

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28
		水底線路	8	8	8	8	8	線29~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	○	○	○	○	○	○
①	●	B	B	①	①	●	①	①	①
	2	●	C	2	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
	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	○	●	○	○	○	○			
昭和	①	①	①	①	①	●			
大正	②	②	②	②	②	②			
	③	③		③	③				
	④	④		④					
	⑤	⑤		⑤					
	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。
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。
- 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。)

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)定数及び特性インピーダンス Z_0 は、次式で表される。

$$= \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \dots + j$$

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

ただし、jは虚数記号を、 ω は伝送波の角周波数を、 θ 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)定数の式において、実数部は□(ウ)定数、虚数部は□(エ)定数といわれ、これらの□、□、□、 Z_0 は線路の二次定数と総称される。

〈(ア)~(エ)の解答群〉			
伝達	位相	集中	遅延
相加	増幅	減衰	振動
伝搬	反射	等価	伝送
分散	結合	分布	比例

(2) 次の文章は、メタリック伝送路の電気的特性について述べたものである。 内の(オ)、(カ)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×2=6点)

() メタリック伝送路における漏話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〉

漏話を生じ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、被誘導回線において、誘導回線の送端側に生ずる漏話は近端漏話、誘導回線の受端側に生ずる漏話は遠端漏話といわれる。

静電結合による漏話は被誘導回線の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インピーダンスに反比例する。

平衡対ケーブルの場合、一般に、誘導回線と被誘導回線の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。

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。

() メタリック伝送路などにおける雑音及びひずみについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 増幅器などにおいて、導体中の自由電子の熱的じょう乱運動により発生する雑音はインパルス性雑音といわれる。インパルス性雑音を避けることは原理的に不可能であり、全周波数に対して一様に分布していることから白色雑音ともいわれる。
- B 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。
- C 伝送系の入力と出力が比例関係にないために生ずるひずみは、非直線ひずみといわれ、波形ひずみの原因となる。

〈(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 | |

- (3) 次の文章は、光ファイバの分散特性、希土類添加光ファイバの特徴などについて述べたものである。 内の(キ)、(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×2=6点)

- () 石英系光ファイバの分散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〉

光ファイバの材料であるガラスの屈折率が光の周波数によりわず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。

光ファイバ中での分散には、材料分散、構造分散、モード分散及び偏波モード分散の四つがあり、このうち材料分散と構造分散の和は波長分散といわれる。

マルチモード光ファイバにおいては、光ファイバ中を伝搬する各モードの伝搬速度が等しいため、隣接するパルス間隔をあまり小さくできない。

マルチモード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。

- () 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、誤っているものは、 (ク) である。

〈(ク)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、光ファイバの屈折率が変動する原因となる。

EDFのクラッド径及び素線径は、伝送用光ファイバと同じであるが、コア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小さくなっている。

EDFのコアには、屈折率プロファイル形成用ゲルマニウムと増幅動作のためのErイオンのほかに波長平坦化のためのアルミニウムが添加されているものがある。

EDFの利得係数は、Erの添加濃度を高めることで大きくできるが、高濃度になると濃度消光により励起効率が低下するため、高濃度化には限界がある。Erとともにイッテルビウム(Yb)を共添加したEr:Yb光ファイバは、濃度消光に起因するEr添加濃度の限度を向上させることができる。

- (1) 次の文章は、光ファイバの非線形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。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

光ファイバの材料に用いられる石英(SiO_2)は非線形性が小さい物質であり、光のパワー密度が小さい状況では、物質の□(ア)は、光の電界強度に比例する。しかし、シングルモード光ファイバは、直径10(μm)程度のコア内を光が伝搬するため、1[W]の光が光ファイバに入射された場合のパワー密度は約□(イ)となる。このようにパワー密度が高くなることに加え、光ファイバは損失が小さいために、光と媒質の相互作用長が長くなり、様々な非線形現象が起こり、高次の□(ア)が無視できなくなってくる。

