

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26
		水底線路	8	8	8	8	8	線27~線41
	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42~線45	

4 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
●	○	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	8
	9	●	9	9	9	9	9	9	9

生 年 月 日									
年 号		5	0	0	3	0	1		
平成	(H)	○	●	○	○	○	○		
		1	1	1	1	1	1	○	○
昭和		2	2		2	2	2		
	●	3	3		3	3			
大正	(T)	4	4		4		4		
		5	5		5	5	5		
	6	6		6	6	6	6		
	7		7	7	7	7	7		
	8		8	8	8	8	8		
	9		9	9	9	9	9		

5 答案作成上の注意

- マークシート(解答用紙)は1枚です。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。
- 解答は受験する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、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。

6 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、アナログ伝送系におけるひずみ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)

伝送系の入力側に加えられた信号波形と出力側に現れる信号波形が異なる現象は、ひずみといわれ、□(ア)ひずみ、位相ひずみ及び□(イ)ひずみの3種類がある。

□(ア)ひずみは、周波数帯域を有する信号の□(ア)の大きさが、周波数によって異なるために生ずるひずみであり、音声回線では一部の周波数において□(ア)が大きいと漏話の影響を受けやすく、また、□(ア)が小さいと、その周波数帯のみ特に大きく増幅されて鳴音を発生しやすくなる。

位相ひずみは、位相が周波数に対して比例関係にないため、すなわち群伝搬時間が周波数によって異なるために生ずるひずみであり、□(ウ)ひずみともいわれる。

□(イ)ひずみは、伝送路上に設置された増幅器や変調器などへの入力と出力とが比例関係にないために生ずるひずみである。

一般に、ひずみは、伝送路と逆の特性を持った□(エ)によって、ある程度補正することができる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉			
結合波	熱	線形	遅延
減衰	等化器	振幅	圧縮
伝搬定数	反射	非直線	雑音
エコーキャンセラー		ブリッジタップ	

(2) 次の文章は、アナログ伝送系における漏話、雑音及び誘導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)

() 図1に示すように心線1及び心線2で構成される回線(回線Aとする。)と、心線3及び心線4で構成される回線(回線Bとする。)の二つの回線で構成される、星形カッド構造のケーブルの漏話について述べた次のA~Cの文章は、 (オ)。

- A ケーブル心線のカッドくずれが生ずると、回線Aの磁束の変化により回線Bに発生する誘導起電力が、心線3と心線4とで異なった大きさになるため、漏話電流が発生する。
- B 一般に、星形カッドでは、心線1と心線3の心線間、及び心線1と心線4の心線間の間隔は同じであるため、それぞれの静電容量は等しくなる。したがって、理論的に心線1から静電結合により心線3及び心線4に流れる電流は互いに打ち消しあい、静電結合による漏話は発生しない。
- C ケーブル心線のカッドくずれが生ずると、心線1と心線3の心線間、及び心線1と心線4の心線間の静電容量が異なるため、心線1からの静電結合により、心線3及び心線4に流れる電流は等しくならず、それぞれの電流の差が漏話電流となる。

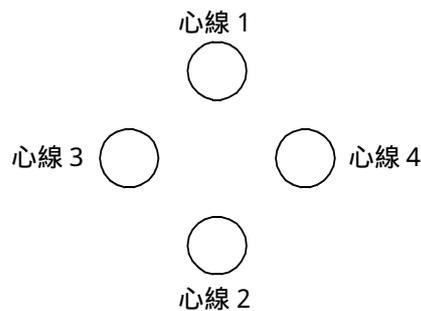


図1

- 〈(オ)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 | |

() 伝送系における雑音について述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A 伝送系では、信号伝送を妨害する種々の不要な信号が混入してくるが、これらは総称して回線雑音といわれる。回線雑音は、伝送系内部で発生するものと、外部からの影響により発生するものに分けられる。伝送系内部で発生する回線雑音には、信号を伝送していない場合でも既に存在している基本雑音がある。
- B 基本雑音は、信号の大小とは無関係であることから、信号レベルが低いところで影響が大きく、SN比は、信号電力と比例関係にある。
- C 多重通路において回路中の増幅器などの部分では、信号の高調波のほかに和及び差の周波数の様々な組合せからなる相互変調積による結合波が発生し、各部分で発生したこれらのひずみは、逐次累積されて非了解性の漏話となる。これは準漏話雑音といわれる。

