

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43
	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44～線47

- 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
●	○	A	A	○	○	○	○	○	○
①	●	B	B	①	①	●	①	①	①
	②	●	C	②	②	②	●	②	②
	③		D	③	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	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	④			
	●	⑤		⑤	⑤	⑤			
	⑥	⑥		⑥	⑥	⑥			
		⑦		⑦	⑦	⑦			
		⑧		⑧	⑧	⑧			
		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) 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 入)									

(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16日10時以降の予定です。 結果の発表は8月 4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)

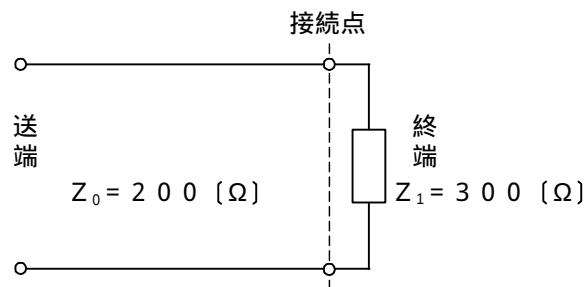
- (1) 次の文章は、メタリック伝送線路における反射の諸特性について述べたものである。
 内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。

(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) ほとんどすべて反射される。

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>

0.2	ゼロ	入射波と逆位相で	透過波
0.4	定在波	減衰波	周波数に反比例する
0.6	無限大	周波数に比例する	ファラデーの法則により
0.8	進行波	入射波と同位相で	テブナンの定理により

- (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)

- () 雑音とひずみの種類、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>

基本雑音は、入力信号の有無に関係のない雑音で、増幅器や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。

雷、電気鉄道などの強電流施設から静電的又は電磁的結合により通信路に侵入する雑音は流合雑音といわれ、放送波などが架空ケーブルなどを介して侵入する雑音は過負荷雑音といわれる。

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。

伝送系の減衰量が周波数に対して一定でないために生ずるひずみは、減衰ひずみといわれる。音声回線において、特定の周波数で減衰量が特に少ないと、その周波数において鳴音が発生しやすくなる。

- () 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A～Cの文章は、(カ) 。

- A 静電結合による漏話は被誘導回線の特性インピーダンスに比例し、電磁結合による漏話は誘導回線の特性インピーダンスに反比例する。
- B 平衡対ケーブルの場合、一般に、誘導回線と被誘導回線の特性インピーダンスは等しいので、特性インピーダンスが高くなる低周波では静電結合による漏話が支配的であるが、特性インピーダンスが低くなる高周波では電磁結合による漏話も考慮する必要がある。
- C 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大きく、漏話電力が小さいほど漏話減衰量は小さい。

<(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 | |

- (3) 次の文章は、希土類添加光ファイバの特徴、光ファイバの伝搬特性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)

- () 希土類添加光ファイバ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>

光ファイバに異種又は同種の希土類イオンが高濃度に添加されている場合、希土類イオン間でエネルギー移動が起こることがあり、濃度消光や増感作用の原因となる。

EDFのコア径及び素線径は、伝送用光ファイバと同じであるが、クラッド径は増幅性能を向上させるため、一般に、伝送用光ファイバより細くなっている。

EDFのコアには、増幅動作のためのエルビウムと屈折率プロファイル形成用のアルミニウムのほか、波長特性平坦化のためのゲルマニウムが添加されているものがある。

EDFの利得係数はエルビウムの添加濃度を高めることで大きくできるが、高濃度になるとラマン効果により波長分散が大きくなるため、高濃度化には限界がある。

- () 光ファイバの伝搬特性について述べた次のA～Cの文章は、 (ク) 。

A 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、 $V = \frac{2\pi a}{\lambda} \times \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ で表すことができる。

B SI型光ファイバにおいて、コアとクラッドの境界面を反射しながら進む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。

C 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 $\frac{1}{\sqrt{e}}$ となる直径をいう。ただし、eは自然対数の底とする。

