

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
			第1問	第2問	第3問	第4問	第5問	
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27
		水底線路	8	8	8	8	8	線28～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					20 線43～線46

- 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

受 験 番 号									
0	1	C	F	9	4	1	2	3	4
0	A	A	0	0	0	0	0	0	0
1	B	B	1	1	1	1	1	1	1
2	C	C	2	2	2	2	2	2	2
3	D	D	3	3	3	3	3	3	3
4	E	E	4	4	4	4	4	4	4
5	F	F	5	5	5	5	5	5	5
6	G	G	6	6	6	6	6	6	6
7	H	H	7	7	7	7	7	7	7
8			8	8	8	8	8	8	8
9			9	9	9	9	9	9	9

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

- 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。
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。
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。
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 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。

- 7 登録商標などに関する事項

- (1) 試験問題に記載されている会社名又は製品名などは、それぞれ、各社の商標または登録商標です。
- (2) 試験問題では、® 及び ™ を明記していません。
- (3) 試験問題の文中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。

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	水底線路

問 1 次の問いに答えよ。

(小計 20 点)

(1) 次の文章は、一様線路の一次定数及び二次定数と減衰量の関係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)

電氣的定数が一様に分布している一様線路において、往復導体の単位長当たりの抵抗を R 、インダクタンスを L 、往復導体間の単位長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、 R 、 L 、 G 、 C は、線路の一次定数といわれる。

これら一次定数から導かれる減衰定数 α 、位相定数 β 、伝搬定数 γ 、特性インピーダンス Z_0 は、二次定数と総称され、伝搬定数 γ と特性インピーダンス Z_0 は、次式で表すことができる。

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

$$Z_0 = |Z_0| e^{j\varphi} = \text{ (ア) }$$

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。

また、二次定数は周波数特性があり、30 [kHz] 以上の高周波の場合、 α 及び β は次式で近似できる。

$$\alpha \approx \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$\beta \approx \text{ (イ) }$$

ここで、 R は、(ウ) などにより、周波数の平方根に比例して大きくなり、 α も同様に大きくなる。さらに、この線路の減衰量が最小となる R 、 L 、 G 、 C の関係は (エ) であり、これは、減衰量最小の条件といわれる。実際の伝送路においては、減衰量最小の条件から乖離^{かい}しており、この条件に近づけるために L を大きくする方法が用いられる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

遮へい効果

静電誘導

表皮効果

電磁結合

$$\omega \sqrt{LC}$$

$$\omega \sqrt{RG}$$

$$\omega \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\omega \sqrt{\frac{R}{G}}$$

$$RC = GL$$

$$RG = LC$$

$$R\sqrt{C} = G\sqrt{L}$$

$$RG = \omega^2 LC$$

$$\sqrt{\frac{R - j\omega L}{G - j\omega C}}$$

$$\sqrt{\frac{G - j\omega C}{R - j\omega L}}$$

$$\sqrt{\frac{G + j\omega C}{R + j\omega L}}$$

$$\sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

- (2) 次の文章は、メタリックケーブルの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)

- () 特性インピーダンスの周波数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〉

特性インピーダンスとは、交流回路の電気抵抗に相当するものであり、実在の線路を無限に伸ばしたと仮定した場合に示す任意の点における電圧対電流の比をいう。線路の構成・材質が同一であれば同一の値を示し、線路を特性インピーダンスで終端するとその線路は無限長の線路と等価となる。

交流回路におけるインピーダンスは、大きさと方向を持つベクトル量であり、大きさと角度で表され、その角度は位相角といわれる。

音声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、線路の導体抵抗の平方根に比例し、周波数と静電容量の積の平方根に反比例し、周波数が高くなるにしたがって減少する。

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、線路の導体抵抗の平方根に比例し、静電容量の平方根に反比例し、周波数が高くなるにしたがって増加する。

- () 平衡対ケーブルの一次定数及び二次定数の温度特性について述べた次のA～Cの文章は、(カ) 。

A 一次定数の温度特性において、静電容量は温度による大きな変化はなく、また、外部インダクタンスも線径と線間距離によって決まるため、ほぼ一定である。一方、抵抗及び内部インダクタンスは導電率の関数であるため、導電率の温度変化によって変化する。