光ファイバの非線形光学効果は、光ファイバが対称的な分子構造であることから、主に3次の感受率によって引き起こされる。3次の感受率は、第3高調波発生、四光波混合、非線形屈折率変化、非線形□(ウ)などの現象を引き起こす。この中で非線形□(ウ)は、光ファイバの中に入射される光の強度が、あるしきい値を超えると SiO_2 分子が振動し、フォノンが伝搬することにより生ずる現象である。2原子からなる分子の振動は、それぞれの原子が同じ方向に振動する□(エ)振動と、逆方向に振動する光学的振動に分けられる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

1 [kW / cm ²]	電磁的	誘電率	共振
1 [MW / cm ²]	分極	屈折率	散乱
1 [GW / cm ²]	音響的	干渉	機械的
1 [TW / cm ²]	帯電量	回折	量子力学的

(2) 次の文章は、非線形光学効果、光ファイバ伝送システムで用いられる光デバイス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)

() 光ファイバ中の非線形光学効果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>

高強度の狭い幅の光パルスが光ファイバに入射されると、光の電界で光ファイバ物質中の電子の軌道が変化することにより屈折率が電界の強度の2乗に比例して変化する現象は、一般に、光カー効果といわれる。

光ファイバに三つの異なる波長の光を入射した際に、入射した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る。

媒質の格子振動により入射光の一部が非弾性的に散乱され、入射光と異なる新たな波長の光が発生する現象は、一般に、ラマン効果といわれ、新たな波長の光が媒質の光学的格子振動と励起光との相互作用によって生ずる散乱はラマン散乱といわれる。

誘導ブリルアン散乱では主に前方散乱が強く発生するが、誘導ブリルアン散乱は誘導ラマン散乱と比較して散乱が発生する帯域幅が狭いため、強い前方散乱を発生させるには、スペクトル幅が非常に狭い入射光を用いる必要がある。

() 光スイッチについて述べた次のA~Cの文章は、□(カ)。

A 光スイッチは、光伝送路において機械的又は電子的方法により、光路の切替えや光のオン/オフを制御する光デバイスであり、1入力1出力の光スイッチや多入力多出力の光マトリクススイッチなどがある。

B 機械式光スイッチは、プリズム、ミラーなどの光学部品又は光ファイバを駆動して光路を切り替えるものである。機械式光マトリクススイッチには、MEMSといわれる技術を用いて製作されたものがある。

C 電子式光スイッチには、電気光学効果、磁気光学効果、音響光学効果などを利用したものがある。

<(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	

- () 発光素子の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、(キ) である。

〈(キ)の解答群〉

LDとLEDは、一般に、ダブルヘテロ接合構造を用いる点で共通しているが、結晶の両端に反射鏡面を形成して共振回路を形成するLDに対し、LEDは共振回路がなく、接合面に垂直に光を取り出す構造である。

LDの発振波長は用いられる半導体材料によって決まるが、波長可変LDでは、温度制御、電流注入制御などにより増倍率を変化させる、機械的に結合効率を変化させるなどの方法を用いることにより、発振波長を制御することができる。

LEDは、LDと比較して変調可能帯域が狭く、スペクトル幅が広いが、製造コスト、寿命などの面で優れており、主に短距離系の光通信システムで用いられている。

面発光型レーザ(VCSEL)は、基板面に対して垂直方向に共振し、レーザビームを垂直方向に出射する。VCSELから出射されるレーザビームはほぼ円形で出射角が狭いため、光ファイバと高効率で結合することができる。

- () 受光素子の特性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〉

PIN-PDは、p領域とn領域の外側をi層といわれる真性半導体層で覆った構造とすることにより、単純なpn接合の半導体受光素子と比較して、応答速度などの改善が図られている。

APDはアバランシ効果を利用して信号出力を増倍する機能があり、この増倍率は光ファイバとの結合効率を制御することにより変化させることが可能で、PIN-PDより良好な信号対雑音比が得られる。

受光素子で生ずるショット雑音は、電子が時間的又は空間的に不規則に励起されるために生ずる光電流の揺らぎによる雑音であり、同じ受光レベルであれば、印加する逆電圧を大きくしてもショット雑音は一定である。

