

注 意 事 項

- 1 試験開始時刻 14時20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	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

- 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
			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16
		通信土木	8	8	8	8	8	線17~線30
		水底線路	8	8	8	8	8	線31~線45
	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46~線49	

- 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	0	0	0	0	0	0
①	●	B	B	1	1	●	1	1	1
②	●	C	C	2	2	2	●	2	2
③	○	D	D	3	3	3	3	●	3
④	○	E	E	4	●	4	4	4	●
⑤	○	●	5	5	5	5	5	5	5
⑥	○	G	G	6	6	6	6	6	6
⑦	○	H	H	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	○	●	○	○	○	○	○	○	○
昭和	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

- 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。  
① 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。  
② 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。  
③ 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) 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。

- 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。

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。)

解答の公表は7月17日10時以降の予定です。  
可否の検索は8月5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、メタリックケーブルを用いたアナログ伝送系における雑音及びひずみ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)

メタリックケーブルを用いたアナログ伝送系における雑音は、一般に、伝送系内部で発生する雑音と外部から侵入する雑音に分けられる。さらに、伝送系内部で発生する雑音は、信号を伝送していない場合でも存在する基本雑音と信号伝送に伴って発生する□(ア)雑音とに分けることができる。基本雑音は、通話の有無と無関係であることから、信号レベルの低いところで問題となる。この場合、大きな妨害になるものは、一般に、増幅器で発生する雑音であり、その主な成分の一つは、周波数に対して一様に分布している□(イ)雑音である。

一方、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、ひずみといわれる。このうち、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□(ウ)が周波数により異なるために生ずるひずみであり、伝送品質に影響を及ぼす。

また、□(エ)ひずみは、伝送系の入力と出力が比例関係にないために生ずるひずみである。伝送路中の増幅器などの□(エ)ひずみによる高調波及び混変調波の発生は、雑音の原因となる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

- |       |       |        |          |
|-------|-------|--------|----------|
| ① 非直線 | ② 準漏話 | ③ S N比 | ④ インパルス性 |
| ⑤ ビート | ⑥ 減衰  | ⑦ 熱    | ⑧ 磁気     |
| ⑨ 対数  | ⑩ 誘導  | ⑪ 低周波  | ⑫ 群伝搬時間  |
| ⑬ 量子化 | ⑭ 反響  | ⑮ 鳴音   | ⑯ フリッカ   |

(2) 次の文章は、光の屈折、反射、入射、伝搬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)

(i) 光の屈折、反射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。ただし、 $\phi_1$ は入射角、 $\phi_2$ は屈折角とし、いずれも境界面の法線と光のなす角度とする。

<(オ)の解答群>

① 屈折率  $n_1$  の物質から屈折率  $n_2$  の物質に光が入射するとき、次の関係が成り立つ。

$$\frac{\sin \phi_1}{\sin \phi_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

② 屈折率  $n_1$  の物質から屈折率  $n_2$  の物質に光が入射するとき、 $n_1 < n_2$  の場合、 $\phi_2$  が 90 度となる角度  $\phi_1$  が存在し、そのときの  $\phi_1$  を臨界角という。

③ 光ファイバのコアの屈折率を  $n_1$ 、クラッドの屈折率を  $n_2$ 、光ファイバの最大入射角を  $\theta_{\max}$  とすると、光源と光ファイバとの結合効率に影響する基本的なパラメータである開口数 NA は、次式で表すことができる。

$$NA = \sin \theta_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

④ 屈折率  $n_1$  の物質から屈折率  $n_2$  の物質に、電界が入射面と平行な光 (P 偏光) が入射するとき、 $\phi_1 + \phi_2$  が 90 度で無反射になる現象が生じ、そのときの  $\phi_1$  はブリュースター角といわれる。

(ii) 光の入射、伝搬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>

① 光ファイバの比屈折率差は、コアとクラッドの屈折率の差を表し、コアの屈折率を  $n_1$ 、クラッドの屈折率を  $n_2$  とすると、比屈折率差は  $\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}$  で表され、比屈折率差が大きいと受光可能な入射角も大きくなる。

