

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45

- 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	2	2
3	○	D	3	3	3	3	●	3	3
4	○	E	4	●	4	4	4	●	4
5	○	●	5	5	5	5	5	5	5
6	○	G	6	6	6	6	6	6	6
7	○	H	7	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	年	月	日
平成	○	●	●	○	○	○	○	○	○
昭和	○	○	○	○	○	○	○	○	○
大正	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	○	○	○	○	○	○	○	○	○

- 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、平衡対ケーブルの一次定数と二次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)

平衡対ケーブルは、長手方向に均一で一様な線路であり、その電気特性は□(ア)定数回路として扱うことができる。この線路の往復導体の単位長さ当たりの抵抗をR、インダクタンスをLとし、また、往復導体間の単位長さ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、これらのR、L、G、Cは、線路の一次定数といわれる。

一次定数から誘導される□(イ)定数及び特性インピーダンス $Z_0$ は、次式で表される。

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

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = |Z_0| e^{j\theta}$$

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。

この□(イ)定数の式において、実数部は□(ウ)定数、虚数部は□(エ)定数といわれ、これらの□、□、□、 $Z_0$ は線路の二次定数と総称される。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

伝達	位相	集中	遅延
相加	伝搬	減衰	分布
増幅	反射	等価	伝送

(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)

( ) 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〉

伝送系の位相量を表す単位には、ラジアン(rad)あるいは度(°)などがある。ひずみのない伝搬速度の速い線路を得るためには、位相量は、できるだけ小さく、周波数に比例することである。

伝送系の減衰量を表す単位には、ネーパ(Np)とデシベル(dB)がある。ネーパは二点間の信号電力比を自然対数で表したものに $\frac{1}{2}$ を乗じたものであり、デシベルは、二点間の電力比を常用対数で表したものに10を乗じたものである。

通信電力の絶対値を表す単位として用いられる(dBm)は、1(mW)を基準値としている。1(mW)は0(dBm)、100(mW)は20(dBm)、1(W)は30(dBm)と表される。

伝送系において、ある点と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う。相対レベルの単位は、[dBm0]で表される。

( ) 反射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〉

特性インピーダンスが $Z_1$ と $Z_2$ の異なる二つの一様線路が縦続に接続されている場合、特性インピーダンス $Z_1$ 側からの入射波について、 $Z_1 < Z_2$ のときは、電圧反射係数は負、 $Z_1 > Z_2$ のときは電圧反射係数は正となる。

線路の受端が開放されている場合は、受端において入射波は全反射されるが、このとき、電圧、電流ともに入射波と同位相で反射される。

線路の受端が短絡されている場合は、受端において入射波は全反射されるが、このとき、電圧は入射波と同位相で反射され、電流は逆位相で反射される。

局部的に同軸ケーブルが変形して外部導体半径がわずかに小さくなった場合、その場所の静電容量が  $C$  だけ増加し、インピーダンス不均等が生じて反射が起こる。この場合、  $C$  が小さくても周波数が高くなるほど反射係数は大きくなる。

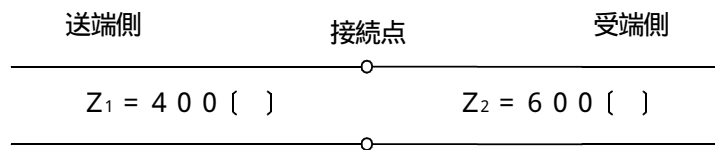
( ) 反射係数及び透過係数などについて述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 特定のインピーダンス  $Z_1$  を持つある線路の受端に、インピーダンス  $Z_2$  が接続されているとき、受端点における電圧反射係数を  $m$  とすると、電圧透過係数は  $1 - m$ 、電流透過係数は  $1 + m$  で表される。
- B 特定のインピーダンス  $Z_1$  を持つある線路の受端に、インピーダンス  $Z_2$  が接続されているとき、受端点における電圧反射係数を  $m$  とすると、逆流減衰量(反射電圧が入射電圧に対してどれだけ減衰して発生しているかを表したものは、 $20 \log_{10}(\frac{1}{|m|^2})$ )と表される。
- C 特性の異なる複数の線路を縦続に接続した複合線路においては、複数の接続点において繰返し反射が生ずるが、奇数回反射した波、偶数回反射した波と主信号の比をそれぞれ逆流係数及び伴流係数(続流係数)という。

