

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
<input type="radio"/>									
<input type="radio"/>									
<input type="radio"/>									
<input type="radio"/>									
<input type="radio"/>									
<input type="radio"/>									
<input type="radio"/>									
<input type="radio"/>									
<input type="radio"/>									

生 年 月 日												
年 号	5	0	0	3	0	1	年	0	3	月	1	日
平成	<input type="radio"/>											
昭和	<input type="radio"/>											
	<input type="radio"/>											
	<input type="radio"/>											
	<input type="radio"/>											
	<input type="radio"/>											
	<input type="radio"/>											
	<input type="radio"/>											
	<input type="radio"/>											

- 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1月30日10時以降の予定です。 可否の検索は2月18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 $\gamma$ 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、 $\omega$ は伝送波の角周波数を、 $\phi$ 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 $\gamma$ の式において、実数部 $\alpha$ は□(ウ)定数、虚数部 $\beta$ は□(エ)定数といわれ、これらの $\gamma$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $Z_0$ は線路の二次定数と総称される。

<(ア)～(エ)の解答群>

- |      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ① 減衰 | ② 立体 | ③ 反射 | ④ 結合 |
| ⑤ 共振 | ⑥ 分散 | ⑦ 位相 | ⑧ 時  |
| ⑨ 集中 | ⑩ 比例 | ⑪ 増幅 | ⑫ 伝搬 |
| ⑬ 相加 | ⑭ 伝達 | ⑮ 分布 | ⑯ 振動 |

(2) 次の文章は、非線形光学特性、非線形光学効果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) 光ファイバ伝送における非線形光学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、  (オ) である。

<(オ)の解答群>

- ① 光ファイバ伝送では、入力した信号光がコア内に閉じ込められるため単位面積当たりの光強度が大きくなること、低損失で長距離を伝搬するため媒質と光の相互作用長が長くなることなどにより、非線形光学効果が起きやすくなる。
- ② 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。
- ③ 誘導ラマン散乱(SRS)及び誘導ブリルアン散乱(SBS)において、入射光より高周波数側に発生する散乱光は、ストークス光といわれる。
- ④ SRSのストークス光は、入射光と同方向と逆方向の両方向に伝搬するのに対し、SBSのストークス光は、入射光と逆方向のみに伝搬する。

(ii) 非線形光学効果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く、大きく離れている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。
- ② 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。
- 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、SRSといわれる。
- ④ SBSでは、散乱が強く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) 次の文章は、光信号の劣化要因、光の性質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) 光信号の劣化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、  (キ) である。

<(キ)の解答群>

- ① 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持っており、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信号が劣化する。
- ② 光ファイバの製造過程では火炎加水分解反応が用いられており、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。
- ③ SRSを利用した光増幅器であるファイバラマン増幅器は、光ファイバ伝送路を利得媒体として増幅するため、光信号を集中的に増幅させるシステムより低雑音なシステムが実現できるが、増幅可能な波長帯は、1.3 μm帯に限定されている。
- ④ 信号の時間軸方向の揺らぎにおいて、変動が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。

(ii) 光の性質などについて述べた次のA～Cの文章は、  (ク) 。

- 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。

<(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、光ファイバへの光の入射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)

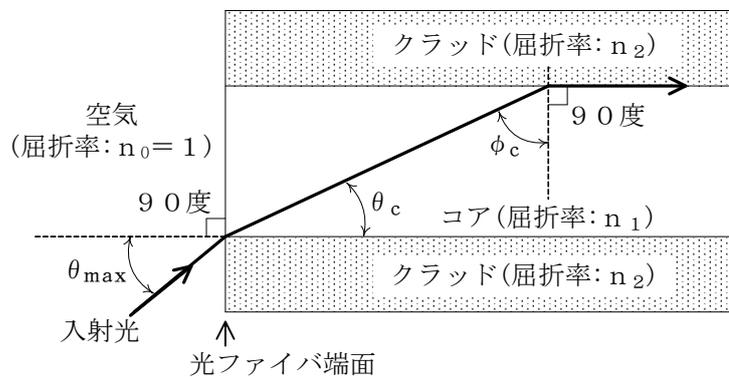
発光源から出射された光は回折現象により広がることから、細い光ファイバのコアに入射させるためには、レンズなどを用いて集光する工夫がなされている。

