

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46
	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					線47～線51

- 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	○	○	○	○	○	○
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	○	F	F	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	○	I	I	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	○	J	J	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

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

- 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。
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。
- 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。)

解答の公表は7月13日10時以降の予定です。
可否の検索は8月 1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	水底線路

問 1 次の問いに答えよ。

(小計 20 点)

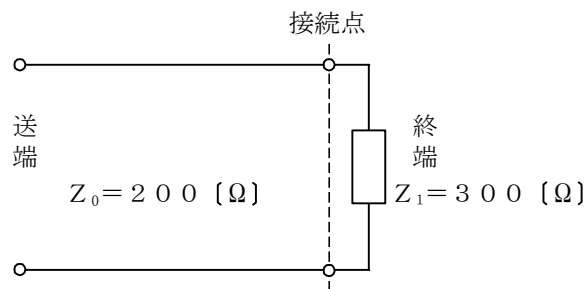
- (1) 次の文章は、メタリック伝送線路における反射の諸特性について述べたものである。
 内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。

(2 点 × 4 = 8 点)

伝送路の特性インピーダンスが変化する点では、信号波が折り返す反射現象が生ずる。このとき、一般に、進行してきた信号波は入射波、進行方向とは反対の方向へ戻っていく波は反射波、反射点で反射せず進む波は (ア) といわれ、反射の大きさは特性インピーダンスの変化の大きさに依存する。

反射の大きさを表す指標として反射係数が用いられ、図に示すような特性インピーダンス Z_0 の一様線路をインピーダンス Z_1 で終端した場合、接続点における電圧反射係数の値は (イ) となる。また、図において、接続点が開放されている場合、終端のインピーダンスは (ウ) と考えられる。したがって、終端開放時の入射電圧は (エ) ほとんど全て反射される。

特性インピーダンスの異なる線路を接続した複合線路でも、同様に、接続点で反射が生ずることから、実際の線路においては、できるだけ特性インピーダンスを均一にすることにより、反射損失を抑えることが重要である。



〈(ア)～(エ)の解答群〉

- | | | | |
|-------|-------|------------|---------------|
| ① 0.2 | ② ゼロ | ③ 透過波 | ④ ナイキストの定理に従い |
| ⑤ 0.4 | ⑥ 定在波 | ⑦ 無限大 | ⑧ 入射波と同位相で |
| ⑨ 0.6 | ⑩ 搬送波 | ⑪ 入射波と逆位相で | ⑫ サニャック効果により |
| ⑬ 0.8 | ⑭ 減衰波 | ⑮ 周波数に比例する | ⑯ 周波数に反比例する |

- (2) 次の文章は、メタリック伝送線路の電氣的諸特性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) 雑音とひずみの種類、特徴などについて述べた次のA～Cの文章は、 (オ) 。

- A 基本雑音は、入力信号の有無に関係のない雑音で、増幅器、変調器などの能動回路で発生し、熱雑音、ショット雑音、 $\frac{1}{f}$ 雑音などがある。基本雑音は、一般に、入力信号レベルの低いところで問題となる。
- B 非直線ひずみは、増幅器や変調器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。非直線ひずみには、入力信号の整数倍の周波数成分を持つ高調波ひずみ、複数の入力信号の組合せによる相互変調ひずみなどがある。
- C 位相ひずみは、伝送系の位相の変化量が周波数に対して比例関係にないために生ずるひずみであり、群伝搬時間が周波数により異なるために生ずることから、群遅延ひずみともいわれ、データ伝送などにおいて大きな影響を及ぼす。

＜(オ)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) メタリック伝送線路における漏話などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、(カ) である。