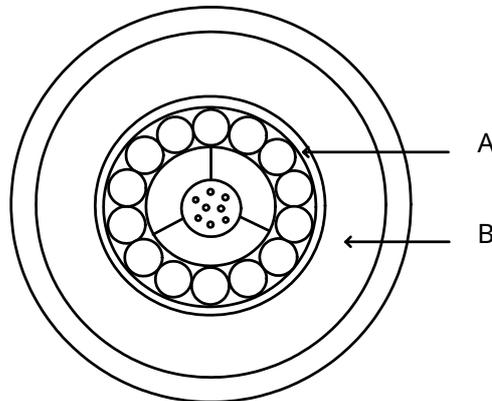
受光素子は、一般に、微弱な光を検出するために低雑音性が求められる。低雑音性を実現するには、PDにおいては外部からの入射光がなくても流れる暗電流を小さくする、APDにおいてはなだれ増倍に伴い発生する過剰雑音を小さくする方法がある。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの構造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)

図に示す鉄3分割パイプ形光海底ケーブルは、鉄3分割パイプの中に光ファイバを収容しているルースタイプで、タイトタイプと異なり□(ア)の工程を省略しているため、光ファイバに加わる熱応力が軽減されている。

鉄3分割パイプの周囲は鋼線が撚られており、図中Aで示す金属層は、電気抵抗がケーブル1[km]当たり□(イ)〔〕程度の給電路を形成する。この金属層は図中Bで示す□(ウ)を用いた絶縁層で被覆されている。

光海底ケーブルの外装構造には、水深、海底地質など光海底ケーブルの使用環境に対応できるようにいくつかの種類がある。陸揚局近傍の浅海部では、漁労、錨いかりなどにより、光海底ケーブルが最も損傷を受けやすいことから、一般に、二重外装ケーブルが使用されている。また、水深□(エ)〔m〕程度までは、同様の理由により損傷を受けるおそれがあるため、一般に、一重外装ケーブルが使用されている。



光海底ケーブル断面図

〈(ア)~(エ)の解答群〉		
0.1 ~ 0.4	1 0 0	外部シース
0.7 ~ 1.0	5 0 0	引張試験
1.5 ~ 1.8	1,500	ゴムシート
2.0 ~ 2.3	3,000	ポリエチレン
ヒートサイクル試験		熱収縮チューブ
光ファイバユニット		ポリウレタン

(2) 次の文章は、光増幅海底ケーブルシステムに用いられる光海底中継器の構成、機能、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)

() 光海底中継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〉

光海底中継器のEDF励起用LDは、光海底中継器として所要の信頼性を達成するため、一般に、光カプラなどを介して冗長化されている。

WDM方式の光海底中継器では、一般に、EDFAの利得波長特性と相反する損失波長特性を持つ利得等化フィルタを用いて、光海底中継器の利得帯域の平坦化が図られている。

光海底中継器内で、EDFの両側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、更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のどちらか片側にのみ配置する。

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タンクアRESTA(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場合は、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る。

() 光海底中継器の利得等化などについて述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

- A WDM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、一組のEDFAと光フィルタによりCバンド及びLバンドを併せて光増幅と利得等化が行われる。
- B WDM方式の光海底中継器に使用される利得等化フィルタには設計の自由度が高いファイバグレーティングなどが使われており、光海底中継器利得、光信号の波長帯域などに違いがあっても光海底中継器に要求される利得波長特性の設計が可能である。
- C WDM方式の光海底ケーブルシステムでは、各光海底中継器での利得等化に加えて、EDFA特性や光ファイバ特性の製造偏差などによる累積した利得偏差を補償するため、数十台の光海底中継器に1台の割合で利得等化器を挿入する場合がある。

〈(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 | |

- () 光海底中継器の耐圧筐体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〉

光海底中継器に要求される仕様項目の一つとして、一般に、最大水深6,000[m]の海底で10年程度安定して動作することが挙げられる。

光海底中継器は、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有し、光海底中継器と光海底ケーブルの接続において、接続する光海底ケーブルを耐圧筐体内に直接引き込み、耐圧筐体内で光ファイバと給電線を分離して回路ユニットに接続している。

