平成２１年度　第１回
電気通信主任技術者試験問題

午後の部（線　路）
専門的能力・電気通信システム

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**

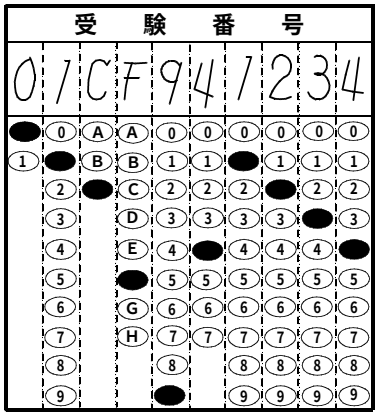
3　試験種別と試験科目別の問題(解答)数及び試験問題ページ

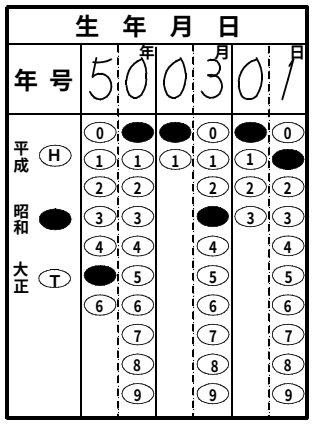
試験種別	試験科目	申請した専門分野	問題(解答)数 第１問	第２問	第３問	第４問	第５問	試験問題ページ
線路主任技術者	専門的能力	通信線路	8	8	8	8	8	線１～線16
		通信土木	8	8	8	8	8	線17～線27
		水底線路	8	8	8	8	8	線28～線43
	電気通信システム	専門分野にかかわらず共通	問１から問２０まで　２０					線44～線47

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　０１ＣＦ９４１２３４　　生年月日　昭和５０年３月１日





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。)

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、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り、一般に、大きな妨害になるものは、増幅器で発生する雑音で、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。

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り、波形ひずみの原因となる。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　ＳＮ比	②　準漏話	③　減　衰	④　インパルス性
⑤　熱	⑥　反　響	⑦　鳴　音	⑧　ＡＳＥ
⑨　ビート	⑩　誘　導	⑪　相互変調	⑫　磁　気
⑬　フリッカ	⑭　非直線	⑮　群伝搬時間	⑯　量子化

（２） 次の文章は、メタリック伝送線路の電気的諸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）

（ｉ） 導体系の高周波領域における電気的諸特性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 導体系では、周波数が高くなるに従って抵抗及び内部インダクタンスに変化が生ずる。これは、導体内部において、周波数が高くなるにつれて各部の電流が互いに作用を及ぼしあうことで電流分布が変化した結果であり、一般に、電気的特性として抵抗は増加し、内部インダクタンスは緩やかに減少する。

② ごく近くに平行に並んでいる２本の導体に電流が流れたとき、それぞれの電流が同一方向であると電流が外側に押しやられ、反対方向であると内側に引き合うことで２本の導体の電流密度が変化する現象が生ずる。この現象は高周波において顕著となり、一般に、近接効果といわれる。

③ 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、線路の自己インダクタンスの平方根に比例し、静電容量の平方根に反比例する。

④ 漏れコンダクタンスは、心線間の絶縁物を通して流れる電流の割合を示し、漏れコンダクタンスが小さいほど漏えいする電流が大きく、一般的な平衡対ケーブルでは、周波数が高くなると急激に小さくなる。

(ⅱ) 漏話及び漏話減衰量の定義、特徴などについて述べた次のＡ～Ｃの文章は、 （カ） 。ただし、図１において、誘導回線Ｉの送端及び受端の電圧、電流をV_{10}, I_{10}及びV_{11}, I_{11}、被誘導回線IIの両端に現れる電圧、電流をV_{20}, I_{20}及びV_{21}, I_{21}、誘導回線Ｉ及び被誘導回線IIの特性インピーダンスをZ_1、Z_2とする。

