

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29
		水底線路	8	8	8	8	8	線30~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49	

- 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	○	○	○	○	○	○
○	●	B	B	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

生 年 月 日									
年 号	5	0	0	3	0	1			
平成	○	●	○	○	○	○			
昭和	○	○	○	○	○	○			
大正	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			
○	○	○	○	○	○	○			

- 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、メタリック伝送線路における減衰量、無ひずみ伝送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)

減衰量は、二次定数の一つである減衰定数の大小によって決定される。往復導体の単位長当たりの抵抗とインダクタンスをそれぞれRとL、往復導体間の単位長当たりの漏れコンダクタンスと静電容量をそれぞれGとCとすると、R、L、G及びCは線路の一次定数といわれ、減衰定数は、これら一次定数から導かれる。

減衰定数の近似式は、一般に、高周波(30(kHz)程度以上)の場合、次のように表される。

$$\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\square(ア)}$$

この近似式において、減衰定数は、R=G=0の場合に零になるが、これは全く減衰しないということを実現するのは不可能であり、□(イ)の関係にある場合に最小の値となる。しかし、実際の伝送路においては、一次定数の関係は、一般に、 $\sqrt{\square(ア)}$   $\sqrt{\frac{R}{G}}$  であり、□(イ)の減衰量最小条件を満足することは困難であることから、減衰量を小さくするにはインダクタンスLを大きくする方法がある。

また、減衰量最小条件は、無ひずみ伝送の成立する条件でもあり、有効周波数帯域全体にわたり、□(ウ)が一定であること、減衰定数が一定であること及び□(エ)が周波数に比例することが必要である。

<(ア)～(エ)の解答群>

$$\frac{L}{R}$$

線路長

$$RL = GC$$

集中定数

$$\frac{L}{C}$$

分布定数

$$RG = LC$$

反射係数

$$\frac{R}{C}$$

位相定数

$$RC = GL$$

電流密度

LC

ボルツマン定数

$$\frac{C}{R} = GL$$

特性インピーダンス

(2) 次の文章は、メタリック伝送線路の特性など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)

( ) 一様線路における伝搬定数、電気的な特性などについて述べた次のA～Cの文章は、  
 (オ)。

- A 一次定数には、直列的な要素として導体そのものの抵抗及び導線に電流の流れを阻止するように働くインダクタンス、並びに並列的な要素として導体間の絶縁体を介して存在する静電容量及び漏れコンダクタンスがある。
- B 音声周波帯における減衰定数は、導体抵抗、静電容量及び自己インダクタンスの平方根に反比例する。
- C 位相定数は、単位長当たりの信号波の位相の遅れを表すものであり、位相定数が小さいほど、信号波の伝搬速度が速い。

〈(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 |         |

( ) 特性の異なる幾つかの線路を縦続接続した複合線路などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、  (カ) である。

〈(カ)の解答群〉

複合線路では、一般に、多数の接続点で反射を生ずるが、奇数回の反射により送端側に戻る波は伴流(続流)といわれる。

複合線路の伝送特性を解析することは、一様線路と比較して複雑ではあるが、一様線路の解析手法を基本に、テブナンの定理を用いることで容易になる。

特性インピーダンスが $Z_0$ である一様な線路の受端側にインピーダンス $Z$ を接続したとき、受端の位置角  $\theta$  は、 $\theta = \tanh^{-1} \frac{Z}{Z_0}$  となる。

複合線路においては、位置角  $\theta$  を用いることにより任意の点の電圧、電流及びインピーダンスを求めることができ、一般に、電圧は $\cosh$  に、電流は $\tanh$  に、インピーダンスは $\sinh$  にそれぞれ比例する。

- (3) 次の文章は、光ファイバ中を伝搬する光の位相速度、群速度、非線形光学効果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)

- ( ) 光ファイバ中を伝搬する光の位相速度及び群速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>

光ファイバ中を伝搬する光の位相速度を  $V_c$ 、群速度を  $V_g$  とすると、それぞれ以下の関係が成り立つ。ただし、 $\beta$  は伝搬定数、 $\omega$  は角速度、 $n$  は屈折率、 $c$  は真空中の光の速度とする。

$$V_c = \frac{\omega}{\beta}, \quad V_g = \frac{d\omega}{d\beta}, \quad \beta = \frac{\omega}{V_c}$$

