

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
●	○	A	A	0	0	0	0	0	0
○	●	B	B	1	1	●	1	1	1
○	○	2	●	C	2	2	2	●	2
○	○	3	○	D	3	3	3	3	○
○	○	4	○	E	4	●	4	4	4
○	○	5	○	●	5	5	5	5	5
○	○	6	○	G	6	6	6	6	6
○	○	7	○	H	7	7	7	7	7
○	○	8	○	○	8	8	8	8	8
○	○	9	○	●	9	9	9	9	9

生 年 月 日									
年	号	5	0	0	3	0	1		
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

- 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。

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、一様線路における伝送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)

一様線路は、理想化された線路として、材質、寸法の等しい往復2導体が均一な媒質中に存在し、その導体間隔が□(ア)方向に対して一定で、かつ、伝送される信号の波長に比較して極めて□(イ)線路であるとされている。

この線路の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、これら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、位相定数、伝搬定数、特性インピーダンス $Z_0$ は、二次定数と総称され、伝搬定数と特性インピーダンス $Z_0$ は、以下の式で表すことができる。

$$\alpha = \sqrt{\frac{R}{L} + \frac{G}{C}} = \square \text{ (ウ)}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \square \text{ (エ)}$$

ただし、jは虚数記号を、 $\omega$ は伝送波の角周波数を、 $\theta$ 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。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

長さ 等しい 速い 直径

太さ 遅い 小さい 大きい

$$\sqrt{(R - j\omega L)(G - j\omega C)} \quad \sqrt{(L - j\omega R)(C - j\omega G)}$$

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

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

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

(2) 次の文章は伝送線路の電氣的諸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)

( ) 一様線路の電氣的諸定数の特性、性質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〉

一般に、抵抗、インダクタンス、静電容量が1点に集中している素子で構成されている回路は、集中定数回路といわれ、これに対して伝送線路のように電氣的特性が一点に集中せず分布している回路は分布定数回路といわれる。一様線路は分布定数回路の一つと見なせる。

位相速度は、単一周波数における波が伝搬する速度をいい、ある周波数範囲の集合体(群)である波の場合は、一般に、群速度といわれる。

伝搬定数は波の減衰の程度を表し、単位はNp(ネーパ)を用い、位相速度は位相角の変位を示す量で、単位はrad(ラジアン)を用いる。

特性インピーダンスは、無限長の線路の入力インピーダンスと見なすことができ、異なる特性の線路と接続されたとき、あるいは線路が他の機器と接続されるときに、伝送特性の整合を考える上で重要な要素である。

( ) 線路における無ひずみ伝送条件について述べた次のA～Cの文章は、  (カ) 。

A 無ひずみ伝送の条件は、伝送に用いる周波数帯域内において、位相定数が周波数に対して一定であり、かつ、インピーダンスが周波数に比例することである。

B 減衰ひずみを最小とする条件は、減衰量を最小とすることであり、この条件は、無ひずみ条件と等価である。

C 実際の伝送路では、理想的な無ひずみ条件が存在しないため、減衰量を軽減する対策として適当な間隔ごとに装荷コイルを用いてインダクタンスを挿入する方式がある。一般に、装荷コイルは、音声帯域の減衰軽減には有効であるが、広帯域を使う信号伝送や多重伝送には逆効果となることがある。

〈(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	

- ( ) 導体系の高周波領域における電氣的諸特性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〉

導体系では、周波数が高くなるに従って抵抗及び内部インダクタンスに変化が生ずる。これは、導体内部における電流分布が周波数が高くなるにつれて各部の電流が互いに作用を及ぼしあうことで電流分布が変化した結果であり、一般に、電氣的特性として抵抗は増加し内部インダクタンスは緩やかに減少する。

ごく近くに平行に並んでいる2本の導体に電流が流れたとき、それぞれの電流が同一方向であると電流が外側に押しやられ、反対方向であると内側に引き合うことで2本の導体の電流密度が変化する現象が生ずる。この現象は高周波において顕著となり、一般に、近接効果といわれる。