＜(カ)の解答群＞

- ① 信号が隣接回線に漏れる現象は漏話といわれる。漏話は、一般に、メタリックケーブルが電磁的又は静電的に結合することによって生じ、電磁的結合は誘導回線の電圧の大きさに比例し、静電的結合は誘導回線の電流の大きさに比例する。
- ② 漏話を発生させる側の回線は誘導回線、漏話を受ける側の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近端漏話、誘導回線の受端側に生ずる漏話は遠端漏話といわれる。
- ③ ケーブル内の各対の2本の導線を捻ることにより漏話は軽減でき、隣接する対どうしで捻りピッチを変え、捻りピッチを同一にした場合と比較して、大きな軽減効果が得られる。
- ④ 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(漏話量)の比の対数で表され、漏話電力が大きいほど漏話減衰量は小さく、漏話電力が小さいほど漏話減衰量は大きい。

- (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、誤っているものは、 (キ) である。

＜(キ)の解答群＞

- ① 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。
$$\frac{1}{V_c} = \frac{\beta}{\omega}, \quad \frac{1}{V_g} = \frac{d\beta}{d\omega}, \quad \beta = \frac{\omega n}{c}$$
- ② 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ある。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。
- ③ 光の平面波が均一な媒質中を伝搬する場合には、一般に、光信号の群速度は光の伝搬速度の2乗に比例し、群速度と位相速度との積は媒質中の光の伝搬速度と等しい。
- ④ 最も基本的なモードとなる LP_{01} モードは、波長が長くなると、電磁界が広がり屈折率が小さいクラッドの影響を受けて位相速度が速くなる。逆に、波長が短くなると、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速度に収束する。

- (ii) 非線形光学効果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 自己位相変調とは、入射された光自身の強度により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、光パルスの前縁部分は高周波数側へ、光パルスの後縁部分は低周波数側へシフトする。
- ② 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。
- ③ 媒質の音響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。
- ④ 二つ以上の異なる波長の光が同時に光ファイバ中に入射したときに、それらのどの波長とも一致しない新たな波長の光が発生する現象は、一般に、四光波混合といわれ、WDM伝送では、光の波長がゼロ分散波長より短いほど四光波混合が発生しやすく伝送品質の劣化要因の一つとなる。

- (1) 次の文章は、MM光ファイバの分散及び伝送帯域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)

光ファイバ中を光パルスが伝搬するとき、光ファイバの出射端における光パルスの幅が、入射した光パルスと比較して、時間的に広がる現象は分散といわれる。モード分散は、MM光ファイバ中を伝搬する光パルスが、□(ア)の異なった幾つかのモードに分けられて伝搬するために発生する分散であり、隣接するパルスの間隔を狭くできない要因となっている。

MM光ファイバの分散には、モード分散のほかにもSM光ファイバと同様に、導波路の構造に起因して伝搬する光の速度が波長依存性を有するために生ずる構造分散、材料の屈折率が波長依存性を有するために生ずる材料分散があり、これらの分散の大きさには、一般に、□(イ)の関係がある。

MM光ファイバのベースバンド周波数特性は、送信側の変調周波数を高めていくと、受信側の復調信号の振幅は徐々に小さくなり、しかも伝搬距離にも依存する。MM光ファイバに入射した光信号が1[km]伝搬した後において、復調された電気信号の振幅が入力時の電気信号の振幅に対し□(ウ)となる周波数までの範囲は6dB帯域幅といわれ、その単位としては、一般に、□(エ)が用いられる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| ① $\frac{1}{6}$ | ② $\frac{1}{5}$ | ③ $\frac{1}{4}$ | ④ $\frac{1}{2}$ |
| ⑤ MHz・km | ⑥ ps/nm/km | ⑦ MΩ・km | ⑧ dB/km |
| ⑨ 偏波 | ⑩ パワー密度 | ⑪ 遮断波長 | ⑫ 伝搬速度 |
| ⑬ モード分散≫材料分散>構造分散 | ⑭ モード分散≫構造分散>材料分散 | | |
| ⑮ 材料分散≫構造分散>モード分散 | ⑯ 材料分散≫モード分散>構造分散 | | |