真空中の光の速度を  $c$ 、媒質の屈折率を  $n$  とすると、媒質中を伝わる光の速度は、 $\frac{c}{n}$  となり、この速度は、光の位相が伝わる速さで位相速度といわれる。一方、周波数が異なる複数の波の集まりである波束が伝わる速度、すなわちパルスの包絡線が伝わる速度は、群速度といわれる。

S I 型光ファイバでは、高次モードほど群速度が速くなる。これは、入射端で幅の広いパルスを入力しても、異なるモードに分担されて伝搬される結果、伝搬距離とともにパルスの幅が狭くなることを意味する。

最も基本的なモードとなる LP<sub>01</sub>モードは、波長が短くなると、電磁界が広がり屈折率の低いクラッドの影響を受けて位相速度が速くなる。逆に、波長が長くなると、電磁界がコアに集中して位相速度は遅くなり、コアの屈折率で決まる値に収束する。

- ( ) 非線形光学効果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>

自己位相変調とは、入射された光自身の光強度により光キャリア周波数の位相が変化する現象をいい、これはファラデー効果による光ファイバの屈折率の変化に起因して発生するものである。ファラデー効果により、光パルスの立上がり部分は高周波数側へ、光パルスの立下がり部分は低周波数側へシフトされる。

異なる三つの波長の光が光ファイバ中に入射したときに新たな波長の光が生ずる現象は、一般に、四光波混合といわれ、WDM伝送では、伝送品質の劣化要因となる。

媒質の光学的格子振動と入射光の相互作用により新たな波長の光が発生する現象は、ラマン散乱といわれ、入射光強度が十分大きい場合に生ずる誘導散乱は、誘導ラマン散乱といわれる。

誘導ブリルアン散乱では、後方散乱光のみが強く発生し、また、発生する帯域幅が狭いことから、強い誘導ブリルアン散乱光を発生させるためには、スペクトル幅の非常に狭い入射光が用いられる。

- (1) 次の文章は、光ファイバの損失要因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)

光通信に用いられる石英系光ファイバの損失は、ガラス材料固有の特性に起因する損失と、製造後の外的要因によって生ずる損失に大別される。

ガラス材料固有の特性に起因する損失の一つであるレイリー散乱損失は、□(ア)の揺らぎによって生ずるもので、石英系光ファイバのレイリー散乱損失は、一般に、波長が1〔μm〕では1〔dB/km〕程度であり、波長が1.6〔μm〕では□(イ)〔dB/km〕程度である。ただし、1.6〔μm〕付近から長波長になるにつれて、□(ウ)の影響で急激に損失が大きくなる。

外的要因によって生ずる損失には、マイクロバンドやマクロバンドによる損失などがある。マクロバンドによる損失は、曲率半径が小さく曲げられた光ファイバで、コアとクラッドの境界面に入射する光の角度が境界面の法線と光のなす角度で表したときの臨界角より大きくなると、コアを伝搬する光の一部がクラッド内へ放射されるために発生する。この放射損失を抑えるために、クラッド部分に石英ガラスと比較して□(ア)が十分に小さい□(エ)を設けた構造の光ファイバがある。この□(エ)を含む領域が反射材の働きをするため光を閉じ込める効果があり、曲げに強く、取り扱いが容易な光ファイバコードとして、主に構内や宅内配線などで使用されている。

0.1	OH基	量子	空乏層
1.3	赤外吸収	屈折率	フォトン
1.5	フォノン	水素	分子
10.0	透過率	空孔	紫外吸収

- (2) 次の文章は、光ファイバの特徴、構造、光の伝搬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)

- ( ) 誘電体材料の違いによる各種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、  (オ) である。

<(オ)の解答群>

石英系光ファイバは、純粋な石英にゲルマニウム、ホウ素、フッ素などが添加され、低損失で長期的安定性に優れていることから、情報通信ネットワークなどに広く用いられている。