B 直流抵抗は温度変化に対して広範囲にわたって直線的に変化し、20 []、t []の直流抵抗をそれぞれ R_{20} 、 R_t 、また、 α を温度係数とすると、一般に、 $R_t = R_{20}\{1 - \alpha(t - 20)\}$ で表され、温度が高いほど直流抵抗は小さくなる。

C 二次定数の温度特性は一次定数の温度特性から推定でき、特性インピーダンスについては、高周波での変化が特に大きい。

〈(カ)の解答群〉

Aのみ正しい	Bのみ正しい	Cのみ正しい
A、Bが正しい	A、Cが正しい	B、Cが正しい
A、B、Cいずれも正しい	A、B、Cいずれも正しくない	

- () 漏話現象と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、(キ) である。

＜(キ)の解答群＞

漏話を起こすもとになる回線は誘導回線、漏話を受ける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。

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の比であり、次式で表される。

$$\text{漏話減衰量} = 10 \log_{10} \frac{\text{漏話電力}}{\text{送端電力}} \text{ [dB]}$$

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、電磁結合の漏話に対する影響は小さく、静電結合が支配的である。

静電結合による漏話量を考えるとき、漏話電圧(漏話量)は特性インピーダンスに比例する。したがって、一般に、装荷ケーブルは、無装荷ケーブルと比較して特性インピーダンスが大きいため、漏話減衰量が大きくなる。

- () 反射係数と透過係数の関係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＞

特性インピーダンス Z_1 を持つ一様線路の受端に、特性インピーダンス Z_2 を持つ一様線路が接続されているとき、受端点における電圧反射係数は、 $\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$ で表され、電圧透過係数は、電圧反射係数に 1 を加えた値となる。

特性インピーダンス Z_1 を持つ一様線路の受端に、特性インピーダンス Z_2 を持つ一様線路が接続されているとき、受端点における電流反射係数は、電圧反射係数に - 1 を掛けた値となり、電流透過係数は、1 から電圧反射係数を減じた値となる。

特性インピーダンス Z_1 を持つ一様線路の受端側が短絡されているとき、受端点における電圧反射係数は - 1 となり、入射波と同じ大きさで符号が反対の反射波が発生することになる。また、線路の受端側が開放されているとき、受端点における電圧透過係数は 2 となる。

特性インピーダンス Z_1 を持つ一様線路の受端に、特性インピーダンス Z_2 を持つ一様線路が接続されているとき、受端点における電圧反射係数を m とすると、逆流減衰量(反射電圧が入射電圧に対してどれだけ減衰して発生しているかを表したもの)は、 $20 \log_{10} \left(\frac{1}{m^2} \right)$ で表される。

- (1) 次の文章は、シングルモード(SM)光ファイバの構造パラメータ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)

SM光ファイバの構造は、モードフィールド径、 (ア)、カットオフ波長などのパラメータにより決定される。

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 (イ) 値の $\frac{1}{e^2}$ (eは自然対数の底)になる直径のことである。

(ア) は、現実には、SM光ファイバのモードフィールド中心とクラッド中心が同じ点にならないことから、これらの中心間の距離として定義される。ここで、モードフィールド中心とは、SM光ファイバの (ウ) モードの電界分布の中心をいい、クラッド中心とは、クラッド表面を最もよく近似する円の中心をいう。

カットオフ波長とは、伝搬モードが (エ) の波長であり、カットオフ波長より短い波長に対しては伝搬モードがマルチモード伝搬となる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

最 小	最 大	平 均	中 間
NA	コア非円率	LP11	高 次
LP01	トンネル	クラッド非円率	
モードフィールド偏心率		一つになる最長	
一つになる最短		複数になる最短	
複数になるすべて			

- (2) 次の文章は、光ファイバの分散、光損失などの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)

- () 光ファイバの分散の種類と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〉

グレーデッドインデックス形光ファイバは、コア内の屈折率を連続的に変化させたものであり、コアの中心付近での光の伝搬速度は、クラッド付近の伝搬速度と比較して遅くなる特徴がある。

