

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44
	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45～線48

- 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	0	0	0	0	0	0
①	●	B	B	1	1	●	1	1	1
	②	●	C	2	2	2	●	2	2
	③		D	3	3	3	3	●	3
	④		E	4	●	4	4	4	●
	⑤	●	5	5	5	5	5	5	5
	⑥		G	6	6	6	6	6	6
	⑦		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	○	●	●	○	●	○			
	①	①	①	①	①	●			
	②	②		②	②	②			
昭和	●	③	③	●	③	③			
		④	④		④	④			
	●	⑤		⑤		⑤			
	⑥	⑥		⑥		⑥			
		⑦		⑦		⑦			
		⑧		⑧		⑧			
		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27日10時以降の予定です。
可否の検索は2月15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、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。

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

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

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＞

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 比 例 | ② 反 射 | ③ 分 布 | ④ 分 散 |
| ⑤ 結 合 | ⑥ 増 幅 | ⑦ 立 体 | ⑧ 伝 搬 |
| ⑨ 振 動 | ⑩ 位 相 | ⑪ 時 | ⑫ 伝 送 |
| ⑬ 減 衰 | ⑭ 相 加 | ⑮ 集 中 | ⑯ 伝 達 |

(2) 次の文章は、複合線路、漏話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) 特性の異なる幾つかの線路を縦続接続した複合線路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 複合線路は、特性インピーダンスなどが異なる幾つかの線路を縦続接続することによって構成される線路モデルであり、一様線路と比較して、より現実的な線路に近づけたモデルである。
- ② 複合線路では、一般に、多数の接続点で反射を生ずるが、奇数回の反射により送端側に戻る波は伴流又は続流といわれる。
- ③ 複合線路の伝送特性を解析することは、一様線路と比較して複雑ではあるが、一様線路の解析手法を基本に、位置角の考え方を採り入れることで容易になる。
- ④ 複合線路の任意の点における電圧、電流及びインピーダンスは、位置角を θ とすると、一般に、電圧は $\sinh \theta$ に、電流は $\cosh \theta$ に、インピーダンスは $\tanh \theta$ にそれぞれ比例する。

(ii) 漏話現象、漏話減衰量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 二つの回線間の電氣的な結合には静電結合と電磁結合があるが、メタリック伝送の音声回線においては、静電結合の漏話に対する影響は小さく、電磁結合が支配的である。
- ② 静電結合による漏話量は、線路の特性インピーダンスに比例する。したがって、装荷ケーブルは、一般に、無装荷ケーブルと比較して、特性インピーダンスが小さいため、漏話減衰量が大きい。
- ③ 漏話減衰量 L [dB]は、誘導回線の送端電力 P [mW]と被誘導回線の漏話電力 P_L [mW]の比を用いて、次式で表される。
$$L = 10 \log_{10} \frac{P}{P_L}$$
- ④ 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遠端漏話、誘導回線の受端側に生ずる漏話は近端漏話といわれる。

- (3) 次の文章は、光ファイバの伝搬特性、光通信における信号劣化要因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、 (キ) である。

＜(キ)の解答群＞

- ① 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。

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

- ② S I 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。

- ③ S M 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。

- ④ 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。

- (ii) 光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 波長によって伝搬速度が異なることに起因して生ずる分散は、波長分散といわれる。光通信に用いられる光パルスは、厳密には単一の波長ではなく波長の広がりをもっているため、波長によって伝搬時間に差が生ずることから、受信端でパルス幅が広がり、波形が劣化する。
- B 光ファイバの製造過程では火炎加水分解反応が広く用いられており、光ファイバ中に OH 基が混入する場合がある。OH 基は光ファイバ中に 1 [ppm] 程度含まれているだけでも、吸収による伝送損失の増加要因となる。
- C 信号の時間軸方向の揺らぎにおいて、10 [Hz] 以上の揺らぎはジッタ、10 [Hz] 未満の揺らぎはワンダといわれ、一般に、ジッタは送受信回路中の電子回路内部の発振周波数の変動などによって発生し、ワンダは伝送路中の光ファイバ長の温度変化による伸縮などによって発生する。