多成分系酸化物光ファイバは、非石英系光ファイバに区分され、ソーダ石灰ガラス、ホウ<sup>けい</sup>硅酸ガラスなどを主成分としたものが多く、ナトリウム、カルシウムなどの組成比率を変えて増幅率を変化させている。

フッ化物光ファイバは、フッ化ジルコニウムなどを主成分とした光ファイバであり、石英系光ファイバと比較して、赤外吸収が小さく、希土類元素を添加することにより光増幅用光ファイバとして利用されている。

プラスチック光ファイバは、石英系光ファイバと比較して、伝送特性の面では劣るものの、コア径が大きく光デバイスとの接続が容易である、曲げに強く折れにくいなどの特徴を有することから、短距離の光LAN、ビル内や家庭内の配線などに使用されている。

- ( ) 光ファイバの構造パラメータとその測定方法について述べた次のA~Cの文章は、  (カ) 。

- A JIS規格において、構造パラメータの一つであるコア非円率とは、コア公差領域を定義する二つの円の直径の差をコア径に対する百分率で表した値と定義されている。
- B ITU-Tの標準化勧告において、コア及びクラッドの偏心率は、MM光ファイバで0.6〔 $\mu\text{m}$ 〕以下、SM光ファイバで3〔 $\mu\text{m}$ 〕以下となるように規定されている。
- C 構造パラメータの測定方法には、光学的方法と機械的方法がある。光学的方法の一つであるRNF法は、コア領域だけでなくクラッド領域も含む光ファイバ全体の屈折率分布の測定が可能である。

<(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 |         |

- ( ) 光ファイバの構造、光の伝搬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>

光がコアとクラッドの境界面で全反射を繰り返しながら伝搬するためには、境界面において入射光と反射光との光ソリトン効果により、光パルスの広がりや圧縮が釣り合う必要がある。

誘電体中を伝わる光の速さは分極によって決まり、位相速度は分極の程度を表す屈折率に比例するため、光ファイバ中では屈折率の大きいコアの方がクラッドより光の伝搬速度は速い。

光の平面波が均一な媒質中を伝搬する場合には、光信号の群速度は光の伝搬速度と等しく、一般に、群速度と位相速度との積は媒質中の光の伝搬速度の2乗に相当する。

光ファイバの偏心率と非円率は、一般に、光ファイバ相互の接続損失及び光デバイスとの接続損失に及ぼす影響に比べ、伝送特性に及ぼす影響が大きい。

- ( ) 光ファイバの伝搬モード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>

光ファイバ中の伝搬モード数は、光ファイバのコア及びクラッドの屈折率、コア径のほか、使用波長により決まることから、同じ光ファイバであっても、ある波長ではシングルモードでも、異なる波長ではシングルモードにはならない場合がある。

光の電界強度がコアの径方向に180度又は360度変化するような反射角度を持ち、コア内に閉じ込められた特定の電界分布を持つ光の伝搬の仕方は光の伝搬モードといわれ、MM光ファイバでは、一つの波長に伝搬モードが複数存在する。

光ファイバが単一モード伝搬となるためには、コアの半径を  $a$  ( $\mu\text{m}$ )、コアの屈折率を  $n_1$ 、クラッドの屈折率を  $n_2$ 、波長を  $\lambda$  ( $\mu\text{m}$ ) としたとき、次式で表される規格化周波数  $V$  が、2.405より大きくなるのが条件である。

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

光は、波の性質と粒子の性質を併せ持っており、光を粒子すなわち離散的な量子として捉えるとき、光子といわれ、そのエネルギーは周波数に比例するため、波長が短いほど光のエネルギーは高い。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの給電装置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)

光海底ケーブルシステムの給電装置は、陸揚局に設置される装置の一つで、光海底中継器などの海中機器へ電力を連続して供給する装置である。給電方式としては、直列接続された海中機器に効率よく電力を供給するため、一般に、□(ア)方式が採用されている。

給電装置は、一般に、電力制御部、負荷切替部、電力監視部などから構成されている。

電力制御部では、□(ア)を発生するコンバータユニットを複数直列に接続して、必要な出力を発生させている。出力は電力監視部において検出され、検出値と定格値との誤差に基づく制御信号が各コンバータユニットにフィードバックされる。

