

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14
		通信土木	8	8	8	8	8	線15～線28
		水底線路	8	8	8	8	8	線29～線42
	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43～線47

- 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	○	●	●	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
⑨	○	○	○	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			
	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1月31日10時以降の予定です。
可否の検索は2月19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 α 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 α は、これら一次定数から導かれる。

減衰定数 α 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。

$$\alpha \doteq \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\text{(ア)}}$$

この近似式において、減衰定数 α は、 $R=G=0$ の場合にゼロになるが、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、 $\sqrt{\text{(ア)}} \ll \sqrt{\frac{R}{G}}$ であるため、 (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、インダクタンス L を大きくすることで減衰量を小さくする方法がとられる。

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、伝送に用いる周波数帯域全体にわたり、 (ウ) が一定であること、減衰定数 α 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>

- | | | | |
|-----------------|----------------------|--------|-------------|
| ① $\frac{L}{R}$ | ② $RC = GL$ | ③ 線路長 | ④ 集中定数 |
| ⑤ $\frac{R}{C}$ | ⑥ $RG = LC$ | ⑦ 分布定数 | ⑧ 特性インピーダンス |
| ⑨ $\frac{L}{C}$ | ⑩ $RL = GC$ | ⑪ 電流密度 | ⑫ ボルツマン定数 |
| ⑬ LC | ⑭ $\frac{C}{R} = GL$ | ⑮ 位相定数 | ⑯ 反射係数 |

- (2) 次の文章は、光ファイバの構造パラメータ、光ファイバの伝搬特性、光ファイバの分散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) 光ファイバの構造パラメータについて述べた次のA～Cの文章は、 (オ)。

- A 光ファイバの構造を決定するパラメータは、SM光ファイバでは、コア径、モードフィールド偏心量、外径及びカットオフ波長であり、MM光ファイバでは、モードフィールド径、外径、開口数及び屈折率分布である。
- B カットオフ波長とは、高次のモードを遮断する波長をいい、例えば、 $1.3[\mu\text{m}]$ で使用するSM光ファイバにおいては、カットオフ波長は $1.3[\mu\text{m}]$ よりも短くなければならない。カットオフ波長より長い波長領域では高次のモードが導波するマルチモード伝搬となり、短い波長領域では基本モードのみが導波するシングルモード伝搬となる。
- C モードフィールド偏心量とは、モードフィールド中心とクラッド中心との距離をいい、モードフィールド中心とコア中心は実質的には同じ場所になるので、モードフィールド偏心量は、一般に、コア中心とクラッド中心との距離として測定される。

＜(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) 光ファイバの伝搬特性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 SM光ファイバにおけるモードフィールド径は、光強度分布がガウス型で近似できるとき、光強度(光パワー)が最大値の $\frac{1}{\sqrt{e}}$ (e は自然対数の底)になるところの直径をいう。
- ② 基本モードにおける光強度分布は、コアの中心で最大値となり、中心から離れるに従って小さくなり、ポアソン分布で近似することができる。
- ③ SI型光ファイバにおいては、コアとクラッドの境界面を臨界角よりも小さな角度で反射しながら進む光波が存在するが、この光波が光ファイバの伝搬モードになるためには、コアの中心軸に直交する方向の位相変化量が、光波の1往復に伴って $\frac{1}{2\pi}$ の整数倍になる必要がある。
- ④ 光ファイバで伝搬可能なモード数を構造パラメータから求めるには、規格化周波数 V が用いられ、空気中の光の波長を λ 、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、 V は次式で表すことができる。

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

(iii) 石英系光ファイバにおける分散などについて述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 光ファイバの材料であるガラスの屈折率が光の周波数により僅かながら異なるため、光ファイバ中を伝搬する光パルスの幅が狭まる現象は、分散といわれる。
- B MM光ファイバは、SM光ファイバと比較して、コア径が大きく光源との結合効率も高いが、モード分散により伝送帯域が制限され、一般に、距離の短い構内配線などで使用される。
- C SM光ファイバのゼロ分散波長や分散スロープを制御して製作された光ファイバは、総称して分散制御光ファイバといわれる。