② 光ファイバへの光の入射点では、空気、コア及びクラッドの三つの屈折率の異なる媒質が接しており、空気とコア及びコアとクラッドのそれぞれの境界面での光の屈折及び反射においてファラデーの法則が成り立つ。

③ 光ファイバにおいて屈折率の異なる境界面で光が全反射しながら伝搬する場合、光の電界はコア内に閉じ込められており、境界面における電界の強さは入射光と反射光との干渉によりゼロになる。

④ SM 光ファイバ中を伝搬する光は、ある波長より短いとシングルモードにならない。このシングルモードとなるための最も短い波長を遮断波長 ( $\lambda_c$ ) といい、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、 $\lambda_c$  は次式で表すことができる。

$$\lambda_c = \frac{2\pi a}{2.405} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

(3) 次の文章は、石英系光ファイバの損失、特性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)

(i) 石英系光ファイバの損失、劣化要因などについて述べた次のA～Cの文章は、  (キ)。

A 光ファイバに損失が発生する原因の一つとして、水素分子による光の吸収がある。この損失は、水素分子が光ファイバ中に存在することで生じ、水素分子を取り除くと減少する可逆的なものとされている。

B 光ファイバにおける損失特性の温度依存性は小さく、一般に、通常の布設環境においては問題とならないが、ケーブル外被は、温泉などの熱水管に近接して設置された場合など熱的要因により劣化が早まり耐用年数が短くなることがある。ケーブル外被の耐用年数は、熱的要因のほか、化学的要因、紫外線などにも影響される。

C 光ファイバを放射線下で使用すると、石英ガラスの構造欠陥が放射線によって生じた電子や正孔を捕捉し、光を吸収することで光損失が増加する。放射線による光損失は、一般に、放射線量が増加すると大きくなり、減少すると小さくなる。

<(キ)の解答群>

- ① Aのみ正しい      ② Bのみ正しい      ③ Cのみ正しい  
④ A、Bが正しい    ⑤ A、Cが正しい    ⑥ B、Cが正しい  
⑦ A、B、Cいずれも正しい    ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

(ii) SM光ファイバの特性、ファイバヒューズ現象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>

- ① SM光ファイバは、光ファイバ中を伝搬可能な導波モードを一つだけに制限することによって、波長分散による光信号波形の劣化を防止した光ファイバである。
- ② SM光ファイバの屈折率分布は、一般に、ステップインデックス型であり、光ファイバの屈折率分布構造を表すパラメータには開口数、モードフィールド径などがある。
- ③ 光ファイバに入射する光のパワーが大きくなると、光ファイバのコア内の温度が上昇することによりプラズマ状態となり、放電現象が生じて、閃光が光ファイバの中を光源に向かって進むファイバヒューズが発生するおそれがある。
- ④ 光ファイバに強い光を入射すると、長い波長の光が短い波長の光より速く伝わる異常分散領域において、屈折率が変化する、光の位相がずれるなどの非線形光学効果といわれる現象が起きる。

- (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ている。□(ア)反射型の光ファイバは、□(イ)のコアとクラッド部に周期的に配列された空孔により形成される屈折率周期構造に光が透過して生ずるフォトリ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。

光ファイバに使用される□(ウ)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。石英系光ファイバは低損失で伝送特性が優れているため、一般に、光アクセス系及び中継系の伝送路に用いられている。さらに、石英系光ファイバには波長分散の特性を制御したDCF、エルビウムを添加し光増幅媒体として利用されるEDFなどがある。

プラスチック光ファイバは、損失などの面で石英系光ファイバには及ばないが、一般に、□(エ)に優れ、光源と光ファイバの結合が容易な大口径の光ファイバを製造しやすいなどの特徴を持っており、LANなどの短距離通信、宅内配線などに用いられている。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