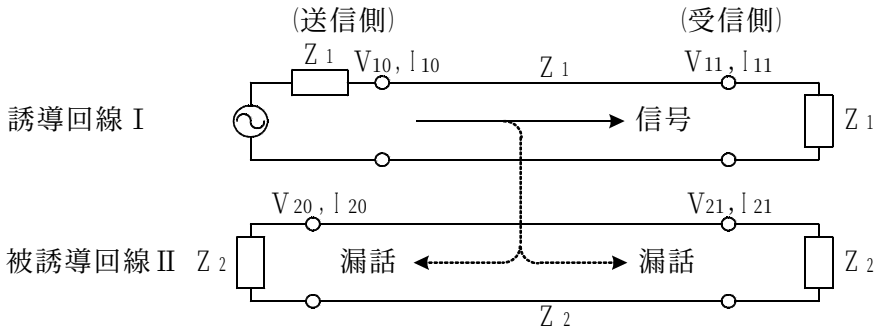


図1

Ａ　図１に示すように、被誘導回線IIにおいて、誘導回線Ｉの信号伝送方向と逆方向に生ずる漏話は近端漏話、誘導回線の信号伝送方向と同一方向に生ずる漏話は遠端漏話といわれる。

Ｂ　図１に示すように、それぞれ整合終端された誘導回線Ｉ、被誘導回線IIにおいて、漏話減衰量(単位を〔dＢ〕とする。)は、次式で定義される。

近端漏話減衰量＝１０ $log_{10}\left|\frac{V_{10}I_{10}}{V_{20}I_{20}}\right|$

遠端漏話減衰量＝１０ $log_{10}\left|\frac{V_{10}I_{10}}{V_{21}I_{21}}\right|$

Ｃ　電磁結合によって生ずる漏話は、線路の特性インピーダンスに反比例し、静電結合によって生ずる漏話は、線路の特性インピーダンスに比例する。

〈(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)　漏話の軽減方法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　平衡対ケーブルの漏話は、任意の２対間の静電結合及び電磁結合によって生ずるが、音声回線では静電結合は微小な値であることから、静電結合による漏話の軽減方法を考慮する必要はない。

②　ケーブル内の各対の２本の導線を撚(よ)ることにより漏話は軽減でき、隣接する対どうしで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。

③　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)ごとに心線をそれぞれ別々のケーブルに分けて収容しても、漏話妨害が遠端漏話と比較して大きい近端漏話を軽減する効果はない。

④　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、線路長には無関係である。

(iv)　図２に示すように、大地に対する電圧V_Eの送電線の近くに通信線がある場合、送電線と大地間の静電容量をC_1、通信線と大地間の静電容量をC_2、送電線と通信線間の静電容量をC_3とすると、送電線からの静電誘導により通信線に発生する電圧V_Cの算出式について記した次の式のうち、正しいものは、 （ク） である。

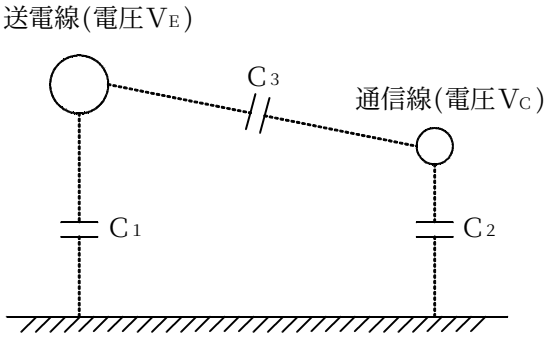


図２

〈(ク)の解答群〉

①　$V_C = \dfrac{(C_2 + C_3)V_E}{C_3}$　　②　$V_C = \dfrac{C_3 V_E}{C_2 + C_3}$

③　$V_C = \dfrac{C_1 V_E}{C_1 + C_2}$　　④　$V_C = \dfrac{C_2 V_E}{C_2 + C_3}$

問２　次の問いに答えよ。　(小計２０点)