負荷切替部は、給電装置の出力電流・電圧モニタ機能、アース切替機能などを備えており、負荷切替部内には、作業者の安全確保のために光海底ケーブルの残留電荷を□(イ)が備わっている。

電力監視部は、電流検出・制御(帰還)回路、各種監視制御回路、過電圧出力防止回路などで構成されている。

また、給電装置には、光海底ケーブルの磁気探査に必要な交流信号を給電電流に重畳させる□(ウ)機能がある。さらに、光海底分岐装置の給電回路切替えなどのために、□(エ)によって通常運用時と異なる所定の範囲内で電流を調整し、出力する機能がある。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

交流定電圧	低電流供給モード	分散マネージメント
差動位相変調	直流定電流	周波数変調するための変調器
垂下	識別再生	交流定電流
振幅変調	直流定電圧	エレクトロードニング
蓄積するためのコンデンサ		ネットワークプロテクション
放電するための抵抗器		増幅するためのIC回路

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの海中設備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)

- ( ) 光海底ケーブルの種類と適用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〉

光海底ケーブルには、使用環境の違いによって、外傷防止のために様々な保護構造が施されている。陸揚局近傍の浅海域では、特に、漁労、<sup>いかり</sup> 錨などにより損傷を受けやすいため、一般に、鋼線を一重又は二重に巻いて保護した鋼線外装ケーブルが用いられている。

光海底ケーブルの無外装ケーブルのうち、LWS (Light Weight Screened) ケーブルは、LWコアを高強度プラスチックテープで覆い、さらに、高密度ポリエチレンシースで保護した構造であるが、耐水圧強度は外装ケーブルと比較して劣っている。

光海底ケーブルの外装ケーブルのうち、DA (Double Armored) ケーブルは、鋼線を二重に巻いて強固に保護した構造であり、このような鋼線外装ケーブルには、海底面での外力などによる損傷を防止できると同時に、800 [kN] 程度の張力にも耐えられる高張力型ケーブルがある。

無中継用光海底ケーブルには、陸上用光ファイバケーブルとの相互接続性を考慮し、一括融着接続を可能とする4心テープ心線を溝付きのスロットに積層して収納することにより、光ファイバ心線を最大100心収容できる構造を有するものがある。

- ( ) 光海底ケーブルの特性などについて述べた次のA～Cの文章は、  (カ) 。

- A 中継用光海底ケーブルには、光ファイバを外力から保護すること、給電装置からの電力を光海底中継器などの能動機器に供給すること、さらに、敷設される海底の環境下において25年以上の長期間にわたり安定した特性を保持することなどが求められている。
- B 複数本の光ファイバを直接、3分割鉄個片の中に水走り防止材とともにスラックを入れて挿入しているルースタイプの光海底ケーブルは、タイトタイプの光海底ケーブルと異なり、光ファイバユニットの製造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。
- C WDM方式を用いた光海底ケーブルシステムに適用される大口径負分散光ファイバ(LMF)は、コア径を拡大することにより偏波モード分散が大きくなるが、曲げ損失を抑制できる特性を有している。

〈(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 |         |

- ( ) 光海底分岐装置(BU)の種類、構造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〉

BUは、一般に、トラヒックの分岐方法の違いから、光ファイバ分岐型と波長アドロップ(OADM)型、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機能を有する給電経路切替型に大別できる。

BUに取り付けられる海中アースは、給電系を構成する装置であり、長期安定性と耐腐食性が要求される。この海中アースの極性は、陰極性の場合、電極自身が分解する反応となるため、一般に、陽極性で使用される。

給電経路切替型のBUは、耐圧筐体内部で高耐電圧が要求されること、分岐側には二つのカップリングを取り付ける必要があることなどから、光海底中継器より大型の耐圧筐体が適用される場合がある。

BUは、敷設、回収の際に敷設船に装備されているシーブを支障なく通過できるようにするため、一般に、直径3[m]以上のシーブの曲面に巻き付けることができる構造となっている。

- ( ) BUの切替方法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〉

給電経路切替型のBUには、経路切替スイッチとして高耐電圧性を有する真空リレーが用いられている。給電電流の調整によりリレー切替えを行う場合、真空リレーは非保持型リレーであり、リレーを駆動するコイルへの電流を遮断すると初期の設定状態に戻るよう設計されている。