〈(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  $Z_1$  を  $400 [ \quad ]$  及び受端側の特性インピーダンス  $Z_2$  を  $600 [ \quad ]$  としたとき、二つの線路の接続点における各種数値について述べた次の文章は、(ク) が正しい。



〈(ク)の解答群〉

電流反射係数は、 $-0.8$ である。	電圧反射係数は、 $0.8$ である。
電流透過係数は、 $0.8$ である。	電圧透過係数は、 $-0.8$ である。

- (1) 次の文章は、光ファイバ中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)

光ファイバの構造は、コアといわれる中心部と、これを同心円状に取り囲むクラッドからなり、クラッドの屈折率をコアの屈折率より、わずかに□(ア)なるように設計されている。

このような構造の光ファイバに、臨界角より小さい角度で入射した光は、コアとクラッドの境界面で全反射を繰り返しながら光ファイバ内を伝搬していく。一方、臨界角を超える角度で入射した光は、境界面で反射するたびに入射光の一部がクラッドへ透過し、次第に減衰するので、ある程度以上の距離を伝搬することはできない。

また、光の反射・屈折についての□(イ)の法則より、比屈折率差(コアとクラッドの屈折率差とコアの屈折率との比)が大きいほど、光ファイバで受光可能な入射角が大きくなることが導かれる。

$n_1$ をコアの屈折率、 $n_2$ をクラッドの屈折率とし、光が光ファイバ内を全反射して伝搬する最大入射角を  $\theta_{max}$  とすると、開口数(NA)は、次式で表される。

$$NA = \sin \theta_{max} = \square(ウ)$$

この開口数(NA)は、光源と光ファイバの結合効率に影響を与える基本的なパラメータであり、開口数(NA)が大きいほど、光ファイバは多量の光を受け入れることができる。

□(エ)はLEDと比較して、光源の放射角が非常に広いため、光ファイバと光源の結合効率を高くすることができる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉			
小さく	大きく	LED	PD
APD	$\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$	$\sqrt{n_2^2 - n_1^2}$	$\sqrt{n_1^2 + n_2^2}$
$\sqrt{n_1 + n_2}$	LCD	スネル	プランク
ブラッグ	ストークス		

(2) 次の文章は、光ファイバによる伝送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>

コア内に閉じこめられた光は、クラッドとの境界面で全反射を繰り返して伝搬するが、このとき反射光どうしの干渉によってお互いに強め合う(位相が一致する)場合には遠くまで光が伝搬し、それ以外の(位相がズれる)場合には遠くまで伝搬せずに途中で消滅する。

コア内に閉じこめられた光は、クラッドとの境界面で全反射を繰り返して伝搬するが、ある特定の角度で反射しながら消滅せずに伝搬していく光の組を伝搬モードと呼び、入射角度の大きいものから、1次モード、2次モード・・・N次モードといい、1次モードは基本モードといわれる。

伝搬モードが一つしか存在しない光ファイバは、シングルモード光ファイバといわれる。しかし、伝搬モード数Nは波長の関数であるため、ある波長に対してはシングルモードとなっても、ある波長よりも短い波長ではシングルモードとはならない。

波長を一定とした場合、コア径や屈折率差を大きくすると、多数の伝搬モードが存在するようになる。このことから、シングルモードの光ファイバとするためには、マルチモード光ファイバと比較して、コア径を十分に小さく、かつ、屈折率差も十分小さくする必要がある。

( ) 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 マルチモード光ファイバは、シングルモード光ファイバと比較して伝送帯域幅が狭い。マルチモード光ファイバのうち、屈折率分布がコア中心からクラッドに向けて連続的に変化するグレーデッドインデックス形は、コア中心からクラッドに向けてステップ的に変化するステップインデックス形と比較して伝送帯域幅が広い。