図において、光ファイバに入射した光がコア内をクラッドとの境界で全反射して伝搬するためには、コアからクラッドへの光の入射角を $\phi_c$ より大きくする必要があり、このときの入射角 $\phi_c$ は□(ア)といわれる。

空気、コア及びクラッドの屈折率をそれぞれ $n_0$ 、 $n_1$ 及び $n_2$ とし、最大受光角を $\theta_{max}$ 、コアに入射した光とコアとクラッドの境界面とのなす角度を $\theta_c$ とすると、 $\theta_{max}$ と $\theta_c$ の間には、スネルの法則により□(イ)が成り立つ。

また、 $\sin \theta_{max}$ は□(ウ)といわれ、 $n_0 = 1$ 及び $n_1 \approx n_2$ とすれば、 $\sin \theta_{max} \approx n_1 \sqrt{2 \Delta}$ となる。ここで、 $\Delta$ はコアとクラッドの比屈折率差であり、□(エ)で表される。コアが受け入れられる光の量は、コア径と□(ウ)の大きさで決まり、これらが大きいほど発光源と光ファイバとの結合効率が良くなる。

集光に用いられるレンズは、一般に、発光源からのビーム径と光ファイバの□(ウ)により決定される。



- <(ア)～(エ)の解答群>
- |   |   |                           |                           |
|---|---|---------------------------|---------------------------|
| ① 開口数   | ② 偏光角   | ③ 開口効率                    | ④ ブリュースター角                |
| ⑤ 屈折角   | ⑥ 臨界角   | ⑦ 最大集光効率                  | ⑧ 光閉じ込め係数                 |
| ⑨ $\frac{n_1 + n_2}{n_1}$                     | ⑩ $\frac{n_1 - n_2}{n_1}$                     | ⑪ $\frac{n_1 + n_2}{n_2}$ | ⑫ $\frac{n_1 - n_2}{n_2}$ |
| ⑬ $n_0 \cos \theta_{max} = n_1 \sin \theta_c$ | ⑭ $n_0 \cos \theta_{max} = n_1 \cos \theta_c$ |                           |                           |
| ⑮ $n_0 \sin \theta_{max} = n_1 \sin \theta_c$ | ⑯ $n_0 \sin \theta_{max} = n_1 \cos \theta_c$ |                           |                           |

(2) 次の文章は、光ファイバの伝搬特性、フォトニック結晶光ファイバ、ファイバグレーティング、光源と光ファイバ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、  (オ) である。

〈(オ)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  $\lambda$ 、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ブリュースター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) フォトニック結晶光ファイバ(PCF)について述べた次のA～Cの文章は、  (カ) 。

A クラッド部に空孔を周期的に配列した構造の光ファイバは、一般に、PCFといわれ、光の導波原理により、フォトニックバンドギャップ型又は屈折率導波型に分類される。

B フォトニックバンドギャップ型PCFは、中空のコアにフレネル反射によって光を閉じ込めて伝搬するため、ガラスの欠点である損失や分散による影響を小さくできる特徴がある。

C 屈折率導波型PCFは、一般に、コア部とクラッド部が同じガラス素材で構成されているが、クラッド部に設けられた空孔によりクラッド部の実効的な屈折率がコア部の屈折率と比較して小さくなるため、全反射によって光を閉じ込めて伝搬させることができる。