〈(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 | |

() 伝送系における誘導について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 通信線に発生する誘導電圧は、雑音発生の原因となったり、誘導電圧の大きさによっては人体に危害が及ぶ場合がある。起誘導電流としては、送電線事故時の地絡電流、交流電鉄の漏えい電流などがある。
- B 静電誘導は、正の電荷と負の電荷が互いに引き寄せられることにより発生する。通信線が送電線や交流電鉄などの起誘導線路に近接している場合、静電誘導による雑音発生の原因となることがある。
- C 架空送電線に地絡故障が発生すると、地絡電流は送電線の地絡点から大地に流れ込み、地下を通過して変電所のアースへ戻る。この送電線と大地とが作るループと、通信線と大地とが作るループの二つのループが、静電結合することにより通信線に誘導電圧が発生する。誘導電圧は、起誘導電流が大きいほど、また、送電線と通信線の離隔距離が近いほど大きくなる。

〈(キ)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 | |

- () 図2に示すように、大地に対する電圧 V_E の送電線の近くに通信線がある場合、送電線とアース間の静電容量を C_1 、通信線とアース間の静電容量を C_2 、送電線と通信線間の静電容量を C_3 とすると、送電線からの静電誘導により通信線に発生する電圧 V_C の算出式のうち、正しいものは、 である。

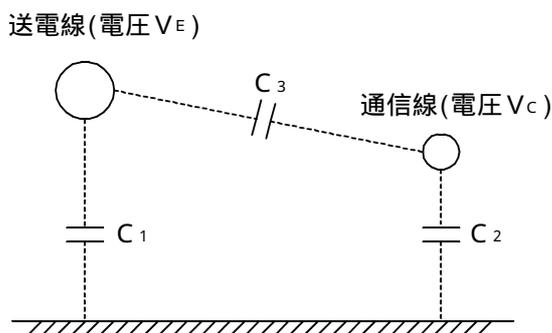


図2 通信線が受ける誘導電圧

<(ク)の解答群>

$$V_C = \frac{(C_2 + C_3) \times V_E}{C_3}$$

$$V_C = \frac{C_1 \times V_E}{C_1 + C_2}$$

$$V_C = \frac{C_3 \times V_E}{C_2 + C_3}$$

$$V_C = \frac{C_2 \times V_E}{C_2 + C_3}$$

問2 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、光ファイバ通信における分散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)

光ファイバ中では、伝搬距離が増大するとともに光パルス信号の幅が広がるが、パルス幅が広がりすぎると隣接する光パルス間で重なりが生じ、デジタル信号の“0”と“1”が判別できなくなる。光ファイバ通信では、この分散の影響により や中継間隔が制限される。

光ファイバの分散には、大きく分けてモード分散と波長分散がある。モード分散は、光ファイバ内に複数の伝搬モードが存在する場合、各モードの 速度の違いにより伝搬時間が異なるために生ずるものである。また、波長分散は、光ファイバの の波長依存性により生ずるものであり、光ファイバ自体の のゆらぎに起因する 分散と、光ファイバの導波路構造に起因する構造分散とがある。

<(ア)~(エ)の解答群>

位相	曲げ	温度	接続損失
屈折率	材料	吸収損失	符号伝送速度
臨界	減衰量	散乱損失	符号形式
群	機械的強度		

(2) 次の文章は、光ファイバの分散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)

() 分散の種類と特徴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>

代表的なマルチモード光ファイバの一つとして、グレーデッドインデックス形がある。グレーデッドインデックス形は、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よりも遅くなっている特徴がある。