＜(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

- (1) 次の文章は、光ファイバグレーティング(FG)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)

ゲルマニウムを添加した石英に、波長240[nm]近傍の紫外線を照射すると [(ア)] が上昇する。FGは、この現象を利用して光ファイバのコア上に、周期的な [(ア)] 変化を形成することにより光フィルタなどとしての機能を持たせた光ファイバ型デバイスであり、非破壊で、直接、光ファイバ中にグレーティングを形成できるため、同様の機能を有する誘電体多層膜フィルタと比較して、小型で低挿入損失である、伝送用光ファイバとの良好な接続性が得られるなどの特徴がある。

FGは、グレーティング周期が1[μm]以下の短周期型及び数十[μm]～数百[μm]の長周期型の2種類に大別される。

短周期型FGは、特定の波長の光を選択的に信号光とは逆方向の伝搬モードに結合、すなわち [(イ)] させることから、狭帯域波長フィルタとして機能する。一方、長周期型FGは、特定の波長の光を信号光と同一方向に進む [(ウ)] モードに結合させる。 [(ウ)] モードに結合した光は光ファイバ被覆材に吸収されて減衰することから、透過阻止型の波長フィルタとして機能する。

短周期型FGは急峻な波長選択特性を持つデバイスであるため、特定の信号波長を分岐・挿入する [(エ)] などで、また、長周期型FGはEDFAの利得等化器などで用いられている。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|--------|--------|--------|----------|
| ① 導波 | ② OPGW | ③ ヤング率 | ④ クラッド |
| ⑤ OFDM | ⑥ 放射 | ⑦ 屈折率 | ⑧ 回折 |
| ⑨ 干渉 | ⑩ 透過率 | ⑪ OTDM | ⑫ ハイブリッド |
| ⑬ 反射 | ⑭ 開口率 | ⑮ 基本 | ⑯ OADM |

- (2) 次の文章は、光の性質、発光・受光素子と光ファイバとの結合、光ファイバにおける非線形光学効果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) 光の性質などについて述べた次のA～Cの文章は、 (オ)。

- A 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。
- B 光の吸収は、一般に、任意の波長の光が伝搬媒質中に存在する物質によって吸収されて熱に変換される現象であり、光ファイバ中における吸収には、石英ガラス自体が持つ紫外吸収及び赤外吸収のほか、コアとクラッド間に屈折率差を設けるために添加される金属イオンなどによる不純物吸収がある。
- C 光のコヒーレンス性は、周波数軸上のスペクトル分布を測定することにより確認することができる。周波数軸上のスペクトル幅は、一般に、周波数や位相がそろったコヒーレンス性が高い光は1本の線状で狭く、また、周波数や位相がそろっていないコヒーレンス性が低い光は広がって観測される。

＜(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) 発光・受光素子と光ファイバとの結合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 LDとLEDとでは、発光源から出射される光ビームの広がり度合いが異なり、光ビームの広がり度合いが大きいLEDの方が、光ファイバとの結合損失は小さい。
- ② LDは自分自身の反射光によって発振が不安定になる特性があり、高速伝送方式ではこの影響を無視できないため、LDと光ファイバの間には、一般に、反射光の帰還を阻止する光アイソレータが組み込まれている。
- ③ 発光素子から出射される光は屈折や回折により広がることから、発光素子と光ファイバとは、一般に、YAGレーザを用いて融着接続されている。
- ④ 光ファイバ中を伝搬してきた光は、石英ガラスの分散特性に応じて端面から広がって放射されることから、光ファイバと受光素子との結合損失を小さくするために、レンズを用いて光の絞り込みを行うなどの工夫がなされている。