光海底中継器の耐圧筐体の材料は、機械的強度、導電性、耐摩耗性などに優れた無酸素銅が用いられている。

光海底中継器では、輸送、船積み、敷設及び修理時の引揚げの際の振動や衝撃から回路ユニットを保護するため、一般に、耐圧筐体と回路ユニットの間に金属バネ製クッションが設けられている。この金属バネ製クッションは、回路ユニットの放熱の機能も持っている。

- () 光海底分岐装置の機能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〉

光海底分岐装置の電気回路には、給電経路固定型と給電経路切替型の二つの方式がある。給電経路切替型では真空リレーにより給電経路の切替えが行われ、陸揚局からの電流により制御する方式と陸揚局からの光の制御信号により制御する方式がある。

光海底分岐装置は従来の3分岐型から4分岐型の光海底分岐装置が主流となっており、より柔軟なネットワーク構成が可能となっている。

WDM方式の光海底ケーブルシステムに用いられる光海底分岐装置において、ファイバグレーティング及び誘電体多層膜による光フィルタは、光挿入損失が大きいため、波長単位のアド・ドロップには適用されていない。

光海底分岐装置を複数台持つシステム構成では、一般に、海中分岐装置に挟まれた区間への給電ができないため、その区間を無中継とする必要がある。

- (1) 次の文章は、海底ケーブルの探線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)

海底ケーブルを船上に引き上げるためにこれを捕捉する作業は、一般に、探線といわれ、探線の基本的な方法は、^{いかり}錨状の探線機を用いて海底ケーブルの敷設方向に対して直角の方向に海底を引きずることにより、海底ケーブルを引っ掛けるというものである。ケーブル敷設状況としては、非埋設の場合と埋設の場合があり、それぞれ探線方法及び使用する探線機が異なる。

海底ケーブルが非埋設となるのは、おおむね水深 □(ア) 又は底質により埋設不能な一部の海域に敷設する場合である。非埋設となる海底ケーブルのうち、主に無外装ケーブルの探線に用いられる探線機としては、90度ずつ方向の異なる四つのフックで海底面の海底ケーブルを捕捉する仕組みを持つ □(イ) がある。

一方、埋設された海底ケーブルの探線では、非埋設のケーブルの探線と比較して □(ウ) 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。

また、海底ケーブルが密集して敷設されている海域において、水深2,500[m]程度以内ではROVによる探線が有効であり、探線後、ROVの □(エ) による海底ケーブルの切断作業、揚収ロープの取付け作業などが行われる。ROVが適用できない深海部では、 □(ウ) を利用して海底ケーブルを切断する構造の探線機が有効であるが、海底ケーブルに作用する力により海底面の海底ケーブルを移動させるおそれがあることに留意する必要がある。

〈(ア)~(エ)の解答群〉		
50[m]以内	ヤング率	スワス幅
50~200[m]	ギフォードグラフネル	過渡スラック
250~500[m]	トンネルスラスト	モジュラス
1,000[m]以上	ソノプローブ	^{えい} 曳航張力
ケーブルグリッパ	フラットフィッシュグラフネル	
マニピュレータ	スライディング・ブロンググラフネル	

- (2) 次の文章は、測深、海底面探査、敷設方法のスラック制御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)

- (i) 測深、海底地形調査方法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>

マルチナロービーム測深機による測深及び海底地形調査では、一般に、水深の2～7倍程度の探査幅の海底地形データ及び海底音響反射画像を得ることができる。

マルチナロービーム測深機などのスワス測深機には、曳航型と船底固定型の2種類がある。曳航型のスワス測深機は、船自体から離して曳航するために、調査母船の動揺や音響ノイズの影響を抑制できる特徴がある。

測深及び海底地形調査に用いる機器としては、マルチナロービーム測深機及び単一ビーム測深機のほか、チャープソナー、CPT、ADCPなどがある。

スワス測深機には、GPS、方位センサ、動揺センサなどを搭載して船のピッチング及びローリングの動揺補正、位置補正などの機能を有するものがある。

- () 海底面探査方法などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ)。

- A 海底に向けて発信された音波は、海底面で反射する。岩質の海底面からの反射波の強さは、一般に、粘土質や砂質の海底面からの反射波の強さと比較して小さいため、反射波の強さを基に、海底面の底質の分布状況を画像として作成する方法がある。
- B SSソナー(Side Scanning Sonar)は、一般に、海底ケーブルルート調査、海底の障害物の探知などの海底面上に存在する物体の形態把握を主とする調査、海底面の底質分布の把握などに用いられる。
- C 海底面探査としては、プローブといわれるセンサを装着したXBTを調査船から信号線入りワイヤーロープで曳航してXBTの両舷から超音波を扇形に放射し、海底面などから戻ってくる反射波の強弱を利用して画像化する方法がある。