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。したがって、波長に幅を持った光パルスが入射すると、波長により伝搬する経路の長さが異なることから、到達時間の違いが生じ、パルス幅が広がる現象が発生する。

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。偏波モード分散は、高速伝送になるほど、伝送距離制限の大きな要因となり、さらに、温度やひずみなどの伝送路環境によって、経時的に変動する。

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現象が発生する。

() 分散制御光ファイバの種類と特徴について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

A 通常のシングルモード光ファイバの低分散領域は、 $1.3\ \mu\text{m}$ 帯にあるが、一方、低損失領域は、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯にあるといわれている。そこで、損失だけでなく、全分散値も最小になるように導波路部分を制御して、ゼロ分散波長を $1.3\ \mu\text{m}$ 帯から $1.55\ \mu\text{m}$ 帯にシフトさせた光ファイバは、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯分散シフト光ファイバといわれる。

B 分散シフト光ファイバでは、添加剤などでコアの屈折率分布を三角形や鋸状などに^{のこぎり}変える工夫を加えて、モード分散の値を変化させることによりゼロ分散値を制御している。

C 既設の $1.3\ \mu\text{m}$ ゼロ分散光ファイバを使用して、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯の通信光を伝送したい場合、 $1.3\ \mu\text{m}$ 帯の通信光を伝送したときと比較して波長分散が増加する。その増加した波長分散を補償する目的で開発された光ファイバは、分散フラット光ファイバといわれる。

<(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 | |

- () ステップインデックス形マルチモード光ファイバのコア内を進む二つの光線において、一つは光軸に対して角度 θ で進み、もう一つは光軸に沿って($\theta = 0$)進む場合、光ファイバの出射端において、最も早いモードと最も遅いモードの群遅延時間差 T_m は、コアの屈折率を n_1 、光ファイバの長さを L [km]、光速を c [m/s]とした場合、次の近似式 A より、**(キ)** となる。ただし、 θ_c は臨界角、 T_0 は光軸上を進む最も早い光の群遅延時間、 Δ はコアとクラッドとの比屈折率差であり、 Δ は1 [%]とする。

$$T_m = \left(\frac{1}{\cos \theta_c} - 1 \right) T_0 \quad T_0 \quad \dots \dots \dots \text{(式 A)}$$

<(キ)の解答群>

0.25 [ns]	0.5 [ns]
0.25 [μ s]	0.5 [μ s]

- () 光ファイバ通信の変調方式について述べた次の A ~ C の文章は、**(ク)**。

- A アナログ信号を用いて光源の光の強さを直接変化させる角度変調方式では、電流 - 光出力特性の直線性が比較的良好な発光ダイオードが使用され、変調回路にひずみ補償回路を付加して用いられることが多い。この方式は、一般に、発光ダイオードの光出力が低いので、比較的短距離の画像伝送などに用いられている。
- B 長距離伝送では、一般に、高出力光源である半導体レーザーが使用されるが、発光ダイオードと比較して、電流 - 光出力特性の直線性に劣り非直線ひずみが大きくなる。このため、原信号であるアナログ信号をアナログパルス変調によりパルス信号に変換し、これを用いて光源を直接変調する予変調方式が、一般に用いられる。
- C パルス振幅変調における振幅値を標本化によって離散的な値に変換し、これを量子化によって“0”または“1”の2進符号にすれば、デジタル変調方式の一つであるパルス符号変調 (PCM)による信号が得られる。

<(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、長距離光海底ケーブルシステムの敷設工事における船上試験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)

敷設工事における確認試験は、海中設備の船積み時又は船積み前の確認試験と、敷設前のシステムの動作確認試験に大別される。船積み時又は船積み前の試験は、中継器及びケーブルの単体での試験であり、システム動作確認試験では、□(ア)の伝送特性が正常であることを確認する。

