

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40
	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41~線44	

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	2		
	●	3	3	○	3	3			
大正	(T)	4	4	4	4	4			
		5	5	5	5	5			
	6	6	6	6	6				
	7	7	7	7	7				
	8	8	8	8	8				
	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、一様線路の電氣的諸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)

一様線路は、理想化された線路として往復2導体が均一な媒質の空間にあり、長さ方向のどこをとっても線路特性が一様で、その線間距離が線路長と比較して極めて小さい線路であるとされている。

ここで、一様線路における電氣的諸定数を直列的な要素で考えると、導体自体の抵抗R及び導体に生ずる磁束により電流の流れを阻止しようとするインダクタンスLが定義される。また、並列的な要素で考えると、導体間の絶縁体を介して存在する静電容量C及び導体間の漏えい電流に対する漏えい抵抗(便宜上、逆数をとって漏えいコンダクタンスGと表す。)が定義される。これらの四つの記号で表される電氣的定数は、一次定数といわれる。

一次定数は、線路の構造から直接決まるパラメータであるが、信号の伝送特性を直接表すものではない。このため、伝搬定数、特性インピーダンス $Z_0$ が一次定数の関数である減衰定数、位相定数を用いて、それぞれ次の式で表され、これらは総称して線路の二次定数といわれる。

$$\gamma = \sqrt{(\text{ア}) \times (\text{イ})} = \alpha + j\beta$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{(\text{ア})}{(\text{イ})}} = |Z_0| e^{j\theta}$$

ここで、 $j$ は虚数を、 $\omega$ 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表し、 $e$ は自然対数の底とする。

また、二次定数は周波数特性があり、30(kHz)以上の高周波の場合、及びは次式で近似できる。

$$\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

□(ウ)

なお、ここでインダクタンスL、静電容量Cはほとんど変化しないが、抵抗Rは、□(エ)により周波数 $f$ の平方根に比例して大きくなり、も同様に大きくなる。

<(ア)~(エ)の解答群>

誘電率	静電誘導	電池作用	$\sqrt{LC}$
表皮効果	$\sqrt{RG}$	$R + j\omega L$	$G + j\omega C$
$R - j\omega L$	$G - j\omega C$	$C + j\omega L$	$L + j\omega G$
$\sqrt{\frac{C}{L}}$			

(2) 次の文章は、複合線路の電氣的諸特性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)

( ) 複合線路について述べた次のA~Cの文章は、□(オ)。

- A 特性インピーダンス及び伝搬定数の異なる二つ以上の一様線路を接続してできた線路は複合線路といわれる。一般に、複合線路の接続点においては、伝搬される信号の一部は透過し、一部は反射するという現象が生ずる。
- B 複合線路では、一様線路と比較して伝送特性の解析は複雑となるが、一様線路の考え方を基本に、位置角の考え方を導入することにより容易に解析できるといわれている。
- C 一般に位置角  $\theta$  は、特性インピーダンス  $Z_0$ 、伝搬定数  $\gamma$  を持つ一様な線路の受端にインピーダンス  $Z$  を接続したとき、 $\theta = \tanh^{-1} \frac{Z}{Z_0}$  と定義される。

〈(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 |         |

( ) 複合線路における反射について述べた次のA~Cの文章は、□(カ)。

- A 多数の接続点を持つ複合線路では、それらの接続点において信号の繰り返し反射を生ずるが、奇数回の反射により送端に戻る波を伴流(続流)、偶数回の反射により受端に現れる波を逆流、また、これらと主信号との比は、それぞれ伴流係数(続流係数)及び逆流係数といわれる。
- B 線路の末端が開放されている場合の反射は、擬似的に複合線路の受端側の特性インピーダンスがゼロであるとみなされることから、入射波とほぼ同じ大きさの反射波が発生することとなる。
- C 複合線路における反射現象は、一般に短い波長ほど反射が生じやすい。このため、周波数が高くなるに従いわずかな特性インピーダンスの不整合でも反射が発生しやすくなる。