光ファイバにおけるコアとクラッドの屈折率差が小さい場合、境界面での全反射現象は、光の一部がクラッド部分へしみ出すようにして発生している。このしみ出しの割合は、光の波長が短いほど大きく、波長が長いほど小さい。

偏波モード分散は、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じ、パルス波形の広がりが発生する現象である。

光通信に用いられている一般的な光源は、完全な単一波長でなく、ある幅を持った波長特性を持っている。このような波長に幅のある光が光ファイバに入射すると、光の伝搬速度が波長によって異なるために到達時間に差が発生し、パルス波形に広がりが生ずる。

- () 光ファイバの光損失特性について述べた次のA～Cの文章は、(カ) 。

- A 吸収損失には、波長0.1[μm]付近にピークのある赤外吸収損失、波長10[μm]付近にピークのある紫外吸収損失、水から生じる水酸化イオン(OH⁻)などの不純物による吸収損失がある。
- B レイリー散乱損失は、光ファイバ製造時の高温状態(約2,000[])において生ずる屈折率のゆらぎに起因し、波長が長くなるほど大きくなる。
- C 曲げ損失(マクロベンディングロス)とは、光ファイバが曲げられたときに生ずる損失であり、曲率半径が小さく曲げられた光ファイバ内では、コアとクラッドの境界面と入射光のなす角が変化して、光がクラッド内へ漏れることにより損失が生ずる。

〈(カ)の解答群〉

- | | | |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい | Bのみ正しい | Cのみ正しい |
| A、Bが正しい | A、Cが正しい | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない | |

- () S M 光ファイバの波長分散特性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〉

光ファイバの材料に起因する分散が材料分散、コアとクラッドの屈折率差が小さいことが原因で境界面において光の一部がクラッドにしみ出すことにより生ずる分散が構造分散であり、これらは波長に依存する特性を持つことから、併せて波長分散といわれる。

S M 光ファイバにおいて、波長に対する材料分散の変化の割合は、構造分散の変化の割合と比較して、ゆるやかである。

1.55 μm ゼロ分散シフト光ファイバは、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 1.3 μm 帯から 1.55 μm 帯へ移した光ファイバである。

光ファイバ内を伝搬する伝搬モードの違いにより生ずる伝搬速度の違いは、モード分散といわれ、S M 光ファイバでは 1.55 μm 帯において顕著に発生する。

- () 光ファイバと受・発光デバイスとの結合損失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〉

結合損失 α は、半導体レーザからの光出力を P_0 、光ファイバに入射した光出力を P_i とすると、次式で表される。

$$\alpha = -20 \log_{10} \left(\frac{P_0}{P_i} \right)$$

半導体レーザの反射面と光ファイバの入射端とで共振状態が発生し、半導体レーザの電流—光出力特性にうねりや雑音が発生することを抑えるため、一般に、光ファイバの入射端に無反射処理が施される。

半導体レーザと光ファイバの結合方法には、分布屈折率レンズで集束する方法、光ファイバ端面を球状に加工してレンズ作用により集光する方法、非球面レンズを用いて集光する方法などがある。

光ファイバ内を伝搬してきた光は、光ファイバ端面から空間に放射される際に光ファイバの開口数に対応して広がって放射される。したがって、受光素子を光ファイバと効率よく結合させるため、受光素子を光ファイバ端面に近づける、受光面積の大きな受光素子を使用するなどの方法が採られる。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの監視方式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)

光海底ケーブルシステムの定期的な監視項目としては、光伝送端局装置間の符号誤り率、光海底中継器の (ア) などがある。また、光増幅方式を用いた光海底ケーブルシステムにおいては、符号誤り率測定による伝送品質の評価は長時間を要するため、 (イ) を用いて伝送品質を評価する場合が多く、一般に、 (イ) が大きいほど伝送品質がよい。

光海底ケーブルシステムでは、海中区間の故障時には、故障位置を1中継区間内に特定できるよう監視系が設計される。一般に、各光海底中継器の (ア) の変化から故障位置を特定するが、 (ア) が変化しない給電路短絡故障の場合は、関係陸揚局の給電装置の電流と電圧から故障位置を推定する。