敷設工事は、原則的に敷設中のシステムを監視するため、□(イ)状態で行われる。敷設工事での主な試験は、システムの総合的伝送特性を確認するための□(ウ)の連続測定や、海中設備監視装置を用いたケーブルの□(エ)測定などがある。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

敷設備	各部品	システム全体	給電
無給電	BER	信号光無入力	PDL
給電電圧	PDG	光スペクトル	区間損失

- (2) 次の文章は、長距離光海底ケーブルシステムの敷設工事での試験及び監視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接続及び試験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〉

光海底ケーブルの接続は、ケーブル相互、ケーブルと海底中継器などを電氣的、機械的及び光学的に接続するものである。

光海底ケーブル敷設工事におけるケーブルと中継器の接続及び試験は、敷設船への積み込み前又は積み込み後のどちらで実施してもよい。

光海底ケーブルは、接続場所へ搬入後に単体受け入れ検査を行う。ケーブルの単体受け入れ検査では、OTDRによる測定、絶縁抵抗試験、抗張力及び側圧・曲げ特性試験を実施する。

複数の中継器及びケーブルを接続した後に行う試験では、絶縁抵抗試験、直流抵抗試験及び中継器監視機能確認試験などを実施するが、このほかに全区間を通してC-OTDRによる測定を実施する場合もある。

() 光海底中継器の耐環境試験について述べた次の A ~ C の文章は、(力)。

- A 水深 1,000 [m] を超える深海では、海水温度はほぼ一定であるが、浅海域では季節変動などによる温度変化を考慮する必要がある。このため、温度特性試験では、0 []、15 []、30 [] などの環境を代表する温度で、主要な伝送特性をすべて満足することを確認する。
- B 敷設後の実際の圧力環境下において、中継器の耐水圧強度及び気密性に異常がないことを確認するため、ヘリウムガスにて水深相当の圧力で加圧し、中継器内部に漏れるヘリウムの漏れ量を測定する方法が一般的である。加圧する圧力の最大値は、78.4 [MPa] (800 [kgf/cm²]) 程度である。
- C 中継器は、建設時や修理時に一時的に衝撃や振動を受ける。これらの衝撃や振動への耐性を確認するため、最大 98 [m/s²] (10 [G]) 程度の負荷を加えて、主要な伝送特性に異常がないことを確認する。

〈(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 | |

() 長距離光海底ケーブルシステムの中継器監視方式などについて述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 光海底ケーブルシステムでは、一般に、中継器監視制御専用の光ファイバ心線を用いて、海中設備の運用及び保守を実施している。
- B 光海底ケーブルシステムでは、一般に、中継器での信号折り返し(ループバック)と中継器の主要データのモニタとを基本とした監視方式が、採用されている。
- C 光海底ケーブルシステムの監視方式には、一般に、通常の商用サービスを実施している状態で監視を行うインサービス監視と、商用サービスを中断して監視を行うアウトオブサービス監視とがある。

〈(キ)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 | |

- () 光ファイバからの出力光を受光素子で光電変換して、光電力測定を行う方法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〉

受光素子に光ダイオードを使用した場合、変換された電気信号の電流値を読み取り、入射光電力値に換算する。このとき、光ダイオードに生起する電流は、入射光電力に比例する。

光ダイオードによる測定の原理は、入射光電力を熱エネルギーに変換し、温度差により自由キャリアの数が増減することを利用している。

微弱電力の測定時に光電力測定を正確に行うには、ショット雑音の影響を低減するため、受光素子の冷却が有効である。

受光素子に熱電対を用いると、光ダイオードを用いる場合と比較して、応答速度が速く、狭い光帯域幅に高い感度を持ち、外気温に影響されにくい。このため、基準較正用に用いられる。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの敷設工事計画と敷設工事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工事計画では、ルート選定作業によって得られた海底地形、海潮流の強さと方向、海上気象などの諸データのほか、敷設船の能力(積載能力、航続距離、耐候性など)を勘案し、ケーブルの陸揚げ、変針点での敷設、ブイ設置・回収、継ぎ足し敷設、□(ア)及び探線、接続、最終投入の工法、場所、時期などについて詳細に検討する。特に、ブイ設置・回収、□(ア)及び探線、洋上接続、最終投入などを行う場所は、海底地形、海潮流について詳細に調査し、強い潮流のある場所、船舶の往来が多い場所を避けるなど、作業に支障のないところを選択する。