<(ク)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	

- (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)

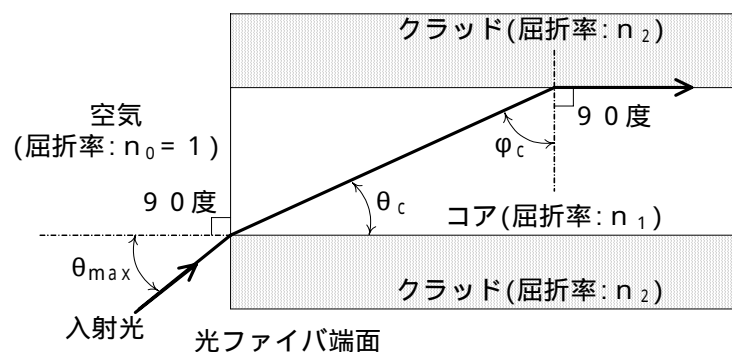
発光源から出射された光は回折現象により広がることから、細い光ファイバのコアに入射させるためには、レンズなどを用いて集光する工夫がなされている。

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 ϕ_c より大きくする必要がある、このときの入射角 ϕ_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 θ_{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 θ_c とすると、 θ_{max} と θ_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 $n_1 = n_2$ とすれば、 $\sin \theta_{max} = n_1 \sqrt{2 \Delta}$ となる。ここで、 Δ 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>

開口数	偏光角	開口効率	ブリュースター角
屈折角	臨界角	最大集光効率	光閉じ込め係数
$\frac{n_1 + n_2}{n_1}$	$\frac{n_1 - n_2}{n_1}$	$\frac{n_1 + n_2}{n_2}$	$\frac{n_1 - n_2}{n_2}$
$n_0 \cos \theta_{max} = n_1 \sin \theta_c$		$n_0 \cos \theta_{max} = n_1 \cos \theta_c$	
$n_0 \sin \theta_{max} = n_1 \sin \theta_c$		$n_0 \sin \theta_{max} = n_1 \cos \theta_c$	

- (2) 次の文章は、光ファイバの特性、光ファイバと光デバイスとの結合損失、LDの特性などについて述べた文章である。 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)

- () 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、 (オ) である。

<(オ)の解答群>

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、距離が長くなるほど、周波数チャープの影響により光信号波形は劣化する。

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。

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。

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な要因である。

- () 光ファイバ通信システムの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、 (カ) である。

<(カ)の解答群>

光ファイバ通信システムにおいて、伝送距離を制限する要因は、光ファイバ損失、SN比、伝送速度、送信光出力などである。無中継光ファイバ通信システムでは、光ファイバの損失と送信機の光出力が一定であるとき、伝送速度を上げたり受信信号のSN比を大きくしようとすると、一般に、伝送距離は減少する。

光ファイバ通信システムの伝送距離は中継伝送により延長することが可能である。中継伝送には、中継器でいったん光-電気-光変換を行う再生中継伝送と、光領域で増幅して伝送する線形中継伝送がある。

再生中継伝送方式においては、一般に、等化回路によるリシェーピング、タイミング抽出回路によるリタイミング及び識別再生回路によるリジェネレーティングの3R機能の中継器にて実現している。

線形中継伝送においては、光増幅器で生ずる自然放出光雑音の累積による光信号波形の劣化、光ファイバの分散によって生ずるSN比の劣化など、再生中継伝送方式と比較して、伝送路で生じた雑音やひずみが累積しやすいという欠点がある。

- () 光ファイバと発光素子又は受光素子との結合損失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>