〈(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) ファイバグレーティング(FG)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 FGは、光ファイバのコアに周期的な屈折率変化を形成することにより、特定の波長の伝搬光を選択的に反射又は阻止することのできる波長選択デバイスとして用いられ、同様の機能を有する光デバイスである多層膜光フィルタと比較して、伝送用光ファイバとの接続性に優れている。
- ② FGは、グレーティング周期が数十[ $\mu\text{m}$ ]～数百[ $\mu\text{m}$ ]の長周期型と、1[ $\mu\text{m}$ ]以下の短周期型に分類される。長周期型はブラッグ波長の光を反射させる機能を、また、短周期型は特定の波長の光をクラッドモードに結合させて損失を与える機能を有し、いずれの型も分散補償器として用いられる。
- ③ FGの温度特性は、光路の温度変化による屈折率変化と熱膨張によって決まり、石英ガラスを用いたFGの場合は、屈折率変化が支配的要因となっている。短周期型FGを波長選択デバイスとして用いる場合には、一般に、FGを固定する台座の温度特性を利用するなどして温度補償が行われている。
- ④ FGの作製方法には、2光束干渉法、位相マスク法などがある。位相マスク法は使用する位相マスクによりグレーティング周期が定まり、2光束干渉法と比較して、同一のグレーティング周期を持つFGを安定的に量産することができる。

- (iv) レーザ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、**(ク)**。

- A 光源からの光は、ドップラー効果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をベースにして、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、光源モジュールには、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。
- C 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。

<(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、光増幅方式を用いた中継光海底ケーブルシステム(光増幅システム)に用いられる光海底中継器の構成、機能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)

光増幅システムに用いられる光海底中継器は、一般に、光海底ケーブルに一定間隔で挿入され、光ファイバ内で減衰した信号光をEDFAによって光増幅中継するものである。

WDM方式を用いた光増幅システムにおける光海底中継器には、一般に、利得帯域の平坦化と広帯域化を実現する  (ア) 機能が必要とされており、EDFAの利得特性と相反する利得特性を持つ  (ア) フィルタを用いることにより1.55μm帯において40[nm]に及ぶ利得帯域の平坦化が実現されている。

なお、光増幅システムに用いられるEDFAでは、一般に、雑音特性が最も優れている波長  (イ) (μm)の励起光が使用されている。

また、光増幅システムでは、光海底ケーブル及び光海底中継器の故障を陸揚局から遠隔で調査することを可能とするため、光海底中継器の状況を把握できる監視方式が採用されている。

監視方式の一つである  (ウ) 方式では、コマンド信号を送ること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などの状態を監視することができる。また、光海底中継器には上り方向と下り方向の光ファイバを結ぶ  (エ) パスといわれる光経路が搭載されており、陸揚局からの光海底ケーブル故障点探索に活用されている。

<(ア)~(エ)の解答群>

- |        |          |        |             |
|--------|----------|--------|-------------|
| ① 0.98 | ② バーチャル  | ③ 外部変調 | ④ 利得等化      |
| ⑤ 1.31 | ⑥ パッシブSV | ⑦ ルート  | ⑧ アクティブSV   |
| ⑨ 1.48 | ⑩ 高帯域通過  | ⑪ FEC  | ⑫ 波長分散補償    |
| ⑬ 1.65 | ⑭ C-OTDR | ⑮ マルチ  | ⑯ 偏波モード分散補償 |

(2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの海中設備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) 光海底分岐装置(BU)の種類、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 BU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(OADM)型、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機能を有する給電経路切替型に大別できる。
- ② BUは、敷設、回収の際にケーブル船に装備されているシーブを支障なく通過できるようにするため、一般に、直径3[m]以上のシーブの曲面に巻き付けることができる構造となっている。
- ③ 給電経路切替型のBUは、耐圧筐体内部で高耐電圧が要求されること、分岐側には二つのケーブルカップリングを取り付ける必要があることなどから、光海底中継器より大型の耐圧筐体が適用される場合がある。
- ④ BU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。