<(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	

- () 地層探査、埋設ルート調査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〉

海底ケーブルのルート選定を目的とした地層探査では、一般に、埋設機での埋設を考慮し、1～3[m]程度までの堆積層分布を調査する。調査結果に基づき、堆積層が厚く、安定した平坦な場所が選定される。

漁労、船錨などによる海底ケーブルの損傷を防止するために実施する埋設ルート調査では、鋤式埋設機^{すき}で所要埋設深度が確保できるか否かを確認するため、一般に、調査用鋤の曳航、ドレッジャーによる作業及びボーリングが実施される。

あらかじめ選定された陸揚地の測量調査は、陸揚局、管路、ビーチマンホール、陸標などを設置するために行われ、測量調査結果に基づいて作成された測量図は、建築確認申請、道路占用申請などに使用される。

海底からビーチマンホールまでの引上げルートの測量調査は、ビーチマンホールの位置からの管路の距離、海側の管路口から埋設機設置点までの海底ケーブル敷設位置、海底ケーブル防護方法などを確定するために行われる。

- () 光海底ケーブルの敷設におけるスラック制御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。

種別の異なるケーブルを接続したジョイントボックス又は光海底中継器の敷設の際は、その前後で、光海底ケーブルの入水角が異なることから、海中でのケーブルは屈曲した形状となる。この場合、屈曲した形状となる箇所は極めて限定された範囲であるため、スラックを調整することなく敷設作業が続行される。

海底面が水平で船速が一定、かつ、光海底ケーブル繰出し速度が船速より早い敷設の場合、光海底ケーブルの各部分は一定速度で沈下し、光海底ケーブルはカタナリ曲線を描き、着底点において張力が残留する。

スラックは、敷設ルートの海底面の凹凸によっても異なるが、S L D (Straight Line Diagram) に表記される光海底ケーブル長は、計算されたスラックを反映した長さとなっている。

- (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することにより生ずる偏波依存性損失は、信号光の光SN比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□(ア)には、ファラデー回転子と複屈折結晶を組み合わせる偏波を分離するものがある。

利得飽和状態のEDFAから発生する□(イ)が、入力光と同一の偏波と直交する偏波で異なり、直交する偏波の方が大きくなることにより生ずる現象は、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、低速偏波スクランブラのスクランブル周波数は、一般に、□(ウ)である。

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>

光フィルタ [ps] [ps/km]	白色雑音 数十[Hz]以下 ショット雑音	$[\text{ps} \sqrt{\text{km}}]$ 光アイソレータ [ps/nm/km]	暗電流 光カプラ ASE雑音
数百[Hz]~100[kHz]		数百[kHz]~数[MHz]	
光ファイバコリメータ		1[GHz]~数[GHz]	

(2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムにおける変復調方式、伝送特性の改善、システム設計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、 (オ) である。

<(オ)の解答群>

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。

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、波長チャープングにより、伝送距離及び伝送速度が制限される。

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。

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。

() 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>

- | | | |
|--------------|----------------|---------|
| 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 | |

- () 光海底ケーブルシステムの設計寿命と信頼度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〉

光海底ケーブルシステムに用いられるLDは、一般に、50〔 〕とか70〔 〕といった高温環境で多数のサンプルを動作させ、経過時間と累積故障率の関係をプロットして信頼度が評価される。その後、アレニウスの関係式から実際の動作環境での寿命が推定される。

光海底ケーブルシステムの信頼性が特に必要となる部分には、一般に、冗長構成が採用される。故障率〔件/時間〕の部品を2個並列に配置する冗長構成においては、一方の部品が故障した場合にもう片方の部品で機能を維持することにより、冗長構成部分の故障率を $\frac{1}{2}$ に低減する効果がある。