- |         |        |                    |        |
|---------|--------|--------------------|--------|
| ① 耐熱性   | ② パンダ型 | ③ 誘電体              | ④ フレネル |
| ⑤ ドーパント | ⑥ 拡散   | ⑦ 伝送帯域             | ⑧ 中空   |
| ⑨ 石英ガラス | ⑩ 耐屈曲性 | ⑪ 鏡面               | ⑫ 結晶体  |
| ⑬ ブラッグ  | ⑭ 導電体  | ⑮ 楕円型 <sup>だ</sup> | ⑯ 耐薬品性 |

(2) 次の文章は、MM光ファイバのベースバンド周波数特性、光通信システムで用いられる中継器又は増幅器の特徴などについて述べた文章である。  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)

(i) MM光ファイバのベースバンド周波数特性及び伝送帯域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＞

- ① ベースバンド周波数特性は、光ファイバがどこまで高い周波数の変調光信号を伝搬できるかを示すものであり、入射光信号と出射光信号の位相の差で表され、一般に、変調周波数が高くなるほど、また、距離が長くなるほど、チャープの影響により光信号波形は劣化する。
- ② 伝送帯域は、ベースバンド周波数特性において、光信号を電気信号に変換した後の振幅が、変調周波数ゼロのときと比較して6 [dB]減衰するまでの周波数の範囲として求めることができる。
- ③ 伝送帯域特性は光ファイバのモードフィールド径に依存することから、G I型光ファイバの伝送帯域特性は、一般に、その使用波長で伝送帯域が最大となるようにモードフィールド径が設計される。
- ④ G I型光ファイバの伝送帯域はモード分散と波長分散によって制限され、光源にLDを使用する場合には波長分散が、また、LEDを使用する場合にはモード分散が伝送帯域を制限する主な要因である。

(ii) 光通信システムで用いられる中継器又は増幅器の特徴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＞

- ① 再生中継器を用いた光通信システムでは、3Rといわれる機能を用いて信号を中継するため、一般に、各中継区間で発生する符号誤り、信号波形のひずみ及び雑音が増加することはない。
- ② 波長多重された光信号の中継には、一般に、波長多重された光信号をそのまま増幅する線形中継器が用いられ、線形中継器は、光のまま3R機能のうち識別再生のみを行うことから、1R中継器ともいわれる。
- ③ EDFAは、コア部分にエルビウムを添加した長さ数[km]のSM光ファイバを増幅媒体に用いた増幅器であり、一般に、高利得、広帯域、偏波無依存などの特徴を有している。
- ④ 光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た増幅器であり、励起光の波長より約100 [nm]長い波長の光を増幅できるなどの特徴を有している。

(iii) 線形中継伝送方式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＞

- ① 線形中継伝送方式において、信号光と線形中継器で生ずる自然放出光との間のビート雑音は、線形中継器の数に比例して増大し、自然放出光と自然放出光との間のビート雑音は、線形中継器の数の2乗に比例して増大する。
- ② 線形中継伝送で用いられるNZDSFは、DSFのゼロ分散波長である $1.31\mu\text{m}$ 帯より短波長側又は長波長側にずらした光ファイバであり、 $1.31\mu\text{m}$ 帯における低分散とWDM伝送における四光波混合の抑制を両立させている。
- ③ 線形中継器に用いられる光ファイバ増幅器は、一般に、希土類添加光ファイバ、励起用LD及び光電気変換回路で構成され、信頼性に優れているが、伝送路で生じたひずみや雑音が中継区間ごとに累積する特徴がある。
- ④ 光雑音電力の増加を抑えSNを改善するために光ファイバ増幅器の出力を上げると、光ファイバの屈折率が変化するチャーピングが発生して、信号波形が劣化する。

(iv) 光ファイバ通信に使用される光デバイス(受発光器・光アイソレータ・光合波器)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＞