(ii) 100心までの多心光ファイバを実装できる無中継用光海底ケーブル(HFケーブル)の構造、特徴などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A HFケーブルは、溝付きのプラスチックロッド(スロット)の外周にケーブルの抗張力体となる鋼線が撚られ、その上を銅チューブが絞り込まれて構成部材が一体化している。
- B HFケーブルは近距離の島々の通信網整備を目的に作られているため、最大適用水深は3,000[m]であり、給電線を持たないことでケーブル外径を小さくできることから、HFケーブルには、外装ケーブルのSAケーブルやDAケーブルはあるが、無外装ケーブルのLWケーブルはない。
- C HFケーブルに収納される光ファイバは、融着接続の作業性の向上を図るため、4心テープ心線化され、スロットに積層して収納される。また、スロット内の吸水ヤーン、スロット上に巻かれた吸水テープなどが水走り防止の役割を担っている。

<(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) 光海底ケーブルと光海底中継器の接続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 光海底ケーブルと光海底中継器を接続するケーブルカップリングには、光海底ケーブルと同等の耐水圧強度及び絶縁耐力が要求され、また、ケーブル引留力の最大値は、構造上の理由などにより、光海底ケーブルの破断張力の80〔%〕で設計されている。
- ② 光海底ケーブル側の光ファイバと光海底中継器側の光ファイバの接続部は、ケーブルカップリングの一部であるブーツ内部の耐圧シリンダ内に收容されることにより、水圧や張力などの外力から保護されている。
- ③ 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、ケーブルタンク内に光海底中継器ごと巻き込み、保管される。
- ④ 外装ケーブル用ケーブルカップリングは、外装鉄線を同種金属であるケーブルカップリングの耐圧シリンダと溶接により固着して引き留める構造を有している。

- (iv) 光海底ケーブルシステムに用いられる給電装置を構成する各機能ブロック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 電力制御部は、高電圧の直流電流を発生するコンバータユニットを複数直列に接続して、光海底ケーブルへの給電に必要な電圧を発生させている。
- ② 電力監視部は、光海底ケーブルへの給電電流を定電流化するための電流検出・制御(帰還)回路のほか、各種監視制御回路、出力極性反転回路、過電圧出力防止回路などで構成されている。
- ③ 試験用負荷部は、給電装置本体の試験を行うための疑似負荷を実装しており、さらに、光海底ケーブルの故障判定試験を行う機能を有している。
- ④ 負荷切替部は、一般に、電力制御部と電力監視部から構成される電力プラントの出力を、光海底ケーブル又は試験用負荷部に無瞬断で切り替える機能と、シーアースの故障時に給電装置のアースを、シーアースから局舎アースに無瞬断で切り替える機能を有している。

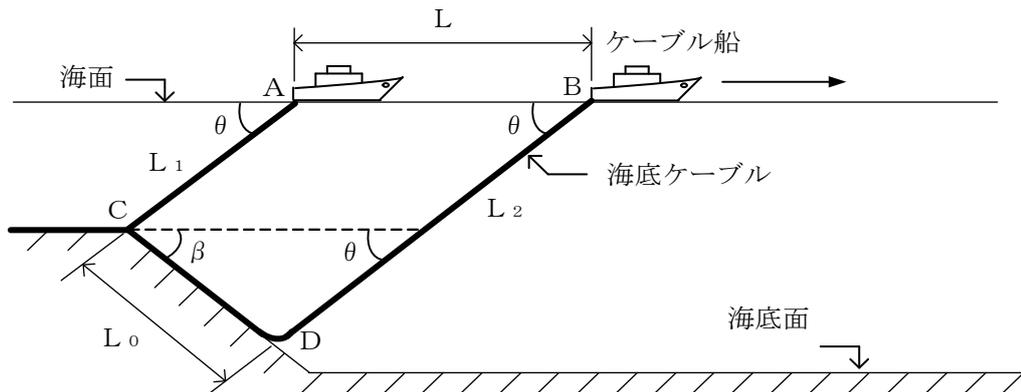
(1) 次の文章は、海底斜面へのケーブル敷設方法などについて述べたものである。□内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。(2点×4=8点)