光海底ケーブルの断線故障の場合は、一般に、1中継区間内に故障位置を特定でき、光増幅方式を用いた光海底ケーブルシステムでは、 (ウ) を用いることにより、故障位置を100[m]以下の誤差で測定できる。

一方、光海底ケーブルの給電路開放故障の場合は、関係陸揚局での光海底ケーブル端から (エ) を測定し、故障箇所を推定する。この方法は、誤差が非常に大きいため、推定された位置付近でケーブル敷設船により光海底ケーブルを回収し、ケーブル敷設船から再度、光海底ケーブルの (エ) を測定して故障箇所をより正確に推定する方法が採られる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

F E C	L M E	C - O T D R	波長チャープング
静電容量	抵 抗	インダクタンス	パリティビット数
V A D 法	ジッタ	入出力レベル	漏れコンダクタンス
分 散	Q 値	H L L B	パルスエコー測定器

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの監視及び故障修理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)

- () 光海底ケーブルシステムの監視、故障位置判定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＞

光海底中継器は、陸揚局の光伝送端局装置において主信号に重畳された監視開始信号を受け、監視項目の測定を行い、測定結果を主信号に重畳して当該光伝送端局装置に送信する。監視信号の重畳方式は、主信号を偏波変調する方式が主流である。

光海底ケーブルの海中区間において、異なる中継区間で給電路短絡故障が同時に発生した場合でも、両側の陸揚局から給電することにより、すべての光海底中継器に給電できるため、伝送信号及び監視信号は断とはならない。

陸揚局の光伝送端局装置の受信端で伝送品質が不安定になったり、少しずつ劣化傾向を示すような場合は、送信側あるいは受信側の光伝送端局装置の基板故障が原因であり、海中区間の故障はない。

光海底中継器では、発光素子であるLDが1個故障しても、サービス上、即座に光海底中継器の交換・修理を実施する必要があるように、一般に、LDは、冗長化されている。

- () 再生中継方式を用いた光海底ケーブルシステムの故障位置判定方法について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A OTDRでは、光ファイバに光を入射したときに発生するレイリー後方散乱光のレベルを入射端から測定することにより、直近の中継器までの光ファイバの光損失を測定できる。
B パルスエコー測定では、光海底ケーブルの導体部と外部導体の役目をする海水との間に電気パルスを印加し、その反射を測定することにより、ケーブル導体の異常点を特定できる。
C 直流特性測定では、陸揚局から給電路とアース間に定電流を流し、そのときの電圧から直流抵抗を求めることにより、短絡点を推定できる。

＜(カ)の解答群＞

- | | | |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい | Bのみ正しい | Cのみ正しい |
| A、Bが正しい | A、Cが正しい | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない | |

- () 浅海部でのケーブル修理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＞

外装ケーブルは、^よ燃られた鉄線が外側にあるため、異常な張力が加わるとトルクが生じ、ケーブルの燃れやキンクの原因になる場合がある。

浅海部では、ケーブルを保護するために、ケーブル敷設の位置あるいは区域が漁船などから識別できるように陸標が設置されることがある。その場合、陸標は、浅海部のケーブルルートの陸側への延長線上などに設置される。

ケーブル敷設船の喫水によるが、一般に、水深10[m]より浅い海域にはケーブル敷設船は進入できない。そのような場所では、通常、台船にケーブル修理に必要な機材を載せ、ダイバの支援の下、修理作業を行う。

浅海部では、一般に、ケーブルは埋設されている。埋設深度が1.5[m]程度の場合、^{すき}鋤式埋設機を用いてケーブル修理作業と海底に露出した部分の後埋設作業を実施する。

- () 光海底ケーブルシステムにおいて、光海底ケーブルが断線し、かつ、給電路が海水に短絡する故障が発生した場合、下記の条件において、故障点は、陸揚局から約 (ク) [km]の地点であると推定される。

(条 件)