- ① LDの光出力は、注入される電流がしきい値を超えると誘導放出現象が生じて急激に増大し、光出力は注入電流に対してほぼ直線的に増加する。この誘導放出現象により放出された光は、放射広がり角が狭く時間的、かつ空間的コヒーレンスの高い光である。
- ② APDの電流増幅作用は、電界により加速されたキャリアが半導体結晶格子と衝突して、電子と正孔を生成し、それらが更に運動エネルギーを得ることによって、衝突によるイオン化が促進されて、自由キャリアの数が指数関数的に増大する現象である自己励磁現象を利用している。
- ③ LDから放出された光が反射されて光源に戻ってくると、LDの発振が不安定になる。LDと光ファイバとの結合部で生ずる反射光の帰還を阻止するために、LDを用いた光送信器には光アイソレータが組み込まれている。
- ④ 波長の異なる複数の光信号を1本の光ファイバに入射する光合波器や、光ファイバを伝搬してきた複数の異なる波長の光信号を分波する光分波器には、プリズム、干渉膜フィルタ、回折格子などが用いられている。

- (1) 次の文章は、光ファイバ通信に用いられる光ファイバ増幅器の種類や特徴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)

光ファイバ増幅器には、光ファイバのコアに添加した希土類イオンの状態を励起させ形成したエネルギー準位の□(ア)による誘導放出を利用する希土類添加光ファイバ増幅器と、光ファイバ中の非線形散乱による誘導散乱を利用する光ファイバラマン増幅器がある。

希土類添加光ファイバ増幅器の一つであるEDFAに用いられる増幅媒体であるEDFにおいて、励起光によって励起された状態にあるエルビウムイオンが入射した信号光と□(イ)波長の光を誘導放出し、信号光が増幅される。EDFは、伝送用光ファイバと同じ石英ガラスを主成分とするSM光ファイバであり、そのクラッド径は125[μm]であるが、コア径を伝送用光ファイバより細くし、一般に、3[μm]～6[μm]とすることにより□(ウ)を向上させている。

光ファイバラマン増幅器は、伝送用光ファイバを増幅媒体として利用し、光ファイバに高強度の励起光を入射すると、励起光とは異なる波長の□(エ)光が成長して同じ帯域にある信号光を増幅する。光ファイバラマン増幅器は、EDFAと比較すると励起効率が悪く、数[W]以上の励起パワーを必要とする。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- |                 |           |          |        |
|-----------------|-----------|----------|--------|
| ① 同位相で同じ        | ② 接続性能    | ③ 垂直分布   | ④ アイドラ |
| ⑤ 波長選択性         | ⑥ 反転分布    | ⑦ チェレンコフ | ⑧ 水平分布 |
| ⑨ 正規分布          | ⑩ 耐久性     | ⑪ 逆位相で同じ | ⑫ 増幅性能 |
| ⑬ 逆位相で100[nm]短い | ⑭ ストークス   |          |        |
| ⑮ 同位相で100[nm]短い | ⑯ エバネッセント |          |        |

(2) 次の文章は、LDの制御、光の強度変調、光ファイバ増幅器の雑音特性などについて述べたものである。□内の(オ)～(キ)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×3=9点)

(i) LDの波長制御、温度制御、強度制御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〉

- ① LDの発振波長は、用いられる半導体材料によって決まるが、波長可変LDでは、温度制御、電流注入制御などにより屈折率を変化させる方法、共振器長を変化させる方法などを用いて、発振波長を制御することができる。
- ② 温度変化による発振波長の変動を補償する温度制御(ATC)は、抵抗値の温度依存性が大きいホットダイオード(PD)をLD近傍に配置し、PDの抵抗値の変動を監視し、その変動量をフィードバックさせることにより、LDの温度を一定に保つものである。
- ③ 経年劣化などによる出力強度の低下を補償する強度制御(APC)は、LDの端面近傍にモニタPDを配置し、モニタPDの受光電流の変動を監視し、その変動量をフィードバックさせることにより、LDの出力強度を一定に保つものである。
- ④ 高い波長安定性が求められるWDMシステムなどにおいては、一般に、ATCに加えて、波長制御(AFC)が行われる。AFCは、LDの出力光の波長変動を監視し、その変動量をフィードバックさせることにより、LDの出力波長を一定に保つものである。