高周波では、導体系の抵抗だけでなく、周囲の金属体中に誘起する渦電流によって電力損失を生ずることがあり、主なものにカッド損などがある。

漏れコンダクタンスは、心線間の絶縁物を通して流れる電流の割合を示し、漏れコンダクタンスが小さいほど漏えいする電流が大きく、一般的な平衡対ケーブルでは、周波数が高くなると急激に小さくなる。

- ( ) 雑音の種類と特徴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〉

基本雑音とは、増幅器で発生する雑音で、導体中の自由電子の熱的じょう乱運動による熱雑音である。信号伝送を行っているときに発生し、信号レベルの高いところで影響が大きく、S/N比は信号電力に反比例となる。

準漏話雑音とは、多重通話路において非直線ひずみを有する部分で発生した結合波が逐次累積されることにより生ずる了解性漏話の一つである。伝送系内部の雑音で、信号伝送を行っていないときにおいても発生する。

多重漏話雑音とは、誘導回線が多数ある場合に、同時に漏れてくる各回線からの漏話が同程度のものであるとき、互いに干渉することにより生ずる了解性の雑音であり、バブル雑音ともいわれる。

誘導雑音とは、外部からの誘導により通信路に侵入する雑音である。送電線による誘導雑音には、送電線の電圧成分を誘導源とする静電誘導により生ずるものと、送電線の電流成分を誘導源とする電磁誘導により生ずるものがある。

- (1) 次の文章は、光通信の変調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)

半導体レーザのしきい値付近にバイアス電流を設定し、それにパルス信号を重畳して変調する方法は、□(ア)方式といわれる。

□(ア)方式では、バイアス電流を“0”(ゼロ)にすると、レーザが発振するまでに時間がかかり、立ち上がり応答特性が悪くなるため、一般にはレーザ発振のしきい値付近にバイアス電流を設定する。ただし、バイアス電流がしきい値を超えると重畳する入力パルスがない状態でもわずかに発振するため消光比が悪くなるという欠点があり、また変調速度が速くなると次第に変調が困難となってくる。したがって、数[Gbit/s]程度以上の場合は、□(イ)方式が用いられる。

□(イ)方式の利点は、半導体レーザを直接変調するとき生ずるレーザのスペクトル幅や発振周波数及び出力が不安定になる問題を解決できることである。

1心の光ファイバに波長の異なる複数の信号を同時に多重化する技術は、一般に、WDMといわれ、1.55μm帯でWDM伝送を行う場合、□(ウ)光ファイバを用いると、信号光間の光周波数混合により発生する4光波混合光がクロストークとなって伝送特性を劣化させる。この問題を解決するため、適度な□(エ)を持たせるように開発されたものが、ノンゼロ□(ウ)光ファイバといわれる。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

位相変調	直接強度変調	PMD	マルチモード
振幅変調	高周波重畳変調	外部変調	光ソリトン伝送
分散シフト	シングルモード	損失	コヒーレント伝送
周波数変調	ラマン増幅	偏心率	波長分散値

(2) 次の文章は、光ファイバ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)

( ) 光ファイバのパラメータ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>

比屈折率差は、コアとクラッドの屈折率の差を表すパラメータで、これが大きい程、コアとクラッドの境界面において全反射を起こす臨界角が小さくなりコア内に光を閉じこめやすくなる。

コアとクラッドの境界面において全反射するという事は、クラッドには光の電磁界成分が存在しないことを意味するが、実際の光ファイバでは境界面を越えると直ちに電磁界成分がゼロになるわけではなく、境界面である値をもった電磁界が境界面から離れるに従って指数関数的に小さくなっていく。

発光ダイオードの場合、放射角が非常に広いため、光ファイバと光源の結合効率、光ファイバの開口数が小さいほど高くすることができる。

光ファイバ内における光強度分布は、一般に、ガウス分布をとるといわれており、光強度(光パワー)が最大値の $\frac{1}{e^2}$ ( $e$ は自然対数の底)となる範囲の直径はモードフィールド径といわれ、シングルモード光ファイバではコア径に代わる主要なパラメータとして利用されている。

