

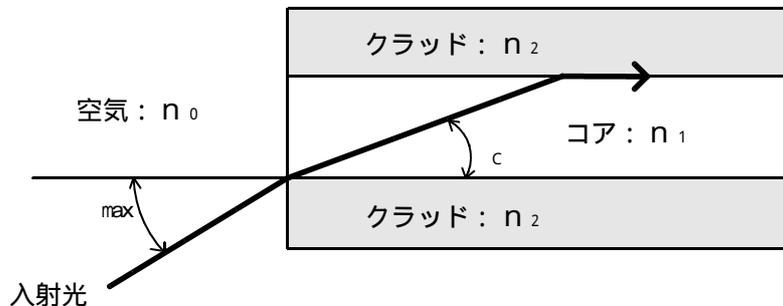
試験種別	試験科目	専門分野
線路主任技術者	専門的能力	水底線路

問1 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、光ファイバ内での光の伝搬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)

光ファイバへの光の入射を示す下図において、空気の屈折率を n_0 (ただし、 $n_0 = 1$ とする。) コアの屈折率を n_1 、クラッドの屈折率を n_2 、光が光ファイバ内を全反射して伝搬する最大入射角を θ_{max} とすると、スネルの法則により、空気とコアの関係から $\sin \theta_{max} =$ (ア)、さらにコアとクラッドの関係から $\frac{n_2}{n_1} =$ (イ) が成立する。 $\sin \theta_{max}$ で表される光ファイバの開口数 (NA) は、通常 $n_1 \sin \theta_{max}$ であることから、NA (ウ) と表される。したがって、 $n_1 = 1.47$ で比屈折率差 0.32 [%] の場合、光ファイバの NA は約 (エ) となる。



〈(ア)~(エ)の解答群〉			
$\cos \theta_{max}$	$\cos \theta_c$	$n_1 \sin \theta_c$	$n_1 \cos \theta_c$
$n_2 \cos \theta_c$	$\sin \theta_c$	1.2	0.21
0.12	$n_1^2 - n_2^2$		
$n_1 \sqrt{\frac{2(n_2 - n_1)}{n_2}}$		$n_1 \sqrt{\frac{2(n_1 - n_2)}{n_1}}$	

- (2) 次の文章は、通信ケーブルに使用されている光ファイバのパラメータや特性等について述べたものである。 内の(オ)~(ク)に適したものを、次ページ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)

() 光ファイバの遮断(カットオフ)波長について述べた次のA~Cの文章は、(オ)。

- A 光ファイバ内の光の伝搬モードは、波長によってシングルモードにもなったり、マルチモードにもなる。遮断波長は、シングルモード伝搬となる最小波長のことであり、シングルモード光ファイバの特性を表す主要パラメータの一つである。
- B シングルモード光ファイバの遮断波長 λ_c は、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、 $\lambda_c = \frac{2a}{2.405} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ で表すことができる。
- C 一般に、高次の伝搬モードでは、遮断波長の近傍で光ファイバの曲がりにより生ずる放射損失が急激に大きくなる。このことから、ファイバを曲げることによってその損失波長特性を測定し、損失が急激に大きくなる波長を知ることにより遮断波長を測定することができる。

<(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 | |

() 光ファイバの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>

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。

1.55 μm 零分散シフトファイバは、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、零分散波長を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、シングルモード光ファイバではその影響を考慮する必要はない。

偏波モード分散は、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。

() マルチモード光ファイバの特徴について述べた次のA～Cの文章は、(キ) 。

A ステップインデックス形光ファイバ内の伝搬モードは、0次モード、1次モード、2次モード、・・・といわれ、伝搬モード数Nは、 $N = \frac{2}{\lambda} a \sin c$ を満たす整数であり、無限に存在する。ただし、 λ は光の波長、 a はコアの半径、 c は臨界角を表す。

B グレーデッドインデックス形光ファイバのコアの屈折率分布は放物線状になっており、高次モードの光は、屈折率の大きい中心部を伝搬し、低次モードの光は、屈折率の小さい周辺部を伝搬することにより、各モードの到達時間をほぼ等しくしている。