光海底ケーブルの海底斜面への敷設作業では、海底斜面の変化に応じて適正なスラックを与える必要があり、傾斜区間の敷設作業での□(ア)は、ケーブル船の水平移動距離と比較して、敷設方向が下り傾斜の場合は長く、上り傾斜の場合は短くなる。敷設中に予想外の急な上り傾斜に遭遇した場合、海底面でのケーブル宙吊りを避けるため、ケーブル船は直ちに□(イ)なければならない。

図は、海底面の下り傾斜における敷設方法を示しており、ケーブル船がA点からB点までの距離L[m]をケーブル入水角 $\theta$ [rad]にて敷設しながら移動することにより、海底の斜面角度 $\beta$ [rad]の下り斜面をC点からD点までの距離 $L_0$ [m]をケーブル敷設している。AC間の距離及びBD間の距離をそれぞれ $L_1$ [m]及び $L_2$ [m]とすると、当該区間におけるスラック $e$ は、次式で表される。

$$e = \square(ウ) - 1$$

また、敷設中、外装ケーブルから無外装ケーブルなどにケーブル種別を変更すると、ケーブル入水角がその前後で異なるため、海中でのケーブルが途中で折れ曲がった形状となる。この場合、海底面での適切なスラック量を保持するために、□(エ)を投入する必要がある。



<(ア)～(エ)の解答群>

- |                                 |                                 |           |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------|
| ① マイナス値のスラック                    | ② トートワイヤ                        | ③ ケーブル繰出長 |
| ④ 進路方向を変更し                      | ⑤ 船速を下げ                         | ⑥ 水深      |
| ⑦ 船速を上げ                         | ⑧ ケーブルサスペンション                   |           |
| ⑨ 過渡スラック                        | ⑩ 船速をケーブル繰出速度に合わせ               |           |
| ⑪ カテナリ曲線区間長                     | ⑫ 海底斜面の敷設距離                     |           |
| ⑬ $\frac{L_0 + (L_2 - L_1)}{L}$ | ⑭ $\frac{L + (L_2 - L_1)}{L_0}$ |           |
| ⑮ $\frac{L_1 + (L_2 - L_0)}{L}$ | ⑯ $\frac{L_1 + (L_2 - L)}{L_0}$ |           |

(2) 次の文章は、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) 光海底ケーブルの敷設方法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 動水力学定数が異なる光海底ケーブルをケーブル船により同じ船速で敷設する場合、動水力学定数が小さい光海底ケーブルの入水角(海面と光海底ケーブルとのなす角)は、動水力学定数が大きい光海底ケーブルと比較して小さい。
- ② 敷設中のケーブルや光海底中継器の着定位置は、船速、ケーブル張力、ケーブル繰出速度などの情報を基に有限要素法を用いたアルゴリズムによりシミュレーションすることができる。ただし、ケーブル船から海潮流の流速は測定できないため、潮流がある海域でのシミュレーションは実施できない。
- ③ D P Sを備えたケーブル船は、スラストなどを自動制御することにより船首の向き、進路、船速及びケーブル船の位置を維持・変更することができる。D P Sで使用されるD-G P Sは、最高精度で日平均における位置誤差5[m]程度の性能を有している。
- ④ L C Eのケーブル繰出速度の自動制御とD P Sを組み合わせた制御システムによる敷設方法では、ケーブル船はケーブルをほぼ敷設計画どおりに自動敷設することが可能になるため、乗船要員による敷設状況の監視が不要である。

(ii) 光海底ケーブルの埋設工法について述べた次のA～Cの文章は、  (カ) 。

- A 埋設工法は、一般に、敷設同時埋設工法と後埋設工法に大別できる。敷設同時埋設工法は、光海底ケーブルを敷設しながら同時に埋設していく工法であり、砂、泥などの比較的軟らかい底質の場合、最も効率的で長距離埋設に適しているギフォードグラブネルが用いられる。
- B 敷設同時埋設工法では底質にもよるが、一般に、0.5ノット～1.0ノット程度の速度で埋設機を曳航する。この場合、光海底ケーブルの敷設速度制御は、一般に、L C Eの張力制御により行われる。
- C 後埋設工法は、光海底ケーブルの敷設後にダイバーやR O Vにより光海底ケーブルを埋設する工法である。光海底ケーブルの後埋設には、海底の底質に応じてウォータジェット、サクシオン、ロックカッタなどが用いられる。