光海底中継器の間隔は陸揚局と第1中継器の間隔を含め、すべて50[km]とする。

光海底中継器の1台当たりの電圧降下は、給電電流1[A]のとき、50[V]とする。

光海底ケーブルの電気抵抗を1[km]当たり0.7[Ω]とする。

故障点と海水との接地抵抗を10[Ω]とする。

故障発生後の陸揚局給電装置の電流値は、1[A]、電圧値は、370[V]であった。

陸揚局給電用アースの接地抵抗は、考慮しないこととする。

＜(ク)の解答群＞

200

230

260

290

(1) 次の文章は、光海底ケーブルの敷設ルートを選定及び敷設工事計画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)

光海底ケーブルの敷設ルートは、はじめに海図などの既存データに基づき机上で暫定的な敷設ルートを選定し、次に暫定ルートに沿って実際の海底地形などを調査し最適なルートに変更する。

机上で敷設ルートを選定する場合、一般に、海底地形図、海底地質構造図などの□(ア)、沈船・漁礁・海底ケーブルなどが記載された航海用海図などを用い、海上気象情報、地震・火山活動あるいは漁業活動など多くの基礎資料を必要とする。また、一般に、海底ケーブルルートは、海底の急こう配や露岩域を避け、できるだけ最短となるように□(イ)に沿って選定する。

□(ウ)は、机上で検討した敷設ルートが適切かどうかを確認するために行うもので、敷設ルートの決定以外に、光海底ケーブル防護方法及び陸揚げ・敷設・埋設などの工事方法を決定するために必要である。この結果得られた水深、海底面の凹凸、傾斜などの情報をもとにケーブルスラックを考慮し、実際に必要となるケーブル種別、中継器数などを確定し、□(エ)(SLD: Straight Line Diagram)を作成する。

敷設工事計画では、□(ウ)結果に基づき、ケーブルの陸揚げ、ブイの設置・回収、ストリーミング・探線、接続、最終投入の工法、場所、時期などについて詳細に検討し、使用するケーブル敷設船の能力及び数に応じ、工事スケジュールを作成する。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

航程線	海洋調査	総 図
敷設ルート図	掃海作業	心線接続図
大圏コース	水路特殊図	海中区間構成図
システム試験	等角コース	海岸図
スラック制御	海の基本図	海底水深図
経線又は緯線		

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルの敷設・埋設技術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)

- () ケーブル敷設船の構造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〉

ケーブル敷設船は、自動船位保持装置(DPS: Dynamic Positioning System)を装備したものが主流となり、操船性や定点保持能力が向上したため、バウシーブを廃止するなどの船体設計が実施されている。

DPSとは、海上での船の位置を一定範囲内に保持するよう船に働く外力を計算し、スラストの回転角や回転数などを自動制御する装置で、ケーブル敷設中にケーブルエンジンや埋設機の制御を行う。

ケーブル敷設船は、ケーブル作業中の操船性を重視し、搭載している精密な電子機器の動作やケーブル接続作業などに支障とならないような振動の少ない推進方式が望ましいため、電気推進や可変ピッチプロペラを用いることが多い。

ケーブルエンジンは、ケーブルの繰出しや巻上げに使用するもので、ドラム式とリニア式の2種類がある。ドラム式ケーブルエンジンは、高張力でのケーブル敷設・巻上げに適し、また、リニア式ケーブルエンジンは、ケーブルを高速で敷設する場合に適している。

- () 水深1,000[m]より浅い浅海部の敷設工事について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 浅海部においては、漁具や船錨^{びょう}によるケーブルの損傷を回避するため、ケーブルを海底に埋設するのが一般的である。ケーブルの埋設深度は、漁具や船錨が海底にくい込む深さ以上を確保する必要があり、一般に、漁具に対しては40[cm]以上、船錨に対しては1～3[m]以上といわれているが、海底地質、使用される漁具などを考慮して決定する必要がある。
- B 浅海部の海底において潮流によってできるサンドウェーブは、サイドスキャンソナーなどにより精度よく観察することができ、事前の海洋調査によりその存在がチェックできる。サンドウェーブのある所では敷設速度を遅くし、通常、10～20[%]のスラックを与え、ケーブルを確実に海底に着底させ、ケーブルが海底面から浮き上がらないようにする。
- C 浅海部の工事に使用される外装ケーブルは燃^よれた鉄線が外側にあるため、張力によりトルクが生じキンクが発生しやすい。キンクが発生しないようにするには、敷設時のケーブル張力は、1～2[kN]を限度とし、できるだけ一定で変動させないようにする必要がある。