C マルチモード光ファイバの構造は、コア径、クラッド外径、開口数及びモードフィールド径により決定され、モード分散の影響によりベースバンド周波数特性が制限される。

<(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 | |

() 光ファイバの製造について述べた次の A ~ C の文章は、。

- 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、吸収損失の要因となる遷移金属イオンを十分に除去することが可能である。
- C プリフォームを加熱溶融して線引きする工程では、一般的に、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固化させ、光ファイバ表面を被覆する方法が採られている。

〈(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 | |

問 2 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、減衰ひずみ、位相ひずみ及び ひずみの 3 種類がある。

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

位相ひずみは、伝送系の位相量が周波数に対して比例関係にないため、すなわち が周波数によって異なるために生ずるひずみであり、 ひずみともいわれる。

ひずみは、増幅器や変調器が 性を伴うため、それらを含む能動回路の出力に生ずるひずみである。

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

〈(ア) ~ (エ)の解答群〉

- | | | | |
|-----|-----|-------|-----------|
| 等化器 | 線形 | 群伝搬時間 | 雑音 |
| 遅延 | 定常波 | 圧縮 | 非直線 |
| 熱 | 結合波 | 振幅 | エコーキャンセラー |

(2) 次の文章は、伝送技術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)

() 伝送量の単位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〉

伝送路の減衰特性は、入力信号パワー P_n と出力信号パワー P_{n+1} の比により定められる。この比を $\frac{P_{n+1}}{P_n} = e^{-2\alpha_n}$ の指数形式で表すと、多数の通信装置とケーブルがシリーズに接続された伝送路の総合減衰特性は、

$$\frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{P_3}{P_2} \cdot \frac{P_4}{P_3} \cdots \frac{P_{n+1}}{P_n} = e^{-2(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \cdots + \alpha_n)}$$

で求められ、指数部のみの足し算ですみ、実用上便利である。

伝達量は、一般には複素数であり実数部を減衰量あるいは伝送損失、虚数部を位相角という。減衰量の単位にはネーパ (Np)、位相角の単位にはラジアン (rad) 又は度 (°) が用いられる。特に減衰量は $\frac{P_2}{P_1} = 10^{-(1/20)}$ として単位にデシベル (dB) が用いられている。

通信電力の絶対値を、1 (mW) を基準として伝送単位によって表すとき、(dBm) を用いる。ここで 1 (mW) = 0 (dBm)、1 (W) = 30 (dBm) である。

伝送系の注目する点と伝送系の基準点とにおける信号の電力比を伝送単位で表した値を、その点の相対レベルといい、(dB_r) で表す。伝送系の注目する点における信号電力を相対レベル 0 の点に 1 (mW) の信号を加えたものを基準として表す際の単位として (dBm₀) を用いる。

() 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。回線雑音には、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。前者は、更に伝送系において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と、信号の伝送を行ったときに発生する漏話雑音などに分けることができる。
- B 基本雑音は、主としてアクティブ素子から発生する熱雑音で、導体中の自由電子の熱的じょう乱運動によるものである。これを避けることは原理的に不可能である。そのスペクトラムが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。
- C 多重通話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周波数の種々の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 | |

() 漏話雑音について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A ある回線の信号がほかの回線に漏れる現象は、漏話といわれる。アナログ伝送の場合には、了解性漏話と非了解性漏話とに分け、それぞれ通信の秘密保持、通信品質の観点から基準が定められている。漏話は伝送路で発生するものと、伝送装置で発生するものがある。
- B 伝送路で発生する漏話は、2対以上のケーブルなどにおいて、一つの対から他の対に電磁的、導電的な結合によって電気的エネルギーが伝達されるものや、同軸ケーブル等の不平衡性に基づく静電結合によるものなどがある。
- C 平衡対ケーブルでは、心線のピッチを変えて^よ燃ることにより、誘導信号を打ち消すようにして漏話の発生を抑制することができる。