（１）　次の文章は、光ファイバの構造、伝搬原理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)

光ファイバは光をコアに閉じ込めて伝搬する導波原理で分類すると、全反射によるものと [（ア）] 反射によるものに大別される。

全反射形光ファイバは、光が伝搬するコアと、その周辺を覆う同心円状のクラッドから構成されており、クラッドの屈折率は、コアの屈折率 [（イ）] 。全反射形光ファイバに入射した光は、コアとクラッドの境界面において全反射を繰り返しながら伝搬していく。

全反射形光ファイバの一つである空孔アシスト光ファイバは、コアとクラッドをドーパントにより形成するとともに、クラッドの内部に空孔を設けて伝搬光のクラッドへの広がりを制限している。このことから、 [（ウ）] 損失がほとんど発生せず、取り扱いが容易である特徴を有している。また、 [（ア）] 反射を用いた光ファイバとしては、コアを中空、クラッドを空孔付きガラスとしたホトニック・バンドギャップ光ファイバがある。

一方、光ファイバは屈折率分布で分類すると２種類に大別される。一つは、コアとクラッドの間で屈折率が [（エ）] に変化しているものであり、ＳＩ形光ファイバといわれ、もう一つは、コアの屈折率分布が緩やかに変化しているもので、ＧＩ形光ファイバといわれる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

① 拡　散	② と等しい	③ フレネル	④ 放物線状
⑤ 鏡　面	⑥ より小さい	⑦ 階段状	⑧ レイリー散乱
⑨ 凹　状	⑩ 曲げ	⑪ 接　続	⑫ より大きい
⑬ 吸　収	⑭ のこぎり状	⑮ ブラッグ	⑯ プリズム

（２） 次の文章は、光ファイバの構造や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）

（ｉ） 光ファイバの構造パラメータの種類、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〉

① 光ファイバの構造パラメータであるコア非円率及びコア偏心率は、光ファイバの接続損失には影響を及ぼさないが、光ファイバの分散特性、伝送帯域などの伝送特性には大きな影響を及ぼすものである。

② ＳＭ光ファイバにおけ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、光強度が最大値の $\frac{1}{e^2}$ （ｅは自然対数の底）となる直径である。

③ ＳＭ光ファイバの構造パラメータには、モードフィールド偏心量、クラッド径、カットオフ波長などがあり、ＭＭ光ファイバの構造パラメータには、コア径、クラッド径、開口数(ＮＡ)などがある。

④ カットオフ波長は、二次の伝搬モード(ＬＰ$_{11}$モード)が伝搬不能となる波長である。これより短い波長の光を入射すると、高次モードも伝搬可能となりモード分散による伝送帯域の制限が生ずる。

（ii） 光ファイバの光損失の特徴などについて述べた次のＡ～Ｃの文章は、 ［（カ）］ 。

Ａ 吸収損失は、伝搬光が光ファイバ材料そのものにより吸収されて熱に変換される損失であり、一般に、ガラスが本来持っている紫外吸収や赤外吸収に起因する固有の吸収によるものと、ガラス内に含まれる不純物に起因する吸収によるものとがある。

Ｂ 光ファイバは、製造時において、２,０００〔℃〕程度の高温から２０〔℃〕程度に冷却されるため、わずかな屈折率のゆらぎが生ずる。この屈折率のゆらぎによって生ずる光損失は、光の波長の２乗に比例する。

Ｃ 光ファイバどうしを接続する場合、コアを互いに正確に突き合わせることが重要であり、接続部において隙(すき)間が存在すると大きな反射が生ずる場合がある。この反射は、一般に、フレネル反射といわれる。

〈(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) 光ファイバの分散の種類、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、（キ） である。

〈(キ)の解答群〉

① 波長が長くなるほど光ファイバ材料の屈折率は小さくなるため、伝搬速度が速くなる特性により生ずる分散は、材料分散といわれる。材料分散は、モード分散と同じように伝送帯域を制限する要因となる。