- (2) 次の文章は、光ファイバへの光の入射、光中継器又は光増幅器の特徴、光源と光ファイバとの結合などについて述べたものである。 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) 光ファイバへの光の入射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 屈折率の異なる二つの媒質Ⅰ及びⅡ(ただし、屈折率は、媒質Ⅰが媒質Ⅱより大きいものとする。)が接した状態で、媒質Ⅰから媒質Ⅱへ光が入射する場合、光が媒質Ⅱに入り込むことなく全反射が生ずるときの入射角は、ブリュースター角といわれる。
- 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 光ファイバへの光の入射条件を示す開口数(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、一般に、コア径が同じであればNAの大きな光ファイバほど、また、NAが同じであればコア径の大きな光ファイバほど、結合効率が高い。
- ④ NAは、光ファイバの材料分散を変化させることにより制御可能であり、一般に、NAが大きい光ファイバほど受光可能な入射角は大きくなる。レンズを用いて効率良く光源からの光を光ファイバに入射させるには、光ファイバのNAがレンズのNAを超えないようにしなければならない。

- (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る。線形中継器は、光信号を電気信号に変換しないで、光のまま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SM光ファイバを増幅媒体に用いた増幅器であり、励起光として、一般に、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 又は $1.55\text{ }\mu\text{m}$ の波長が用いられ、高利得、広帯域、偏波無依存などの特徴がある。
- 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、励起光の波長を変えることにより任意の波長の光を増幅できるなどの特徴を有している。

(iii) 光源と光ファイバとの結合方法などについて述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 光源からの光は、レイリー散乱により広がって放射されることから、光ファイバと効率良く結合させるために、光源に光ファイバの先端を単に近づける直接結合方式、レンズを用いるレンズ結合方式、光ファイバの先端をレンズ状にした先端レンズ方式などが用いられる。
- B 光源と光ファイバとの結合部は、光源、レンズ、光ファイバなどの光学部品が振動、温度・湿度の変化などによる影響を受けないようにするため、一般に、モジュール化されている。光源モジュールには、伝送用光ファイバと接続するためのピグテール光ファイバが取り付けられたものがある。
- C レーザ光源は、レンズなどの光学部品から反射された光が注入されると、レーザの発振が不安定になることから、LDモジュールには、一般に、反射光の帰還を阻止するための光アイソレータが組み込まれている。

＜(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

(iv) 光源と光ファイバとの結合損失について述べた次のA～Cの文章は、(ク)。

- A 光源と光ファイバとの結合損失 α [dB]は、光源の出力光パワーを P_o [mW]、光ファイバ内に取り入れられた光パワーを P_r [mW]とすると、次式で表される。
- $$\alpha = -20 \log_{10} \frac{P_o}{P_r}$$
- B LDから出射される光ビームの放射角度はLEDの放射角度と比較して小さいため、同じ結合方式の場合、LDはLEDより光ファイバとの結合損失が小さい。
- C 光源と光ファイバとの結合損失は、同じ結合方式の場合、光ファイバのコア径によって異なり、一般に、コア径が大きいほど結合損失は小さい。

＜(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

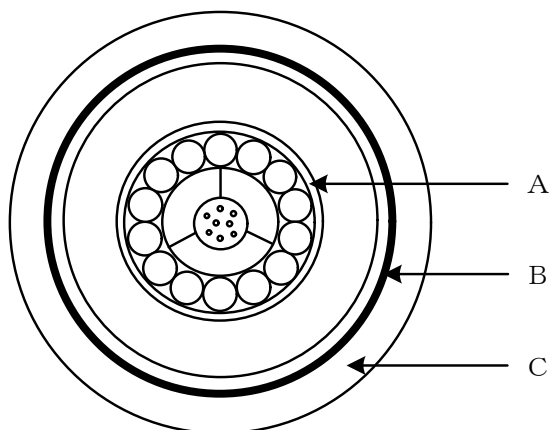
- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの構造などについて述べたものである。□内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。(2点×4＝8点)

光海底ケーブルは、敷設される海底環境を要因とする外傷を防止するために、様々な保護構造が施されており、保護構造で分類すると、無外装ケーブルと外装ケーブルに大別される。