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すべて保存された)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 |         |

- ( ) 光ファイバの分散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〉

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  $\mu\text{m}$ ゼロ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、ゼロ分散波長を1.3  $\mu\text{m}$ 帯から1.55  $\mu\text{m}$ 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。

- ( ) 光ファイバの光損失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〉

放射損失とは、光ファイバ内を伝搬する光が光ファイバ材料自身によって吸収されることによる損失である。光ファイバ材料のガラスが持っている固有の放射損失のほか、ガラス内に含まれる不純物による放射損失がある。

レイリー散乱損失とは、光ファイバの屈折率のゆらぎにより光ファイバ中で生ずる損失である。レイリー散乱の大きさは波長の4乗に比例するため、伝搬する光の波長が長くなるほど大きくなる。

接続損失とは、光ファイバどうしを接続した際の損失のことである。接続損失の要因としては、コアの軸ずれが大きな要因であり、接続損失を小さくするためには、光ファイバのコアを正確に突き合わせる事が重要である。

結合損失とは、発光素子と光ファイバの結合により発生する損失である。結合損失は、発光素子の光ビームの広がりの違いに依存するが、光ファイバの構造(コア径の違い)には依存しない。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブル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)

光海底ケーブルには、□(ア)、抗張力ピアノ線及び銅チューブにより構成される複合金属体の中に光ファイバユニットを収容したものがある。この光海底ケーブルは、□(ア)により耐水圧性能を、抗張力ピアノ線により耐張力性能を備えた構造となっており、銅チューブは、給電路を形成するものである。

また、電気的な□(イ)を高めるため、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、さらにその外周に耐磨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てん材として用いられている□(ウ)は、光ファイバへのマイクロバンドの影響を抑制するために、内層と外層で□(エ)の異なる材料を用いた構造となっている。□(ウ)が充てんされた光ファイバユニットは、さらに複合金属体内部の空隙に充てんされた水走防止コンパウンドにより、ケーブル切断時の海水の浸入から保護されている。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

耐衝撃性樹脂	電圧降下	誘電率	鉄3分割パイプ
可視光硬化樹脂	ヤング率	絶縁性能	外装鉄線
紫外線硬化樹脂	周波数特性	熱伝導率	耐圧シリンダ



- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの給電装置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)

( ) 給電装置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では、光中継器に必要な電力は、陸揚局に設置された給電装置から直流電流で供給される。電力変換に用いられる過飽和リアクタ形コンバータは、直列共振形コンバータと比較すると、スイッチング素子の駆動電力が小さいため、電力変換効率が高い。

給電装置に用いられるコンバータの出力制御は、通常、スイッチング周波数を変化させることにより行われるが、海中分岐装置の給電切替回路の駆動時及び光海底ケーブル故障探査のための直流抵抗測定時などの電流値が低い場合は、周波数制御とパルス幅制御を併用して行われる。

過電流又は過電圧から光中継器を保護するため、給電装置には、これらを検出する機能が備わっている。さらに、検出器の誤動作による給電停止を避けるため、これらの検出は3系統の回路で行われており、2系統以上が異常を検出した場合に、給電を停止する方式が採用されている。

給電装置には、給電電流に低周波の交流信号を重畳するエレクトロードニング機能がある。この信号は、ケーブルの埋設工事や故障点探索時に用いるROVが、ケーブル位置を探索しやすくするためのもので、ROVに装備されている交流磁気センサが信号を検知し、ケーブルの位置を確認する。

( ) 給電方式及び給電装置の主要機能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〉

給電装置には、海中分岐装置を用いた分岐システムにも対応できるように、海底中継器への給電の極性を切り替える機能を有しているものがある。

給電装置には、給電の開始及び停止動作により光海底中継器へ過剰なストレスが加わらないように、約2分間で徐々に規定値に達するモードと、瞬時に規定値に達するモードとがある。

