Omega]$ 及び受端側の特性インピーダンス Z_2 を $600 [\Omega]$ としたとき、二つの線路の接続点における各種数値について述べた次の文章は、(ク) が正しい。



〈(ク)の解答群〉

電流反射係数は、 -0.8 である。	電圧反射係数は、 0.8 である。
電流透過係数は、 0.8 である。	電圧透過係数は、 -0.8 である。

- (1) 次の文章は、光ファイバ中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)

光ファイバの構造は、コアといわれる中心部と、これを同心円状に取り囲むクラッドからなり、クラッドの屈折率をコアの屈折率より、わずかに (ア) なるように設計されている。

このような構造の光ファイバに、臨界角より小さい角度で入射した光は、コアとクラッドの境界面で全反射を繰り返しながら光ファイバ内を伝搬していく。一方、臨界角を超える角度で入射した光は、境界面で反射するたびに入射光の一部がクラッドへ透過し、次第に減衰するので、ある程度以上の距離を伝搬することはできない。

また、光の反射・屈折についての (イ) の法則より、比屈折率差(コアとクラッドの屈折率差とコアの屈折率との比)が大きいほど、光ファイバで受光可能な入射角が大きくなることが導かれる。

n_1 をコアの屈折率、 n_2 をクラッドの屈折率とし、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、開口数(NA)は、次式で表される。

$$NA = \sin \theta_{\max} = \text{ (ウ) }$$

この開口数(NA)は、光源と光ファイバの結合効率に影響を与える基本的なパラメータであり、開口数(NA)が大きいほど、光ファイバは多量の光を受け入れることができる。

(エ) はLEDと比較して、光源の放射角が非常に広いため、光ファイバと光源の結合効率を高くすることができる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

小さく	大きく	LED	PD
APD	$\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$	$\sqrt{n_2^2 - n_1^2}$	$\sqrt{n_1^2 + n_2^2}$
$\sqrt{n_1 + n_2}$	LCD	スネル	ブランク
ブラッグ	ストークス		

(2) 次の文章は、光ファイバによる伝送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)

() 光ファイバの伝搬モード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〉

コア内に閉じこめられた光は、クラッドとの境界面で全反射を繰り返して伝搬するが、このとき反射光どうしの干渉によってお互いに強め合う(位相が一致する)場合には遠くまで光が伝搬し、それ以外の(位相がズれる)場合には遠くまで伝搬せずに途中で消滅する。

コア内に閉じこめられた光は、クラッドとの境界面で全反射を繰り返して伝搬するが、ある特定の角度で反射しながら消滅せずに伝搬していく光の組を伝搬モードと呼び、入射角度の大きいものから、1次モード、2次モード・・・N次モードといい、1次モードは基本モードといわれる。

伝搬モードが一つしか存在しない光ファイバは、シングルモード光ファイバといわれる。しかし、伝搬モード数Nは波長 λ の関数であるため、ある波長に対してはシングルモードとなっても、ある波長よりも短い波長ではシングルモードとはならない。

波長を一定とした場合、コア径や屈折率差を大きくすると、多数の伝搬モードが存在するようになる。このことから、シングルモードの光ファイバとするためには、マルチモード光ファイバと比較して、コア径を十分に小さく、かつ、屈折率差も十分小さくする必要がある。

() 光ファイバ通信の伝送帯域などについて述べた次のA～Cの文章は、 (力) 。

A マルチモード光ファイバは、シングルモード光ファイバと比較して伝送帯域幅が狭い。マルチモード光ファイバのうち、屈折率分布がコア中心からクラッドに向けて連続的に変化するグレーデッドインデックス形は、コア中心からクラッドに向けてステップ的に変化するステップインデックス形と比較して伝送帯域幅が広い。

B 一般に、すその広がりのない理想的な単一パルス波形(インパルス)を光ファイバに入射した場合でも、ある距離を伝搬させると、出射点(受信点)においては幅の広がったパルスとして観測される。しかし、光ファイバ伝送路の途中において放射モードが存在しない(すなわち入射エネルギーがすべて保存された)ときは、パルス波形にひずみは生じない。