図は、無外装ケーブルのうち、LWS (Light Weight Screened) ケーブルといわれる光海底ケーブルの断面の一例を示したものである。

図に示すように、光ファイバを防護する鉄3分割パイプの周囲にはハガネ線が撚られており、その外側にある図中Aで示す金属層は、電気抵抗がケーブル1[km]当たり□(ア)〔Ω〕程度の給電路を形成する。また、図中Bで示すラミネート加工された□(イ)は、ラミネートの溶融によりLW (Light Weight) コア及び図中Cで示す外部シースと密着している。この図中Cで示す外部シースは、□(ウ)を押出成形したものである。

一方、外装ケーブルには、水深、海底地質など光海底ケーブルの使用環境に対応できるよう幾つかの種類がある。陸地に近い浅海部では、漁労、^{いかり}錨などにより、光海底ケーブルが最も損傷を受けやすいことから、非埋設の区間では、一般に、二重外装ケーブルが使用されている。また、水深□(エ)〔m〕程度までは、一般に、一重外装ケーブルが使用されている。



＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | |
|-----------|-------------|-----------|
| ① 0.1～0.4 | ② 100 | ③ ポリプロピレン |
| ④ 0.7～1.0 | ⑤ 300 | ⑥ 熱収縮チューブ |
| ⑦ 1.5～1.8 | ⑧ 1,500 | ⑨ ポリウレタン |
| ⑩ 2.0～2.3 | ⑪ 3,000 | ⑫ 鉄テープ |
| ⑬ 銅チューブ | ⑭ 低密度ポリエチレン | |
| ⑮ 水走り防止材 | ⑯ 高密度ポリエチレン | |

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられる光海底中継器、ジョイントボックス、ケーブルカップリングなどについて述べたものである。 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) 光海底中継器の機械的特性、耐圧^{きょう}筐体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＞

- ① 光海底ケーブルとカップリング接続された光海底中継器は、一般的なケーブル船に備わっている直径3[m]のシーブを通過することができ、ドラムケーブルエンジン又はリニアケーブルエンジンで敷設・回収できる構造及び寸法を有している。
- ② 光海底中継器の耐圧筐体は、耐圧シリンダ、フィードスルーカバーアセンブリ、クッション、ジョイントリングなどから構成され、ケーブルカップリングと結合する構造を有しており、水深8,000[m]の海底で25年以上、高水圧や海水腐食に耐え、光海底中継器内部の回路ユニットを保護する機能を有している。
- ③ 光海底中継器の耐圧筐体は、785[MPa]以上の水圧に耐える機械的特性を有している。また、耐圧筐体内部を真空乾燥後、乾燥窒素ガスで置換して封止する構造により、耐圧筐体内の相対湿度を25年間にわたり50[%]程度に保つ気密性を有している。
- ④ 光ファイバと給電線を一括して耐圧筐体内に気密導入する構造を有するフィードスルーアセンブリは、光海底中継器直近の光海底ケーブル破断により海水がテールケーブル内に浸入した場合でも、光海底中継器内の回路ユニットへの海水の浸入を完全に阻止することができる。

- (ii) 光海底中継器内の回路ユニットの設計などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 光海底中継器の耐圧筐体内に収容されている回路ユニットは、光増幅回路、給電回路及び冷媒回路を実装しており、排熱設計により0[℃]～35[℃]の海中温度で安定的に動作できる仕様となっている。
- B 回路ユニットを構成する主要電子部品と集積回路を搭載したプリント配線板は、絶縁カバーとして用いられるポリエチレンケースに取り付け、励起光源については、絶縁抵抗を最大にするために回路ユニットのポリエチレンケースに直接固定している。
- C 回路ユニットと耐圧筐体間の熱抵抗を低減するために、熱伝導性に優れた金属バネ製クッションを両者間に装着する設計などにより、回路ユニット内部における耐圧筐体表面温度からの温度上昇は約5[℃]以下に抑えられている。