( ) 光ファイバの製造について述べた次のA~Cの文章は、□(カ)。

- A 石英系光ファイバのコアとクラッドの間に所定の屈折率差を持たせるため、コアにゲルマニウムを添加してコアの屈折率を大きくする方法、クラッドにフッ素を添加してクラッドの屈折率を小さくする方法などがある。
- B 大型プリフォームの製造に適したVAD法では、最初に多孔質プリフォームを作製し、これを透明ガラス化する工程で塩素系ガスで加熱処理することにより、放射損失の要因となる水酸イオンを十分に除去している。
- C プリフォームを加熱溶融して線引きする工程では、一般に、線引きされた光ファイバに紫外線を照射して、塗布されている樹脂を即座に硬化させ、光ファイバ表面を被覆する方法が採られている。

<(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 |         |

- ( ) 光ファイバの特性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〉

モード分散は、複数の伝搬モード間の群速度の差によって生ずる分散であり、真空中の光の速度を  $C$ 、光ファイバの屈折率を  $n$  及び光軸を光線が横切る角度を  $\theta$  とすると、ステップインデックス形光ファイバにおける群速度  $V_{gl}$  は、

$$V_{gl} = \left[ \frac{C}{n} \right] \cos \theta \quad \text{と表せる。}$$

波長分散は、材料分散と構造分散の和として与えられ、コアからクラッドへの光のしみ出しが波長により異なることに起因する分散は材料分散、光ファイバの屈折率が波長により異なることに起因する分散は構造分散といわれる。

分散シフト光ファイバは、屈折率差や屈折率分布を調節することで構造分散を変化させることにより分散値を補正したマルチモード光ファイバをいう。

散乱損失とは、光ファイバの不完全性及び基本構造に起因する光エネルギーの損失をいう。レイリー散乱損失は、波長の4乗に比例し、波長が長くなるに従って損失は急激に増大する。

- ( ) 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、(ク) である。

〈(ク)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。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられるジョイントボックスの構造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)

ジョイントボックスは、光海底ケーブルを相互に接続するものであり、光ファイバの光学的な接続、  (ア) の機械的な接続及び給電路を確保するための電氣的な接続機能を有する。

ケーブルの引留め部は、光ファイバを外力から保護して機械的な強度を確保するため、通常、テーパ状の面に  (ア) を挟み込み、  (イ) と接着剤により固定されている。また、海水から耐圧シリンダを電氣的に絶縁する必要があるため、絶縁材料にはケーブルで用いられる材料と同等の  (ウ) が用いられ、ケーブル絶縁層との接合には同軸ケーブル以来、使用実績のある  (エ) 技術が用いられている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

押出成形	高密度ポリエチレン	かしめ力	銅チューブ
モールド	紫外線硬化樹脂	外装鉄線	電磁力
ウェルド	低密度ポリエチレン	収縮力	抗張力ピアノ線

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルの接続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るジョイントボックスの基本構成と機能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〉

ジョイントボックスの光ファイバ接続部において、光ファイバの接続には、一般に、低損失性と長期間の使用に対する信頼性の観点から融着接続法が用いられている。

光海底ケーブルの抗張力ピアノ線は、ジョイントボックス内部で相手側光海底ケーブルの抗張力ピアノ線と直接、接続され、当該光海底ケーブルにかかる張力が直接、相手側の光海底ケーブルに伝達される。

ジョイントボックスの耐圧シリンダには、光ファイバの接続部を水圧や屈曲などの外力から保護するため、Be-Cuなどの高強度の金属材料が用いられている。

ジョイントボックスは、同種のケーブル相互の接続を行うためだけでなく、無外装ケーブルと外装ケーブルのような異種ケーブル相互の接続にも適用される。



( ) 光ファイバの接続について述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A 光ファイバの接続は、光が伝達するクラッド部分を正確に一致させ、軸ずれや曲がり、傾きなどを、極力、生じさせないようにすることが重要である。
- B 光海底ケーブルに用いられるシングルモード光ファイバの場合は、コア径が、通常、1〔 $\mu\text{m}$ 〕と小さいが、軸ずれによる損失は問題にならない。
- C 光ファイバの接続方法には、大別して、融着接続機を用いて光ファイバを加熱溶融して接続する融着接続、適当な部品を介して機械的に接合するコネクタ接続、メカニカルスプライスなどがある。