〈(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 |         |

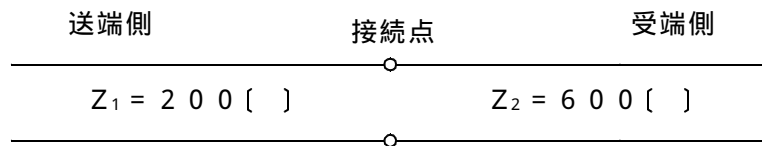
( ) 反射の諸特性について述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 反射波の大小を表す係数として、反射波の大きさを入射波の大きさを除した反射係数が用いられる。反射係数を  $m$  とすると、 $m$  は常に  $-1$  以上で  $+1$  以下の値となり、 $m = 0$  の場合は反射が発生しない条件となる。
- B 電圧反射係数  $m$  は、反射電圧を入射電圧で除することにより求められる。また、電流反射係数は、反射電流を入射電流で除することにより求められ、その値は  $-m$  である。
- C 電圧透過係数は、透過電圧を入射電圧で除することにより求められ、電圧反射係数を  $m$  としたとき、その値は  $1 - m$  である。また、電流透過係数の値は、 $1 + m$  である。

〈(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 |         |

( ) 図に示す複合線路において、送端側の特性インピーダンス  $Z_1 = 200 [ \quad ]$  及び受端側の特性インピーダンス  $Z_2 = 600 [ \quad ]$  としたとき、二つの線路の接続点における各種係数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〉

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 電圧反射係数は、 $0.5$ である。 | 電流反射係数は、 $-0.3$ である。 |
| 電圧透過係数は、 $0.5$ である。 | 電流透過係数は、 $0.3$ である。  |

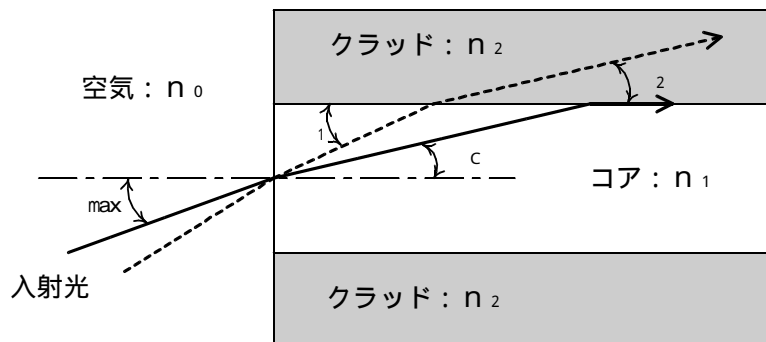
(1) 次の文章は、光ファイバの光の伝搬について述べたものである。□内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。(2点×4=8点)

図に示すように、光ファイバへの入射点において、屈折率の異なる三つの媒質である空気、光ファイバのコア及びクラッドのそれぞれの屈折率を  $n_0$ 、 $n_1$ 、 $n_2$  とする。

ここで、空気中から光ファイバのコアへ入射する光の受光角を  $\theta_{max}$ (空気とコアの境界面の法線と、光線のなす角度)とすると、スネルの法則により、 $n_0 \sin \theta_{max} = n_1 \sin \theta_c$  が成り立ち、空気の屈折率を  $n_0 = 1$  とし、コアとクラッドの比屈折率差を  $\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$  とすると、 $\sin \theta_{max} \approx \sqrt{2\Delta}$  (ア) と近似することができる。この  $\theta_{max}$  は、光源と光ファイバの結合効率を示す基本的なパラメータとして扱われ、(イ) といわれる。

また、光ファイバ中の光の伝搬の原理は、光の全反射を利用したものであり、光が屈折率  $n_1$  のコアから屈折率  $n_2$  のクラッドに入射するとき、入射光、透過光それぞれの境界面と光線の角度とを  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  とすると、スネルの法則により、(ウ) の式が成り立つ。

光線が屈折率の大きいコア側から、屈折率の小さいクラッド側に向かって進む場合、 $\theta_1$  が  $\theta_c$  と等しくなったとき、 $\theta_2$  がゼロとなる。このときの入射角  $\theta_c$  は、 $\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$  (エ) で得ることができる。入射角がこの  $\theta_c$  より小さくなると、光線は透過せずコア側に全反射し、光ファイバ中を伝搬することができる。