＜(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) 石英系光ファイバの分散特性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 材料分散は光ファイバの材料である石英ガラスの性質に依存するため、大きく変化させることはできないが、構造分散は、比屈折率差や屈折率分布を調節することで変化させることができる。
- ② 光ファイバのコア形状の僅かなゆがみによって複屈折が生じ、光ファイバ中を伝搬する二つの偏波モード間に伝搬時間差が生ずる現象は、偏波モード分散といわれる。偏波モード分散は、波長分散と比較して光信号への影響は小さいが、伝送速度が高速になるほど伝送距離を制限する要因の一つとなる。
- ③ 光ファイバの波長分散は、材料分散と構造分散の和であるが、SM光ファイバでは構造分散が伝送帯域を制限する主な要因となる。SM光ファイバの波長分散は、一般に、 $1.3 [\mu\text{m}]$ 付近でゼロとなっている。
- ④ 入射光パルスが光ファイバ中を幾つかの異なったモードで伝搬することによって生ずる分散は、モード分散といわれる。モード分散を小さくするためにコアの屈折率分布を放物線状としたものがGI型光ファイバであるが、モード分散を完全に無くすることはできない。

- (1) 次の文章は、光ファイバにおける非線形光学現象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)

光ファイバに高強度の光を入射すると、□(ア)が光の電界強度の2乗に比例して変化する現象が生ずる。この現象は□(イ)といわれ、入射された光自身が誘起した□(ア)変化によって、光の位相が急激に変化する□(ウ)を生じ、この結果、短光パルスのスペクトルに広がりが生ずる。

特に、波長多重伝送など大容量の光伝送において障害となる非線形光学効果として□(エ)といわれる現象がある。これは、異なる三つの波長の光が入射されたときに新たな波長の光が生ずる現象で、波長多重伝送では、特定の信号光に干渉して伝送品質の劣化を引き起こす。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|--------------|-----------|---------------|---------|
| ① ブリルアン散乱 | ② レイリー散乱 | ③ 屈折率 | ④ ラマン効果 |
| ⑤ 自己位相変調 | ⑥ 相互位相変調 | ⑦ 二光波混合 | ⑧ 透磁率 |
| ⑨ 第二高調波発生 | ⑩ 第三高調波発生 | ⑪ 光カー効果 | ⑫ 誘電率 |
| ⑬ モードフィールド径 | | ⑭ 四光波混合 | |
| ⑮ 光パラメトリック発振 | | ⑯ ホトリフラクティブ効果 | |

- (2) 次の文章は、光ファイバ伝送における光ファイバへの光の入射、光の性質、MM光ファイバの周波数特性、信号劣化要因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 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。
- ② 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。
- 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、結合効率が低い。
- 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) 光の性質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 電磁波は、電界と磁界が直交して進行し、それぞれの振動方向は進行方向に垂直な横波である。光は、放送や携帯電話に用いられる電波の波長と比較して、非常に長い波長の電磁波である。
- ② 回折現象のうち、光源と観測点のいずれか、又は光源と観測点の両方が開口に近く、光の波面の曲率が無視できない回折は、フラウンホーファー回折といわれる。
- ③ 光の波長に近い大きさの微粒子を含む透明な媒質に白色光を入射させると、入射側に近いところでは青い光が散乱し、残った赤い光が伝搬する。この現象はレイリー散乱といわれ、散乱による損失の大きさは波長の2乗に比例する。
- ④ 光の吸収とは、光の一部が光の伝搬媒体によって吸収され、熱に変換される現象をいい、光ファイバでは石英ガラスが持つ紫外吸収と赤外吸収のほか、添加剤として含まれる金属イオンや水素イオンによる不純物吸収がある。