〈(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 | |

() 鳴音と反響について述べた次の文章は、(ク) が正しい。

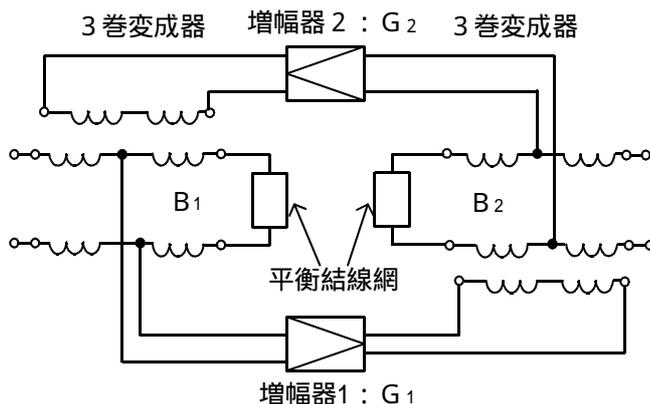
〈(ク)の解答群〉

図に示す2線式中継回路の3巻変成器において漏れがあると、その漏れが閉ループを形成する。反響損 B_1 、 B_2 、増幅器の利得 G_1 、 G_2 の間に $G_1 + G_2 < B_1 + B_2$ の関係があると、この閉ループは発振を起こす。この現象は鳴音といわれ、 $= (B_1 + B_2) - (G_1 + G_2)$ は鳴音安定度といわれる。

鳴音状態に至らなくとも、鳴音状態に近くなると回線に減衰ひずみや位相ひずみを生じ、空洞中で話すように感じられる。通信にこのような故障が起こる状態は準鳴音といわれる。

図のような2線式中継回路を使った増幅を行うと、正規の主信号のほかに、変成器の漏れと増幅器からなるループを何回か回って、両方向に伝送される信号が発生する。これは反響といわれ、受話者に向けて送った信号が送話側に戻ってくるものは受話者反響、送話した主信号より遅れて受話者に到達するものは送話者反響といわれる。

反響をなくすためには、回線を4線式として3巻変成器の数をできるだけ多くすることが望ましい。また、反響が大きい場合には、通話レベルの大きいときに反響ループの利得を減少させるか、漏れ損を増すようにする。これは反響阻止装置(エコーサプレッサー)といわれる。



- (1) 次の文章は、光増幅中継方式を採用した長距離光海底ケーブルシステムに用いられる光ファイバの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)

光増幅中継方式を採用した長距離光海底ケーブルシステムでは、光ファイバの [(ア)] と波長分散の相互作用による伝送特性の劣化を抑制するため、信号波長と光ファイバの [(イ)] が一致しないよう非零分散シフトシングルモード光ファイバが適用されている。実用化されているシステムでは、伝送波長帯域において [(ウ)] の波長分散値を有する光ファイバを連続する複数中継区間に用い、累積した波長分散を補償するために、通常のシングルモード光ファイバを適度な間隔で挿入する分散マップと呼ばれる手法が採用されている。特に波長多重伝送システムでは、上記の手法を用いても光ファイバの波長分散の傾き(波長分散の波長依存性)の影響により、波長に応じて分散が累積して残留する。この残留した分散は、波長ごとに [(エ)] に分散補償ファイバを用いて補正される。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

偏波モード分散	零	負	光海底中継器
カットオフ波長	端局装置	正	伝送損失
非線形効果	励起波長	利得等化器	零分散波長

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルに関し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)

- () 鉄3分割パイプを採用した光海底ケーブルの構造及び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〉

無外装光海底ケーブルの複合金属体は、鉄3分割パイプの採用により耐水圧性能と耐張力性能を兼ね備えることができるため、抗張力ピアノ線を必要とせず、鉄3分割パイプの周囲に給電路を形成する銅チューブを施す構造である。

電気的な絶縁性能を高めるため、給電路を形成する銅チューブの周囲には低密度ポリエチレン層が形成され、最外層には耐摩耗性に優れた高密度ポリエチレンが用いられている。

光ファイバユニットの充実材として用いられている紫外線硬化樹脂は、内側に柔らかい材料、外側に比較的固い材料を用いることにより、光ファイバのマイクロベンドを抑制する構造を採用している。