<(ア)~(エ)の解答群>

方位角	方向モード次数	開口数	モードフィールド径	F 値
$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$	$n_1 \cos \theta_1 = n_2 \cos \theta_2$	$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \cos \theta_2$	$2 n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}}$	$\sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$
$n_1 \cos \theta_2 = n_2 \cos \theta_1$	$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \cos \theta_2$	$n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}}$	$2 n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}}$	$\sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$
$\sqrt{2} n_1 \cos^{-1} \frac{n_1}{n_2}$	$\sqrt{2} n_1 \cos^{-1} \frac{n_2}{n_1}$	$\sin^{-1} \frac{n_1}{n_2}$	$2 n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}}$	$\sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$

(2) 次の文章は、光ファイバ通信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)

( ) 光ファイバの伝搬モードなどについて述べた次のA～Cの文章は、  (オ) 。

- A 光ファイバ中で存在できる電界分布は特定のものだけであり、長距離にわたって光ファイバ中に存在できるものが伝搬モードといわれる。マルチモード光ファイバは、各波長ごとに複数の伝搬モードが存在できるが、波長が長くなるほど、より多くの伝搬モードが存在できる。
- B 伝搬モードにおいて基本モードは、光ファイバのコア軸の中心で最も電界が強くなる電界分布を示すが、高次モードでは、電界が最も強くなる箇所がコア軸の中心から外側にずれて、コア軸の中心部では電界がゼロとなるモードがある。
- C 光ファイバ中に存在できる伝搬モード数は、光ファイバのコア径及び屈折率、光の波長などによって決まる。このため、ある波長ではシングルモードであっても、異なる波長ではマルチモードとなる場合がある。シングルモード光ファイバでは、基本モードであるLP<sub>01</sub>モードより高次のモードであるLP<sub>11</sub>モードが存在できなくなる波長は、カットオフ波長といわれる。

<(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 |         |

( ) 光ファイバ通信の伝送帯域などについて述べた次のA～Cの文章は、  (カ) 。

- A 光ファイバ通信において伝送帯域は、どれだけ高い周波数の信号で変調した光信号を送送することが可能であることを示す尺度として用いられており、定量的には、光ファイバのベースバンド周波数特性における6dB帯域幅で表される。
- B 一般に、すその広がりのない理想的な単一パルス波形(インパルス)を光ファイバに入射した場合でも、ある距離を伝搬させると、出射点(受信点)においては幅の広がったパルスとして観測される。しかし、光ファイバ伝送路の途中において放射モードが存在しない(すなわち入射エネルギーが全て保存された)ときは、パルス波形にひずみは生じない。
- C マルチモード光ファイバの伝送帯域測定法は、周波数領域での測定と時間領域での測定とに大別される。

<(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 |         |

( ) 光ファイバの光損失などについて述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 吸収損失は、光ファイバ材料自体によって吸収され、熱に変換される損失であり、一般に、ガラスが本来持っている紫外線損失や赤外線損失による固有の吸収によるものと、ガラス内に含まれる不純物によるものがある。不純物による吸収損失としては、光ファイバの開発当初は水酸イオンが主な原因であったが、低損失化技術の進んだ現在では、金属イオンが主な原因となっている。
- B 光ファイバは、製造時に 2,000〔 〕程度の高温から 20〔 〕程度まで冷却されるため、わずかな屈折率のゆらぎが生ずる。これが光ファイバにおけるレイリー散乱の原因となり、レイリー散乱による光損失は、波長の 2 乗に反比例する。
- C 二つの光ファイバを接続する場合、コアを互いに正確に突き合わせる必要があるため、接続部において微小な隙間が存在する場合は反射損失が生ずる。この反射は、一般に、フレネル反射といわれる。また、受光素子と光ファイバの接続による結合損失は、一般に、発光素子と光ファイバの接続による結合損失と比較して小さい。

〈(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 |         |

( ) 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文章のうち、正しいものは、(ク)である。

〈(ク)の解答群〉

材料分散の波長に対する変化の割合は、構造分散の変化の割合と比較して、ゆるやかである。一般に、材料を変えることにより材料分散を変化させ、必要な光ファイバの波長分散値を得ている。