給電経路切替型のBUでは、一般に、正常運用中においては、トランクラインで両端給電するように給電経路が直結されており、ブランチラインは絶縁抵抗を測定できるように海中アースとは切り離されている。

陸揚局数が増加することによりBU数が増加しても、光海底ケーブルシステムの給電電流により真空リレーを制御して給電路を設定する方式では、どのような故障モードでも給電路切替が可能である。

陸揚局からの制御信号による遠隔制御型のBUを用いた場合、陸揚局からの制御信号は、一般に、制御信号キャリアを光信号にPSK方式で重畳し、FM方式で情報を伝送している。

- (1) 次の文章は、光増幅海底ケーブルシステム(光増幅システム)の監視方法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)

EDFAを用いた光増幅システムにおける故障箇所の評価方法として、上り、下りの各光海底中継器の出力レベルを測定することにより、光増幅中継系の自己レベル回復機能特性から故障箇所を評価する方法がある。光増幅中継系の自己レベル回復機能特性は、光海底中継器の入力レベルが高い領域における□(ア)特性を利用したもので、ある中継区間で大きな光損失が発生した場合でも、信号レベルは複数の光海底中継器を通過することにより正常値に回復する。

また、光海底中継器の出力レベルを測定する方式の一つとして、光折返し回路をEDFAの出力部に設け、各光海底中継器での折返し信号レベルを陸揚局の監視装置で測定する方式がある。光海底中継器での光折返しは、一般に、□(イ)を組み合わせた構成で実現されており、陸揚局の監視装置は各光海底中継器の相関レベル測定を並列処理する構成となっている。

測定対象の光海底中継器を他の光海底中継器と分離するため、監視信号として□(ウ)の疑似ランダム信号を使用し、各光海底中継器からの折返し信号の□(エ)の違いと□(ウ)の疑似ランダム信号の強い相関特性を利用し、折返し信号レベルが測定される。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

M系列	波長分散	ガンマ関数	音響光学フィルタ
偏光	変復調	利得飽和	フィードスルー
ジッタ	正規分布	Gold系列	光ファイバカプラ
温度	波長	伝搬遅延時間	光アイソレータ

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの監視方法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監視システム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〉

光海底ケーブルシステムの監視制御は、ITU-T勧告で標準化されているTMN (Telecommunications Management Network)アーキテクチャに基づいており、一般に、陸揚局に設置される監視システム、ネットワークオペレーションセンタ(NOC)に設置される遠隔監視端末などにより行われる。

監視システムは、一般に、クライアントサーバ構成となっており、サーバである監視装置(MC: Maintenance Controller)とクライアントであるHMI (Human Machine Interface)端末などから構成されている。

陸揚局に設置される各NE (Network Element)とMCとのインタフェースは、信頼性を考慮してTCP/IPインタフェースからITU-T勧告で標準化されているQ3インタフェースに移行しつつある。

各陸揚局の監視システムは、一般に、DCN (Data Communication Network)により相互接続されており、陸揚局間における監視用の通信は、海底区間の光信号伝送方式であるSONET/SDHやOTN (Optical Transport Network)のオーバーヘッドに重畳されているデータ通信チャネルを用いて行われる。

- ( ) 監視システムの機能などについて述べた次のA~Cの文章は、  (カ) 。

- A 光海底ケーブルシステムでは、一般に、多数の機器が複数の陸揚局に設置されており、故障発生時の原因解析には各機器で検知された警報やイベントの発生順序などの情報が必要となるため、各機器の時刻を同期させることが重要である。
- B 各機器の時刻を同期させる場合、一般に、ネットワークに接続された各機器は時刻を同期させるためのプロトコルであるNTP (Network Time Protocol)に従っている。NTPは、ストラタム(Stratum)といわれる階層構造を持っており、各機器の時刻は一つ上位の機器の時刻に同期している。
- C GPS衛星から受信する高精度なUTC (Universal Time Coordinated)時刻情報に同期している最上位ストラタム(Stratum 1)のNTPサーバは、各陸揚局に設置されており、各機器はそれぞれの陸揚局のNTPサーバに同期している。