一定水深の海底にケーブルを直線に敷設する場合、敷設船の移動距離と敷設されたケーブル長は等しいため、敷設船の対地速度 V_s とケーブルの繰出し速度 V_c は等しくなる。水深に変化のある場合、ケーブル繰出し速度 V_c は敷設船の対地速度 V_s に応じて、次式を満足するように□(イ)装置によって制御される。

$$V_c = V_s \left(1 + \frac{\square}{100} \right)$$

ここで、□はスラックといわれ、海底の起伏に応じてケーブルが正しく着地するように繰出されるケーブルの□(ウ)を表し、全区間を平均して数%とするのが一般的である。

敷設力学に基づく敷設理論では、均一なケーブルを一定船速で定常的に敷設すると仮定し、繰出されたケーブルを敷設船と海底とを結ぶ直線に置き換えて論ずるが、実際のケーブル敷設工事では、ケーブル以外に、水中重量が数千[N]の海底中継器や数百[N]のジョイントボックスの敷設を行わなければならない。このため、コンピュータを用いた敷設シミュレーションを行い敷設工事計画作成に役立てるとともに、工事中にシミュレーション結果と実際の□(エ)、投入スラックを比較することにより、一層確実な敷設工事ができるようになった。

<(ア)～(エ)の解答群>

スクリーニング	カップリング	海底地質	けん引機
ケーブルエンジン	スクランブル	全長	水深
可変ピッチプロペラ	ストリーミング	スラスト	張力
ケーブル沈下速度	流体抵抗	余長	

(2) 次の文章は、光海底ケーブルの接続及び敷設埋設工事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)

() 光海底ケーブル相互の接続を行うためのジョイントボックス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〉

光ファイバの接続部は、低損失性と長期間の使用に対する信頼性の観点から、一般に融着法が用いられており、光ファイバの接続部は熱収縮スリーブなどにより補強される。その後、接続余長部はストレスが加わらないように、一定の曲率半径以上でポピンなどに巻き付けて、ジョイントボックス内に収容される。

光海底ケーブルの抗張力ピアノ線は、通常、ジョイントボックス内の耐圧シリンダに、機械的かしめ力と接着剤によって固定される。抗張力ピアノ線の引留め強度は、抗張力ピアノ線が固定される長さや耐圧シリンダのテーパ角などの条件を最適化することにより、抗張力ピアノ線自身が持つ抗張力と同等にすることができる。抗張力ピアノ線にかかる張力は、金属カバーを介して相手側のケーブルに伝達される。

耐圧シリンダは、光ファイバの接続部を水圧や屈曲などの外圧から保護し、ケーブル相互の張力を伝達するため、Be-Cuなどの高強度の金属材料を用いており、光ファイバ接続部及び余長収納部への透湿を防止するために、構成部材相互の結合部にシール機構を設けて信頼性を高めている。

ジョイントボックス内で接続される給電路は、ケーブル中の複合金属導体から耐圧シリンダを介して構成されるため、耐圧シリンダ外部に電気的な絶縁層を形成する必要がある。この絶縁層には、ケーブルの絶縁材料と同等のポリエチレンが用いられており、絶縁部材間の接合及び絶縁部材とケーブルのポリエチレン絶縁体との接合には、同軸海底ケーブル以来実績の高いモールド技術が採用されている。