(iii) MM光ファイバの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、**(キ)** である。

＜(キ)の解答群＞

- ① 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。
- ② 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、伝送距離が長くなるほど、周波数チャープイングの影響により光信号波形は劣化する。
- ③ GI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要因である。
- ④ 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、GI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。

(iv) 光ファイバ通信における信号劣化要因などについて述べた次のA～Cの文章は、(ク)。

- A 光伝送路の途中に光コネクタなどの光部品があると、反射によって干渉現象が生ずる。反射光が光源であるLDまで戻り干渉現象によって発振光が不安定になることを防ぐため、ホトリフレクタが用いられる。
- B 光信号が伝送路を伝わるうちに、自然条件の影響を受け光ファイバが温度変化によって伸縮すると揺らぎを生じ、ビット誤り率を増大させる要因の一つとなる。この揺らぎの周波数が10 [Hz]未満のものはジッタといわれる。
- C 線形中継システムでは、信号光とASE光との間のビート雑音は中継器数に比例して増大し、また、ASE光とASE光との間のビート雑音は中継器数の2乗に比例して増大する。

＜(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

問3 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、WDM伝送システムに用いられる光海底中継器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)

WDM伝送システムに用いられる光海底中継器は、光ファイバ伝搬により減衰した信号光をエルビウム添加光ファイバ(EDF)によって光増幅中継する装置であり、一定間隔で光海底ケーブルに接続される。光海底中継器は、高い耐腐食性及び耐水压性が要求されるため、一般に、耐圧^{きょうう}筐体材料として(ア)が使用されている。

波長多重された信号光を光海底中継器により一括増幅するWDM伝送システムにおいて、インターネットトラヒックなどによる通信量の増大に対応するためには、光海底中継器の利得^{たん}帯域の平坦化と広帯域化が不可欠である。こうしたことから、EDFAの光波長に対する利得特性(イ)する損失特性を持つ(ウ)フィルタを用いることにより1.55 μm帯において、40 [nm]に及ぶ利得帯域が実現されている。

(ウ)フィルタには、光ファイバのコアに周期的な屈折率変化を形成した(エ)などが使用されており、設計自由度が高く、中継間隔及び使用波長帯域に応じた光海底中継器の利得特性の最適設計が可能となっている。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- ① と一致 ② ファイバカップラ ③ 偏光 ④ 光アイソレータ
⑤ に再帰 ⑥ と相反 ⑦ FRP ⑧ を強調
⑨ 利得等化 ⑩ 波長分散補償 ⑪ 補間 ⑫ アルミニウム銅合金
⑬ ベリリウム銅合金 ⑭ 光サーキュレータ
⑮ ファイバグレーティング ⑯ ニッケルクロム合金

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられている海中設備の構造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) 光海底ケーブルの種類と適用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 光海底ケーブルには、使用環境の違いによって、外傷防止のために様々な保護構造が施されている。陸揚局近傍の浅海域では、特に、漁労、^{いかり}錨などにより損傷を受けやすいため、一般に、鋼線を一重又は二重に巻いて保護した鋼線外装ケーブルが用いられている。
- ② 無中継用光海底ケーブルには、陸上用光ファイバケーブルとの相互接続性を考慮し、一括融着接続を可能とする4心テープ心線を溝付きのスロットに積層して収納することにより、光ファイバ心線を最大100心収容できる構造を有するものがある。
- ③ 光海底ケーブルの外装ケーブルのうち、DA (Double Armored) ケーブルは、鋼線を二重に巻いて強固に保護した構造であり、このような鋼線外装ケーブルには、海底面での外力などによる損傷を防止できると同時に、800 [kN] 程度の張力にも耐えられる高張力型ケーブルがある。
- ④ 光海底ケーブルの無外装ケーブルのうち、LWS (Light Weight Screened) ケーブルは、LWコアを高強度プラスチックテープで覆い、さらに、高密度ポリエチレンシースで保護した構造であるが、耐水圧強度は外装ケーブルと比較して劣っている。