〈(カ)の解答群〉

- | | | |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい | Bのみ正しい | Cのみ正しい |
| A、Bが正しい | A、Cが正しい | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない | |

- () 光海底ケーブルの修理とR O V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〉

再生中継方式の光海底ケーブルシステムで、陸揚局から第1番目の中継器より沖合に故障が発生した場合、故障点を除去して水深とほぼ同じ長さの修理用ケーブルを割り入れるが、増加するケーブル損失はほとんど無視できるため、中継器を追加する必要はない。

光海底ケーブルの海中区間に故障が発生した場合、故障位置、故障状況などの情報をもとに、ケーブル敷設船が当該海域に向け出動する。光海底ケーブルが埋設されていない区間では、探線用錨を先端に取り付けたロープを海底に投下し、光海底ケーブルを探線し、捕線した光海底ケーブルを船上に揚収する。

光海底ケーブルの故障箇所が埋設区間にある場合、R O Vにより故障点を探索し、光海底ケーブルを掘り出した後、船上に揚収するのが有効である。R O Vによる光海底ケーブルの探線は、光海底ケーブルに交流低周波信号を送り、交流磁気センサなどにより実施するが、交流低周波信号が送れない場合には、超音波ソナーにより探線を行う。

埋設されている光海底ケーブルをR O Vで捕線する場合、R O Vのマニピュレータ先端に取り付けたケーブルカッターで故障した光海底ケーブルを切断し、いずれか一方の光海底ケーブルをR O Vのケーブルグリッパで把持し、光海底ケーブルを把持した状態でR O Vとともに光海底ケーブルを船上へ引き上げる。

- () 光海底ケーブルの埋設工法の種類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〉

光海底ケーブルを埋設する工法は、海底を掘削する方法によって、大きく^{すき}鋤式埋設工法とウォータジェット式埋設工法に分けられる。また、両者の特徴を活かしたウォータジェット機能付鋤式埋設機が導入されているが、水中ポンプの能力限界から適用水深は最大で100[m]程度である。

鋤式埋設工法は、掘削刃を有した埋設機を敷設船でけん引し、ケーブル敷設と同時に掘削溝に光海底ケーブルを落とし込む方法で、ウォータジェット式埋設工法と比較して埋設速度が速いという利点があるが、大きなけん引力を必要とするため、ほとんど使用されていない。

鋤式埋設機には、3[m]のケーブル埋設深度を確保するものが導入されており、適用水深も2000[m]まで可能なものがある。

ウォータジェット式埋設工法で使用する埋設機は、けん引張力が小さいため大型のケーブル敷設船を必要としないが、光海底ケーブルの着脱などにダイバの補助を必要とするため、確保できるケーブル埋設深度は、1[m]が限界である。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの設計要因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)

光海底ケーブルシステムでは、大容量の長距離デジタル伝送が可能となり、光海底ケーブルは、最大水深8,000[m]にも及ぶ深海底に敷設されることから、極めて高い信頼性と安定性が要求される。

光海底ケーブルシステムの主要な設計要因の一つである□(ア)は、光海底ケーブルシステムの伝送特性及び信頼性を検討する上で重要である。符号誤り率などの伝送特性は、主に、□(ア)と光海底中継器数により決まる。また、給電電圧及び給電装置の規模は、主に、□(ア)、給電電流、光海底ケーブルの単位長当たりの抵抗及び光海底中継器数に依存する。

最大水深は、光海底ケーブル及び光海底中継器の□(イ)設計を行うための主要因であり、ケーブルルートを考慮して決定される。例えば、太平洋域における最大水深は、日本海溝を横断できる水深を目標とするため、8,000[m]程度に設定される。