() 光海底ケーブルに適用するために開発された光ファイバ接続技術について述べた次のA～Cの文章は、。

A 光海底ケーブルでは、数十[km]にも及ぶ長尺ケーブルが連続的に製造されるが、光ファイバの製造単長は比較的短いため、光ファイバ心線を順次接続していく必要がある。この接続強度を向上させるため、接続前の裸ファイバ部分への直接接触を防止するとともに、融着工程中の加熱・冷却時の熱応力を抑制する方法が採用されている。

B コア直視法は、幾何学的に光ファイバ中のコアの軸ずれを検出して軸を調整する方法であり、透過光観察法が主流である。コア直視形融着接続装置は、対物レンズとテレビカメラとで撮像した画像情報をプロセッサで解析して軸合わせや放電条件を制御するなど、接続工程の大幅な自動化がされている。

C ローカルパワーモニタ法は、光ファイバ中に通した光を接続点後部の近傍で測定するものであり、一つの方法として、接続点を通過してきたコア伝搬光の一部を、測定箇所にて光ファイバに小さな曲げを与えて漏えい光を観察し、この漏えい光を最小にするように軸合わせを行う方法がある。

〈(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	

() 浅海部(一般に、水深1,000[m]より浅い海域をいう。)の敷設工事について述べた次のA～Cの文章は、。

A 海底ケーブルの敷設工事では、ケーブルの端末を敷設船から海岸に揚げる陸揚げ工事に続き、通常、浅海部から深海部に向かって敷設工事を行う。浅海部では、船の錨いかりや漁具などによる損傷を避けるため、一般に、ケーブル敷設と同時にケーブルを埋設するが、最終接続点や既設ケーブルとの交差部などでは敷設と同時に埋設ができないため、敷設後にケーブルを後埋設する。

B 浅海部の工事に使用される外装ケーブルは、撚よられた鉄線が外側にあるため張力によってトルクが生じ、張力が変動するたびにケーブル着底点でケーブルの輪がでやすくなる。こうしてできる輪が張力変動時に絞り込まれキंकとなるが、この現象を避けるため、敷設時のケーブル張力は、1～2[kN](ただし、1[kgf]は9.8[N]とする。)程度を限度とする必要があり、できるだけ一定で変動させないことが効果的である。

C 浅海部の海底に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により精度よく観測することができ、事前の海洋調査でその存在を確認することができる。サンドウェーブのある所では敷設速度を遅くし、通常、1[%]程度のスラックを与え、ケーブルを確実に海底に着底させ、漁業などによる人為故障からケーブルを保護する。

〈(キ)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	

() 海底ケーブルの埋設工法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>

海底ケーブルを埋設する方法には、海底を掘削する原理によりウォータジェット式埋設工法と鋤式埋設工法^{すき}などがあるが、ウォータジェット式埋設工法は、鋤式埋設工法と比較して高速での埋設が可能である。

敷設されるケーブルは、タイヤ式ケーブルエンジンによって張力を一定に保たれながら敷設船から埋設機へ供給される。供給されたケーブルは、埋設機本体のケーブル導入部から鋤の内部を通過し、掘削された溝に落ち込む。このとき、鋤内部に設置されたケーブル押さえが、ある一定の力でケーブルの浮き上がりに抗しており、溝の中の定められた深さに埋設されるようになっている。

1段刃鋤式埋設機の特徴は、クレーンマニピュレータと横スラストを有しているため遠隔制御が不要なことと、敷設同時埋設と敷設後埋設の両方ができることである。この埋設機のけん引には、強力スラストを有するDPSモードで操縦できる敷設船が用いられる。敷設船は船尾で埋設機をけん引するため、敷設ケーブルのほかにけん引ワイヤ及びコントロールケーブルの合計3本を船尾から繰出す。

多段刃鋤式埋設機は、数個の鋤をシリーズに配列したもので、埋設機の入口と敷設船の間をスターンシュートといわれる鳥かご状のリングで連結される。ケーブルは埋設機の走行速度に合わせて過不足なく供給されるため、埋設機側でのケーブル張力をほとんどゼロにすることが可能となる。