構造分散の波長に対する変化の割合は、材料分散の変化の割合と比較して、ゆるやかである。一般に、材料を変えることにより材料分散を変化させ、必要な光ファイバの波長分散値を得ている。

材料分散の波長に対する変化の割合は、構造分散の変化の割合と比較して、ゆるやかである。一般に、コア及びクラッドの屈折率分布を変えることにより構造分散を変化させ、必要な光ファイバの波長分散値を得ている。

構造分散の波長に対する変化の割合は、材料分散の変化の割合と比較して、ゆるやかである。一般に、コア及びクラッドの屈折率分布を変えることにより構造分散を変化させ、必要な光ファイバの波長分散値を得ている。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの試験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)

一般に、光ファイバの破断強度は、□(ア) [N/mm<sup>2</sup>] (ただし、1 [kgf/mm<sup>2</sup>] は、9.8 [N/mm<sup>2</sup>] とする。)程度であり、高強度であるといわれているピアノ線などと比較しても、より高強度な性質を持っている。

しかし、光ファイバは、製造段階などで□(イ) に傷が発生しやすく、その部分では破断強度が極端に低下する。このような低強度部分を完全に無くすことは困難であるため、光ファイバに短時間張力を加えて伸びひずみを与え、低強度部分を除去することにより、最低破断強度を保証する方法が採られている。この方法は、□(ウ) 試験といわれ、光ファイバの全長に対して行われる。

光海底ケーブルに使用される光ファイバでは、□(エ) 試験の伸びひずみとして、一般に、□(工) [%]程度が採用されている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

0.1~0.2	1~2	5~6	2,000
5,900	12,000	内部	表面
高温加速	アレニウス	被覆材料	FIT
コアモニタ	プルーフ		



(2) 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(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〉

光海底ケーブルは、敷設及び修理時に加わる張力や曲げ、並びに海底での水圧などの外力から光ファイバを保護し、システム設計上不都合な温度特性による影響などを小さく抑えるよう設計されている。ケーブルの破断強度を水中重量で規格化したモジュラスが20[km]であれば、修理の際に水深8,000[m]からケーブルを回収することが可能である。

光海底ケーブルは、光海底中継器への電力供給のための給電線機能も果たすように設計される。太平洋を横断する大規模システムを考慮すると、ケーブルの電気抵抗を低く抑えるとともに、海水との間に十分な絶縁をとることが要求される。

光海底ケーブルの絶縁耐圧としては、一般に、数十kVの高電圧に耐えることが要求されるため、絶縁体としてポリエチレンが使用される。なお、ポリエチレン層は、摩耗などにより肉厚が薄くなることも考慮し、余裕を持った厚さにしている。

光海底ケーブルシステムの信頼性設計において、一般に、ケーブルに割り当てられている故障率の配分は、システム全体の30[%]程度である。このため、設計寿命である25年間の長期にわたり、光ファイバの破断や極端な伝送特性の劣化が生じないように、その強度設計、構造設計、材料選択、製造管理及び評価試験項目の決定などを行わなければならない。

( ) 光海底ケーブルの構造について述べた次のA～Cの文章は、  (カ) 。

A 光ファイバ心線は、直径10[μm]程度の光ファイバに紫外線硬化樹脂などが被覆されている。この被覆材は、マイクロベンドの発生などを抑制するとともに、光ファイバ心線の取り扱いを容易にするため、内側は低ヤング率の樹脂、外側は比較的高ヤング率の樹脂が用いられている。

B 光ファイバユニットは、光ファイバ心線複数本(一般的に2本～12本程度)を中心鋼線の周囲に撚り集合し、紫外線硬化樹脂を充てんしたものであり、ケーブル化に伴う外力や敷設及び修理時に加わる外力から光ファイバ心線を保護する。また、充てん材として、船上などでのケーブル接続時に容易に光ファイバ心線を分離できるような紫外線硬化樹脂が採用されている。

C 複合金属体は、敷設及び修理時に加わる外力、特にケーブル回収時に加わる張力や曲げ、及び海底での水圧などの外力から光ファイバユニットを保護し、また、給電線として機能する構造体である。通常、複合金属体の直流抵抗は、0.1[Ω/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 |         |