② 光ファイバのコアとクラッドの屈折率差が小さい場合、光の一部がクラッドにしみ出すことにより生ずる分散は、構造分散といわれる。このしみ出しの割合は、波長が長くなるほど大きくなり、伝搬経路は長くなる。

③ 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１.３μm帯から１.５５μm帯へ移した光ファイバは、１.５５μmゼロ分散シフト光ファイバといわれる。

④ 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(だ)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ずることによる分散は、偏波モード分散といわれる。

(iv) 光ファイバ伝搬における群速度及び位相速度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 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、すなわち光のパルス自体が伝わる速度は、群速度といわれる。

② 光ファイバ伝搬における位相速度をＶc、群速度をＶg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。

$$Vc = \frac{\beta}{\omega} \quad 、Vg = \frac{d\beta}{d\omega} 、\beta = \frac{\omega c}{n}$$

③ 最も基本的な伝搬モードとなるＬＰ$_{01}$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、電磁界が中心の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。

④ ＳＩ形光ファイバでは、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。

問３　次の問いに答えよ。　(小計２０点)

（１）　次の文章は、光ファイバケーブルの機械的な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。

(２点×４＝８点)

光ファイバケーブルは、布設時などの張力による伸びを許容値以下に抑える必要があることから、適切な引張り強度を保持するために、ケーブル内に引張り力に抗するための部材が使用されている。引張り力に抗するための部材としては伸びを小さくするため、［（ア）］率が大きいものが必要であり、一般に、鋼、［（イ）］、ケブラーなどが使用されている。

また、光ファイバの素材となる石英ガラスは、本来、高い引張り強度を有しているが、光ファイバの表面には、グリフィスフローといわれる無数のクラックが存在し、このクラックのために破断応力が低下することが広く知られている。長さが一定の光ファイバの両端を固定し、一定速度で端を引っ張ると光ファイバの伸びひずみが大きくなり、光ファイバは破断する。光ファイバの破断応力と累積破断確率の関係を示す動的疲労特性は、一般に、［（ウ）］分布になる。このため、光ファイバ製造時には、一般に、［（エ）］法などによるスクリーニング試験が行われ、最低破断張力が保証されている。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

①　銅	②　目　視	③　一定応力	④　アルミニウム
⑤　超音波	⑥　ワイブル	⑦　誘　電	⑧　圧　縮
⑨　ＶＡＤ	⑩　ポアソン	⑪　ガウス	⑫　ナイロン
⑬　ヤング	⑭　熱膨張	⑮　ＦＲＰ	⑯　ガンマ

（２） 次の文章は、光ファイバの接続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）

（ｉ） 光ファイバ接続の種類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 メカニカルスプライスは、Ｖ溝などを形成した接続部品を用いて機械的に光ファイバを把持する接続技術である。対向する光ファイバの端面間に空気層が存在する可能性があるため、屈折率整合剤を用いて、空気層を除去する方法が広く使われている。

② 融着接続において、光ファイバ端面を溶融する方法としては、接続の容易さ、信頼性、経済性などの面から、一般に、アーク放電が用いられている。融着接続では、１回の作業で多心の光ファイバを一括して接続することも可能である。

③ ＳＣコネクタは、MM光ファイバとＳM光ファイバの両方に使用できる調心タイプのコネクタで、主に、ガラスフェルールにより高精度に加工されている。ＳＣコネクタは、プラグをアダプタに挿入することにより固定されるスライドロック構造を有している。

④ ＭＴコネクタは、４心、８心などのテープ光ファイバを一括して接続するコネクタであり、コネクタにガイドピンを挿入後、クランプスプリングで固定される構造を有している。