C マルチモード光ファイバの伝送帯域測定法は、周波数領域での測定と時間領域での測定とに大別される。

〈(力)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、(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。

1.55 μm ゼロ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、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、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。

- () 光ファイバの光損失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＞

放射損失とは、光ファイバ内を伝搬する光が光ファイバ材料自身によって吸収されることによる損失である。光ファイバ材料のガラスが持っている固有の放射損失のほか、ガラス内に含まれる不純物による放射損失がある。

レイリー散乱損失とは、光ファイバの屈折率のゆらぎにより光ファイバ中で生ずる損失である。レイリー散乱の大きさは波長の 4 乗に比例するため、伝搬する光の波長が長くなるほど大きくなる。

接続損失とは、光ファイバどうしを接続した際の損失のことである。接続損失の要因としては、コアの軸ずれが大きな要因であり、接続損失を小さくするためには、光ファイバのコアを正確に突き合わせることが重要である。

結合損失とは、発光素子と光ファイバの結合により発生する損失である。結合損失は、発光素子の光ビームの広がりの違いに依存するが、光ファイバの構造(コア径の違い)には依存しない。

- (1) 次の文章は光ファイバケーブルの基本特性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要求される特性には、布設時における機械的特性や屋外設置環境での長期信頼性などがある。基本的な特性としては、□(ア)、曲げ特性、側圧特性、温度特性、さらに光ファイバの寿命などがあり、ケーブル化技術においては、これらの諸特性を考慮して設計される。

一般に、光ファイバケーブルは、布設時に、強い張力が加わるため、光ファイバケーブルの伸びが許容値以下に収まるように適切な□(イ)が必要となる。そのため、光ファイバケーブルの中心又は外周に□(イ)率の高い鋼線、FRP、ケブラーなどからなる抗張力体が用いられる。また、布設時の光ファイバケーブルに対する曲げは、限られた設置空間を有効に利用しつつ、ケーブル外被の座屈回避や光ファイバ心線の曲げひずみを許容範囲内にすることがあることから、一般に、ケーブル外径のおおむね□(ウ)倍の最小曲げ半径を確保することで安定した伝送特性の維持を図っている。

また、光ファイバの表面に小さな傷があると、何らかの応力によるひずみや高温多湿の環境要因によって傷が成長し、ついには破断することがある。そのため、製造段階において微小な傷などによる影響を排除するため、光ファイバに張力をかけ、低強度部分を破断させて取り除く□(エ)試験を行っている。

このように光ファイバケーブルの基本特性を満足するケーブル材料及び構造などを採用することで、信頼性の向上、伝送品質の安定化を図っている。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

6～10	30～50	60～100	引張り強度
導電	ヤング	スクリーニング	光パルス
低温脆性 ^{ぜい}	しごき特性	熱膨張	クリーピング

(2) 次の文章は、光ファイバケーブルの基本構造、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)

() 光ファイバケーブル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、(オ) である。

＜(オ)の解答群＞

光ファイバケーブルの構造として、タイト形とルース形などがある。一般に、タイト形ケーブルの場合、許容伸び率の目安は2〔%〕程度であり、ルース形ケーブルの場合は、ルースチューブなどに収容される光ファイバに余長を持たせることにより、4〔%〕程度の伸び率まで許容される構造となっている。

ルースチューブ形ケーブルは、ルースチューブの外径が光ファイバの外径と比較して大きいので、ケーブルの外径が大きくなる傾向があるが、ルースチューブがある程度変形しても光ファイバにほとんど力が加わらないので、一般に、外圧による伝送損失への影響を受けにくい。

テープスロット形ケーブルは、複数の二層構造心線を平行に並べ、UV被覆を施した高密度テープ心線とすることにより、心線の収容密度が高められているとともに、テープ心線の多心一括接続が可能となっている。

光ファイバケーブルは、布設時や余長処理時などに曲げを受けるが、曲げに対して安定した伝送特性を維持することが必要であるとともに、光ファイバの破断寿命の観点から、与える曲げひずみは許容範囲内に収めなければならない。