- (ii) 給電装置の構成、及び給電装置と光海底ケーブルの給電路との接続について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 両端給電構成で2地点間を結ぶポイント・ツー・ポイントシステムでは、一方の陸揚局の電力プラント保守作業時に、対向局の電力プラントで全負荷を担うことにより給電を継続できる場合でも、電力プラントである電力制御部と電力監視部は、全て冗長化されている。
- B 3地点間以上を結ぶフィッシュボーン構成の光海底ケーブルシステムでは、一般に、ブランチ区間は片端給電構成であり、かつ、ブランチ局の電力プラントは冗長化されていないため、ブランチ局の電力プラント保守作業時に給電を継続することができない。
- C 給電装置と光海底ケーブルの給電路との接続には、ビーチマンホールにおいて光海底ケーブルの光ファイバと給電路を分離し、給電路としての給電ケーブルを陸揚局まで引き込み、給電装置に接続する方法がある。

＜(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) 光海底分岐装置の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＞

- ① 光海底分岐装置は、分岐装置本体、ケーブルカップリング及び海中アースから構成されている。光海底分岐装置のケーブルカップリングは、トランクケーブル用及びブランチケーブル用とも同じ構造であり、光海底中継器のケーブルカップリングと同一の仕様である。
- ② 光海底分岐装置に取り付けられる海中アースは、給電系を構成する装置であり、長期安定性と耐腐食性が要求される。この海中アースの極性は、陰極性の場合、電極自身が分解する反応となるため、一般に、陽極性で使用される。
- ③ 多局間を結ぶ光海底ケーブルシステムの場合、1分岐ケーブルに故障が発生した場合、残りの他の分岐ケーブル間の通信を確保できることが重要となる。したがって、光海底分岐装置には、長期にわたり切替えが確実に行え、安定した給電路の設定を確保するために、一般に、高信頼性の真空リレーが使用される。
- ④ 光海底分岐装置の耐圧筐体と海中アース間に電位差がある場合、腐食電流が流れ、耐圧筐体が腐食するおそれがあることから、海中アースは、耐圧筐体から一定の距離をおいて設置する必要がある。実用化の例では、25年の長期使用を考慮し、100[m]以上離す必要があるとされている。

- (iv) 光海底ケーブルシステムにおける監視システムの構成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 監視システムは、一般に、ITU-Tで標準化されているTMNアーキテクチャに基づいて構成されており、TMNアーキテクチャは3階層から成り、最上位層はサービス管理層である。
- ② 監視システムは、一般に、クライアントサーバ構成であり、ネットワーク管理層のネットワーク管理装置であるMC (Maintenance Controller)又はEMS (Element Management System)をサーバとし、エレメント管理層のLTE (Line Terminating Equipment)などのNEをクライアントとして監視制御用のLANを経由して接続されている。
- ③ 各陸揚局におけるTMNアーキテクチャに基づく各階層の機器は、GPS衛星から高精度なUTC (Universal Time Coordinated)時刻情報をそれぞれ個別に直接受信しているため、障害発生時における原因解析の重要な情報となる警報やイベントの正確な発生時刻を提供することができる。
- ④ 各陸揚局の監視システムは、一般に、DCN (Data Communication Network)により相互に接続されており、陸揚局間における監視用の通信は、海底区間の光信号伝送方式であるSDH/SONETやOTN (Optical Transport Network)におけるフレームのオーバーヘッドに重畳されているデータ通信チャネルを用いて行われる。

- (1) 次の文章は、海底ケーブルの埋設工事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)

海底ケーブルは、底引き網漁業、船舶の投錨^{びょう}などの外的要因から保護するため、一般に、それらの危険性があるケーブルルートでは外装ケーブルを使用し、さらに海底に埋設される。