（ⅱ） 光ファイバのコネクタ接続の特徴などについて述べた次のＡ～Ｃの文章は、 [（カ）] 。

Ａ コネクタ端面の研磨は、光ファイバ端面の傷などを取り除き、接続損失を小さくするために行われる。直角に研磨する方法のほか、反射の影響を抑えるために、斜め研磨、球面研磨などの方法がある。

Ｂ ＳM光ファイバをコネクタで接続する場合には、モードフィールドを整合させるためにフェルールどうしを弾性スリーブで整列、突き当てる方法が主流である。弾性スリーブとしては、一般に、フェルール外径よりわずかに小さい内径を有する割りスリーブが用いられている。

Ｃ コネクタ端面に付着したわずかな汚れにより大きな接続損失や反射が発生する場合がある。特に、高出力な光信号では、汚れに熱がこもり、焼き付けが発生する場合や、多重反射の影響で光ファイバが溶融する場合がある。

〈(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)　光ファイバの融着接続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、 （キ） である。

〈(キ)の解答群〉

①　融着接続機は、光源・顕微鏡・ＣＣＤカメラ・画像処理回路などの光学系、Ｖ溝・駆動機構などの機構系、電極棒・冷却回路などの冷却系、加熱補強器及びこれらを制御するソフトウェアから構成される。

②　融着接続では、接続する直前に光ファイバの端面をわずかに溶かし、端面を丸く成形して接続する予加熱融着技術が用いられている。

③　外径調心式の融着接続では、ＳＭ光ファイバでコア偏心量が大きい場合でも、溶融したガラスの表面張力による自己調心作用により接続損失は小さくなる。

④　融着接続後、融着接続部を補強する前に融着接続部を含む光ファイバ心線に一定の曲げ応力を加える曲げ試験が行われている。この試験は、光ファイバの融着接続部の強度が十分であるか否かを確認するためのものである。

(iv)　光受動デバイスの種類、特徴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　光スイッチは、光伝送路中に挿入されて光路を切り替えるためのものである。光ファイバやプリズムなどの光学素子を起動して光路を切り替える機械式光スイッチは、電気光学効果や音響光学効果を利用して光路を切り替える非機械式光スイッチと比較して、一般に、挿入損失は大きいが、切替速度が速い。

②　特定の波長を持つ光を透過させたり、反射させたりする光学素子は光フィルタといわれる。光フィルタの用途の一つとして、設備センタからの遠隔試験時において、通信光の受信を妨害しないように端末装置の直前に光フィルタを設置して試験光を遮断する方法がある。

③　光ファイバを用いた光分岐・結合器には、複数本の光ファイバを加熱溶融して延伸し、細径化したものがある。この光分岐・結合器は、溶融延伸部におけるモード結合を利用したもので、溶融延伸部にひねりを加えると光分岐比のばらつきが増加する。

④　ファイバグレーティングを用いた光フィルタは、光ファイバに赤外線を照射し、温度変化でコア内の屈折率を変化させることにより、光ファイバそのものにフィルタ機能を持たせたものである。

問４　次の問いに答えよ。　(小計２０点)

（１）　次の文章は、光ファイバの破断位置探索方法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)

光ファイバ心線が破断した場合の破断位置を探索する方法として、ＯＴＤＲによる方法がある。ＯＴＤＲを用い、光パルスを光ファイバに入射して伝搬させると、コア内の微小な屈折率のゆらぎによって生ずる［（ア）］散乱光の一部が入射端に戻ってくる。これは後方散乱光といわれる。また、破断点では、急峻な屈折率変化があるため、フレネル反射光が生ずる。これら後方散乱光及びフレネル反射光は、［（イ）］に比例した時間を経過した後に入射端に戻ってくる。

ＯＴＤＲは、このようにして戻ってきた光を、光方向性結合器で分離して取り出した後、電気信号に変換し波形を得る。破断点までの伝搬時間を距離に換算することにより破断の位置が推定できる。