光海底ケーブルシステムの□(ウ)は、システム建設費及び修理などを含めた運用経費と、それらのコストの回収期間を考慮して決定する。また、光海底ケーブルの海中部分の修理には多大な経費を必要とし、長期間にわたって通信が途絶するなど深刻な影響を与える。このような理由から、目標信頼度は、一般に、□(ウ)までの部品故障による海中部分の故障が□(エ)回以下となるように設計される。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

最大中継間隔	耐水圧	運用期間
絶縁耐力	システム長	温度特性
敷設ルート	保証期間	ノイズファクタ
設計寿命	増幅度	減価償却
3	10	20
30		

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの設計条件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)

- () 光海底ケーブルシステムの光損失配分設計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＞

再生中継方式では、光損失配分設計は、1中継区間ごとに独立して設計する。

光損失配分設計においては、光海底中継器部品及び光ファイバの製造偏差、光海底中継器部品の設計寿命に至るまでの特性劣化などを考慮する必要がある。

光増幅方式では、光ファイバの非線形特性、光海底中継器の雑音指数などがシステムの伝送特性に影響を及ぼすが、光海底中継器の入力信号レベルは、システムのS/N比などの伝送特性に影響を及ぼすことはない。

光海底中継器間隔を決定する際には、伝送路における光ファイバの特性として、光損失のほか、ゼロ分散波長、分散傾斜などを考慮する必要がある。

- () 光海底ケーブルシステムの信頼性設計について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 陸揚局の端局設備の主要部分には、冗長構成を採用し高信頼化を図る工夫がなされている。
また、端局設備は陸上にあるため端局設備の修理時間は、一般に、ケーブル敷設船による海中設備の修理時間と比較して短い。したがって、端局設備に割り当てる設計上の故障率は、ゼロである。
- B 光海底ケーブルシステムの海中設備に故障が発生すると、ケーブル敷設船を用いた修理が必要であり修理期間が長い。したがって、光海底中継器には高い信頼性が求められ、光海底中継器を構成する各部品に対して、高温加速試験を中心とする信頼度評価が実施される。
- C 光ファイバはガラスを原料とした脆性材料であり、表面の傷、内部の微小な気泡によって強度が劣化する。また、静疲労現象により強度劣化が生じ、窒素ガスの浸入により光損失が増加する。これら諸問題への十分な対策を講ずることを前提に、光海底ケーブルへの故障率の配分は非常に小さい。

＜(カ)の解答群＞

Aのみ正しい	Bのみ正しい	Cのみ正しい
A、Bが正しい	A、Cが正しい	B、Cが正しい
A、B、Cいずれも正しい	A、B、Cいずれも正しくない	

- () 光海底中継器の筐体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〉

光海底中継器筐体は25年以上の使用に耐える耐食性、水圧に耐える強度と気密性などの長期信頼性が求められる。この信頼性を維持するため、毎年、定期保守点検が実施され、光海底中継器筐体の分解清掃や部品交換などの作業性も重要な要素である。

光海底中継器は高温の熱帯地域や深海底の低温環境でも要求される信頼度を満たさなければならない。そのため、光海底中継器は、熱抵抗の大きい断熱構造とし、内部の中継器回路を保護している。

光海底ケーブルを光海底中継器筐体に接続するには、ケーブルの抗張力体を安定に引き留めることが重要である。外装光海底ケーブルの場合には、さらに、外装鉄線の引留めが必要である。抗張力体と外装鉄線のどちらも光海底中継器の圧力筐体に直接引き留めて、抗張力強度が光海底中継器と光海底ケーブルとの接続部分で低下しないよう配慮されている。

光海底中継器筐体の材料には、一般に、防食なしで利用できる耐食性材料としてBe-Cu合金が採用されている。Be-Cu合金の腐食量は25年間で最大でも0.5〔mm〕以下であり、構造上この程度の腐食があっても、耐張力強度などの機械的特性は、実効上、支障がないように設計されている。

- () 光海底ケーブルシステムにおいて、下記の条件の場合、1光海底中継器に割り当てられる故障率は、約(ク)〔FIT〕である。

(条 件)

光海底ケーブルシステム長：8,000〔km〕

中継間隔：50〔km〕

光海底ケーブルシステムにおけるMTBF（平均故障間隔）：10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 8

3 6

7 2

1 4 4