() 光ファイバ心線の構造などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 光ファイバ心線は、温度特性や機械特性を考慮して基本的に多層被覆が施されている。一般に、内層には柔らかい被覆、外層には硬い被覆が施されており、硬い外層被覆は、しごきや側圧などの外圧から光ファイバを保護する機能がある。
- B 被覆材が二層構造の光ファイバ心線は、一般に、三層構造のものと比較して機械的強度が小さいため、タイト形ケーブルのように心線を直接集合すると側圧などの外力によって光損失が増加しやすい。
- C 光ファイバの被覆材は、一般的にプラスチック樹脂が使用されているが、プラスチックの熱膨張係数は、一般に、 10^{-7} 〔1/〕のオーダーであり、一方、光ファイバの熱膨張係数は 10^{-4} 〔1/〕のオーダーである。このため、温度上昇により光ファイバと被覆材との伸縮量が大きく異なり、マイクロベンドによる伝送損失が増加する。

＜(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 | |

- () 光ファイバ増幅器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〉

希土類ドープ光ファイバ増幅器は、希土類元素を添加した光ファイバ中を信号光と励起光を伝搬させることにより、進行波形の高効率増幅器を実現している。また、光ファイバどうしの接続を含めて、他の光部品との整合性が良いため、接続損失を小さくできる利点がある。

希土類ドープ光ファイバ増幅器は、コア内に添加した組成元素の離散的なエネルギー準位の遷移を利用しているため、特定の波長帯でしか光信号の増幅効果を得られない。

一般に、希土類ドープ光ファイバ増幅器は、半導体レーザ増幅器と比較して、低い励起光パワーで駆動できる特徴がある。

希土類ドープ光ファイバ増幅器は、半導体レーザ増幅器と異なり、ショット雑音、ビート雑音などの雑音は生じない特徴がある。

- () 光ファイバの分散制御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〉

光ファイバにおけるコアとクラッドの境界面での全反射現象は、光が一部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によって、伝搬経路の長さの違いから、到達時間の違いが生じ、パルス幅が広がる現象が発生する。この現象は、光の波長が短くなると顕著に生ずるものである。

通常のシングルモード光ファイバの低分散領域は、波長 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 近傍にあり、低損失領域は波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 近傍にあることが知られている。そこで、損失だけでなく、全分散値も最小になるように制御して、ゼロ分散波長を $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 帯から $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯にシフトさせた光ファイバを $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯分散シフト光ファイバという。

既設の $1.3\text{ }\mu\text{m}$ ゼロ分散光ファイバに対して、光増幅器と併用して、 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯の通信光を使用する場合、伝送距離は損失制限より分散制限が支配的になる。そこで、 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯で符号が逆の分散特性を持つ分散フラット光ファイバを既設の光ファイバに接続して、分散を相殺するようにすれば、伝送距離を延長させることができる。

一般に分散シフト光ファイバでは、添加剤などでコアの屈折率分布を三角形や鋸状^{のこぎり}などに変える工夫を加えてモード分散の値を変化させることで、ゼロ分散値を制御している。

- (1) 次の文章は、電気通信に対する誘導妨害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)

電気通信に対して誘導妨害を起こす主な誘導源には、電力線や電気鉄道などの強電流施設や、放送波、雷などがある。

強電流施設による誘導には、 (ア) と (イ) の2種類がある。 (ア) は、強電流施設の近傍で発生する現象で、その誘導源は電圧成分であり、通信ケーブルに遮へい用の金属シースを設けるなどの比較的容易な対策で防護が可能である。一方、 (イ) は、電流成分を誘導源とする現象であり、その影響範囲は広く、かつ、対策も困難である。

放送波による誘導妨害は、通信ケーブルがアンテナとなって電波を受信し、通信信号や伝送信号に対する雑音となるものをいい、通話妨害や (ウ) の低下による伝送品質の劣化を引き起こすものである。

また、雷による誘導妨害は、大部分が通信線の近傍への落雷によって誘導される誘導雷によるものであり、誘導雷による雷サージの機器への侵入を防護するため、 (エ) などが用いられている。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