また、光ファイバの長さ方向に分布するひずみを測定する方法として、［（ウ）］散乱光における光周波数シフトの変化量のひずみ依存性を利用した光ファイバひずみ分布測定器が実用化されている。光ファイバひずみ分布測定器では、光パルスを光ファイバに入射して発生する後方散乱光のうち、入射光パルスの光周波数から［（エ）］程度ダウンシフトした光周波数の［（ウ）］散乱光を測定することができる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

① 数十〔kHz〕	② 回　折	③ ラマン	④ 反射点までの距離
⑤ 数十〔MHz〕	⑥ レイリー	⑦ ストークス	⑧ 反射光の強さ
⑨ 十数〔GHz〕	⑩ 共　鳴	⑪ ブリルアン	⑫ 入射光の強さ
⑬ 十数〔THz〕	⑭ ミー	⑮ 反射点までの距離の２乗	

（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）

（ｉ） 光ファイバケーブルの非ガス保守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〉

① 防水構造を持つ光ファイバケーブルに用いられるＷＢテープは、浸水すると吸水・膨張しながらゲル化して光ファイバケーブルの隙(すき)間を埋め尽くすことにより、止水のダムを形成し、それ以降の浸水を防止することができる。

② 防水構造を持たない光ファイバケーブルが外被損傷などにより浸水した場合、破断寿命の短縮及びケーブル内の金属腐食に伴い発生した水素により光損失が増加するおそれがある。

③ 防水構造を持つ光ファイバケーブルと、ＯＴＤＲによる光ファイバ心線の監視を併用することにより非ガス保守方法が実現されている。

④ ＭＨ内の光ファイバケーブル接続点に取り付けられる浸水検知モジュールは、吸水膨張剤が水を含むことにより膨張して可動体を押し上げることで、監視用の光ファイバ心線を断線させる。この断線箇所は、ＯＴＤＲにより検出できる。

（ⅱ） 光ファイバの損失測定(透過光法)などについて述べた次のＡ～Ｃの文章は、 ［（カ）］ 。

Ａ 光パワーの測定において、ＰＤを用いた光電変換による方法は、熱変換による方法と比較して、検出感度が高く、応答時間が速い特徴を有している。

Ｂ 光パワーの測定において、ＷＤＭ伝送方式で用いられる光源の発振スペクトル線幅が狭く、コヒーレント長(可干渉長)が短くなってきていることから、光パワーメータの反射が問題となる。対策として、被測定光ファイバとの結合部に直角研磨フェルールを使用することで反射を抑える方法がある。

Ｃ 光電変換形パワーメータにおいて、最低受光感度を悪化させる要因としてＰＤ自体の熱雑音がある。対策として、受光器を冷却することで所要の最低受光感度を実現する方法がある。

〈(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) 光ファイバの心線対照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、（キ） である。

〈(キ)の解答群〉

① 心線対照に使用する可視光源は、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、通信が行われていないことを確認する必要はない。

② 光ファイバＩＤテスタを用いて切替心線を確認する場合、光ファイバＩＤテスタの送信部は所内成端部から心線対照光を切替心線に送出する。切替点では、光ファイバＩＤテスタの受信部で切替心線に曲げを加え、その曲げ部から漏れる心線対照光を検出して、切替心線の確認を行う。

③ 光ファイバＩＤテスタ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長い１．６５〔μｍ〕を適用する。

④ 光ファイバＩＤテスタを用いた心線対照において、心線対照光は、自然光や現用通信光の漏えい光などによる心線対照光以外の光パワーの誤検出を防止するため、変調光が用いられる。

(iv) ＯＴＤＲの機能と特徴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 ＯＴＤＲを用いた光ファイバケーブルの損失測定では、一般に、得られる後方散乱光パワーが非常に微弱であるため、光ファイバケーブルを往復する時間よりも短い周期で繰り返し光パルスを送出し、受信信号(後方散乱光強度信号)を相乗平均することで、ＳＮ比の良い信号強度を検出する手段が採られる。