ケーブル切断時の海水の浸入を防ぐため、水走防止コンパウンドが光ファイバユニットと鉄3分割パイプとの空隙だけでなく、鉄3分割パイプなどから構成される複合金属体内の空隙にも充てんされている。

() 光海底ケーブルの機械的な試験及び評価について述べた次の A ~ C の文章は、(カ)。

- A 陸上で行われる長尺引張り試験では、静的な引張りだけでなく周期的に変動する張力を模擬した繰り返し引張り試験、ケーブル船の敷設回収機構を想定した曲げと引張りの複合試験、ケーブルの捻回試験が実施される。
- B ケーブルの敷設や回収中にケーブル敷設船のシーブやケーブルエンジンの把持部で、ケーブルが受ける外力を想定して、ケーブルの側面に荷重を加える試験は、側圧試験といわれ I T U - T 勧告に規定されている試験方法である。
- C ケーブルが万一切断されたときに、海水がケーブル内に侵入する距離を制限することは保守上重要である。実際のケーブルの水走距離は、水圧 5 5 0 気圧及び浸水時間 2 週間の条件で数十 [km] 程度である。

〈(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 | |

() 光ファイバの強度及び強度保証について述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 光海底ケーブル用高強度光ファイバの強度保証は、破断に至りやすい低強度部を除去するため、全長にわたってプルーフ試験を施すことにより得られる。高強度光ファイバのプルーフ試験において加えられる代表的な張力は、伸びひずみに換算して 2 [%] である。
- B 光ファイバの破断荷重を統計的に表すワイブル分布は、多数のサンプルの破断張力の累積分布をとることにより得られる。このワイブル分布は、光ファイバに低強度部が存在する確率を示す。
- C 光海底ケーブルに用いられる光ファイバの接続部については、融着接続技術の向上、試験環境の制約や接続数の少なさから、張力を加えて行うプルーフ試験は実施していない。

〈(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 | |

() 光海底ケーブルの各種張力等の大小関係について示した次ページの解答群の不等式は、(ク) が正しい。

ただし、各種張力等は次のとおりとする。

C B L (Cable Breaking Load) : ケーブルに加えられたときにケーブルが瞬時に破断する荷重
N O T S (Nominal Operating Tensile Strength) : 修理などの海洋作業において、4 8 時間
加え続けることができる最大張力

N P T S (Nominal Permanent Tensile Strength) : ケーブルの設計寿命にわたり、敷設後の
ケーブルに残留し続けることができる最大張力

N T T S (Nominal Transient Tensile Strength) : 海底からのケーブル回収時に、1 時間程
度の短時間加え続けることができる最大張力

<(ク)の解答群>

N P T S < N T T S < N O T S < C B L

N P T S < N O T S < N T T S < C B L

N T T S < N O T S < N P T S < C B L

C B L < N P T S < N O T S < N T T S

問4 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの監視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において、システム全体の監視は、両陸揚げ局に配置した端局装置間で□(ア)やビット誤りなどを検出することにより実施される。

海中設備が故障した場合、①給電系か伝送系か、②ケーブルか中継器か、などの故障個所の切分けが必要となる。

給電可能な故障で、特に伝送系の故障を判断するためには、中継器の状態を監視する機能が必要となる。中継器の監視方式としては、システムの運用中に監視できるインサービス監視方式と、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がある。

再生中継伝送方式光海底ケーブルシステムの監視において、インサービス監視方式は、システム運用中にビット誤りが□(イ)的に発生したり、徐々にビット誤りが増加していく現象の原因を把握し、予備系への切替えなどの予防保全を可能にするものである。監視用コマンドは、線路信号のパリティビットを低周波で変調して伝送され、中継器からのレスポンスは、線路信号を□(ウ)して伝送される。

また、アウトオブサービス監視方式は、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□(エ)するか、又はそのまま相手局に送ることにより、故障位置判定を行うものである。

<(ア)~(エ)の解答群>

光信号のひずみ

ブロック多重

ループバック

信号断

エコーモニタ

バースト

故障原因

強度変調

位相変調

ビット多重

中継区間

信号増幅

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルの監視、試験及び保守管理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)