発光素子と光ファイバとの結合損失は、一般に、ＬＤの出射光ビームの形状が円形なのに対し、光ファイバのモード形状が楕円形であることから発生する。

発光素子と光ファイバとをレンズを用いて結合する場合、一般に、光ビーム広がり大きいＬＥＤであっても、ＬＤと同等の結合損失に抑えることができる。

発光素子と光ファイバとの結合において、ＳＭ光ファイバとＭＭ光ファイバとでは、コア径が小さいＳＭ光ファイバの方が結合損失は小さい。

光ファイバと受光素子との結合において、ＳＭ光ファイバとＭＭ光ファイバとでは、開口数が大きく光ビーム広がり大きいＭＭ光ファイバの方が結合損失は大きい。

- () ＬＤの特性などについて述べた次のＡ～Ｃの文章は、(ク)。

- Ａ ＬＤにおける注入電流と光出力の関係は、注入電流が帰還率を超えるところで誘導放出によるレーザ発振が起こり、光出力は急激に大きくなる。このとき、光出力は注入電流に対して２次関数的に増加する。
- Ｂ ＬＤには、複数の縦モードで発振する多モードレーザ及び単一の縦モードで発振する単一モードレーザがあり、単一モードレーザの一つにＤＦＢレーザがある。
- Ｃ 光通信用ＬＤの発光素子の材料には、ガリウム、ヒ素、インジウムなどが用いられ、これら材料の組成比などにより、ＬＤの発振波長が決まる。

<(ク)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

- (1) 次の文章は、光海底分岐装置(BU)の機能と特徴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)

光海底ケーブルシステムでは、1本の光海底ケーブルに双方向通信を行うための光ファイバペアを複数実装可能であり、BUを導入することにより3陸揚局以上を結ぶ経済的な光海底ケーブルネットワークを構築することができる。BUは深海においても安定に動作するように、一般に、最大適用水深 □(ア) [m]を満たす仕様となっている。

BUは、トラヒックの分岐方法の違いから、単純に光信号を光ファイバ単位で分岐する光ファイバ分岐型と、WDM伝送における複数波長の信号を波長ごとに合・分波する □(イ) 型に分類される。また、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分類される。

給電経路切替型のBUは、陸揚局からの □(ウ) を制御してBU内の非保持型リレーを切り替えることにより、故障中の光海底ケーブル区間を一時的に光海底ケーブルシステムから切り離すといった給電構成を変更する機能を有している。さらに、給電経路切替型のBUを複数台組み合わせて4陸揚局以上を結ぶ光海底ケーブルシステムの場合、陸揚局からの制御信号の一例として、制御信号キャリアを光信号に □(エ) 方式で重畳し、情報を伝送しているものがある。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

1,000	偏波依存	給電電圧	ASK
5,000	共振	給電電流	OFDM
8,000	AM	低周波信号	PM
12,000	OADM	QPSK信号	FM

- (2) 次の文章は、光海底中継器及び利得等化器の構成、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)

- () E D F Aを用いた光海底中継器及び利得等化器の構成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>

光海底中継器は、一般に、光増幅回路が前方励起方式の場合、減衰した光信号は光海底中継器内の光カプラで励起光と合波され、E D Fによって増幅される。

W D M方式の光海底ケーブルシステムに用いられる光海底中継器では、一般に、E D Fの利得特性と相反する損失特性を持つ利得等化フィルタを用いて利得帯域の平坦化と広帯域化を図ることにより、波長多重された光信号が一括増幅される。

パッシブS V機能を有する光海底中継器では、陸揚局から送信された監視信号が光海底中継器の光監視回路内の反射型光フィルタなどでループバックされ、この監視信号光のレベルを監視装置にて解析することにより、光海底中継器の入出力光のレベル変化などを検出できる。

光海底中継器において、上りのE D F Aの出力側光ファイバと下りのE D F Aの入力側光ファイバを結ぶコヒーレントO T D Rパスといわれる光経路が設けられている場合、光海底中継器への給電がない状態でも陸揚局からコヒーレントO T D R測定を実施することにより、全区間にわたりケーブル故障点の判定ができる。