海底ケーブルの埋設工法の一つとして、鋤^{すき}式埋設機を用いて海底ケーブルを (ア) に埋設する工法がある。鋤式埋設機は、一般に、最深で水深 (イ) [m] 程度まで適用可能なものが使用されている。

また、鋤式埋設機はケーブル交差点での埋設やケーブル修理後の埋設には使用できないため、そのような場所では、一般に、ROV の (ウ) によりケーブル埋設が行われる。ROV は埋設工事のほか、電気・磁気センサ及び搭載カメラによるケーブル故障点探査、マニピュレータによるケーブル把持・切断などにも使用される。

海底質が埋設に適さない岩場では、保護管を海底ケーブルに被^{かぶ}せ、更にそれを海底に固定する保護工法が採用される場合がある。

浅海部では、ケーブル陸揚地から沖合 0.5 [km]～1.0 [km] 程度まで掘削装置により掘削して管路を設置する (エ) といわれる工法が用いられる場合がある。この工法の利点としては、ケーブル陸揚げに際し、沿岸漁業への影響がないこと、護岸堤、離岸堤などの構造物の影響を受けないことなどが挙げられる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | |
|---------|---------------|----------------|
| ① 500 | ② 敷設と同時 | ③ AUV |
| ④ 1,000 | ⑤ スクリーニング | ⑥ 敷設の後 |
| ⑦ 1,500 | ⑧ 探査と同時 | ⑨ ウォータージェッティング |
| ⑩ 2,500 | ⑪ 敷設と交互 | ⑫ CHG |
| ⑬ NATM | ⑭ ダイレクトランディング | |
| ⑮ HDD | ⑯ エレクトローディング | |

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルの敷設工事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) I C P C (International Cable Protection Committee)によるケーブル交差などに関する勧告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 新設ケーブルが既設ケーブルと交差する場合、既設ケーブルが外装ケーブルの場合には外装ケーブルを、既設ケーブルが無外装ケーブルの場合には無外装ケーブルを新設するというように、交差するケーブルの外装種別は同じにする。
- ② 新設ケーブルが既設ケーブルと交差する場合、その交差角は90度が望ましく、少なくとも交差角を45度以上とする。
- ③ 新設ケーブルが既設ケーブルの海底中継器近傍で交差する場合、その海底中継器とケーブル交差点との距離は、少なくとも水深と同等以上とする。
- ④ 新設ケーブルを2本の既設ケーブルの交差点付近に敷設する場合、既存の交差点で3本のケーブルが交差するように新設ケーブルのルート进行调整する。

- (ii) 深海部における光海底ケーブルの敷設工事について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 深海部における光海底ケーブルの敷設工事では、着底した光海底ケーブルは深海流の影響を受けて移動して損傷するおそれがあるため、一般に、埋設される。
- B 光海底ケーブルを敷設する際のスラックは、海底の斜面が上り傾斜ではプラスとして、水平距離に対して光海底ケーブルが長く海底に敷設され、下り傾斜ではマイナスとして、水平距離に対して光海底ケーブルが短く海底に敷設される。
- C 光海底ケーブルの敷設に用いるケーブルエンジンには、リニアケーブルエンジン、ドラムケーブルエンジンなどがある。深海部における敷設の場合は、スラック制御が容易で高速敷設に適したドラムケーブルエンジンが用いられる。