両局給電方式の場合、給電装置には、両給電装置間で均等に負荷を分担するように調整できる設計が採用されている。

短距離システムでは、一般に、片局で全システムを給電できる能力の給電装置を両陸揚局に設置して、両局給電方式を採用している。

( ) 光海底ケーブルシステムの給電などについて述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 陸揚局に引き込まれた光海底ケーブルは、ケーブル終端装置で光ファイバと給電路に分離され、光ファイバは光伝送端局装置に、給電路は給電装置に接続される。
- B 光海底中継器への給電は、両局給電にも対応できるよう半導体バリスタにより海底ケーブルへの給電路を直接給電アースに接続することが可能である。
- C ケーブル終端装置は、通常、アース電流及びアース電圧を常時監視し、アース系統の故障による接地抵抗増加などを検出し、自動的に通信用アースなどの他のアース系へ切り替える自動アース切替え機能を有している。

〈(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 |         |

( ) 給電装置の試験用負荷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〉

通常の給電状態において試験用負荷は、海底ケーブルの給電路に直列に接続され、試験用負荷の抵抗値をゼロに調整して使用される。

通常の給電状態において試験用負荷は、海底ケーブルの給電路に並列に接続され、給電装置の出力電圧が変動しても海底ケーブルへの電流の変動を吸収するように動作する。

通常の給電状態において試験用負荷は、負荷切替盤により海底ケーブルの給電路とは切り離され、予備系を持つ給電装置では、予備系の動作確認や出力調整に使用される。

試験用負荷は、建設工事中に敷設した海中設備に合わせて給電装置の給電電流及び電圧の調整や運用操作訓練を行うためのもので、建設工事後は使用されることはない。

- (1) 次の文章は、海底ケーブルの敷設及び修理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)

ケーブル船は、ケーブルを積み込むためのケーブルタンク、ケーブルを繰り出し、回収するためのケーブルエンジンなどの敷設・回収機構を搭載している。また、ケーブルを海底に埋設する時に用いる埋設機、ROV及びケーブル回収に必要な探線機を搭載・運用できるよう [ (ア) ] 及び各種クレーンを具備している。最近では、ケーブル船の正確な敷設ルート維持、位置制御を可能とする [ (イ) ] を搭載するのが一般的になっている。 [ (イ) ] は、コンピュータでDGPSデータ、運航データ及びジョイスティックなどによる操船入力を処理し、可変ピッチプロペラやスラストを制御するシステムである。また、ケーブルエンジンにはケーブルの高速敷設に適した [ (ウ) ] ケーブルエンジンとケーブルの回収に適した [ (エ) ] ケーブルエンジンがある。

<(ア)~(エ)の解答群>

スターボード	ブイスキッド	ドラム
ケーブルグリッパ	DPS	ストリーミングロープ
シーブーム	NNS S	HDD
マニピュレータ	リニア	Aフレーム
ポート	AUV	

- (2) 次の文章は、海底ケーブルの敷設や修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)

- ( ) ケーブルルートの選定条件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>

ルート長を短くするため、メルカトル図法の地図上で直線となるルートができる限り選定する。また、ケーブルを埋設する区間、外装ケーブルなどの高価なケーブルを適用する区間をできるだけ短くし、可能な限り経済的なルートを選定する。

海底起伏がケーブルの敷設に支障とならない程度のルートを選定する。特に25度以上の急傾斜面は避けるようにルートを選定する。

既設ケーブルと交差する場合においては、ケーブルの保守作業などを容易にするために、中継器から十分、距離を保つようにルートを選定する。

斜面のたい積物は、海底地震などで地滑りを起こすおそれがあるので、斜面を長く横切るとは避ける。また、河川の河口付近や海底火山地帯を通過しないように、ルートを選定する。

( ) 海底ケーブルの敷設・埋設技術について述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A 光海底ケーブル内の光ファイバが、ケーブルの長さ方向に不規則に分布する微細な傷によって破断する確率は、ケーブルに印加される張力とその継続時間などによって決まるため、光海底ケーブルの敷設、埋設及び修理に当たっては、不必要な張力を長時間にわたって印加しないように注意する必要がある。
- B 海底ケーブルが故障になる外的要因には、漁労、船錨<sup>びょう</sup>、海底土砂崩れなどがあるが、このうち故障要因の大半を占める漁労からのケーブル防護策としては、漁具が海底に貫入する深さより深くケーブルを埋設する方法が有効である。
- C 埋設機による海底ケーブルの埋設可能範囲は、通常、水深2,000[m]までであり、それ以上の水深の海底に海底ケーブルを埋設する場合は、ウォータジェット装置を具備したROVを使用する。このROVは、水深4,000[m]まで埋設可能である。