〈(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 |         |

( ) 光ファイバの融着接続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〉

放電融着による光ファイバ接続部の引張り強度は、一般に、本来の光ファイバの引張り強度と比較して弱い。この原因としては、接続作業時に光ファイバの表面に微細な接触傷が生ずること及び放電加熱過程においてガラスの酸化が生ずるためである。

放電融着による光ファイバ(直径125〔 $\mu\text{m}$ 〕)の接続部の引張り強度は、一般に、本来の光ファイバ引張り強度の半分以下の300〔N〕程度である。

光海底ケーブルシステムに用いる光ファイバの融着接続においては、事前の被覆除去は溶剤などによって行い、融着接続の後、直ちに接続部が他の部分と同一の径となるように修復・補強する。これにより裸ファイバ部分への直接の接触による表面傷の発生を防止する。

光ファイバの融着接続においては、接続部の長手方向の最低引張り強度を保証するため、接続後5〔%〕以上の伸びひずみを加えるプルーフ試験を実施する。

- ( ) 光増幅方式を用いた光海底ケーブルシステムにおける光海底ケーブルの故障修理において、光海底ケーブルをケーブル船上で接続する場合の接続部の確認試験について述べた次の文章のうち、誤っているものは、 である。

<(ク)の解答群>

ジョイントボックスの機械的強度を確認するために、ケーブル船上で光海底ケーブルをストッパーで引き留め、ケーブルエンジンでジョイントボックス部分に光海底ケーブルの破断強度の8割程度の張力を印加する。

ケーブル船上で光海底ケーブル端を海中に接地し、陸揚局からケーブル船に向けて光海底ケーブルに給電し中継器を作動させる。その状態でC - O T D R測定をすることで、光ファイバの接続部分の接続損失を測定する。

ジョイントボックスをケーブル船上で組み立てる際に、絶縁用のポリエチレンをモールド後、気泡や塵などが無いことを確認するために、X線写真を撮影する。

ジョイントボックスの絶縁が正常であることを確認するために、光海底ケーブルに500[V]程度の電圧を印加し、絶縁耐力試験を行う。

問4 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、再生中継方式を用いた光海底ケーブルシステムの監視方式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)

光海底ケーブルなどの海中設備に故障が発生した場合、給電系か伝送系か又は光海底ケーブルか光海底中継器かなどの切分けを行い、速やかに故障位置を特定する必要がある。

給電系の故障については、通常、 測定や静電容量測定などにより、故障位置の特定を行う。また、伝送系の故障を特定するには、光海底中継器の動作状態を監視する機能が必要となるため、陸揚局には中継器監視制御装置が設置されている。

光海底ケーブルシステム運用中に、サービス信号に影響を与えずに監視するインサービス監視方式では、線路信号の を低周波で変調した監視用コマンドが陸揚局から各光海底中継器に送られ、そのレスポンスとして された線路信号が送られてくる。このインサービス監視方式は、バースト的に発生したビット誤りやビット誤り率が増加するという劣化現象を把握することができるため、予備系への切替えなどの予防保全に役立っている。

一方、光海底ケーブルシステムの運用を停止して故障点の検出などを行うアウトオブサービス監視方式では、ケーブル故障時にサービスを中断して監視信号を上り下りの回線で したり又はそのまま相手局に送ることにより故障位置の特定を行う。

<(ア)～(エ)の解答群>

インピーダンス	プロトコル	パリティビット	位相変調
短絡	強度変調	フレーム同期信号	直流抵抗
ループバック	サージ電圧	ローカルモニタ	信号増幅

(2) 次の文章は、再生中継方式を用いた光海底ケーブルシステムにおける光海底ケーブルの試験及び測定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)