アレスタ	減衰	自己誘導	S N比
相互誘導	誘導電圧	特性インピーダンス	静電誘導
ブースタ	電磁誘導	スプリッタ	導体抵抗
誘導電流			

- (2) 次の文章は、電気通信に対する誘導妨害の種類とその対策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)

- () 強電流施設からの誘導雑音の影響と対策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＞

送電線に通信線が接近・平行していると、送電線の電圧及び電流のために通信線に電圧が誘起され、誘導妨害が発生することがある。したがって、送電線に接近・平行して通信線を新設する場合、誘導妨害の影響を事前に考慮し、対策を講ずる必要がある。

交流電気鉄道は、トロリー線とレールの間に交流を印加して電車を走らせているが、主な方式としてトランスの挿入方法の違いによりB Tき電方式とA Tき電方式がある。いずれの方式においても、通信線に生ずる誘導電圧としては、給電電流の基本波成分による常時誘導電圧と高調波成分による誘導雑音電圧がある。

直接接地方式をとる架空送電線に1線地絡事故が生じた場合、地絡電流が大地帰路電流となって流れるため、隣接する通信線 - 大地間に電圧を誘起する。これは、異常時誘導縦電圧といわれる。

誘導防止対策には、誘導を与える強電流施設側で行う対策と誘導を受ける通信線側で行う対策がある。通信線で行う対策の代表的なものは、アルミ被誘導遮へいケーブルを用いる対策があるが、遮へい体には、遮へい効果を上げるために透磁率の低い磁性材料を用いることが望ましい。

- () 放送波の通信への影響と対策について述べた次のA～Cの文章は、 (力) 。

- A 通信回線への誘導妨害の要因となるラジオ放送波は、一般に、水平偏波であるが、地表面を伝搬する過程で大地の持つ誘電率の影響を受けて、電界は、電波の進行方向に傾き、垂直成分を生ずる。
- B 大地面上に水平に架渉された通信メタリックケーブルにおいては、ラジオ放送波の電界強度の水平成分及び垂直成分が、ケーブル長手方向に分布した誘導源として働き、心線と大地間に誘導縦電圧が発生することがある。
- C 国内のA Mラジオ放送の周波数帯(約500[kHz]～1,600[kHz])とA D S Lの周波数帯が重なっている場合、A D S L回線の信号にA Mラジオ放送の信号が混入して、回線の伝送速度低下や接続の切断などが発生することがある。

＜(力)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 | |

- () 雷害とその対策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＞

誘導雷サージとは、設備の近傍に落雷し、その誘導電圧によって、設備、通信機器などに侵入してくる雷サージであり、通常、通信機器などに引込まれる通信ケーブル、あるいは商用電源線を伝わって侵入するものである。

雷害故障の主な要因は、接地間電位差である。この電位差を解消するため、等電位化対策や雷サージのバイパス対策を講ずる方法がある。

アレスタに使用する防護素子の動作に関する基本特性としては、一般に、動作しないときには、低抵抗、低インピーダンスであり、動作時には高抵抗となり、これらの動作時間が非常に短時間であることなどが要求される。

通信線路の雷防護対策としては、通信ケーブルの金属シースや吊線などを接続し、できるだけ多点で接地する方法、通信ケーブルの絶縁耐力(心線 - シース間)を向上させる方法などがある。

- () 誘導妨害全般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＞

アレスタには大きく分けて、ガス入り放電管などの放電ギャップ型とバリスタ、ツェナーダイオードなどの固体防護素子型がある。ツェナーダイオードの特徴としては、反応速度が速く、静電容量が大きく、低周波向きである。

強電施設からの誘導電圧の低減化対策としては、通信線路の遮へい効果の改善、ルートの変更、回線平衡度の改善があるが、架空線路から地下金属管路内へのケーブル移設は、静電誘導の影響を受けやすいため、一般に、有効ではない。

併設電源線からの伝導性ノイズの対策は、妨害源となる併設導線と通信線の離隔をとることが基本対策である。コモンモード誘導電圧を抑制する対策としては、チョークコイルの挿入などが効果的である。