〈(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 |         |

- ( ) 光海底ケーブルシステムに用いられる警報、MC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、 (キ)  (ク) である。

〈(キ)の解答群〉

光海底ケーブルシステムで検出される警報は、装置警報と通信警報に大別される。装置警報は、装置内のハードウェア故障警報であり、一般に、装置警報は装置単位のみのものであるため、装置に実装された故障カードを特定することはできない。

通信警報は、装置ごとの構成を反映してその種別が決められており、陸上ネットワークと異なるOTN規格に準拠した通信警報を持つ装置が用いられているため、海底と陸上のネットワークのオペレーションの共通化は図られていない。

警報の発生・回復の情報は時刻とともにNTPサーバにイベント履歴として保存され、警報の種別や発生個所、時刻などの条件による検索が可能で、断続的に発生する警報の時間変化を分析することなどが容易となる。

光海底ケーブルシステムにおけるMCの機能は、一般に、ITU-T勧告で標準化されているTMN管理機能に基づいており、海洋を隔てて陸揚局ごとに異なる事業者によって長期間運用されるという光海底ケーブルシステムの特有の状況においては、インベントリ情報の収集及び管理、アカウントごとの権限の設定及び管理などの機能が重要となる。

- ( ) 光海底ケーブルの故障位置判定方法について述べた次の文章のうち、正しいものは、 (キ)  (ク) である。

〈(ク)の解答群〉

光海底ケーブルの給電開放故障の場合、関係陸揚局での光海底ケーブル端から故障点までの静電容量を測定し、測定データと建設時などのデータとを比較して故障点を評定する方法がある。

光海底ケーブルの地絡故障の場合、片端給電方式の光海底ケーブルシステムでは、両端給電方式の光海底ケーブルシステムと異なり、地絡故障点での接地抵抗値が不明であっても、あらかじめ判明している傾斜抵抗値から地絡故障点を正確に評定することができる。

光海底ケーブルの地絡故障の場合、陸揚局から光海底ケーブルの導体部と外部導体にみわたった海水との間に電気パルスを印加し、その反射から故障点を評定する方法は、陸揚局から200(km)程度までの中継区間の地絡故障に適用できる。

陸揚局からみて第1光海底中継器を越える区間で光ファイバの断線故障が発生した場合、OTDRを用いて、破断点で生ずるブラッグ反射を検知し、破断点までの距離を測定する方法がある。

- (1) 次の文章は、長距離光増幅海底ケーブルシステム(長距離光増幅システム)の分散補償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。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

長距離光増幅システムでは、光ファイバの非線形性により □(ア) や四光波混合が生ずる。□(ア) は、光ファイバ中を光が伝搬するときに自分自身の光強度により媒体である光ファイバの □(イ) が変化し、パルスの前縁部では長波長シフト、パルスの後縁部では短波長シフトが生ずる現象である。このため、光ファイバの波長分散特性と相互作用して光信号パルス波形にひずみが生ずる。

特に、WDM方式では、四光波混合による波長チャンネル間のクロストークを抑圧することが必要となる。また、信号光は1波長であっても、累積ASE雑音と同時に伝送されるため、信号光の波長がゼロ分散波長近傍の場合、信号光と累積ASE雑音との □(ウ) が成立しやすく、信号光スペクトルが広がる要因となる。

長距離光増幅システムでは、光ファイバの非線形光学効果を軽減するため、使用する分散シフト光ファイバは、信号光の波長分散値が1.5 μm帯で □(エ) となるように、ゼロ分散波長を信号光の波長より長波長に設定されている。

一方、累積した □(エ) の波長分散値による光信号パルスの波形ひずみについては、1.3 μm帯にゼロ分散波長を有する短尺のシングルモード光ファイバを周期的に挿入することにより分散補償している。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

縮退	レイリー散乱	負	モードロック
モード結合	位相整合	伝搬定数	誘導ラマン散乱
最大	自己位相変調	損失	カットオフ周波数
正	相互位相変調	最小	屈折率

(2) 次の文章は、光伝送端局装置及び光海底ケーブルシステムの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)