- () 光海底中継器の耐圧筐体構造、機械的^{きょう}特性などについて述べた次のA～Cの文章は、
 (力) 。

- A 光海底中継器の耐圧筐体には、主要材料として耐腐食性と機械的強度に優れた無酸素銅が採用されており、一般に、特殊な防食処理を必要としない。
- B 光海底中継器は、光海底ケーブルと接続した状態で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・回収ができる構造を有している。
- C 光海底中継器は、光海底ケーブルとはケーブルカップリングにより接続されており、ケーブルカップリングの耐水圧強度及び絶縁耐力は、光海底ケーブルと同等の値であることが要求されるが、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。

<(力)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 | | |

- () 光海底中継器の信頼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〉

耐圧筐体内に光増幅回路と給電回路を実装した回路ユニットを収容する光海底中継器においては、回路ユニット内部の温度上昇を抑える放熱対策が施されており、海中温度が0～35〔 〕の範囲で、安定に動作するように設計されている。

フィードスルーアセンブリといわれる構造では、光ファイバと給電線を一括して耐圧筐体内に導入しているため、優れた耐水压性を持つが、光海底ケーブルが断線して、テールケーブル内に海水が浸入した場合、光海底中継器内への浸入を防ぐことはできない。

光海底中継器は、所定の水深において、少なくとも35年程度の長期間にわたり安定した所要特性を維持することができる設計寿命が要求される。

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、各種加速試験結果から推定寿命と加速率が確定される。

- () 利得等化器の機能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〉

光海底中継器を多段接続することで生ずる累積利得偏差と相反する損失特性を持つ利得等化フィルタを備えた等化器は、チルト等化器(TEQ)といわれ、累積利得偏差を抑制するために用いられており、光海底中継器の耐圧筐体と異なる仕様の筐体内に搭載される。

長距離光海底ケーブルシステムにおいて、利得等化器は、複数台の光海底中継器に1台の割合で用いられており、利得等化フィルタには、ファイバグレーティングなどが使用されている。

利得等化器は、光海底中継器と基本構造が異なり、耐圧筐体、回路ユニット及びケーブルジョイントボックスで構成されている。

可変型利得等化フィルタを備えた等化器は、シェイプ等化器(SEQ)といわれ、光海底ケーブルの経年劣化や故障修理時のケーブル割入れによる損失増加により光海底中継器に生ずる利得傾斜を抑制するために用いられており、一般に、陸揚局からの給電電流を制御することにより傾斜損失を変更する。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの陸揚局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)

光海底ケーブルを陸揚局に引き込む方法としては、一般に、陸揚局内に光海底ケーブルを直接引き込んで局内に設置された□(ア)で光ファイバと給電線を分離する方法と、陸揚地点付近のビーチマンホール内の□(ア)でそれらを分離して光ファイバケーブルと給電ケーブルを陸揚局まで敷設する方法がある。

陸揚局の敷地内には、一般に、局舎内設備の接地のための局舎アース及び光海底ケーブルシステムへの給電のためのシーアースが設置される。シーアースの接地抵抗は、一般に、□(イ)〔Ω〕以下が目標とされており、これを満足するためには多くのアース棒を地中に設置する必要があり、また、許可を取得の上、敷地外の海岸部などにアース棒を設置する場合もある。

陸揚局には、AC/DC電源設備及び商用電力の瞬断に備えた□(ウ)も設置される。さらに、商用電力の長時間停電に備えて、非常用発電機が設置される。非常用発電機は稼働するまでに数分かかるため、一般に、その間、局舎内の設備に給電するための蓄電池も設置される。また、光海底ケーブルの端局設備への電力供給は、一般に、直流□(エ)〔V〕で行われる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

ODF	CTB	PFE	UPS
WTU	LTE	IBS	LME
- 48	- 24	0.1	0.3
1	3	24	48

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルの敷設ルートを選定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)