(ii) 光の強度変調方式について述べた次のA～Cの文章は、□(カ)。

- A IM/DD方式では、送信側において光搬送波を強度変調して信号を載せ、受信側においてAPDなどを用いて信号を直接検出している。この方式は、復調出力が、光搬送波のSN比に影響されない特徴を有している。
- B 直接変調方式では、LDに印加するバイアス電流に情報が載った電気信号を重畳することによって、LDの出力光の強度を変化させている。この方式は、一般に、数[GHz]程度までの変調が可能であるが、さらに高速変調になると、チャープング、消光比の劣化などのため、長距離通信には適さなくなる。
- C 外部変調方式では、LDの出力光を変調専用のデバイスである外部変調器に入力して光の強度を変化させている。この方式では、一般に、LDの出力は強度が一定の連続光であり、外部変調器において電気光学効果や電界吸収効果を利用して強度変調光を得ている。

〈(カ)の解答群〉

- ① Aのみ正しい      ② Bのみ正しい      ③ Cのみ正しい
- ④ A、Bが正しい    ⑤ A、Cが正しい    ⑥ B、Cが正しい
- ⑦ A、B、Cいずれも正しい    ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

(iii) 光ファイバ増幅器の雑音特性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>

- ① EDFAには前方励起型、後方励起型及び双方向励起型があり、一般に、励起用LDの波長として $0.98 [\mu\text{m}]$ を用いる前方励起型は出力特性に優れ、 $1.48 [\mu\text{m}]$ を用いる後方励起型は雑音特性に優れている。
- ② 光ファイバ増幅器の雑音特性を表す指標として雑音指数(NF : Noise Figure)が用いられ、光ファイバ増幅器の入力端における信号対雑音比を $\text{SNR}_{\text{in}}$ 、出力端における信号対雑音比を $\text{SNR}_{\text{out}}$  とすると、次式で表すことができる。
$$\text{NF} = \frac{\text{SNR}_{\text{out}}}{\text{SNR}_{\text{in}}}$$
- ③ 光ファイバ増幅器の利得が1より十分大きい場合には、信号光と自然放出光間のビート雑音及び自然放出光相互間のビート雑音が、NFの支配的要因となる。
- ④ 受光素子において光を検出する際に発生する雑音には、信号光のショット雑音、自然放出光のショット雑音、信号光と自然放出光間のビート雑音及び自然放出光相互間のビート雑音があり、光フィルタを挿入することにより、これらの雑音成分はいずれも除去することが可能である。

(3) 次の問いの  内の(ク)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。(3点)

光パワーメータの種類、特徴、測定方法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。

<(ク)の解答群>

- ① 光パワーメータは、測定原理の違いによって光電変換型及び熱変換型の2種類に大別され、光電変換型は熱変換型と比較して検出感度が高い、波長感度差が小さいなどの特徴を有している。
- ② 熱変換型光パワーメータは、測定光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ダイナミックレンジが広いなどの特徴を有している。
- ③ 熱変換型光パワーメータには、温度変化に比例して、自発分極で生ずる起電力が変化する焦電効果といわれる現象を利用して測定するものがある。
- ④ 光電変換型光パワーメータを用いたWDM伝送方式の光パワーの測定では、光源からの発振スペクトル線幅が狭いためコヒーレント長が短くなり、チャープピングにより測定値のばらつきが生じ、安定した測定ができなくなる。

(1) 次の文章は、光ファイバケーブルの非ガス保守方式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)

非ガス保守方式では、ケーブル部に防水構造を有する光ファイバケーブル(WBケーブル)を用いて無監視とし、開閉作業を伴う接続部内には浸水センサを設置して、OTDRにより遠隔で浸水を監視している。

WBケーブルは、水を吸うと膨張するWBテープがケーブル内に配置された構造を有している。浸水防止のメカニズムは、ケーブル外被が損傷して浸水すると、WBテープの接着剤が水に溶けてWBテープの□(ア)から吸水材が分離し、吸水して膨張した吸水材が、ケーブル内に□(イ)の止水ダムを形成することにより水走りを抑制する。