( ) ケーブル船上試験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〉

一般に、光海底中継器や光海底ケーブルは、工場において単体試験が行われ、その後、光海底ケーブルに光海底中継器が接続された状態でシステム動作確認試験が行われ、ケーブル敷設船に積み込まれる。

敷設工事は、原則的に敷設中の光海底ケーブルシステムを監視するため給電状態で行うが、光海底中継器を海中に投入する場合は、作業者の安全のために光海底中継器が海底に着底するまで必ず給電を停止する。

最終確認試験は、敷設作業の終了する直前に敷設船が光海底ケーブルを保持した状態でケーブル敷設船と陸揚局間における光海底システムの正常性を最終確認するためのものであり、基本的に、ビット誤り率連続測定、各中継区間のマージン測定、光海底中継器監視機能試験などが行われる。

最終確認試験後に光海底ケーブルの最終接続が完了すると、両陸揚局間で光海底ケーブルシステム試験が行われる。この場合、海中部分の伝送路評価試験と伝送端局装置も含む陸上側伝送路とのインタフェース点でのシステム試験も行われる。

( ) 故障位置判定方法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〉

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、直近の光海底中継器までの光ファイバの光損失を測定できる。

海中設備部分で地絡故障が発生した場合、片側給電システムでは、その先の中継器に給電することができなくなるため、中継器監視制御装置を用いても故障区間を判定することはできない。

パルスエコー測定では、光海底ケーブルの給電路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、光海底ケーブルの故障点を判定できる。

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、地絡点を判定できる。

( ) 光海底中継器の試験について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 光海底中継器は、長期間海底環境で使用されることから高い信頼性が要求されるため、個々の部品レベル及び各製造組立工程での各種検査並びに完成品に対する総合的な機能特性を確認する試験が行われる。一般に、方式寿命は、10～15年を満足するように設計されている。
- B 光海底中継器としての完成品の試験には、最終的に所要の特性を確認するための伝送特性試験と適用環境に耐えることを確認するための耐環境試験がある。このうち、伝送特性試験には、光送信電力、光受信電力などの光伝送特性や監視制御機能、電気特性などに関する試験がある。
- C 光海底中継器の耐環境試験では、可能な限り現実の適用環境に沿った試験を行っており、温度特性は、-15〔 〕、0〔 〕、15〔 〕、30〔 〕などの温度で伝送特性をすべて満足することを確認するものであり、さらに、9.8〔MPa〕での耐水压特性、気密特性、耐振動特性などに関する試験項目がある。

〈(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 |         |

( ) 光測定技術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〉

光電力測定に用いる受光素子にホト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は電力値に変換することができる。一般に、光ファイバ通信において、ホトダイオードで生起する電流は、ホトダイオードに入射する光電力に比例する。

光波長測定は、光源などの発光波長やスペクトルを把握するために行うもので、その測定法には、分光器のように反射率の波長依存性を利用するもの、干渉膜フィルタのように光の透過率、屈折率の波長依存性を利用するものなどがある。

単一波長光の光損失測定には、カットバック法、挿入損失法、後方散乱光法があり、いずれも被測定物の光入射端と光出射端での電力差を比較することによって光損失を測定する方法である。

後方散乱光法は、ノイズに埋もれた散乱光を偏光ビームスプリッタで直線偏光にすることにより光ファイバの距離に対する散乱光のレベルを求める方法で、損失測定はもとより、損失の変化点によって接続点や破断点を知ることができる。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの設計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)

光海底ケーブルは海底に敷設されるため、その修理は、通常、数週間を要し、修理費用も大きなものになる。このため、海中部分については故障率を低く抑える必要があり、光海底ケーブルや光海底中継器などの海中設備には陸上設備と比較して格段に高い信頼性が要求される。

また、光海底ケーブルは、日本とアメリカを直接結ぶ太平洋横断にも適用されるため、最大システム長として  (ア) (km)程度で設計が行われる。

最大システム長が長くなると、光ファイバの損失や分散特性などへの要求条件は厳しくなり、また、光海底中継器台数も多くなるため、再生中継方式では、累積  (イ) の抑制、光増幅方式では、  (ウ) の低減など、光海底中継器に要求される伝送特性も厳しくなる。