＜(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) 光海底ケーブル相互の接続技術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 ケーブル船上での光海底ケーブルの敷設・修理時におけるケーブル相互の接続に用いられるユニバーサルジョイント(UJ)やユニバーサルクイックジョイント(UQJ)は、一般に、異なるケーブルメーカーのケーブル相互の接続も可能である。
- ② ケーブル船上での光ファイバ接続は、ケーブル船が光海底ケーブルを保持している高張力状態で行われることから、光海底ケーブルに加わる張力による伸びや、船の揺動によるキンクを抑えるため、融着接続と比較して短時間で光ファイバの接続が可能なメカニカルスプライス接続が用いられる。
- ③ 光海底ケーブルの製造工程において、各ケーブルメーカーが保有する独自の接続技術(ジョイントボックス技術)を用いて工場内で行うケーブル接続は、工場接続といわれる。DWDM伝送システムにおいては、ケーブルトランジション(ケーブル種別変更)技術や鋼線接続技術などによるケーブル長尺化が進み、ケーブル区間の光損失管理の観点から、工場接続は行われていない。
- ④ ジョイントボックスの長期的な耐水圧特性と耐電圧特性は光海底ケーブルと同等であるが、短期的な耐張力特性は光海底ケーブルと比較して劣るため、光海底ケーブルの敷設及び回収作業時の張力管理は、ジョイントボックスの張力性能を基準に行われる。

- (iv) 光海底ケーブルと光海底中継器の接続部であるケーブルカップリング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 ケーブルカップリングは、ジョイントボックスと同様に、敷設や引揚げ時の張力、側圧などの外力、高水圧及び高電圧に耐える性能を有し、一般に、ケーブル船上において、光海底中継器ごとケーブルタンク内に巻き込み、保管される。
- ② ケーブルカップリングのジンバル部分は、あらゆる方向に約60度まで曲がり、光海底ケーブルシステムの伝送特性や電気特性に影響を及ぼすことなく、耐圧筐体と結合した状態でケーブル船のシーブやドラムケーブルエンジンに巻き付けることができる。
- ③ ケーブルカップリングによるケーブル接続部は、給電路としての役割も担っているため、電気的特性の劣化を最小とし、電気的長期信頼性を維持するために、ケーブル接続部全体を絶縁体であるエポキシ樹脂で包むように金型に入れ、加圧しながら加熱溶融し、化学反応により硬化して圧縮成形されている。
- ④ 外装ケーブル用ケーブルカップリングは、外装鉄線をワイヤクリップでネジ固定し、銅合金でできているカップリング筐体に導電性スペーサを介して引き留めて、外装鉄線に生ずる誘導電流を放電する構造を有している。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの故障修理手順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)

光海底ケーブル(以下、ケーブルと記す。)の海中区間における故障修理に際しては、ケーブル船による修理を迅速かつ効率的に実施するために、故障位置の評定が非常に重要である。ケーブルシステム保守者から通知される故障位置評定結果を基に、ケーブル変針点やケーブルタイプ変更点などが記載されている [(ア)]、海図、建設時のルート調査情報などから、推定故障点のケーブル種別、光海底中継器の位置関係、水深、ケーブル埋設の有無、海底状況、近接・交差ケーブルの位置関係などが確認され、修理の手順、陸揚局での電気・光学試験のタイミングなどを記載した修理計画が策定される。こうした修理計画は、一般に、[(イ)] といわれている。また、ケーブル船に積み込む予備ケーブル種別とその長さ、予備の光海底中継器の数、ユニバーサルジョイント部品の種別とその数量などが算定される。

ケーブル船によるケーブル故障修理は、一般に、以下のような手順で行われる。

- ① 推定故障点付近でケーブルを切断する [(ウ)] オペレーション
- ② 推定故障点を含まない側のケーブルを回収する第 1 回 [(エ)] オペレーション
- ③ 回収したケーブルへのブイ取付及び海上設置、推定故障点を含む側のケーブルを回収する第 2 回 [(エ)] オペレーション
- ④ 故障点を除去した後のケーブルと予備ケーブルを接続する第 1 接続作業
- ⑤ 予備ケーブルの敷設、第 1 回 [(エ)] オペレーション後に海上設置したブイとそれにつながるケーブルの回収
- ⑥ 回収したケーブルと敷設した予備ケーブルを接続する最終接続作業
- ⑦ 最終接続部分を敷設する最終投入作業