浸水センサは、吸水材、可動体及び曲げ付与部で構成され、接続部の浸水を吸水して膨張した吸水材が、曲げ付与部の可動体を押し上げて光ファイバに曲げを加えることにより損失を発生させる構造を有している。OTDRを用いると、光パルスを入射した際に被測定系で生ずる微弱な□(ウ)レベルの変化を時間領域で測定が可能であり、浸水センサにより生ずる光ファイバの損失増加を検知することによって、浸水地点までの距離を測定することができる。

なお、浸水した光ファイバの破断確率は、浸水の無い乾燥状態の約□(エ)以上になることから、破断確率の上昇を抑制するために浸水期間を制限することが望ましいとされている。

- 〈(ア)～(エ)の解答群〉
- |         |        |        |           |
|---------|--------|--------|-----------|
| ① 3倍    | ② ゲル状  | ③ 和紙   | ④ ブリルアン散乱 |
| ⑤ 後方散乱光 | ⑥ フェルト | ⑦ 10倍  | ⑧ 気泡      |
| ⑨ 30倍   | ⑩ 高調波  | ⑪ ゴル状  | ⑫ サテン     |
| ⑬ 気化    | ⑭ 不織布  | ⑮ 近端反射 | ⑯ 50倍     |

- (2) 次の問いの  内の(オ)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。  
(3点)

光ファイバケーブルの構造、機能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〉

- ① 光ファイバケーブルの構造において、ユニット型は、あらかじめ成型した溝型のスロット内にテープ心線を収容することで高密度の実装が可能な構造である。
- ② 光ファイバケーブルの抗張力体の材料には、鋼線、FRPなどが用いられており、鋼線は、FRPと比較して、ヤング率が高い。
- ③ 自己支持形光ファイバケーブルは、光ケーブル部と吊り線が一体となっていることから、光ケーブル部は架渉後も常時伸びひずみを受けるため、光ファイバの破断確率が高くなる。このため、吊り線は、架渉張力、温度変化、風圧、着雪などによる光ファイバケーブルの伸びひずみを考慮したものが用いられる。
- ④ げっ歯類やコウモリガの幼虫などによる所外設備への生物被害の対策としては、防リスシート、防リステープ、又はシース内側にステンレスの層があるHSケーブルで防護する方法がある。

- (3) 次の問いの  内の(カ)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。  
(3点)

地下ケーブルのクリーピング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〉

- ① クリーピングによってケーブルが移動する方向は、傾斜、管路とケーブル間の摩擦力、車両進行方向などのケーブルの設置環境によって異なり、クリーピングは光ファイバケーブルのみに発生する。
- ② 橋梁に添架されたケーブルでは、車両通行に加えてケーブル自体の温度伸縮もクリーピングの原因になる。また、軟弱地盤で大型車両が通行するところや、路面が平坦な直線道路では特にクリーピングが発生しやすい。
- ③ クリーピングの対策として、機械的にケーブル移動を止める方法がある。この機械的にケーブル移動を止める装置はケーブル移動防止金物といわれ、ゴムスリーブを用いてケーブルを締め付けて固定することにより移動を止めるものがある。
- ④ 橋梁に添架されたケーブルの温度伸縮による移動対策としては、移動量に相当する余長(スラック)を設けることが有効である。スラックは、一般に、橋梁添架管路の中間部に設けられる。

(4) 次の文章は、光コネクタの端面研磨技術、メカニカルスプライス接続技術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)

(i) 光コネクタの端面研磨技術について述べた次のA～Cの文章は、  (キ)。

- A フェルールの端面を平面に研磨するフラット研磨では、一般に、光ファイバの端面がフェルールの端面よりも内側になるため、光ファイバ接続点の隙間において反射が生じ、接続損失及び反射量が増加する場合がある。
- B フェルールの端面を凸球面状に研磨するPC研磨では、一般に、光ファイバの先端が理想球面より削られてくぼんだ状態になるが、コネクタ接続時にフェルールが押されることで先端部が弾性変形し、光ファイバの端面どうしが直接接触するため、フラット研磨と比較して、反射を抑えた安定した接続が可能である。
- C フェルールの端面を斜め8度で凸球面状に研磨する斜めPC研磨では、一般に、接続点で発生する反射光を光ファイバのコア方向に反射させることから、PC研磨と比較して、反射による影響を小さくすることができる。