陸上光伝送システムでは1本のケーブルに数十ファイバペア以上の光ファイバが収容されることが多いが、長距離光海底ケーブルでは光海底中継器回路の実装の制約などから1本のケーブルに、最大  (エ) ファイバペア程度が収容される。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

8	16	32	3,000
6,000	10,000	20,000	熱雑音
チャージング	フィードスルー	ASE雑音	垂下特性
ジッタ	ショット雑音	Q値	

- (2) 次の文章は光海底ケーブルシステムの海中設備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)

- ( ) 長距離用光海底ケーブル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〉

光海底ケーブルに使用されている光ファイバの被覆には、一般に、光ファイバのマイクロベンドの発生を抑えるため内層に低ヤング率の樹脂、しごきや側圧などの外圧から光ファイバを保護するため外層に高ヤング率の樹脂が使用される。

光海底ケーブルの抗張力ピアノ線、銅チューブなどにより構成される金属部分は、水圧、張力、曲げなどの外力から光ファイバを保護するほか、光海底中継器などへの給電路としての役割も担っている。

光海底ケーブルの抗張力ピアノ線、銅チューブなどにより構成される金属部分は、海水から絶縁するためポリエチレンで被覆される。ポリエチレン被覆後の外径(直径)は、一般に、約40(mm)で、これを無外装光海底ケーブルという。

外装光海底ケーブルは、無外装光海底ケーブルなどに鉄線を巻いて補強したものであり、鉄線を一重に巻いたものを一重外装光海底ケーブル、二重に巻いたものを二重外装光海底ケーブルという。

( ) 光海底中継器に用いられている光増幅機能の利得圧縮の特徴について述べた次のA～Cの文章は、 (力) 。ただし、公称は、設計値の中心を意味する。

- A 光海底中継器への入力レベルが公称入力レベルより大きい場合、利得は公称利得より小さくなる。
- B 複数の光海底中継器が公称値で動作するよう連続に接続されているシステムにおいて、初段の光海底中継器の入力レベルが低下すると、後段の1台又は数台の光海底中継器で徐々に入力レベルは回復して公称値に戻る。
- C 複数の光海底中継器が公称値で動作するよう連続に接続されているシステムにおいて、初段の光海底中継器の入力レベルが増加すると、後段の1台又は数台の光海底中継器で徐々に入力レベルは増加し続け、飽和する。

〈(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 |         |

( ) 海中分岐装置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〉

海中分岐装置内の給電路切替え回路は、一般に、真空リレーにより構成されており、給電路の切替えは、関係する陸揚局で給電電流を調整してリレー回路を動作させることにより行われる。

海中分岐装置で繋がれる三つの分岐ケーブル区間に同じ電流を流し、さらに、給電路切替えを行うためには、海中分岐装置に海中アースの機能が必要である。海中アースとしては、海中分岐装置の金属きょう体自体をアースとすることが多い。

海中分岐装置の光信号の分岐方法の一つである空間分割分岐方式は、光信号分岐のための回路を設けずに光ファイバペアを対地に振り分ける方式と、光スイッチにより光ファイバペア単位で対地を切り替える方式がある。

海中分岐装置の光信号の分岐方法の一つである時分割分岐方式では、光信号を、いったん電気信号に変換して分岐のための信号処理を行った後、再度光信号に変換する必要がある。

( ) 一般に、光海底ケーブルの光海底中継器回路などの故障率の単位は、FIT (Failure in Time) が用いられる。下記の条件で光海底ケーブルシステムに使用される1光海底中継器回路ユニット(1サブシステム)に割り当てられる故障率は、約 (ク) [FIT]である。ただし、25年は219,000時間として計算する。また、ここで割り当てられる故障率は、海底使用環境でのきょう体内温度におけるものとする。

(条件)

ファイバペア数：3(3サブシステム)

光海底中継器台数：120台

海中区間での部品故障による修理：25年間で3回以下

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は割り当てない。

〈(ク)の解答群〉

14

38

114

380