- (iii) 光ファイバにおける波長分散、自己位相変調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 光ファイバの波長分散は、ゼロ分散波長より短波長側の正常分散領域と長波長側の異常分散領域に分けられ、光パルス信号のスペクトルが正常分散領域にあるときは、波長が長いスペクトル成分ほど群速度は速くなる。
- ② 光パルスの波長が時間的に変化する現象は、一般に、チャープングといわれ、光パルスは時間的な波形広がりを伴うため、符号間干渉を生ずる原因となる。
- ③ 波長分散によるパルスの広がりとは自己位相変調によるパルスの狭まりとが打ち消し合った状態では、光パルスがパルス幅を変えずに伝搬する光ソリトン現象が発生する。
- ④ 入射する光信号の強度に依存して光ファイバの屈折率が変化する現象は、光カー効果といわれ、自己位相変調は、この光カー効果により光強度の変化に比例して入射した光と同じ波長の光が散乱される現象をいう。

- (iv) 光ファイバにおける非線形光学効果などについて述べた次のA～Cの文章は、(ク) 。

- A 非線形光学効果は、非線形屈折率変化と非線形散乱とに大別でき、前者には波長分散、四光波混合などが、また、後者には誘導ラマン散乱及び誘導ブリルアン散乱がある。
- B 四光波混合は、二つ以上の異なった波長の光が同時に光ファイバ中に入射したとき、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である。
- C 誘導ラマン散乱は、強い光が光ファイバ中に入射したとき、ガラスを構成する分子の光学的振動と入射光との相互作用が原因で発生する現象であり、後方散乱光のみが発生する。

＜(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

- (1) 次の文章は、光海底中継器の構成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)

光海底中継器は、耐圧^{きょう}筐体、耐圧筐体内部に実装された回路ユニット、及び光海底ケーブルと耐圧筐体との接続部である [(ア)] から構成され、回路ユニット内には給電回路、光増幅回路、監視回路などが実装されている。

光海底中継器の耐圧筐体は、水圧78.5 [MPa]以上に耐えうるよう設計されている。また、耐圧筐体内部の電子回路などの長期信頼性を確保するため、耐圧筐体内部は真空乾燥後、乾燥窒素ガスが封入されている。

光海底中継器の耐水圧性と気密性は、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 [(イ)] といわれる構造などにより実現されており、耐圧筐体内の相対湿度を25年間にわたり20 [%]以下に保つことが可能となっている。また、[(イ)] では、光ファイバにはハンダによるメタル封止、給電線には樹脂成形封止とメタルコーンシールが採用されており、光海底中継器直近の光海底ケーブル破断により、[(ア)] と [(イ)] との間にある [(ウ)] 内に海水が浸入した場合でも光海底中継器内への海水の浸入を完全に阻止することができる。

なお、[(ウ)] は給電線を兼ねる耐水圧パイプに光ファイバを収納してポリエチレンで被覆した構造となっている。

耐圧筐体における耐圧シリンダと回路ユニットの間には金属バネ製クッションが挿入されている。この金属バネ製クッションは、振動・衝撃から回路ユニットを保護し、かつ、回路ユニットで発生する熱を放熱する役目も果たしている。この回路ユニット内の放熱設計により、回路ユニット内部の温度は周囲温度の+5 [°C]以下に抑えることができ、光海底中継器は、一般に、周囲温度が [(エ)] の範囲で安定に動作する仕様となっている。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | |
|-----------------|--------------|--------------------|
| ① ベローズ | ② ケーブルカップリング | ③ -10 [°C]～25 [°C] |
| ④ シーブ | ⑤ トランジション | ⑥ 0 [°C]～35 [°C] |
| ⑦ ジンバル | ⑧ ケーブルグリップ | ⑨ 5 [°C]～40 [°C] |
| ⑩ ブーツ | ⑪ テールケーブル | ⑫ 10 [°C]～45 [°C] |
| ⑬ ヒートシンク | ⑭ ジョイントチャンバ | ⑮ ジョイントリング |
| ⑯ フィードスルーアッセンブリ | | |