- () 船上での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〉

船上での確認試験は、海中設備の船積み時の確認試験と敷設前のシステム動作確認試験とに大別される。船積み時の試験では、中継器及びケーブル単体を基本とした確認試験が行われ、システム動作確認試験では、ケーブルと中継器がすべて接続された状態で、システムの伝送特性が正常であることが確認される。

敷設工事時の主な伝送試験には、ビット誤り率の監視、定期試験による中継器の入出力電力測定及び監視機能の動作確認試験などがあるが、中継器の敷設時には中継器を保護するため、中継器が海底に着底するまで必ず給電を停止状態とする。

最終確認試験は、敷設作業の終了する直前に敷設船がケーブルを保持した状態でシステムの伝送特性を最終確認するためのものであり、基本的にはビット誤り率連続特性、各中継区間のマージン、中継器監視機能試験などが行われる。また、国際ケーブルの場合には、双方が独自に開発したシステムの正常性を確認する相互接続試験が行われる場合もある。

最終接続終了後、両陸揚げ局間で局間システム試験が行われるが、国際ケーブルの場合、海中部分の伝送路評価試験と伝送端局装置も含む国内側伝送路とのインターフェース点での試験が行われ、長期ビット誤り率特性の評価や給電の立上げ手順の確認や故障点判定のために基礎データの取得が行われる。

- () 光海底中継器の試験について述べた次のA～Cの文章は、 (力) 。

- 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厳し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信頼度保証並びに品質保証のための各種検査、総合的な機能特性を最終的に確認する意味での完成品に対する試験が行われるが、設計寿命を10～15年とするのが一般的である。
- B 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が、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 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とともに、9.8〔MPa〕(100〔kgf/cm²〕)での耐水圧特性、気密特性、耐振動特性などに関する試験項目がある。

〈(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 | |

() 光測定技術について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 光電力測定は、LDやPDの放出光電力を測定するときなどに頻繁に使用され、出力光を受光素子で光電変換して測定するが、正確な測定を行うには、光電素子の波長感度補正、ショット雑音、熱雑音、外来光雑音、遮光レベルの設定誤差などの影響を小さくすることに注意する必要がある。
- B 光損失測定は、光ファイバケーブルや光部品の損失測定に用いられ、一つの波長で測定する単一波長光の損失測定と、連続した波長域で損失を測定する光損失波長特性測定に大別でき、前者の光損失測定には、カットバック法、挿入法、後方散乱光測定法の三つがあり、片端測定が可能なのはカットバック法である。
- C 光波長測定は、光源の発光波長やスペクトラムを把握するためなどに行われ、分光器のように屈折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、反射率の波長依存性を利用するもの、水晶の旋光性(光の偏波面を回転させる性質)の波長依存性を利用するものなどがある。

〈(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 | |

() 陸揚げ局での保守管理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〉

海底ケーブルシステムには、多くの監視項目にわたって警報機能などが設けられており、入力信号の同期外れ、ビット誤り率の増加、ケーブル給電電流とその電圧異常、給電装置主要ユニットの切替動作、端局装置内主要ユニットの切替動作などの異常検出が自動的に行われる。

異常検出レベルに達しない程度の特性劣化及び警報対象となっていない項目の異常を発見するために定期試験を行うが、試験項目は、建設時と同様に①光出力特性、②ジッタ特性、③最小及び最大受光電力などの特性、④給電の再立上げによる復旧手段の確認、⑤給電装置の相互接続動作などについて評価する。

故障が海中部分に発生しているとみられる場合には、修理船の出動の要否を判断する必要があるため、できるだけ詳細な故障状況及び探索試験結果を保守責任者に報告するとともに、海底ケーブルの修理作業においては、安全対策の面から、修理船に乗船している給電安全責任者が陸揚げ局の給電安全責任者に対して主導権を持つことが一般的である。

陸揚げ局には、海底ケーブルシステムの設備以外に陸上伝送系の設備、高圧受電設備、空調設備などがあり、これらの保守運用も陸揚げ局の大きな作業となるため、訓練の充実、予備品と取扱説明書の配備、修理技能者の派遣体制の充実など効率的で経済的な設備保守体制の構築が重要である。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステム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)