<(キ)の解答群>

- ① Aのみ正しい      ② Bのみ正しい      ③ Cのみ正しい  
④ A、Bが正しい    ⑤ A、Cが正しい    ⑥ B、Cが正しい  
⑦ A、B、Cいずれも正しい    ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

(ii) 光ファイバのメカニカルスプライス接続技術について述べた次のA～Cの文章は、  (ク)。

- A メカニカルスプライス接続法は、一般に、V溝などを用いて光ファイバ端面を突き合わせるとともに、押さえ部材により光ファイバを押し付けて固定することにより軸合わせを行う永久接続法の一つである。
- B メカニカルスプライス接続で用いられるメカニカルスプライス素子は、小型・軽量で構造が簡単、多数のV溝を設けることにより多心接続が可能などの特徴があり、マンホール内の幹線系光ファイバケーブルの接続に広く用いられている。
- C メカニカルスプライス接続などで用いられる屈折率整合剤は、クラッドと同等の屈折率を持ち、接続する光ファイバ端面間の空気層を排除して接続部のバリ、異物などによる光損失を抑制する目的で用いられる。

<(ク)の解答群>

- ① Aのみ正しい      ② Bのみ正しい      ③ Cのみ正しい  
④ A、Bが正しい    ⑤ A、Cが正しい    ⑥ B、Cが正しい  
⑦ A、B、Cいずれも正しい    ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

- (1) 次の文章は、雷害とその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)

雷サージには、 (ア) 現象により通信線や電力線に生ずる誘導雷サージと、ビルやケーブルなどに直接落雷して発生する電流が通信線などへ流入する直撃雷サージがある。

誘導雷サージに対する地下区間の光ファイバケーブルの対策として、接続部においてテンションメンバなどの金属部を電氣的に接続して接地することにより誘導電圧を抑制する方法やノンメタリック光ファイバケーブルを用いる方法がある。

ノンメタリック光ファイバケーブルは無誘導な材料のみで構成されており、一般に、テンションメンバの材料としては (イ) が用いられ、ケーブルシースの材料としては、PEが用いられている。

一方、直撃雷サージは、地下区間・架空区間いずれの設置環境でも発生し、一般に、その電氣的なエネルギー量は誘導雷サージと比較して大きい。ケーブルをノンメタリック化したり接地を施したりすることにより (ウ) の軽減と設備の損傷を防止することができる。さらに雷害対策としては、埋設されている接地線と装置間の接地端子を連結して (エ) する方法がある。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

- |        |        |          |         |
|--------|--------|----------|---------|
| ① 人的被害 | ② 逆流雷  | ③ エポキシ樹脂 | ④ 中性点接地 |
| ⑤ 絶縁   | ⑥ FRP  | ⑦ 静電誘導   | ⑧ 音響衝撃  |
| ⑨ 磁気誘導 | ⑩ 設備負荷 | ⑪ 等電位化   | ⑫ PVC   |
| ⑬ 鋼    | ⑭ 絶縁強調 | ⑮ 漏話     | ⑯ 電磁誘導  |

- (2) 次の問いの  内の(オ)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。  
(3点)

架空構造物に作用する力と地盤支持力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〉

- ① 甲種風圧荷重は、鉄筋コンクリート柱の場合、その垂直投影面に780 [Pa]の風圧が加わるものとして計算した荷重とすることが総務省令で定められている。
- ② 積雪地帯では、積雪に埋もれた部分に隆起する力が加わり、支線に働く張力が増加して電柱が傾いたり下部支線が浮き上がったたりする現象が生ずることがあるため、支線取付け角度を小さくして隆起する力の影響を低減している。
- ③ 電柱を支持する基礎地盤が堅固で、電柱の許容曲げモーメントが水平荷重により生ずる曲げモーメントより小さいときは、一般に、電柱が折損し、また、基礎地盤が弱く電柱の支点反力としての曲げモーメントを基礎地盤が受けきれないときは、電柱が傾斜若しくは転倒する。
- ④ 電柱に作用する水平荷重により生ずる回転の中心に作用するモーメントには、基礎地盤の支持力による許容抵抗モーメントで抵抗し、許容抵抗モーメントは、根入れ部が同一の土質であれば、電柱の根入れ長が深いほど大きくなる。