問5 次の問いに答えよ。

(小計20点)

(1) 次の文章は、光通信システムにかかわる基本的な光計測技術である光ファイバの光損失測定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)

光ファイバの単一波長光による光損失測定法には、 (ア) 法、挿入法、 (イ) 法の3種類がある。

(ア) 法及び挿入法は、被測定光ファイバへの光入射端と光出射端での光電力の差を比較することにより、光損失を測定する方法である。

一方、 (イ) 法は、光ファイバ内を伝搬する光の一部が、光ファイバ内の (ウ) の揺らぎにより発生する (エ) によって、入射端に戻ってくる現象を利用して測定する方法であり、片端測定が可能であるが、微弱な光を扱うため高精度の測定には適さない。

<(ア)~(エ)の解答群>

後方散乱光測定	カットバック	水晶旋光子
干渉膜フィルタ	クラッド径	屈折率
マイクロバンド	遮光率	偏波分散
波長分散	レイリー散乱	ファラデー効果

(2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの設計における波長分散、偏波分散及び光増幅器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)

() 光海底ケーブルシステムに用いられているシングルモード光ファイバの波長分散特性について述べた次のA～Cの文章は、 (オ) 。

- A シングルモード光ファイバは、伝搬する光の波長によって伝搬速度が異なる性質、すなわち波長分散特性を有している。
- B 波長分散特性は、光ファイバの光伝送損失が波長依存性を有することや、光ファイバの導波路構造によって生ずるものである。
- C 光源のスペクトル幅が広い場合や変調時のチャープングが大きい場合には、光ファイバ内を伝搬するパルス信号は、波長分散の影響により波形ひずみを生じ、伝送特性の劣化要因となる。

＜(オ)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 | |

() 偏波分散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＞

偏波分散は、光ファイバの直交した二つの偏光軸に沿って光が伝搬する際の群遅延時間差によって、光パルス幅が広がる現象である。

偏波分散は、光ファイバの偏光特性に依存する。

偏波保持光ファイバは、一般に、偏波モード間の伝搬定数差を小さくすることにより、偏波モード間の光パワーを結合させ、偏波状態を安定させている。

分散シフト光ファイバは、波長分散による光パルスの広がりを抑制することができるが、偏波分散による光パルスの広がりを抑制することは困難である。

() 波長分散測定法などについて述べた次の A ~ C の文章は、 (キ) 。

- A 波長分散の単位としては、一般に、 $(\text{ps} / (\text{nm} \cdot \text{km}))$ が用いられるが、この場合の意味は、1 [nm] のスペクトル広がりを持った光源から送り出された光パルスが、1 [km] 進んだときの光損失の差を表す。
- B 位相法の一つとして、単一波長のレーザを異なる複数の正弦波で変調し、その信号光が被測定光ファイバを伝搬するとき生ずる正弦波の位相差から、その単一波長における相対的な群遅延特性を測定し、波長分散を算出する方法がある。
- C 短尺光ファイバの波長分散を測定する場合の一つとして、マッハツェンダ干渉計を用い、被測定光ファイバを通過した光と別経路を通過した光とを、別経路の経路長を変化させながら干渉させ、干渉が最大となるときの波長と光路長との関係から算出する方法がある。

〈(キ)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 | |

() 光増幅器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〉

光直接増幅方式は、光ファイバを伝送してきた微弱な光信号を、光電気変換によって直接増幅する技術である。

光増幅器には、半導体レーザを利用するものと光ファイバを利用するものがある。半導体レーザ増幅器は、入射された信号の偏波依存性により、利得が変動するなどの欠点がある。

光ファイバレーザ増幅器は、エルビウムなどを添加した光ファイバをポンプ光により励起し、誘導ブルリアン散乱により光信号を増幅するものである。

エルビウムを添加した光ファイバを用いた光ファイバレーザ増幅器のポンプ光源としては、1.3 μm 帯の波長を持つ高出力の半導体レーザが用いられる。