② ＯＴＤＲの仕様において、一般に、光出射端近傍の反射光(後方散乱光)レベルからＳＮ比が２のノイズフロアまでの後方散乱光強度が測定できる範囲はダイナミックレンジといわれ、ダイナミックレンジが狭いＯＴＤＲほど長い距離の光ファイバの光損失を測定できる性能を有している。

③ 光コネクタなどの反射点で生ずる反射光及びその反射光で生ずる受信波形のすそ引きによって、近傍の反射点などの位置、光損失などの測定が不能となる距離範囲は、デッドゾーンといわれる。

④ ＯＴＤＲの仕様において、デッドゾーンには、反射測定デッドゾーンと、損失測定デッドゾーンがある。反射測定デッドゾーンとは、反射光のピークレベルから３．０〔ｄＢ〕低下する範囲である。

問５　次の問いに答えよ。　(小計２０点)

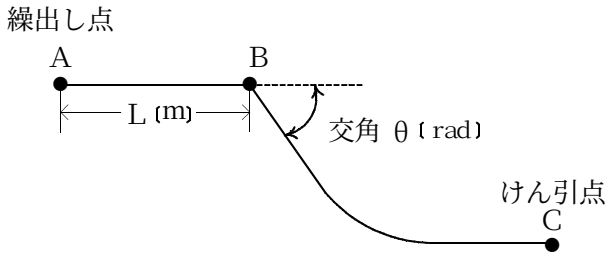
（１）　次の文章は光ファイバケーブル張力設計の概要について述べたものである。 [　　] 内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。　(２点×４＝８点)

光ファイバケーブルは、高速・広帯域伝送を可能とする高性能な通信線路であるが、布設が不適切であると、その特性が劣化する。

このため、布設時には張力を制御し、曲げ、側圧、引張りなどにおいて過度の外力を与えないことが重要であり、ケーブルけん引車などによる光ファイバケーブルの先端けん引方法では、原則として大部分の力を [（ア）] が負担するようにしている。

図に示す地下管路ルートに光ファイバケーブルを布設する場合、繰出し点における張力をゼロとするとき、直線区間(Ａ－Ｂ区間)のＢ点における布設張力T_α〔N〕は、T_α＝ [（イ）] となる。また、屈曲部(Ｂ点)直後における布設張力T_β〔N〕は、T_β＝ [（ウ）] となる。ただし、摩擦係数をμ、単位長さ当たりのケーブル質量をW〔kg／m〕、重力加速度をg〔m／s^2〕とし、ｅは自然対数の底とする。

また、先端けん引方法だけでは許容張力を超える場合、ケーブル長手方向に張力を分割する方法として、ケーブルドラムを中間点MH付近に配置し、先端けん引方法によってルートの一方向にケーブルを引っ張り、 [（エ）] 工法により残りのケーブルをドラムから外し、ルートの他方向へけん引する方法がある。



〈(ア)～(エ)の解答群〉

① μgW	② $T_\alpha e^{\mu\theta}$	③ ケーブル外被	④ 空気圧送
⑤ μgLW	⑥ $T_\alpha \mu e^{\theta}$	⑦ 光ファイバ心線	⑧ ラック
⑨ μLW	⑩ $T_\alpha \mu \cos\theta$	⑪ 緩衝層	⑫ ８の字取り
⑬ gLW	⑭ $T_\alpha \theta e^{\mu}$	⑮ テンションメンバ	⑯ ラッシング

（２） 次の文章は、光ファイバケーブルによる線路設備の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）

（ｉ） 光アクセス設備の配線方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〉

① ループ無遅減配線法は、設備センタを中心として既設管路ルートが放射状に構築されている大都市ビジネスエリアに適した配線方法であり、設備の信頼性やサービス需要の変動への適応性を有している。