- (3) 次の問いの  内の(カ)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。  
(3点)

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、 (カ) 。

- 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により、少ない消費電力で光ファイバ端面を加熱熔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 [°C]で熔融し、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のカケ、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、光ファイバ端面を加熱・熔融し、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。

〈(カ)の解答群〉

- ① Aのみ正しい      ② Bのみ正しい      ③ Cのみ正しい
- ④ A、Bが正しい    ⑤ A、Cが正しい    ⑥ B、Cが正しい
- ⑦ A、B、Cいずれも正しい    ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

- (4) 次の問いの  内の(キ)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。  
(3点)

光アクセス網の配線方式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〉

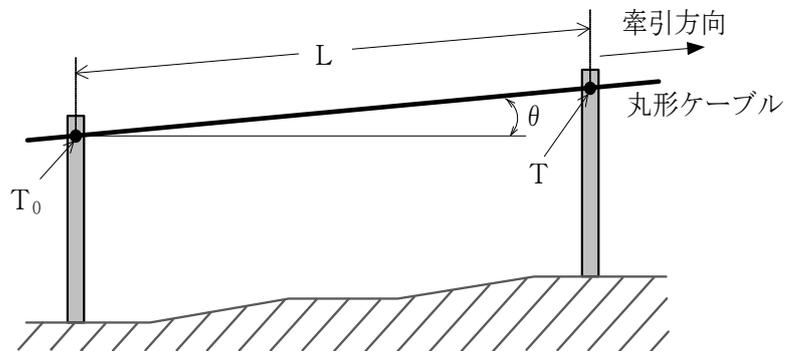
- ① アクセス網の配線法は、需要動向、需要密度、管路設備の有無、保守性、信頼性、経済性などを総合的に勘案して決定され、一般に、管路設備が放射状に構築されているエリアではループ配線法が、メッシュ状に構築されているエリアでは既設の管路設備を使用して配線する場合はスター配線法が適しているとされている。
- ② スター無逋減配線法は、一般に、通信土木設備の制約などによってループ無逋減配線法の適用が困難なエリアに適しており、設備センタから最遠端のユーザまで心線を逋減することなく配線していることから、スター逋減配線法と比較して需要変動に対応できる配線法とされている。
- ③ スター逋減配線法は、一般に、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、ループ無逋減配線法と比較して、信頼性の高い配線法とされている。
- ④ ループ無逋減配線法は、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、心線の後分岐は行えないが、心線の融通性が高い配線法とされている。

- (5) 次の問いの  内の(ク)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。  
(3点)

図に示すような傾斜した電柱区間モデルにおいて、以下に示す条件で丸形ケーブルを架設するとき、T点における牽引張力は  (ク) [N]である。ただし、重力加速度は  $10 \text{ [m/s}^2\text{]}$ 、 $\cos 20^\circ$  は  $0.94$ 、 $\sin 20^\circ$  は  $0.34$  とする。

(条件)

- ① 単位長さ当たりのケーブル質量 :  $0.65 \text{ [kg/m]}$
- ② 傾斜角  $\theta$  :  $20^\circ$
- ③ 傾斜部分の長さ  $L$  :  $150 \text{ [m]}$
- ④ 牽引時の摩擦係数 :  $0.2$
- ⑤  $T_0$  点の直前の張力 :  $400 \text{ [N]}$



<(ク)の解答群>

- ① 252      ② 451      ③ 515      ④ 915      ⑤ 1,648

## 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、全て架空のものです。
- (3) 論理回路の記号は、MIL記号を用いています。
- (4) 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
- (5) 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。
- (6) 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。
- (7) 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いません。
- (8) 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。
- (9) 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などを表しています。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いません。