＜(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) 光海底ケーブルの陸揚工法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 ケーブル船から光海底ケーブルを海岸の陸揚局又はビーチマンホールに引き込む陸揚工事では、陸揚海岸の底質、地形、既設ケーブルの有無、埋設方法、陸揚距離などの状況を考慮して、最適な工法が採用される。
- ② 陸揚工法の一つであるケーブル船けん引法は、ケーブル船が海岸から十数(km)以内に接近可能な場合に適用され、船固めの後、船尾又は船首よりロープを作業船で引き出し、海岸の大滑車と船の間に橋渡しをしてから、ケーブル船側でロープを巻き込み、光海底ケーブルを陸揚げする方法である。
- ③ 陸揚工法の一つである直接けん引法は、遠浅海岸で陸揚距離が長い場合に適用され、ケーブル船の船尾又は船首よりロープを作業船で引き出し、陸揚海岸のブルドーザなどでロープを引張り、直接、ケーブル船から光海底ケーブルを陸揚げする方法である。
- ④ ケーブル船から直接、光海底ケーブルを陸揚げできない場合、陸揚部分の光海底ケーブルを小型の作業船で先行敷設し、ブイオフする。次に、先行敷設された光海底ケーブルとケーブル船が主敷設する光海底ケーブルを接続した後、主敷設を行う方法がある。

- (iv) 光海底ケーブルの敷設方法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 光海底ケーブルの敷設中に、ケーブル船が敷設方向に海底面上昇傾斜を観測したとき、光海底ケーブルが宙づり状態になるのを避けるためには、ケーブル船の船速を上げる必要がある。
- ② ケーブル船を用いて動水力学定数が異なる2種類の光海底ケーブルを敷設する場合、同じ船速では動水力学定数が小さいほどケーブル傾斜角(海面と光海底ケーブルとのなす角)は小さくなる。
- ③ ケーブル船を用いて光海底ケーブルを敷設する場合、光海底ケーブルの繰出速度が船速と比較して速いとき、光海底ケーブルの繰出速度が速いほど、ケーブル傾斜角は大きくなる。
- ④ 船速が一定なケーブル船から船速より遅い繰出速度で光海底ケーブルを平坦な海底地形に敷設する場合、ケーブル船から海底の光海底ケーブル着底点までのケーブル敷設形状は、一直線となり、着底点においてケーブル張力はゼロとなる。

- (1) 次の文章は、海底ケーブル敷設に伴う埋設ルート調査(BAS: Burial Assessment Survey)の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)

海底ケーブルのルート調査は、一般に、関連する漁業協同組合から海洋調査に対する同意を得た後、所轄の□(ア)に所定の作業届を提出し、受理された後に行われる。ルート調査では、海底ケーブル故障の主な原因である漁労や投錨^{びょう}からケーブルを保護するために海底ケーブルのBASが重要である。

BASでは、計画されたルートに沿って海底の底質、硬さ、□(イ)の厚さなどについてのデータが収集され、ケーブル種別、埋設方法及び目標埋設深度が決定される。BASは、一般に、地盤の強度を調査するために実施される原位置試験である□(ウ)を用いる方法、又は調査用のアンカー若しくは鋤^{すき}を曳航^{えい}する方法により行われる。さらに、埋設機による埋設を考慮し、海底下1[m]～3[m]程度までの□(イ)の分布を広範囲に調査するため、海底地形を面的に計測できる機能を有する□(エ)などを使用した地層^{たん}探査も行われる。これらの調査結果により、海底の□(イ)が安定して厚く、かつ海底が平坦な場所が埋設ルートとして選定される。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|-------|---------|----------------------|---------------|
| ① CPT | ② XBT | ③ 海事事務所 | ④ 海上保安部 |
| ⑤ 岩盤 | ⑥ 水中カメラ | ⑦ 警察署 | ⑧ プロトン磁力計 |
| ⑨ SAT | ⑩ 低水温層 | ⑪ D-GPS | ⑫ 港湾事務所 |
| ⑬ 堆積層 | ⑭ HAST | ⑮ 砂礫 ^{れき} 層 | ⑯ マルチビーム音響測深機 |