<(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 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。

(iv) 陸揚区間の付帯設備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 電気通信事業法に基づき、水底線路を保護するための保護区域が設定された場合は、水底線路の陸揚地点に総務省令で定められた円形の陸標を設置しなければならない。
- ② 陸揚地点から陸揚局までの間に道路などがある場合は、管路を設置しケーブルを収容する。管路は、一般に、陸上線路設備用のものと同様の75mm管を使用する。
- ③ 鋳鉄製のケーブル防護管は、半割り構造で、ケーブルに連続的にかぶせてボルトで締め付けるため、ケーブルルート<sup>ル</sup>ートの曲がり部分には使用できない。
- ④ ケーブル防護管には、鋳鉄などを用いた金属製のもののほか、摩耗に強いポリウレタンなどを用いた合成樹脂製のものが使用されている。また、ケーブルに鋳鉄製のケーブル防護管を取り付けても波浪により移動することがあるため、ケーブル防護管をステンレスのバンドなどで海底に固定する方法も採られている。

(1) 次の文章は、光増幅方式を用いた中継光海底ケーブルシステム(光増幅システム)の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。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。

(2点×4=8点)

光増幅システムでは、光ファイバ増幅器で自然放出光が増幅されて生ずる□(ア)や波長分散がシステム長全体にわたって累積されるため、伝送特性を中継区間ごとに区切って設計することができず、光信号が始末端される対向する光伝送端局装置の光送信器・受信器間での設計が必要となる。

また、光増幅システムは、再生中継システムと異なり、光伝送端局装置における□(イ)により受信特性が一義的に決まる。したがって、所定の伝送特性を満たすための□(イ)を確保しつつ、光ファイバの非線形光学効果による伝送特性劣化を抑えられるよう、中継間隔や光海底中継器の入出力レベルなどのシステムパラメータが設計される。

また、□(イ)からベースラインとなる伝送区間のQ値が計算できる。Q値は符号誤り率と1対1に対応するもので、システム設計は、伝送品質を劣化させる要因とその劣化要因によるQ値の低下量を□(ウ)の単位でパワーバジェットに反映して行われる。

長距離の光増幅システムは、一般に、周回系やテストベッドを用いた伝送実験で定量的に評価され、特に、伝送路の偏波依存損失やEDFAの偏波ホールバーニングは、信号光の偏波状態に依存し、テストベッドにより伝送特性の□(エ)として測定される。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

- |          |       |         |              |
|----------|-------|---------|--------------|
| ① 吸収損失   | ② dBm | ③ 時間変動  | ④ 光送信器での光SN比 |
| ⑤ ASE雑音  | ⑥ 暗電流 | ⑦ 空間変動  | ⑧ 受信光パワー     |
| ⑨ 送信光パワー | ⑩ dB  | ⑪ 周波数変動 | ⑫ ps/nm/km   |
| ⑬ ショット雑音 | ⑭ mW  | ⑮ 位相変動  | ⑯ 光受信器での光SN比 |