- (2) 次の文章は、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)に使用されている利得等化器、光海底分岐装置及び光海底中継器の種類、特徴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) 利得等化器の種類、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 シェイプ等化器(S E Q)は利得等化器の一種であり、WDMシステムでは、光海底中継器の多段接続により累積する利得偏差を補正するため、S E Qを光海底中継器数十台に1台の割合で挿入することがある。
- ② S E Qの利得等化フィルタには、一般に、光海底中継器で用いられている利得等化フィルタと同様にファイバグレーティングなどが使用されており、陸揚局の光伝送端局装置からのコマンド信号によりS E Qの損失特性を変更することができる。
- ③ チルト等化器(T E Q)は利得等化器の一種であり、WDMシステムでは、個々の光海底中継器の利得が設計値と異なることにより生ずる利得傾斜や光海底ケーブルの経時損失増加などにより生ずる利得傾斜を補正するため、T E Qを光海底中継器数十台に1台の割合で挿入することがある。
- ④ T E Qは、一般に、光カプラ、アクティブ利得等化器、S V回路、ホトダイオード、給電回路などで構成され、陸揚局の光伝送端局装置からのコマンド信号によりT E Qの傾斜損失特性を変更することができる。

- (ii) 光海底分岐装置(B U)の種類などについて述べた次のA～Cの文章は、□(カ)。

- A B Uは、一般に、トラヒックの分岐方法の違いから、光ファイバ分岐型と波長アドドロップ(O ADM)型に、給電系の構成の違いから、給電経路固定型と給電経路切替型に大別できる。
- B DWDMシステムにおけるO ADM型のB Uでは、数十チャネルを一度に合分波するためのサブバンド帯域の確保及びガードバンド帯域の縮小のため、一般に、誘電体多層膜によるバンドパスフィルタが用いられている。
- C 給電経路切替型のB Uには、陸揚局の給電装置からの給電電流の調整により給電経路切替の制御を行うものと、光伝送端局装置からの制御信号により給電経路切替の制御を行うものがある。

＜(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) 光海底中継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、(キ) である。

＜(キ)の解答群＞

- ① 光海底中継器は光海底ケーブル区間に一定間隔で挿入され、伝送光ファイバで減衰した信号光をEDFAによって光増幅中継する装置である。中継間隔はWDMシステムの全長などによって異なり、全長2,000[km]程度のWDMシステムにおける中継間隔は、最長で300[km]程度である。
- ② 光海底中継器では波長分割多重^{たん}された信号光を一括増幅するため、EDFAの利得特性は利得等化フィルタにより平坦化及び広帯域化されており、現在、1波長当たり100[Gbit/s]の伝送速度で1,000波以上伝送できるDWDM伝送方式が実用化されている。
- ③ 光海底中継器の監視方式には、光伝送端局装置からのコマンド信号により光海底中継器の光入出力レベル、励起光源の駆動電流、光海底中継器の内部温度などの詳細な監視ができるアクティブSVと、光入出力レベルのみの監視であるが光海底中継器回路を簡素化できるパッシブSVがある。
- ④ 光海底中継器には、光カプラを介して上り下りの光ファイバを接続しているコヒーレントOTDR(C-OTDR)パスといわれる光経路が設けられており、これによりどちらか片方の陸揚局からC-OTDRを使用してWDMシステム全長における全ての光ファイバの双方向の損失レベルを測定することができる。