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられている分散マネジメント、パワーバジェット設計などについて述べたものである。 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) WDM方式を用いた中継光海底ケーブルシステム(WDMシステム)の分散マネジメント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 光ファイバ伝送路の累積波長分散量を制御することは、累積波長分散による波形劣化の低減だけでなく、光ファイバの非線形性と波長分散との相互作用によって生ずる波形劣化の低減にも有効である。
- ② 非線形光学効果の影響を抑制するためには、1中継区間内の波長分散がゼロにならないようにオフセットする方法が有効であり、その最適なオフセット量は光信号の変調方式に依存する。
- ③ DMFといわれる分散マネジメント光ファイバには、超大口径正分散光ファイバ(SLA)と逆分散光ファイバ(IDF)があり、一般に、光信号パワーが低下する光海底中継器の入力側にSLAを、光海底中継器の出力側にIDFをそれぞれ配置する。
- ④ WDMシステムの分散マネジメントにおいてNZDSFを用いた場合、NZDSFを構成するLMF(Large Mode-field Fiber)とLSF(Low Slope Fiber)は、いずれも正の波長分散スロープを有するため、累積波長分散量をほぼゼロにできるWDM信号波長は限定される。

- (ii) 光増幅中継海底ケーブルシステム(光増幅システム)の伝送特性の改善について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 建設当初の設計容量の範囲内で伝送波長数を増やすアップグレードを実施するには、高性能な光伝送端局装置への置換による伝送特性の改善及び利得等化器の追加挿入による伝送帯域の拡大が必要である。
- B 光伝送端局装置は、一般に、誤り訂正符号を用いて符号誤り率を改善する符号誤り訂正機能を有している。誤り訂正前のQ値がQリミット以上であれば、光SN比の低下があっても所要の伝送特性が実現される。
- C WDM方式の光増幅システムでは、使用する波長数が設計波長数と比較して少ない場合、信号光1波当たりのパワーが高くなり、非線形光学効果による伝送品質の低下が生ずることがある。非線形光学効果の影響を抑制する対策として、信号を運ばないダミー光を信号光と同時に送信する方法がある。

＜(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) 無中継光海底ケーブルシステム(無中継システム)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 無中継システムの伝送距離を延伸するには、大きな信号光パワーを伝送路の光ファイバに効率的に入力することが有効であるが、光ファイバへの入力信号光パワーは、誘導ブリルアン散乱(SBS)により制限される。SBSの発生しきい値は、光ファイバの実効断面積に依存し、光信号のスペクトル線幅には依存しない。
- ② 無中継システムでは、伝送路である光ファイバの損失を補償する方法として、誘導ラマン散乱を利用した分布ラマン増幅とEDFを遠隔励起する遠隔励起増幅がある。この二つの方法を併用すると複合効果による波形ひずみが顕著となるため、同一システムにおいて二つの方法は併用できない。
- ③ 分布ラマン増幅を用いた無中継システムでは、一般に、信号光パワーが小さいと十分な利得が得られないため、分布ラマン増幅区間は送信端近傍に限定されている。
- ④ 遠隔励起増幅を用いた無中継システムでは、一般に、信号光パワーの大きさを考慮し、使用可能な励起光パワーによる十分な利得を得るために、受信端近傍にEDFを配置し、受信側の陸揚局から $1.48\mu\text{m}$ 帯の励起光を送出することにより信号光を増幅している。

- (iv) 無中継光海底ケーブルシステムのパワーバジェット設計において、以下に示す条件の場合、経年劣化要因のマージンは、(ク) [dB]である。

(条 件)

- ① 光海底ケーブル長 : 350.0 [km]
- ② 平均光海底ケーブル損失 : 0.18 [dB/km]
- ③ 光伝送端局装置の送信光パワー : 13.0 [dBm/ch]～14.0 [dBm/ch]
- ④ 光伝送端局装置の最小受光感度 : -38.0 [dBm/ch]
- ⑤ 遠隔励起光増幅器の利得 : 15.0 [dB]
- ⑥ 設計寿命終了時点のマージン : 1.0 [dB]
- ⑦ 上記及び経年劣化要因のマージン以外の設計パラメータは考慮しないこととする。

＜(ク)の解答群＞

- ① 2.0 ② 2.5 ③ 3.0 ④ 3.5

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。