② スター遅減配線法は、ユーザが広い範囲に点在し、需要変動が小さく安定しているエリアに適した配線方法である。しかし、突発的な需要が発生した場合、スター無遅減配線法と比較して、心線の融通を図ることが難しい。

③ スター無遅減配線法は、既存管路ルートの制約などからループ化が困難な需要密度が高いエリアに適した配線方法であり、設備センタから最遠端のユーザまで心線を遅減せずに配線する。

④ 配線法の適用に当たっては、配線エリア内の需要動向、需要密度、既存管路設備状況、保守性、信頼性、経済性などを総合的に勘案して決定する必要がある。

（ii） 光ファイバケーブル設備の設計などについて述べた次のＡ～Ｃの文章は、［（カ）］。

Ａ 一般に、光線路の仕様が決定した段階でルート調査を行い、調査結果から建設・保守作業などを考慮して仮の接続点を選定し、ケーブルピース長を算出する。さらに、個々のケーブルピースの布設張力計算を行い、その結果を踏まえて接続点及びケーブルピース長を決定する。

Ｂ 光ファイバの接続方法には融着接続、コネクタ接続などがあるが、長距離中継系では、無中継伝送距離の長延化を図るため、主に、接続損失が小さい融着接続が用いられる。また、アクセス系の架空区間においては、心線の融通性、心線切替の迅速性及び保守性を勘案して、脱着が容易なコネクタ接続が導入されている。

Ｃ アクセス系ネットワークの地下管路区間においては、ＭＨ径間長の高精度な測定を行い、両端コネクタ付きケーブルを利用することにより布設作業の迅速性及び保守性の向上が図られている。

〈(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

(iii)　光ファイバケーブル種別と適用区間の関係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　テープ心線をＳＺ撚(よ)りの溝型スロットに収容した架空用光ファイバケーブルは、中間後分岐が可能のため、ＦＴＴＨ網の架空区間の構築に適用される。

②　ＳＭ光ファイバＷＢケーブルは、一般に、とう道区間、管路区間及び架空引上げ区間に適用されるが、いずれの場合も、両端コネクタ付き及び片端コネクタ付きの両方が適用される。

③　自己支持形ＳＭ光ファイバケーブルにおいて、つり線部とケーブル部の間の首部に大きなスリットを入れて窓をあけた自己支持形ケーブルは、軽量化されているが、横風に弱く、ダンシング対策を要する架空区間には適用されない。

④　ＳＭ光ファイバＨＳケーブルは、アルミラミネートテープを用いた外被構造を有しており、ダンシング対策を要する架空区間に適用される。

(iv)　光ファイバケーブル接続点の決定要因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　地下用光ファイバケーブル接続点は、一般に、ケーブルピースの接続点、地下区間から架空区間への引上げＭＨ、屈曲部の交角が９０度を超えるＭＨなどを選定し、接続作業のための十分なスペースが確保できること、溜(りゅう)水及び漏水が少ないことなどの条件を考慮して決定される。

②　ループ無逓減配線法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、収容効率の観点から、時計回り方向又は反時計回り方向のどちらか一方に集中して接続する。

③　架空区間における光ファイバケーブル接続点は、電柱の周辺などの接続作業及びクロージャ設置のための十分なスペースが確保できることなどの条件を考慮して決定される。

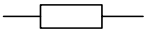
④　橋梁(りょう)区間においては、光ファイバケーブルはメタリックケーブルと同様に、クリーピング現象によるケーブル移動が発生するおそれがあるため、クロージャを設置して接続点を設けることは好ましくない。

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、図中の抵抗器の表記は、旧図記号を用いています。また、トランジスタについても、旧図記号を用いています。

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) ・鍵(かぎ) ・筐体(きょうたい) ・桁(けた) ・躾(しつけ) ・充填(じゅうてん) ・輻輳(ふくそう)
・撚り(より) ・漏洩(ろうえい) など

(6) バイトは、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を用いています。

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

(9) 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おりません。