(2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムにおける海底伝送路の構成、変復調方式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) 長距離光増幅システムの海底伝送路の構成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 長距離光増幅システムでは、一般に、伝送用光ファイバとしてノンゼロ分散シフト光ファイバ(NZDSF)又は分散マネジメント光ファイバ(DMF)が用いられており、いずれも各中継区間で負分散を残留させ、幾つかの中継区間をまとめたブロックごとに正分散光ファイバを配置することにより、累積波長分散をゼロに戻す周期的分散補償が行われている。
- ② 1中継区間を超口径正分散光ファイバ(SLA)と逆分散光ファイバ(IDF)のDMFで構成する海底伝送路は、ケーブルの製造性とケーブル修理時の作業性を考慮し、SLAの長さとのIDFの長さの比を1:1としている。
- ③ 1中継区間を大口径負分散光ファイバ(LMF)と分散スロープ低減負分散光ファイバ(LSF)のNZDSFで構成する海底伝送路では、非線形光学効果の影響を抑制するために、一般に、光信号パワーの高い光海底中継器の出力側に接続される前半部にLMFが配置され、光信号パワーが光ファイバの損失で低下する後半部にLSFが配置される。
- ④ 海底伝送路の構成においては、光海底中継器利得の波長依存性を考慮した利得等化設計を行う必要がある。太平洋横断などの長距離光増幅システムでは、一般に、光海底中継器1台ごとに利得の平坦化<sup>たん</sup>を行い、さらに、利得等化器を周期的に配置することにより、累積した利得偏差を補償している。

(ii) 光海底ケーブルシステムの変復調方式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 3R中継器を用いた強度変調・直接検波方式の光海底ケーブルシステムにおける主な雑音としては、光の粒子性に起因するショット雑音、受信器で発生する熱雑音などがあり、EDFAの光海底中継器を用いた場合は、自然放出光による雑音が更に加わる。
- ② 強度変調方式は、直接変調方式と外部変調方式に大別される。LDの駆動電流で変調する直接変調方式は、外部変調方式と比較して、構成が簡単で装置の小型化が図れるが、波長チャーピングにより、伝送距離及び伝送速度が制限される。
- ③ 差動位相変調(DPSK)を零帰還波形と組み合わせたRZ-DPSK方式は、遅延干渉計を用いて位相情報を強度情報に変換する。RZ-DPSK方式は、光ヘテロダイン検波を行うための局部発振光を必要とするが、偏波依存性がないという特徴を有している。
- ④ 光海底ケーブルシステムに用いられる変復調方式において、CRZ-OOK方式は、NRZ-OOK方式と比較して非線形光学効果による信号の劣化を抑制でき、長距離システムに適している。

(iii) 光海底ケーブルシステムのアップグレード技術について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

A 運用開始後数年を経過した中継光海底ケーブルシステムにおいて、当初の設計容量以上の伝送を可能とするためのアップグレードが実施される場合がある。このアップグレードは、当初の設計以上の高い符号化利得を得ることができる誤り訂正符号や更なる高効率の変調方式などの導入により、波長数を増やしたり、1波当たりのビットレートを上げるなどの方法を用いて実現されている。

B デジタル信号処理技術を用いたデジタルコヒーレント受信技術は、伝送路の波長分散を電気領域で補償することが可能であることから、アップグレードを実施する場合に有効であるが、受信感度が信号光の偏波に依存するため、偏波多重伝送システムには適用できない。

C RZ-DPSK方式は、位相情報を利用するため、RZ-OOK方式と比較して、受信感度が高く、光ファイバの非線形光学効果の一つである自己位相変調の影響を受けにくい。したがって、RZ-OOK方式を用いた光海底ケーブルシステムの当初の設計容量を超えるアップグレードを実施する場合、RZ-DPSK方式を適用する方法がある。

〈(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) 光海底ケーブルシステムの信頼度設計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 光海底ケーブルシステムの信頼度の設計基準としては、光ファイバの断線や光海底中継器の部品故障などに起因するシステム故障は、一般に、設計寿命において、5回以下とされている。
- ② 光海底中継器の信頼性に影響を及ぼす主要部品としては、EDF、励起LD、励起LD駆動回路及び光監視回路がある。このうちEDFについては、光海底中継器の信頼性を高めるため、冗長構成としている。
- ③ WDMシステムにおける予備波長による冗長構成では、光伝送端局装置内のトランスポンダが故障した際、現用回線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。
- ④ WDMシステムにおける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。

## 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。