(iv) 光海底中継器の信頼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、(ク) である。

＜(ク)の解答群＞

- ① 光海底中継器のEDF励起用LDは、光海底中継器として所要の信頼性を実現するため、一般に、光カプラなどを介して冗長化されている。
- ② 長期間の設計寿命が要求される光海底中継器において、その構成部品の信頼度を確保するための手法の一つであるスクリーニング試験では、初期故障品の除去及び特性安定化のためのエージングが行われる。
- ③ 光海底中継器内で、EDFの両端に光アイソレータを配置すると、光アイソレータからの反射光がEDFで増幅され、さらに反対側の光アイソレータで反射し、それが繰り返されることにより光の発振が発生することがあるため、一般に、光アイソレータはEDFのどちらか片端にのみ配置する。
- ④ 光海底中継器の給電回路は、一般に、ツェナーダイオードによる定電圧源と、ガスクューブアレスタ(放電管)、コイルなどからなるサージ保護回路で構成されており、双方向給電を可能とするため、定電圧源とサージ保護回路の間にダイオードブリッジを設けている。

- (1) 次の文章は、敷設中の海底ケーブルに作用する力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)

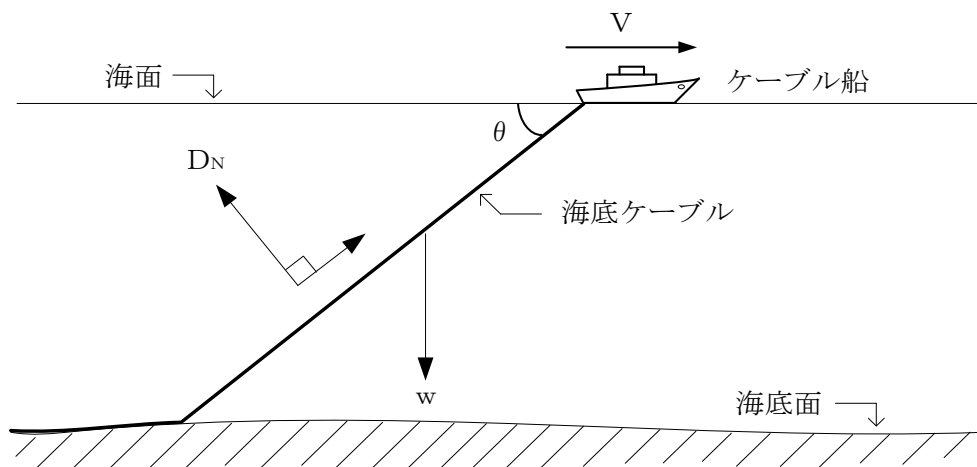
海底ケーブルの敷設において、海底面が平坦で潮流がなく、船速が一定で、かつ、ケーブル繰出速度が船速より速い敷設作業の場合は、ケーブル各部は一定速度で沈下するので、水中におけるケーブルはほぼ一直線になり、海底のケーブル着底点での張力はほぼ (ア) となる。

図に示すケーブル敷設の概念図において、単位長さ当たりのケーブル水中重量を w [N/m]、ケーブルの入水角を θ [rad]、法線方向 (D_N) の抗力係数を C_D 、ケーブル船の船速を V [m/s]、ケーブルの直径を d [m]、海水の密度を ρ [kg/m³] とするとき、単位長さ当たりのケーブルの法線方向に作用する力に注目すると、ケーブルの水中重量の法線成分である (イ) と流体抵抗である $\frac{\rho C_D d (V \sin \theta)^2}{2}$ が釣り合っていることから次式が得られる。

$$\text{(イ)} = \frac{\rho C_D d (V \sin \theta)^2}{2}$$

さらに、 θ が小さい場合、 $\cos \theta$ を 1、 $\sin \theta$ を θ と近似でき、式より、船速 V と入水角 θ の積 $V \theta$ は w 、 ρ 、 C_D 及び d から決まる動水力学定数といわれる定数と等しくなり、 θ が小さい範囲において、 θ は船速 V にほぼ (ウ) ことが分かる。