- () 光海底ケーブルの敷設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〉

光海底ケーブルの敷設ルートについては、一般に、始めに海底地形が記されている海図などにより、埋設が必要な光海底ケーブル長が短くなるよう、また、急な斜面を避けて平坦な地形を選ぶよう配慮し、さらに、全体の光海底ケーブルシステム長が、短くなるように暫定敷設ルート案が策定される。

暫定敷設ルートの選定に際して、他の既設ケーブルのルートを正確に把握し、それらと交差・近接する場合は、できる限りICPC勧告に従った敷設ルートとする。ICPC勧告には法的な拘束力はないが、光海底ケーブルの計画、建設、保守などのガイドラインとして世界的に広く利用されている。

水深数百[m]までの埋設ができない区間については、一般に、二重外装ケーブルが使用され、また、水深1,000[m]程度までの埋設区間には一重外装ケーブルが使用される。さらに、水深1,000～5,000[m]程度で海底が岩場などからなる地形であるためケーブルが損傷を受けやすい場所には、強化無外装ケーブルが使用される場合がある。

敷設ルートは、一般に、暫定敷設ルートに沿って海洋調査が行われ、必要な修正を行った後に策定される。敷設ルートの情報は、SLDにまとめられ、SLDには、ケーブル変針点、ケーブルタイプの変更点、光海底中継器位置の緯度、経度、水深などが記載される。

- () 海底ケーブルの交差に関するICPC勧告について述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A 敷設予定の海底ケーブルが既設ケーブルと交差する場合は、できる限り直角に交差するように敷設ルートを選定し、海底地形などの制限で困難な場合でも交差角は45度以上とする。
B 敷設予定の海底ケーブルが既設ケーブルの海底中継器付近で交差する場合は、当該海底中継器から少なくとも水深の6倍以上離れて交差するように敷設ルートを選定する。
C 敷設予定の海底ケーブルが既設の2本の海底ケーブルの交差点付近で交差する場合は、敷設予定の海底ケーブルもできる限りその交差点で交差するように敷設ルートを選定する。

〈(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 | |

- () 海底ケーブルの敷設ルートの海洋調査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〉

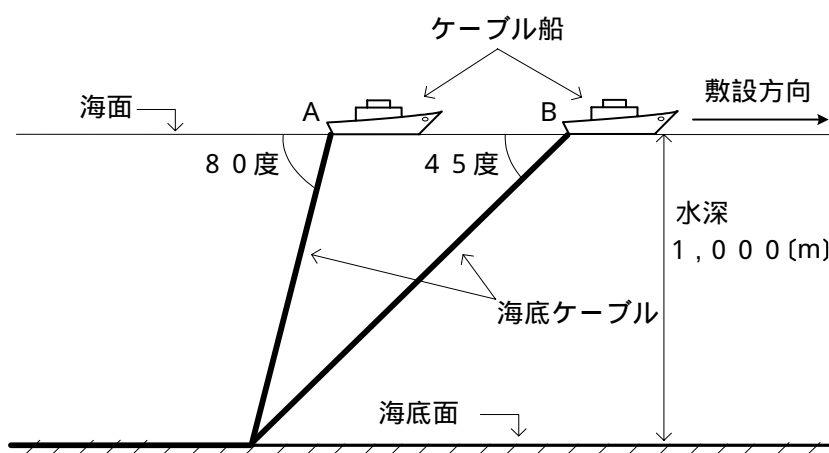
海底面探査に使用されるSSソナーは、調査船に曳航^{えい}されるTow Fishといわれる装置の両舷から音波を扇形に放射し、海底面で反射し戻ってくる音波の強弱をデータ処理して海底面を画像化する。SSソナーの音波は、一般に、5～50〔MHz〕であり、高周波になるほど観測波の減衰が激しくなるため測定可能な水深は浅くなる。

暫定敷設ルートに沿って実施される海洋調査では、敷設ルートを決めるために、正確で詳細な海底地形測定が必要となり、一般に、マルチナロービーム音響などを用いたスワス測深機が使用される。スワス測深機は、水深の2～7倍程度の探査幅の地形データと海底音響反射画像を得ることができる。