〈(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 |         |

( ) 海底ケーブルの浅海部での工事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〉

浅海部では外装ケーブルが使用されるが、外装ケーブルは撚<sup>よ</sup>られた鉄線が外側にあるため、敷設時に、張力が変動するとトルクが生じ、ケーブルの捩<sup>ねじ</sup>れやキックが発生する場合がある。

浅海部の敷設工事において重要なことは、外装ケーブルにキックが生じないように、ケーブルに10～20[kN]の張力をかけながら敷設を行うことである。

浅海部で砂地の海底では、潮流によってサンドウエーブができるが、そのような場所では、敷設速度を小さくし、10[%]以上の十分なケーブルスラックを与えて、ケーブルを確実に、海底に着底させる。

ウォータジェット式埋設機は、掘削部を長くし、ジェットノズルを増やすことにより、埋設深度を深くすることができる。また、ウォータジェット装置が具備されていない鋤<sup>すき</sup>式埋設機と比較して、曳航張力<sup>えい</sup>を小さくすることができる。

( ) ケーブルスラックについて、以下の条件及び考察より、正しいケーブルスラックの関係式は、**(ク)** である。

(条件)

- Ⓐ 図に示すように、傾斜角  $\beta$  の傾斜面に海底ケーブルを着底した状態で敷設する場合を考える。
- Ⓑ ケーブル船の進行は、直進で、速度  $V_s$  は一定とし、ケーブルは直線状であると仮定する。
- Ⓒ 図に示すように、ケーブル船の位置が時間  $t_1$  の間に①点から②点に距離  $c$  だけ進むとする。

(考察)

上記条件より、時間  $t_1$  の間にケーブル線から繰り出すべきケーブルの長さが決まり、よって、ケーブル繰り出し速度  $V_c$  は、 $V_s$  と  $a$ 、 $b$ 、 $c$  により表される。したがって、この場合のケーブルスラックは、 $V_s$  と  $V_c$  の関係式、あるいは、 $a$ 、 $b$ 、 $c$  の関係式で表される。ここで、 $\frac{a}{\sin \theta} = \frac{b}{\sin \phi} = \frac{c}{\sin(\theta + \phi)}$  の関係式が成り立つので、この関係を使ってケーブルスラックを  $\theta$  と  $\phi$  の関係で表すことができる。

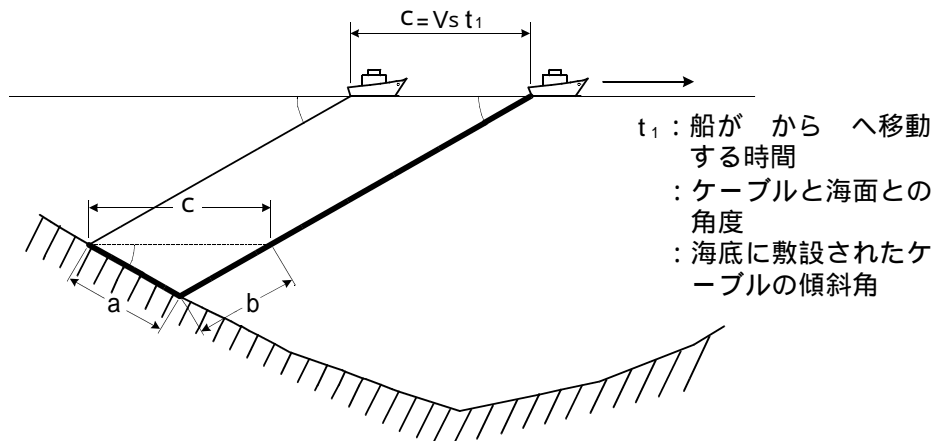


図 斜面へのケーブル敷設

<(ク)の解答群>

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sin(\theta - \phi)}{\sin \theta \cdot \sin \phi} \\
 &= \frac{\sin \theta}{\sin(\theta + \phi)} - 1 \\
 &= \frac{\sin \theta - \sin \phi}{\sin(\theta + \phi)} \\
 &= \frac{\sin \theta + \sin \phi}{\sin(\theta + \phi)} - 1
 \end{aligned}$$