一方、ケーブル繰出速度が船速を下回った場合は、ケーブル着底点はより後方に遠のくこととなり、水中におけるケーブルは (エ) 曲線を描くようになる。



<(ア)～(エ)の解答群>

- | | | | |
|-------------------|----------|------------------|------------|
| ① $w \sin \theta$ | ② 螺旋 | ③ カテナリ | ④ 無関係となる |
| ⑤ $w \cos \theta$ | ⑥ サイクロイド | ⑦ 一致する | ⑧ 船速に比例した値 |
| ⑨ $w \tan \theta$ | ⑩ 比例する | ⑪ バスタブ | ⑫ ゼロ |
| ⑬ $w \cot \theta$ | ⑭ 反比例する | ⑮ ケーブル繰出速度に比例した値 | |
| ⑯ 水深長分のケーブル水中重量 | | | |

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルの敷設・修理作業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、 (オ) である。

＜(オ)の解答群＞

- ① 光海底ケーブル陸揚工事において、ケーブル船は、一般に、喫水の制約から陸揚地に接岸することができないため、沖合に定点保持(船固め)をして、光海底ケーブルを船尾又は船首から陸揚地に向けて繰り出し、陸揚げする。
- ② 光海底ケーブル陸揚工事において、浅海用に強化された外装ケーブルをケーブル船から繰り出す場合、一般に、あらかじめ海底面に敷設された陸揚ロープに外装ケーブルを接続した後、陸揚ロープを陸上方向に牽引することで海底面に外装ケーブルを地引敷設する方法が採られる。
- ③ 光海底ケーブル陸揚工事において、ケーブル船を定点保持した後、ケーブル船から陸揚ロープを作業船で引き出し、海岸に設置した大滑車とケーブル船の間に橋渡しをしてから、ケーブル船側で陸揚ロープを巻き込み、陸揚地側へ光海底ケーブルを牽引する方法はケーブル船牽引方法といわれる。
- ④ 大型ケーブル船から直接ケーブルを陸揚げする方法(ダイレクトランディング)が採用できない場合、一般に、陸揚部分の光海底ケーブル敷設工事を小型の作業船で先行敷設する方法が採られる。その後、主敷設作業時に、先行敷設したケーブルと主敷設ケーブルとを接続する。

- (ii) C－OTDRを用いた光海底ケーブルの故障位置測定について述べた次のA～Cの文章は、(カ) 。

- A 光海底中継器内にC－OTDRパスが設けられている光海底ケーブルシステムにおいて、光海底ケーブル区間で光ファイバ破断などの故障が発生した場合、一般に、陸揚局からのC－OTDR測定により陸揚局から故障点までの光ファイバ長を、数十[m]の誤差の精度で測定できる。
- B C－OTDRでは、光パルスの代わりにCW光を音響光学(AO)素子などによりパルス状に周波数偏移させた光を用いており、光パルスを用いた一般的なOTDRと比較して干渉による高感度化が図れ、検出感度を高くできるため、ダイナミックレンジを大きくすることができる。
- C 光海底中継器内にC－OTDRパスが設けられている両端給電方式の光海底ケーブルシステムにおいて、光海底ケーブルの絶縁故障(シャント故障)が1中継区間内であるときは、全光海底中継器に給電できるため、光ファイバが破断していない状況であってもC－OTDR測定によりシャント故障箇所を特定できる。

＜(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) 光海底ケーブルの探線方法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 海底における光海底ケーブル探線には、一般に、磁気探査機能を持つR O Vが用いられ、この磁気探査に必要な交流低周波信号は、陸揚局の給電装置からの直流給電を停止してから送られる。
- ② 光海底分岐装置を用いていないシステム長8,000[km]の光海底ケーブルシステムにおいて、R O Vによる磁気探査に必要なアウトオブサービスの状態で送出された交流低周波信号は、対向する陸揚局で受信できるため、光海底ケーブル区間の全長にわたる磁気探査が可能である。
- ③ 非埋設の光海底ケーブルの探線には、海底環境に応じてフラットフィッシュグラフネル、ギフォードグラフネルなどの探線機が用いられるが、それぞれ使用環境が異なるため、複数種類の探線機を組み合わせる用いられることはない。
- ④ 埋設された光海底ケーブルの探線では、非埋設の光海底ケーブルの探線と比較して曳航張力が高くなること、後埋設する距離を極力短くするため、ピンポイントで探線することなどに留意する必要がある。