暫定敷設ルートのケーブル埋設区間の海洋調査では、一般に、海底地形測定などに加え、海底底質、その硬さ、堆積層の厚さなどの調査が行われる。調査の方法としては、アンカー又は鋤^{すき}の曳航と貫入コーン試験により、鋤式埋設機によるケーブル埋設の可否、埋設可能深度などを推定するものがある。

暫定敷設ルートにおいて、埋設機によるケーブル埋設が計画されている区間の海洋調査では、ソノプロブなどによる海底下1～3〔m〕程度までの堆積層分布の調査を行うことがあり、その調査結果を基に、できる限り、海底が平坦で堆積層の厚いルートが選定される。

- () 図は、ケーブル船が海底ケーブルを保持している状態(A点)から敷設を開始した直後の状態(B点)までの敷設時の概念図である。図において、ケーブル船がA点からB点に移動する間にケーブル船が繰り出すケーブル長は、約(ク)〔m〕である。ただし、必要に応じ、 $\cos 10^\circ = 0.98$ 、 $\cos 45^\circ = 0.71$ 、 $\cos 80^\circ = 0.17$ 及び $\tan 10^\circ = 0.18$ の値を用いること。



〈(ク)の解答群〉

3 1 0

3 5 0

3 9 0

4 2 0

- (1) 次の文章は、光増幅中継海底ケーブルシステム(光増幅システム)の偏波依存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)

光増幅システムは、一般に、信号光の偏波状態の変化に伴い、偏波依存性損失、偏波ホールバーニング、偏波モード分散などによって伝送特性が時間的に変化する。

偏光した信号光が光デバイスを通過することにより生ずる偏波依存性損失は、信号光の (ア) を時間的に変動させることから、EDFAに用いられる光デバイスは偏波依存性損失の小さい光学部品を用いる必要がある。その光デバイスの一つである偏波無依存型の光アイソレータには、 (イ) と複屈折結晶を組み合わせるものがある。

利得飽和状態のEDFAから発生するASE雑音が、入力光と同一の偏波と直交する偏波とでは、その大きさが異なり、直交する偏波の方が大きくなる現象は、偏波ホールバーニングといわれる。偏波ホールバーニングの抑圧には、偏波スクランブラが有効であり、光信号 (ウ) 分の時間の中で偏波をランダムに変化させる偏波スクランブラは、高速偏波スクランブラといわれる。

光ファイバ中の直交する二つの偏波モードにおいて伝搬時間差が生ずる現象である偏波モード分散は、光信号の偏波状態により変化し、伝送特性に時間的な変動を生じさせる。

光増幅システムには、一般に、0.07 (エ) 程度の偏波モード分散を有する光ファイバが使用されている。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

ps / km	位相速度	光S/N比	1フレーム
$\text{ps} / \sqrt{\text{km}}$	1バイト	1ビット	遅延干渉計
ps / nm	群速度	冗長ビット	符号化利得
ps / nm / km		ファラデー回転子	
光ファイバコリメータ		光ファイバグレーティング	

(2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの設計手法、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)

() 光海底ケーブルシステムの設計手法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〉

光海底ケーブルシステムでは、光増幅方式を用いる場合は、再生中継方式を用いる場合と同様に中継区間ごとに所定の伝送品質を満たすように設計される。ただし、大洋横断クラスの長距離光増幅方式の場合、伝送特性の検証は、周回系やテストベッドを用いた長距離伝送試験によって行われる。

光増幅方式を用いた光海底ケーブルシステムでは、光ファイバの非線形光学効果による伝送特性の劣化を考慮して光海底中継器出力を決定し、次段の光海底中継器の最小受光感度以上となるように中継間隔を設計すればよい。