実際の故障箇所が推定箇所と異なっていた場合などは、適宜、[(イ)] の変更が行われる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|---------|-----------|-----------|---------|
| ① L C E | ② D C E | ③ R P L | ④ K P |
| ⑤ U Q J | ⑥ M O P | ⑦ P G U | ⑧ R O P |
| ⑨ P S O | ⑩ P L I B | ⑪ P L G R | ⑫ H D |
| ⑬ R F P | ⑭ F R C | ⑮ C D | ⑯ B A S |

- (2) 次の文章は、光増幅海底ケーブルシステムの監視などについて述べたものである。
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) EDFAを用いた光海底中継器のアクティブSV方式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 アクティブSV方式におけるコマンド信号は、一般に、アクティブSV専用波長の監視信号光に対して強度変調を重畳することにより光伝送端局装置から送出される。
- ② アクティブSV方式におけるコマンド信号の変調度は、一般に、信号光の伝送特性に影響を与えないよう信号光パワーの数(%)程度としている。
- ③ アクティブSV方式におけるコマンド信号の変調は、一般に、光海底中継器の多段接続に対して大きな減衰を生じないよう数百kHz帯のキャリア周波数を用いた変調方式を採用している。
- ④ アクティブSV方式における各光海底中継器からのレスポンス信号は、一般に、励起光源に直接変調を加えることにより、上り、下り双方の信号光に利得変調を印加して、光伝送端局装置に送出される。

- (ii) EDFAを用いた光海底中継器のパッシブSV方式について述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A パッシブSV方式では、一般に、陸揚局の監視装置において各光海底中継器でループバックされたパッシブSV専用波長の監視信号光のレベルから各中継区間利得を解析し、各光海底中継器の入出力レベルをモニタすることができる。
- B パッシブSV方式には、光海底中継器内の反射型光フィルタにより監視信号光のみを光伝送端局装置にループバックし、監視装置に伝送する方法がある。
- C パッシブSV方式では、一般に、各光海底中継器の励起光駆動電流値及び内部温度はモニタすることができない。

＜(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) 光増幅海底ケーブルシステムの監視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 E D F Aを用いた光海底中継器のS V機能による監視は、両局給電を継続しているとき、光海底ケーブル区間の絶縁(シャント)故障、短絡(ショート)故障及び光ファイバ破断故障のいずれの場合でも故障区間の特定に活用できる。
- ② E D F Aを用いた光海底中継器には、コヒーレントO T D Rパスが搭載されており、陸揚局からコヒーレントO T D R測定を行うことにより、光ファイバ破断故障の位置を理論的には数十[m]の精度で判定可能であるが、測定可能な距離は、陸揚局から3, 0 0 0 [km]程度までに限定される。
- ③ 光増幅海底ケーブルシステムでは、光海底中継器などの経年劣化に対するマージンを見込んだ伝送路設計を行っており、定期的を実施するコヒーレントO T D R測定結果から設計時のマージンに対する実際の光海底ケーブルシステムのマージンなどを把握することができる。
- ④ E D F Aを用いた光海底中継器のS V機能によるインサービスでの常時監視のデータは、光海底中継器利得や光ファイバ伝送損失などの劣化が直ちには伝送品質に影響を与えない範囲で徐々に進行している場合に、ケーブル船による修理が必要になる大まかな時期の推定に有効である。

- (iv) 光増幅海底ケーブルシステムにおける故障種別の特定などについて述べた次の文章の (A) 内の(A)、(B)及び(C)に該当する語句の組合せのうち、正しいものは、 (ク) である。

以下に示す諸元及び状況より、ケーブル故障点の陸揚局X側のケーブル端は (A) 故障であり、陸揚局Y側のケーブル端は (B) 故障である。また、陸揚局YからのコヒーレントOTDR測定結果及び給電電圧変化から、故障点における陸揚局Y側のケーブル端の海水への接地抵抗は (C) [Ω]と求められる。