( ) 光海底ケーブルの伝送損失の特性などについて述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 光ファイバのマイクロバンドは、光ファイバ被覆材や光ファイバユニット充てん材が経時的に伸縮したり、局所的に形状が不均一になることにより発生し、この結果、伝送損失が増加する。
- B 光ファイバ内に水素が拡散すると、水素分子の固有振動波長と一致する波長2.42 (μm)やその第二高調波に対応する波長などに、強い吸収損失ピークが現れる。この吸収損失ピークの影響により、光海底ケーブルで使用されている信号波長である1.31 μm帯や1.55 μm帯においても伝送損失が増加する。
- C 光ファイバ内に水素が拡散したとき、光損失の増加量は、水素分子の分圧の2乗に比例する。この現象を防ぐため、長期的に水素発生量の少ない樹脂材料を選定するとともに、設計寿命までの期間に発生する水素量と光損失増加量を推定しておく必要がある。

〈(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 |         |

( ) 光海底ケーブル敷設及び修理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〉

水深100[m]程度以深では、経済性や敷設・修理の際にケーブル船が保持する海中ケーブル重量などの関係から無外装ケーブルを用いる。また、漁具、船舶の錨いかりなどによるケーブル故障がほとんどないため、埋設する必要はない。

水深6,000[m]程度までは、海底が岩場であったり、やむを得ず急斜面など複雑な地形に敷設する場合があるため、外装ケーブルを鋼線と追加のポリエチレン層により補強したケーブルを使用することがある。深海部敷設工事で重要なことは、確実にケーブルを海底の凹凸や傾斜に沿って敷設することである。

敷設中にケーブルが張り過ぎた状態となり、海底の凹凸に沿わずに宙吊りの状態になっていると、潮流の影響などにより、ケーブルの磨耗が発生しやすい。この宙吊り状態を避けるため、海底の形状やケーブルルートの変針に合わせ、船の速度やケーブル繰り出し速度の制御を行うことは、スラック制御といわれる。

通常、浅海部では外装ケーブルが埋設されているため、経済的な修理を行うには、故障点を正確に把握することが重要である。陸揚げ局と第1中継器までの区間で光ファイバ断故障が発生した場合は、陸揚げ局から給電電圧測定を実施することにより、正確な故障点位置を判別することが可能である。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの敷設埋設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)

光海底ケーブルを敷設する場合は、ケーブルが海底の起伏に正確に沿うように、敷設船からケーブルを繰り出していく必要がある。しかし、海底地形が複雑な場合、船位や船速(対地船速)の測定精度や海潮流の影響のため、ケーブルの着地する位置とケーブル□(ア)を正確に制御することが難しいので、コンピュータによる敷設支援システムが有効である。

また、光海底ケーブルを長距離、高速度で連続埋設する場合には、鋤式埋設工法が採用されている。この工法は鋤をけん引するために□(イ)〔N〕(ただし、1〔kgf〕は、9.8〔N〕とする。)程度のけん引力が必要になることや、既に敷設してあるケーブルの後埋設が困難であるなどの問題があるが、埋設速度が他の工法と比較して速いという利点がある。

これに対し、中継器や既に敷設されているケーブルの後埋設や、ケーブル修理後の埋設やケーブルが多数錯そうしている海域など鋤式埋設機の適用が困難な場所では、□(ウ)によるウォータージェット埋設が行われている。ウォータージェットで海底を掘削する方式は、海底の底質が粘土質の場合、砂質と比較して掘削効率が著しく低下するという問題があるが、ケーブルに損傷を与えることなく安全に埋設することができるという大きな利点がある。

また、□(エ)は、遠隔制御によりケーブルの切断・把持を可能とする□(エ)を装備しており、高度な作業を必要とするケーブル修理には欠かせない存在となっている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉			
5 ~ 8 × 10 <sup>3</sup>	トランスファー	スラスト	ROV
1 ~ 3 × 10 <sup>4</sup>	グラブネルアンカー	スラック	TMS
2 ~ 5 × 10 <sup>5</sup>	マニピュレータ	トレンチ	HOV