陸揚局の光伝送端局装置の主要部分には、冗長構成を採用して高信頼化を図る工夫がなされている。また、光伝送端局装置は陸上にあるため、光伝送端局装置の修理時間は、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ことから、一般に、光伝送端局装置に割り当てる設計上の故障率はゼロである。

光海底ケーブルシステムにおける故障は、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、修理には多大な費用を必要とする。このため、光海底ケーブルシステムの海中設備や陸上設備には高い信頼性が要求され、設計寿命期間中における海中設備及び陸上設備の部品故障によるシステム故障は、いずれも3回以下となるよう設計されている。

() 図1は、EDFAを用いた光海底ケーブルシステムをモデル化したものであり、図2は、図1に用いられる各EDFAの入力信号レベルに対する利得特性を示したものである。このシステムで、光海底ケーブル中継区間2において不具合が発生し、光海底ケーブル中継区間2の光ファイバ損失が10 [dB]増加したとき、EDFA3の出力信号レベルは、(ク) [dBm]となる。ただし、その他の条件は以下のとおりとする。

(条件)

- 光伝送端局装置(光送信部)の出力信号レベル : 6 [dBm]
- 各光海底ケーブル中継区間長 : 80 [km]
- 光ファイバ損失 : 0.2 [dB / km]
- その他の損失要因は考慮しないものとする。

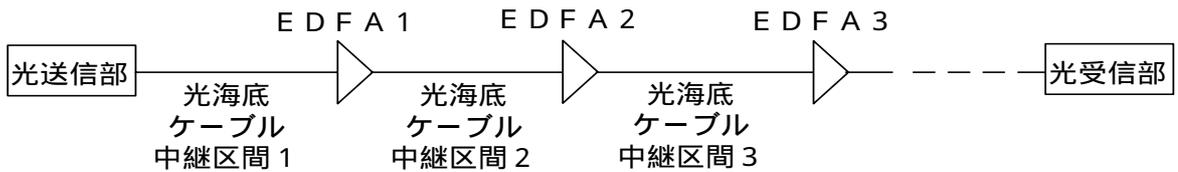


図1

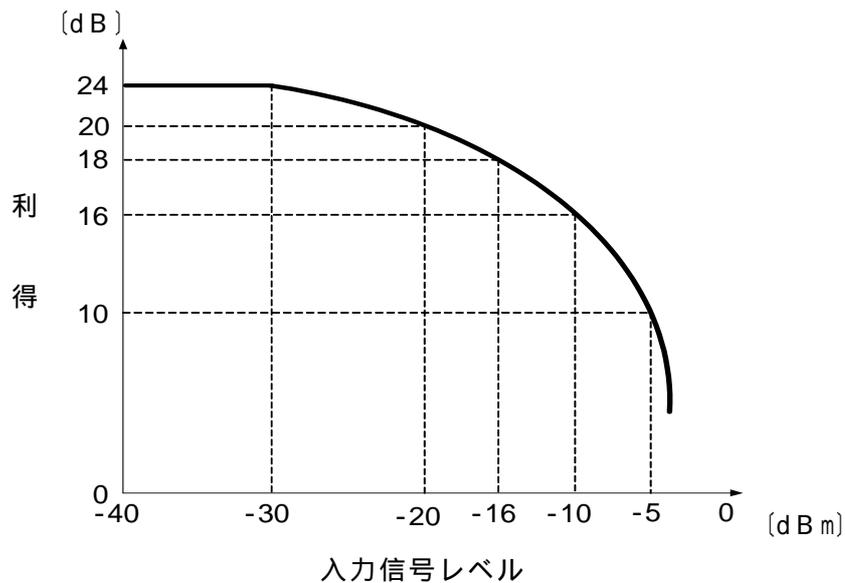


図2

〈(ク)の解答群〉

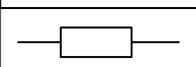
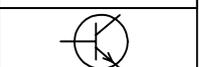
0 2 4 6

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) 試験問題、図中の抵抗器及びトランジスタの表記は、旧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(きょうたい) ・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。