一般に、接地抵抗は、接地体の形状、寸法、埋設の深さ、土壌の抵抗率によって決まる。通常、土壌の抵抗率は、土壌の水分、電解質の量、温度などによる変動はなく、一定である。

- (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、ルート決定、 (ア) 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送受光レベル差から規定される。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 、及び (イ) 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、 $Y = f(a, b, c, d)$ とする。

ここで、 $f(a, b, c, d)$ 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 : コネクタ接続損失

c : (ウ) 損失 d : (エ)

なお、上式における所外区間損失 Y の光損失値は、ユーザまでの距離や線路形態、 (ア) 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光損失、コネクタ接続損失、 (ウ) 損失及び建設後の光損失増加に対応するための (エ) 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を行う必要があるため、条件によっては、光損失値低減のため (ア) 数の低減やルートの変更などを行う場合がある。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

心線対照	構内配線	ガス保守	破断点
融着接続	接続点	反 射	保守分界
保守マージン	テープ心線	光パルス試験	モード分散

(2) 次の文章は、光ファイバケーブル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の配線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高速、広帯域サービスが面的に発生し、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。

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信頼性は低い。

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。

アクセス網において、設備センタからユーザまで光ファイバを1対1で配線する方式をSS方式といい、設備センタとユーザ間に光分岐素子などの受動素子を設置する方式をADS方式、設備センタとユーザ間に多重化装置などの能動素子を設置する方式をPDS方式という。

() 光信号の多重化などについて述べた次のA～Cの文章は、 (力) 。

- A 波長分割多重方式は、1本の光ファイバに、与えられた波長帯域を一定の波長間隔で分割して複数のチャンネルを割り当てる方式である。波長分割多重方式の場合、3R再生中継器では、波長チャンネル数分の中継器が必要であるが、光1R中継器では、波長分割多重信号を一括して増幅することが可能である。
- B 低クロストークかつ多チャンネルの光合分波器及び各波長を一括して増幅可能な光増幅器が実現されたことなどにより、波長分割多重伝送システムが実用化され、大容量化が可能となっている。
- C PDS方式では、1本の光ファイバで双方向の通信を行うことから、ピンポン伝送方式といわれる時分割多重方式を用いるものがある。

〈(力)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	

- () 光伝送における雑音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〉

ホトダイオードにおいて、光が一定の強度でも、光子レベルでみると、光子がランダムに発生することによるゆらぎにより生ずる雑音は、ショット雑音といわれる。

ホトダイオードにおいて、光電流の大きさは光パワーに比例するため、受信機での信号電力の大きさは光パワーの2乗に比例する。一方、ショット雑音電力は、光パワーに反比例する。

光伝送におけるショット雑音とビート雑音の大きな違いは、ショット雑音によるS/N比が光パワーに比例するのに対して、ビート雑音によるS/N比は光パワーに反比例する点である。

A S E 雑音は、光増幅器における雑音であり、誘導放出光に起因するもので、完全に抑えることはできない。励起パワーの入力により、完全な反転分布状態での光増幅器の雑音指数は、6 [dB] である。

- () 光増幅器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〉

光増幅器が光を増幅する仕組みは、自然放出を使うことにある。レーザと光増幅器の相違点の一つに、共振器構造の有無がある。レーザは共振器を持つが、光増幅器は共振器を必要としない。

一般的なエルビウムドープ光ファイバ増幅器(E D F A)の構成は、励起光と信号光が同一方向に伝搬する前方励起方式、逆向きの後方励起方式、両方を併用した双方向励起方式がある。前方励起方式は、増幅器としての高出力化に適しており、後方励起方式は、雑音特性に優れている。

光ファイバラマン増幅器は、誘導ラマン散乱という光ファイバの非線形現象を利用しており、E D F Aと比較して、大きな励起光パワーを必要とし、励起用光ファイバも長いものが必要とされる。

半導体光増幅器は、半導体レーザの端面に反射コーティングを施すことにより光の増幅ができ、光ファイバ増幅器と比較して増幅帯域は狭いが、雑音指数が低いという特徴がある。