(諸 元)

- ① システム長：3,000[km]
- ② 給電電流：1[A]
- ③ 給電電圧(両局給電)：1,800[V]
- ④ 光海底ケーブルの電気抵抗：1[Ω /km]
- ⑤ 中継間隔：100[km](それぞれの陸揚局から直近の光海底中継器までは50[km])
- ⑥ 光海底中継器1台当たりの電圧降下：給電電流1[A]で20[V]

(状 況)

- (イ) 陸揚局Xの光海底ケーブル給電装置(PFE)はシャットダウンし、保守者がPFEの立上げを試行するがシステムへの給電はできなかった。
- (ロ) 陸揚局YのPFEは給電電流1[A]で継続給電しており、給電電圧は故障発生後、2,000[V](陸揚局Yからの片局給電)に変化した。
- (ハ) 陸揚局YからのコヒーレントOTDR測定では、全ての光ファイバが陸揚局Yから1,600[km]の箇所で破断しているとの結果であった。

<(ク)の解答群>

	(A)	(B)	(C)
①	短絡(ショート)	絶縁(シャント)	40
②	開放(オープン)	短絡(ショート)	40
③	開放(オープン)	短絡(ショート)	80
④	絶縁(シャント)	開放(オープン)	80

- (1) 次の文章は、無中継光海底ケーブルシステム(無中継システム)における伝送距離延伸技術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)

無中継システムは、一般に、光海底ケーブル長が数百(km)以下の短距離システムに適用されている。無中継システムは、中継光海底ケーブルシステムと比較して簡易な構成であるなどの特徴を有しており、島嶼間の通信などに利用されている。

無中継システムの伝送距離は、光送信器出力、光受信器感度、光ファイバ損失などにより制限を受けるが、低損失光ファイバを用いることにより200[km]以上適用可能であり、さらに、光送信器出力、光受信器感度を補うために (ア) 増幅及び遠隔励起増幅を用いることにより300[km]以上伝送可能な無中継システムが実現されている。

低損失光ファイバの一つとして、コアに純石英を用いてクラッドに (イ) をドープした純石英コア光ファイバが利用されており、1.55[μm]付近で損失0.18[dB/km]以下が実現されている。

(ア) 増幅は、一般に、石英系光ファイバに励起光を入力することによって生ずる (ウ) 効果を利用して1.55 μm帯の信号光を増幅する技術であり、送信端近傍及び受信端近傍の両方に適用可能である。

また、遠隔励起増幅では、一般に、受信端から100(km)程度離れた位置に設置されたEDFAに対し (エ) μm帯の励起光を受信端から送出することにより信号光を増幅している。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|--------|---------|---------|-----------|
| ① 0.98 | ② ファラデー | ③ ネオジム | ④ 電気光学 |
| ⑤ 1.31 | ⑥ 非線形光学 | ⑦ 等化 | ⑧ ゲルマニウム |
| ⑨ 1.48 | ⑩ 正帰還 | ⑪ フッ素 | ⑫ 熱光学 |
| ⑬ 1.65 | ⑭ リン | ⑮ 分布ラマン | ⑯ 誘導ブリルアン |

- (2) 次の文章は、海底ケーブルのルート選定、海洋調査、分散マネジメント設計などについて述べたものである。 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) 海底ケーブルのルート選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＞

- ① 領海内において海洋調査を実施する前には、海洋工事の場合と同様に、その調査について関係する漁業協同組合などからの同意を得る必要がある。これを取得した後、所轄の海上保安部に海上作業届を提出し、それが受理されれば、海洋調査の実施が可能となる。
- ② 海洋汚染防止法による海底への運用停止後のケーブル残置の制限若しくは禁止などの環境保護の強化の状況を踏まえて、設備の建設時だけでなくその設備が不要となった場合の撤去も考慮してルート選定することが必要とされている。
- ③ 既設ケーブルと交差・接近する場合、既設ケーブルのルート情報などを入手し、I C P C 勧告を参考に、交差方法などを検討しルートを選定する。I C P C 勧告を満足できない場合は、既設ケーブルの所有者と協議して双方合意できる方法を採用する。
- ④ 水深20[m]以浅でのダイバーによる工事実施海域では、G P Sではなく目視による位置確認で十分であり、また、^{びょう} 鑄鉄製の保護管でケーブルを保護する区間は、ケーブル故障となるおそれは極めて低いため、海洋調査は不要である。