- (iv) ユニバーサルジョインティング技術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 ケーブルメーカーによって構造が異なる光海底ケーブルを共通の接続仕様に基づいて相互に接続するための技術は、ユニバーサルジョインティング技術といわれ、光海底ケーブル相互の接続(U J : Universal Joint 又はU Q J : Universal Quick Joint)技術と、光海底ケーブルと光海底中継器の接続(U C : Universal Coupling)技術がある。
- ② ユニバーサルジョインティング技術において、U J やU C に関係なく全ての光海底ケーブルに共通に使用できる装置及び工具はCommon Equipment / Tool といわれ、モールド装置、X線撮影検査装置、光ファイバ融着接続装置などがある。
- ③ U J 及びU Q J は、光海底ケーブルの一般的寿命である25年間にわたる運用を可能とする接続技術である。U J は外装ケーブル相互の接続技術であり、U Q J は無外装ケーブル相互の接続技術である。
- ④ ユニバーサルジョインティング技術における接続用部品としては、ケーブルメーカー及びケーブル種別に関係なく共通に使用するCommon Component Kit といわれる部品と、ケーブルメーカー及びケーブル種別に応じて専用使用するEnd Specific KitやProtection Kitといわれる部品がある。

- (1) 次の文章は、遠隔励起光増幅技術を用いた無中継光海底ケーブルシステム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)

無中継光海底ケーブルシステムは、光海底中継器を使用しないため、 (ア) などが不要であり、中継光海底ケーブルシステムと比較して、経済性、信頼性及び保守性の面で優れている。このため、無中継光海底ケーブルシステムは、伝送距離を延伸させるための様々な方法を用いることにより適用範囲が拡大されている。

伝送距離を延伸させる方法として、無中継光海底ケーブルシステムの光送信器からの送信光パワーを上げることは有効であるが、送信光パワーが一定のしきい値を超えると、しきい値を超えた光信号成分のほとんどが送信端方向へ反射され、受信端への到達光パワーが飽和する (イ) といわれる現象が生ずる。 (イ) を抑圧する手段としては、信号光に変調を加えて信号光のスペクトル線幅を広げることにより、しきい値を上昇させる方法がある。

また、伝送距離を延伸させる方法として、伝送路上に E D F のみで構成される遠隔励起光増幅器を設置し、陸揚局から (ウ) μm 帯の励起光を送って遠隔励起光増幅器を動作させる方法がある。遠隔励起光増幅器は、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、一般に、 (エ) に設置される。励起光を送る光ファイバとしては、通信用の光ファイバを用いる場合と励起光専用の光ファイバを用いる場合がある。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

- | | | | |
|--------|----------|---------|-------------|
| ① 0.98 | ② 監視装置 | ③ 給電装置 | ④ 波長分散最小点 |
| ⑤ 1.31 | ⑥ 区間中央付近 | ⑦ 送信端近傍 | ⑧ 誘導ラマン散乱 |
| ⑨ 1.48 | ⑩ 修理マージン | ⑪ 分散補償 | ⑫ 誘導ブリルアン散乱 |
| ⑬ 1.55 | ⑭ 相互位相変調 | ⑮ 受信端近傍 | ⑯ 偏波モード分散 |

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの信頼度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) 光海底ケーブルネットワークのトポロジ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。