( ) 光伝送端局装置の設計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〉

光伝送端局装置から光海底ケーブルに送出されるWDM信号は、ITU-T勧告で規定されていない波長間隔も採用されているが、用いられる帯域はいずれもC帯である。

WDM方式を用いた長距離光増幅海底ケーブルシステムでは、陸揚局などに設置された分散補償装置により、受信側だけでなく送信側でも分散補償する場合がある。

また、正の残留分散だけでなく、負の残留分散を補償する場合がある。

誤り訂正符号の性能は符号化利得により示されるが、符号化利得は訂正前の伝送品質に依存する。伝送品質の指標の一つであるQ値は、符号誤り率が大きいほど高くなり、一般に、訂正前の入力Q値が低いほど、符号化利得は大きくなる。

RZ-DPSK変調方式を用いた光伝送端局装置は、RZ-OOK変調方式を用いた光伝送端局装置と比較して、約3[dB]高い受信感度を有するため、光中継間隔の延伸、ビットレートの高速化が図れる。

( ) 光増幅海底ケーブルシステム(光増幅システム)の信頼度設計などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

A WDM方式を用いた光増幅システムでは、要求される稼働率を満たすために、N台の現用系トランスポンダを1台の予備系トランスポンダで救済するプロテクションを用いる場合がある。予備系トランスポンダでは、N台の現用系トランスポンダで用いられる波長と異なる予備波長が用いられる。

B EDFAに用いられる励起光源は、高信頼性を実現するため冗長構成がとられている。2台の励起光源を3dB光カプラで合波する並列冗長構成では、1台の励起光源が停止しても、残り1台の励起光源によってEDFが励起されるため、EDFAの利得を低下させることなく信号光を増幅中継する。

C 故障迂回時のプロテクション方法であるMS-SPRing(Multiplex Section-Shared Protection Ring)は、送信ノードがワーキングパスとプロテクションパスの両方のケーブルに対してデータを伝送し、受信側がどちらのパスを使用するかを選択する方法である。

〈(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	

- ( ) 光増幅海底ケーブルシステム(光増幅システム)のパワーバジェットについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 である。

〈(キ)の解答群〉

光増幅システムは、システム運用開始からシステム寿命時まで、所定の伝送品質が得られるように、パワーバジェットを用いてシステム設計を行う。運用開始後に光伝送端局装置の置換によるアップグレードを実施する場合があるため、パワーバジェットは海中機材の特性のみを反映して作成される。

光増幅システムでは、線路監視信号を伝送信号に重畳して海中機材の動作状況を測定する場合がある。この測定期間中に伝送信号の光S/N比が減少する場合があるが、一般に、測定は短時間で終了するため、パワーバジェットに反映する必要はない。

WDM方式では、波長ごとに光S/N比や累積波長分散が異なるため、波長ごとに各劣化要因による劣化量が異なる。各波長ごとにパワーバジェットを作成すると複雑になるため、パワーバジェットは使用する全波長の中央の波長に対して作成される。

パワーバジェットには、伝送路の偏波依存性によって生ずる光ファイバの偏波モード分散などの伝送特性劣化要因が考慮されるが、こうした伝送特性劣化要因は、各要因ごとの劣化量を定量的に評価することは困難なため、一般に、周回系やテストベッドの伝送試験結果を基に、非線形ペナルティなどとともに伝搬に伴う劣化(Propagation Impairment)の項目に含めて設計される。

- ( ) 光海底ケーブルと光海底中継器により伝送路を構成する光海底ケーブルシステムにおいて、次に示す条件の場合、光海底中継器1台当たりに割り当てられる故障率は、約〔FIT〕である。

(条件)

光海底ケーブルシステム長：7,000〔km〕

中継間隔：50〔km〕

光海底ケーブルシステムにおけるMTBF(平均故障間隔)：10年

光海底ケーブル内の光ファイバが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を割り当てないこととする。

光伝送端局装置の故障対応は短時間でのカード交換などを想定し、光伝送端局装置には故障率を割り当てないこととする。

〈(ク)の解答群〉

4 1

8 2

1 2 3

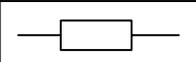
1 6 4

## 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。