- (ii) 浅海部及び深海部における海底ケーブルの海洋調査について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 机上設計ルートに沿った深海部の海洋調査では、深海用マルチビームシステムを用いて海底地形の調査が行われる。この海洋調査においては、一般に、マルチビームの生データを観察しながら、リアルタイムで敷設に適したルートであるかを判定することが可能である。
- B 海底ケーブル故障の多くは漁業活動と船の投錨が原因であるため、これらからケーブルを保護するために埋設することは効果的である。埋設ルート調査において、海底の底質、硬さ、堆積層の厚さなどを把握することが重要である。
- C 埋設アセスメント調査では、埋設工事で使用する埋設機を試走させて所要埋設深度が確保できるかどうかを確認する。

＜(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) 光海底ケーブルシステムに用いられている変調方式及び誤り訂正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 光海底ケーブルシステムにおける強度変調方式としては、一般に、R Z - O O K方式と比較して非線形耐力に優れたN R Z - O O K方式が用いられている。
- ② 光の位相に情報を重畳する変調方式の一つとしてD P S K (Differential Phase Shift Keying)方式がある。R Z - D P S K方式は、R Z - O O K方式と比較して受信感度が改善されるため、光中継器間隔の延伸やビットレート的高速化が図れる。
- ③ R Z - D Q P S K (Differential Quadrature Phase Shift Keying)変調方式では、4 0 [Gbit/s]の情報を2 0 [Gbit/s]のシンボルレートで伝送可能である。また、R Z - D Q P S K方式はR Z - D P S K方式と比較して、偏波モード分散の影響を大きく受けるが、非線形特性と位相雑音に対する耐力が優れている。
- ④ 光海底ケーブルシステムに用いられるリードソロモン符号によるF E Cの誤り訂正利得は、最大1 0 [dB]程度である。また、光海底ケーブルシステムの伝送信号波長数の増加に比例してS N比が劣化するのを救済するため、軟判定・繰返し復号に替わって硬判定・連接符号・繰返し復号のF E C方式が採用されている。

- (iv) 分散マネジメント設計について述べた次の文章の [] 内の(A)及び(B)に該当する語句の組合せのうち、正しいものは、 (ク) である。

分散マネジメント光ファイバ(DMF)を用いたWDMシステムの分散マネジメント設計において、以下に示す条件の場合、各中継区間(光海底中継器～光海底中継器)における光海底中継器の入力側に接続される光ファイバは (A) であり、当該光ファイバの長さは (B) [km] である。

(条 件)

- ① 各中継区間長は60[km]とする。
- ② 各中継区間のDMFは、正の波長分散と波長分散スロープを持つ正分散光ファイバ(D+)と、これとは逆符号であって、かつ2倍の値の波長分散と波長分散スロープを持つ負分散光ファイバ(D-)から構成され、各中継区間でのD+とD-の接続点は1か所とする。
- ③ DMFを構成するD+及びD-の主な仕様諸元は、以下に示す表のとおりとする。
ここで、波長分散及び波長分散スロープは、海底温度での信号波長1.550[μm]における値とする。

	D +	D -
実効断面積 [μm ²]	100	30
波長分散 [ps/nm/km]	+20	-40
波長分散スロープ [ps/nm ² /km]	+0.06	-0.12

- ④ 信号波長1.550[μm]において、各中継区間ごとに波長分散と波長分散スロープがゼロとなるよう設計する。
- ⑤ 陸揚局から直近の光海底中継器までの区間の分散マネジメントは考慮しないものとする。

<(ク)の解答群>

	(A)	(B)
①	D +	20
②	D +	40
③	D -	20
④	D -	40

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) 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。