(2) 次の文章は、光海底ケーブルの敷設埋設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)

( ) ケーブル陸揚げ工事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>

光海底ケーブルの陸揚げ工事においては、一般に海岸の水深は浅く、波浪や潮流の影響を受けるので、ケーブル敷設船を陸揚げ点の沖合に停船して船固めして工事が行われる。また、海岸の諸状況(水深、底質、波浪、潮流、風向、地形等)及び陸揚げ距離を考慮して最適な陸揚げ工法が採用される。

ケーブル敷設船を陸揚げ点の沖合いに停船して船固めして工事する場合には、船固めした位置で船首又は船尾からケーブル端末を引き出し、ケーブルを陸揚げする。船固めの方法には、船首尾のアンカを用いる方法や、あらかじめ海底に埋め込まれたアンカからのワイヤにより行う方法などがある。

陸揚げ工法の一つである海岸牽引法は、海岸に設置した大形の滑車とブルドーザなどの牽引車により、必要長のケーブルを海岸に陸揚げするものであるが、ケーブル船牽引法と比較して海岸に広いスペースや多くの機材を必要とするため、ほとんど採用されることがない。

ケーブルを陸揚げするときは、バルンブイといわれるゴム製ブイやタイヤチューブなどでできたフロートをケーブルに一定間隔で取り付け浮力を与えながら行う。さらに、陸揚げ後、ケーブルを敷設コース上に修正した後、ブイやフロートを切り離してケーブルを海底に沈める。

( ) 水深900～1,000mより浅い浅海部の敷設工事について述べた次のA～Cの文章は、  (カ) 。

A 浅海部の工事に使用される外装ケーブルは撚られた鉄線が外側にあるため、張力によりトルクが生じキックが発生しやすい。キックが発生しないようにするには、敷設時のケーブル張力は、1～2[kN]程度を限度とし、できるだけ一定で変動させないようにする必要がある。

B 浅海部の海底において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などにより精度よく観察することができ、事前の海洋調査によりその存在がチェックできる。サンドウェーブのある所では敷設速度を遅くし、通常、10[%]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、ケーブルが海底面から浮き上がらないようにする。

C 浅海部においては、漁具や船錨によるケーブルの損傷を回避するため、ケーブルを海底に埋設するのが一般的である。ケーブルの埋設深度は、漁具や船錨が海底にくい込む深さ以上を確保する必要があり、一般に、漁具に対しては40[cm]以上、船錨に対しては1～3[m]以上といわれている。

<(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 |         |

( ) 水深900～1,000mより深い深海部の敷設工事について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 深海部で使用されるケーブルは無外装ケーブルが一般的であり、船<sup>びょう</sup>錨・漁<sup>りょう</sup>などによるケーブルの人為故障がほとんどない場所では埋設する必要はない。また、海底に堆積物が少ない場所や、やむを得ず複雑な地形に敷設しなければならない場合は、二重外装ケーブルなどの耐<sup>たい</sup>磨<sup>り</sup>耗<sup>こう</sup>性の高いケーブルを使用する。
- B 深海部の海底地形には、平坦な部分や最大傾斜が30度以上にも達する起伏の激しい部分が存在するため、信頼性の高いケーブル敷設を実施するには、海底面の傾斜に基づいてケーブルスラックを正しく設定する必要がある。
- C ケーブルスラックは、敷設力学に基づく敷設理論により計算することができるが、実際のケーブル敷設工事では、ケーブルのほかに水中重量が200〔N〕程度の光海底中継器や、20〔N〕程度のジョイントボックスが含まれるため、非常に複雑な計算となる。

〈(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	

( ) 海中分岐装置の敷設と回収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〉

海中分岐装置には、片側に主ケーブルといわれる1本のケーブルが接続され、反対側には分岐ケーブルといわれる2本のケーブルが接続される。この海中分岐装置を敷設する方法には、分岐ケーブル側から海中分岐装置、主ケーブルへと敷設する方法と主ケーブル側から海中分岐装置、分岐ケーブルへと敷設する方法がある。