＜(オ)の解答群＞

- ① 光海底ケーブルネットワークのトポロジとしては、2地点間を1本のケーブルで結ぶポイント・ツー・ポイント構成、光海底分岐装置(BU)を用いたトランクブランチ構成、迂回方式によるレストレーションを可能とするスター構成などがある。
- ② 光海底ケーブルネットワークの信頼性を向上する方法として、3分岐型ではなく4分岐型のBUを用いることにより、物理的にメッシュ構成のネットワークトポロジが実現されている。
- ③ BUを用いたトランクブランチ構成では、ブランチ局とBUとの間で光海底ケーブルの故障が発生しても、トランク局間を直接結ぶ光ファイバペアのトラヒックには影響を及ぼさないようにすることができる。これを実現するには、トランク局間を片端給電とし、ブランチ局とBUとの間を両端給電とする方法が用いられる。
- ④ 三つ以上の陸揚局にSDH伝送装置を設置したSDHリングプロテクションネットワークでは、リングAPS(Automatic Protection Switching)機能を有したNPE(Network Protection Equipment)により、光海底ケーブルの故障発生箇所近くの陸揚局で信号を折り返して伝送することなく、最短距離での迂回経路を選択する方法が実用化されている。

- (ii) 冗長構成による信頼度設計について述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A 回線信頼度を表す指標としては、機器の故障などによる年間の回線断時間(Outage Time)又は稼働率(Availability)が用いられ、これらの要求値に応じて最適な冗長系の設計を行う必要がある。
- B 予備波長による冗長構成では、光伝送端局装置において部品点数が多く複雑な構成であるトランスポンダが故障した際、現用回線(現用波長)を予備波長のトランスポンダに載せ替えることが可能であり、海中区間の光海底中継器の故障時においても冗長が確保される。
- C 予備光ファイバペアによる冗長構成では、海中区間で1光ファイバペアが故障した際、陸揚局内のSDH/SONET伝送装置で現用回線を予備光ファイバペアに載せ替えることが可能であり、予備波長による冗長構成と比較して高い回線信頼度を得ることができる。

＜(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おけるプロテクション設計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 I T U－T 勧告で規定されている T O A (Transoceanic Application) では、S D H のオーバーヘッドバイトを用いて、ワーキングパスに異常があることを検知した場合、信号を一旦、故障発生箇所に最も近いノードまで伝送した後、迂回経路を使用して受信ノードに伝送する。
- ② I T U－T 勧告で規定されているプロテクション方法のうち、S N C P (SubNetwork Connection Protection) は、送信ノードと受信ノードの間をワーキングパスとプロテクションパスの両方で接続し、送信側が使用するパスを選択する方法である。
- ③ 送信端と受信端を現用系と予備系の両方の装置で接続する 1 + 1 プロテクションといわれる方法では、現用系装置と同数の予備系装置を配備する必要があるため、複数(N)台の現用系装置に対し 1 台の予備系装置を設ける 1 : N プロテクションが用いられる場合がある。
- ④ I T U－T 勧告で規定されているプロテクション方法のうち、M S－S P R i n g (Multiplex Section-Shared Protection Ring) と M S－D P R i n g (Multiplex Section-Dedicated Protection Ring) は、ともに、2 対(4 本)の光ファイバを用いたリング構成で、故障時におけるレストレーションはリング切替のみである。

- (iv) 光海底ケーブルシステムにおいて、下記の条件の場合、光海底中継器の 1 サブシステムユニットに割り当てられる故障率は、約 (ク) [F I T] である。ただし、1 年は 8, 7 6 0 時間とする。

(条 件)

- Ⓐ 光海底ケーブルシステム長：6, 9 0 0 [km]
- Ⓑ 中継間隔：6 0 [km]
- Ⓒ 1 光海底中継器当たりのサブシステムユニット数：4 ユニット
- Ⓓ 全光海底中継器に割り当てられた平均故障間隔(M T B F)：1 0 年
- Ⓔ その他：光海底ケーブル内の光ファイバが自然に断線となる確率は極めて低いため、光海底ケーブル部分には故障率を割り当てないこととする。

＜(ク)の解答群＞

- ① 1 5 ② 2 5 ③ 5 0 ④ 1 0 0

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。