- (1) 次の文章は、再生中継方式の光海底ケーブルシステムの設計における光損失配分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)

再生中継方式の光海底ケーブルシステムの光損失配分設計において、光送信部、光ファイバ部、光受信部から構成される伝送路モデルを想定する。再生中継方式では、  (ア) 区間で損失配分設計できる特徴がある。

光送信部では、光出力電力とともに半導体レーザと光ファイバの結合損失、光スイッチ・光フィルタなどの光部品の  (イ) 損失、中継器筐体内での光ファイバ接続損失などを考慮する必要がある。

光ファイバ部では光損失、光ファイバ接続損失、及び光フィードスルー損失を考慮する必要がある。さらに、光受信部では、アバランシホトダイオードにおける  (ウ) 効率及び  (エ) 率などを考慮する必要がある。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

1中継	全システム	複数中継	波長分散
偏光	ショット雑音	挿入	レイリー散乱
量子	熱雑音	増倍	屈折

- (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)

- ( ) 光海底ケーブルシステムの信頼性設計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〉

陸揚局における主要設備である光伝送端局装置、給電装置は、現用・予備設備を設け、冗長構成を採用して高信頼化を図っている。

静疲労特性による光ファイバの故障率は、光海底ケーブルシステム全体の信頼性設計において支配的となる。

再生中継方式では、電気信号と光信号の変換回路が必要となる。また、中継器を高信頼化するためには、電気回路のモノリシック集積回路化が不可欠である。

高信頼度を実現するために、特に海中で使用される部品に対して高温加速試験を中心とした信頼度評価試験が実施されている。

( ) 光海底ケーブル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〉

光海底ケーブルが、水中での自重により破断するケーブル長をモジュラスといい、モジュラスが20 [km]の光海底ケーブルを、水深8,000 [m]から回収する場合、モジュラスは、水深の2.5倍となっていることから、回収に耐えることができる。

太平洋横断などの長距離用光海底ケーブルには、ケーブルの敷設・修理時などに加わる外力に耐え、水圧が約800 [MPa]の深海底の環境下において長期間安定した特性を保つことが要求される。

光海底ケーブルの実用上の最大許容張力は、使用する光ファイバのブルーフ試験により保証される。光ファイバは、通常、伸びひずみ5 [%]以上のブルーフ試験を通過する必要がある。

光ファイバのガラス材料は、化学的に非常に安定した物質であり、水素、酸素などのガスによる特性劣化は発生しない。

( ) 光海底ケーブルの種類と特徴について述べた次のA～Cの文章は、**(キ)** 。

- A 鉄線で強固に保護された二重外装ケーブルは耐水圧に優れるため、主に3,000 [m]以上の深海で用いられる。
- B 一般に、陸揚局近傍の浅海部では、敷設・回収時の張力が比較的小さいので、破断張力の小さい無外装ケーブルを用いる。
- C フィッシュバイト対策ケーブルは、鯨に咬まれることによるケーブルの絶縁故障が頻発したことから開発されたものであり、無外装ケーブルに金属テープを巻き、さらにポリエチレンのジャケットで補強した構造である。

〈(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	

( ) 光海底ケーブルシステムにおいて、以下の条件の場合、1中継器に割り当てられる故障率は、約**(ク)** [FIT]である。

(条件)

- Ⓐ システム長：8,000 [km]
- Ⓑ 中継間隔：40 [km]
- Ⓒ MTBF (平均故障間隔)：10年

〈(ク)の解答群〉

0.57	5.7	57	570
------	-----	----	-----