光海底ケーブル方式は、光ファイバの低損失性や□(ア)性により、大容量の長距離デジタル伝送を可能とした。また、光ファイバは細径であるため、光海底ケーブル内に複数の光ファイバが収容でき、海中において光ファイバ対単位で□(イ)できるという特徴がある。

このことから光海底ケーブルシステムは、ポイント・ツー・ポイント構成に限定されず、3局以上の陸揚局を結ぶマルチポイント構成が可能である。3局以上を接続する場合には、海中□(イ)装置が用いられ、多数の陸揚局を直接結ぶ複数のケーブルを建設するよりも、経済的なシステムとすることができる。

また、光海底ケーブルシステムは、接続する対地間の距離により、無中継システムと中継システムとに分類される。無中継システムは、短距離の光海底ケーブルシステムに適用され、海底中継器が使用されていないため、必要に応じて伝送端局の能力アップにより、使用されている□(ウ)の範囲内で伝送容量を増大させることができる。

一方、中継システムにおける伝送容量は、海底中継器の能力や中継区間長で制限されるため、簡単には容量増加ができないが、最近の光増幅方式では、□(エ)を応用することにより、容量増加が可能となっている。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

受光素子の特性	波長多重	ラマン増幅器
光ファイバの特性	高密度	低周波
低密度	分岐	周波数変調
発光素子の特性	広帯域	中継
位相変調		

- (2) 次の文章は、海中分岐装置について述べたものである。□内の(オ)～(ク)に適したものを、次ページ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)

- () 海中分岐方式について述べた次のA～Cの文章は、□(オ)。

A 空間分割分岐方式は、ケーブル内に収容される光ファイバを各対地ごとに振り分けて使用する方式であり、光ファイバを固定的に割り当てる固定方式と故障時に光ファイバを他の対地に切り替えて救済ルートを確保することができる光ファイバ切替方式とがある。

B 時分割分岐方式は、伝送する信号を各対地ごとに時分割スイッチで切り替えて使用する方式であり、光ファイバ及び中継回路を時分割的に共用でき、光ファイバの対数を空間分割分岐方式より少なくできる。

C 波長分割分岐方式は、各対地ごとに光波長を割り当てて、光合分波器から成る分岐装置で分波し、同一対地あての別の光波長と合波してそれぞれの対地に送出する方式である。

<(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 | |

() 海中分岐装置の構造について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 海中分岐装置は、分岐装置、ケーブルカップリング及びジョイントボックスから構成されている。
- B 海中分岐装置の耐水圧^{きょう}筐体は、機械強度と耐腐食性に優れた、ベリリウムチタン合金が用いられている。
- C ケーブルカップリングには、分岐回路からの光ファイバとケーブル内の光ファイバとの接続部分を容易に収容するためのジョイントリングが収納されている。

<(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 | |

() 海中分岐装置への給電方式について述べた次の文章は、 (キ) が正しい。

<(キ)の解答群>

- 海中分岐を持つ光海底ケーブルシステムへの給電方式には、対称形、非対称形及び準対称形がある。
- 非対称形給電方式では、3本のケーブルのうち、1本の分岐ケーブルが故障となった場合は、他の分岐ケーブルと主ケーブル間で通信路及び給電路を確保する。
- 対称形給電方式では、主ケーブルの給電路が故障になった場合は、主局の極性を反転することにより、分岐局同士の給電が可能となる。
- 対称形給電方式は、ネットワーク構成上有効な方式であり、非対称形給電方式に比較して回路規模が単純で、中継器の給電回路への影響も小さい。

() 海中分岐装置の給電切替方式について述べた次の文章は、 (ク) が正しい。

<(ク)の解答群>

- 給電切替回路の信頼度は、切替えに使用される部品の信頼度に依存するが、一般には、特別に高信頼性の確認試験がなされたリードリレーが使用される。
- 一般に、給電回路の立上げ、立下げは、故障箇所が特定した場合は、関係各陸揚局がそれぞれ単独に実施してよい。
- 給電切替回路の制御は、陸揚局間での電圧制御により実施される。
- 一般に、無給電時には、海中分岐装置内ですべての給電路は、アースから絶縁されている。