光増幅方式を用いた光海底ケーブルシステムでは、伝送路と光伝送端局装置を合わせた伝送区間のQ値を Q_S 、伝送路のQ値を Q_L 、光伝送端局装置のQ値を Q_E とすると、 Q_S は、一般に、次に示す関係式から求めることができる。ただし、 Q_S 、 Q_L 及び Q_E は、いずれも真数とする。

$$Q_S^2 = Q_L^2 + Q_E^2$$

WDM方式を用いた光海底ケーブルシステムは、一般に、長期運用を想定するため、最大設計容量と初期の伝送容量が大きく異なる場合がある。伝送されるWDM信号の波長数が最大設計波長数以下の場合、所定のQ値を満たしていれば、波長数を補うためのダミー光は不要である。

() 中継光海底ケーブル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、□(力)。
ただし、訂正前のビット誤りが、誤り訂正能力を超えている場合は考慮しないものとする。

A 中継海底ケーブルシステムは、伝送路の光ファイバが有する波長分散及び非線形性、光海底中継器の光増幅器が発生する光雑音などにより伝送品質が劣化する。誤り訂正(FEC)技術は、端局設備の装置故障の場合を除き、これらの伝送品質を劣化させる要因に影響されることなく、符号誤り率を改善することができる。

B FEC技術を用いる場合は、訂正前のビット誤りが少ないほど、符号化利得が大きい。このため、時間とともに誤り訂正前の伝送特性が変動する中継光海底ケーブルシステムでは、符号化利得が時間とともに変動し、訂正後の符号誤り率も時間変動を示す。

C 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利得の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、波長を増波したり、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。

〈(力)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

- () 中継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、誤っているものは、(キ) である。

＜(キ)の解答群＞

光伝送端局装置内の機器の故障時は、一般に、比較的短時間での予備機器への交換などが可能である。一方、海中設備の故障時は、海中設備の交換に要する日数に加えて、ケーブル船の航海日数なども考慮する必要があるため、海中設備は、光伝送端局装置内の機器と比較して、一般に、故障率(FIT)が2桁以上小さくなるように設計される。

光海底ケーブルシステムの信頼性を高めるための冗長構成としては、予備波長による冗長構成、予備光ファイバペアによる冗長構成などが考えられる。予備波長による冗長構成は、予備光ファイバペアによる冗長構成と異なり、陸揚局でのWDM信号用光合分波部が故障した場合に回線断とはならないため、高い信頼性を維持することができる。

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。このうち励起LD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。

現用回線の信号を送受する32波長に対し1波長分の予備トランスポンダを有する32:1の予備波長による冗長構成では、予備トランスポンダの故障を考慮しない場合、32波長のトランスポンダのうち二つ以上のトランスポンダが故障となったとき、予備トランスポンダによる完全救済は不可能となる。

- () 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)

光海底ケーブル長	: 3 5 0 . 0 [km]
平均光海底ケーブル損失	: 0 . 1 8 [dB / km]
光伝送端局装置の送信光パワー	: 1 4 . 0 ~ 1 5 . 0 [dB m / ch]
光伝送端局装置の最小受光感度	: - 3 8 . 0 [dB m / ch]
遠隔励起光増幅器の利得	: 1 6 . 0 [dB]
設計寿命終了時点のマージン	: 1 . 0 [dB]

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＞

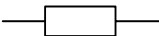
4 . 0 4 . 5 5 . 0 5 . 5

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、すべて架空のもです。

- (3) 試験問題、図中の抵抗器及びトランジスタの表記は、新図記号を用いています。

新 図 記 号	旧 図 記 号	新 図 記 号	旧 図 記 号
			

- (4) 論理回路の記号は、MIL記号を用いています。

- (5) 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(きやうたい) ・輻輳(ふくそう) ・撚り(より) ・漏洩(ろうえい) など

- (6) 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。

- (7) 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。

- (8) 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ありません。

- (9) 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。

- (10) 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ありません。