分岐ケーブル側から海中分岐装置、主ケーブルへと敷設する方法は、敷設船が2隻必要なことから「2船法」といわれる。また、主ケーブル側から海中分岐装置、分岐ケーブルへと敷設する方法は、敷設船が1隻で実施可能なことから「単船法」といわれる。

海中分岐装置周辺の修理を行う場合には、海中分岐装置と分岐ケーブルとの接続部の許容曲げ角度などの観点から、主ケーブル側から回収する方法が一般的である。

海中分岐装置付近の修理のため主ケーブル側から回収する際において、2本の分岐ケーブル重量と海水の抵抗及び海中分岐装置の自重により、主ケーブルの船上張力が主ケーブルの許容張力を超えるおそれがある場合には、2本の分岐ケーブルのうち少なくとも1本をあらかじめ海底で切断後、海中分岐装置を回収する。

- (1) 次の文章は、長距離用光海底ケーブルシステムの設計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。  
 (2点×4=8点)

長距離用光海底ケーブル方式における具体的な方式長としては、日本海溝を通り太平洋横断が可能となる、方式長が  (ア) のものが実用化されている。

最大水深はケーブル、中継器の耐水圧設計及び強度設計を行うための重要な要因であり、例えば、日本海溝を横断するには少なくとも  (イ) を設計上の最大水深とする必要がある。

光海底ケーブル方式の伝送速度は高速化の一途をたどっている。初期のシステムは、1ファイバ当たり280 [Mbit/s]程度であったが、 (ウ) 方式や波長多重化技術、さらに符号誤り率を改善する  (エ) 技術などを用いて、1ファイバ当たり100 [Gbit/s]を超えるシステムも実用化されている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉		
6,000 [km]	9,000 [km]	15,000 [km]
6,000 [m]	8,000 [m]	12,000 [m]
光直接増幅	再生中継	無中継
OTDR	FEC	LME

- (2) 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(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)

- ( ) 再生中継方式による長距離用光海底ケーブル方式において用いられている使用波長と伝送速度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〉
280 [Mbit/s]のシステムでは、光波長1.3 μm帯のシングルモード半導体レーザと、ゼロ分散波長が1.3 μm近傍のマルチモード光ファイバの組合せが用いられた。
560 [Mbit/s]のシステムでは、1.55 [μm]の単一縦モード半導体レーザと、1.55 μm帯での光損失をさらに低減したカットオフ波長シフト光ファイバの組合せが用いられた。
1.8 [Gbit/s]のシステムでは、1.55 [μm]の単一縦モード半導体レーザと、ゼロ分散波長を最低損失帯である1.55 μm帯へシフトした分散シフトファイバの組合せが用いられた。
560 [Mbit/s]及び1.8 [Gbit/s]のシステムでは、中継器間隔が100 [km]以上のシステムが実現されている。

( ) 再生中継方式の光海底ケーブルの光損失配分設計について述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A 中継区間の長さは、光送信部、光受信部、光ケーブル区間の各特性についてシステム設計寿命期間後の特性を推定し、各部へ損失配分して決定する。再生中継方式では、それぞれの中継区間ごとに、それぞれ個別の光損失配分設計ができない。
- B 再生中継方式では、シングルモードLDを用いることで、光ファイバの分散特性による信号劣化を抑えることが可能であり、ギガビットを超える伝送速度においても設計上、分散特性の影響を無視できる。
- C 伝送路としてエルビウムドープ光ファイバを用いた場合、その低損失性を利用することにより、伝送速度560 [Mbit/s]の再生中継方式において、100 [km]以上の標準中継間隔を実現することが可能である。

〈(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 |         |

( ) 海底ケーブルには海底から回収される際に最も張力が加わるが、その張力とケーブル破断強度の関係を示すケーブルのモジュラスについて述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A ケーブルのモジュラスは、ケーブルを回収している場所の水深に比例する。
- B ケーブルのモジュラスは、ケーブルの破断強度に比例する。
- C ケーブルのモジュラスは、ケーブルの水中重量の2乗に反比例する。

〈(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 |         |

( ) 海中分岐装置の給電切替方式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。切替え用部品としては、一般に、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ている。

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、海中分岐装置へ流入する電流値により実施される。

一般に、無給電時には、海中分岐装置内ですべての給電回路は、開放端となっている。