

2022 年度技術士第二次試験

**筆記試験問題・合格答案実例集**  
**[機械部門]**

**APEC-semi & SUKIYAKI 塾**

# 問題Ⅰ（必須科目）

問題文およびA評価答案例

## 令和4年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

### 1 機械部門【必須科目 I】

I 次の2問題（I-1，I-2）のうち1問題を選び解答せよ。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

I-1 人類が初めて月に降り立ってから半世紀が経過する今，人類の活動圏を拡げて持続的な人類活動に貢献する宇宙探査の活動が世界中の科学者や技術者によって行われている。その活動の中で，人類が住める可能性のある星として名前がよく挙がるのが火星であり，水，そして生命体の存在も期待されている。

このような状況において，地球上での使用を前提として製品化された機械を，下表に示す火星の環境で使用するための実現可能性調査を行うことになり，あなたがその総括担当者となった。

- (1) 機械製品を1つ想定して，その概要を簡潔に記したうえで，その機械製品を火星で使用する際の課題を多面的な観点から3つ以上抽出し，それぞれの観点を明記したうえで，課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，それを挙げた理由と，その課題に対する機械技術者としての複数の解決策を示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行した結果，得られる成果とその波及効果を分析し，新たに生じる懸念事項への機械技術者としての対応策について述べよ。
- (4) 前問(1)～(3)の業務遂行に当たり，機械技術者としての倫理，社会の持続可能性の観点から必要となる要件・留意点について述べよ。

火星の環境データ

地球から火星までの距離	54.6～401.4×10 <sup>6</sup> km
太陽から火星までの距離	206.650～249.261×10 <sup>6</sup> km
赤道半径	3396.2 km
地表での重力	3.71 m/s <sup>2</sup>
自転周期	24.6597 時間
地表での温度 (Viking1着地点)	184～242 K (平均210 K)
地表での風速 (Viking着地点)	2～7m/s(夏季),5～10m/s(秋季),17～30m/s(砂嵐)
大気圧	0.40～0.87 kPa
大気成分	二酸化炭素 95.1% 窒素 2.59% アルゴン 1.94% 酸素 0.16% 一酸化炭素 0.06% 水蒸気 0.021%

出典 NASA, Mars Fact Sheet

## 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械	部門
問題番号	I-1	選択科目	流体機器	科目
答案使用枚数	1 枚目 3 枚中	専門とする事項	ターボ圧縮機	

○受験番号、答案使用枚数、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

1	.	対象機械	を火星で使用する際の課題												
		対象機械	は空気分離装置用ターボ圧縮機とする。段数は4段、軸封はラビリンスシールである。運転範囲を広げるため、1段吸込配管に入口案内羽根を設置している。吐出圧力は0.8MPaAである。周速マッハ数は0.8程度である。本機は20MWの大型モータで駆動する。対象機器を火星で使用する際の課題を示す。												
		観点1	: 人												
			火星では地球に比べて、圧縮機の技術者、運転作業員が少ないことが想定される。そこで、圧縮機の運用に必要な要員数の削減が課題である。												
		観点2	: 費用												
			火星では地球に比べて電力が豊富でなく、電気代が地球に比べて高いことが想定される。対象機器を駆動させるためには、大量の電力が必要である。そこで、省エネ化による運用費用削減が課題である。												
		観点3	: 技術												
			火星では地球に比べて、大気圧が低い、大気温度が低いなど、圧縮機の吸込条件が異なる。ここで、羽根車を適切に設計していなければ、規定圧力、流量を達成できない。そこで、火星の大気条件に合わせた羽根車の適切な設計が課題である。												
		2 .	最重要課題と解決策												
			最重要課題は火星の大気条件に合わせた羽根車の適切な設計である。対象機器の羽根車は周速マッハ数約												

●裏面は使用しないで下さい。 ●裏面に記載された解答は無効とします。

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

<b>受験番号</b>		<b>技術部門</b>	<b>機械</b>	<b>部門</b>
<b>問題番号</b>	I-1	<b>選択科目</b>	流体機器	<b>科目</b>
<b>答案使用枚数</b>	2 枚目 3 枚中	<b>専門とする事項</b> ターボ圧縮機		

○受験番号、答案使用枚数、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

0.8	と	い	う	過	酷	な	環	境	で	使	用	さ	れ	る	。	羽	根	車	が	適	切	に	
設	計	さ	れ	て	い	な	け	れ	ば	、	破	損	し	破	片	が	機	外	に	飛	散	す	る
可	能	性	が	あ	る	。	対	象	機	器	を	安	全	に	使	用	す	る	た	め	に	も	、
こ	の	課	題	が	最	優	先	で	あ	る	。	以	下	に	解	決	策	を	示	す	。		
解	決	策	1	：	最	適	な	材	料	の	選	定											
	火	星	で	は	最	低	184K	ま	で	大	気	温	度	が	低	下	す	る	。	こ	こ		
で	、	通	常	用	い	ら	れ	る	17-4PH	な	ど	を	使	用	す	る	と	、	韌	性			
が	低	下	し	、	破	損	す	る	可	能	性	が	あ	る	。	そ	こ	で	、	LNG	圧	縮	
機	に	も	採	用	さ	れ	て	い	る	高	強	度	アル	ミ	材	を	採	用	す	る	。	な	
お	、	こ	の	材	料	の	強	度	は	17-4PH	と	比	較	す	る	と	強	度	が	低			
下	す	る	。	そ	こ	で	吸	い	込	み	温	度	が	低	い	1,2	段	で	採	用	す	る	。
3,4	段	は	17-4PH	を	採	用	し	、	周	速	マ	ツ	ハ	数	を	上	げ	る	。				
解	決	策	2	：	羽	出	口	角	度	の	設	計											
	火	星	の	大	気	圧	は	地	球	に	比	べ	て	低	い	た	め	、	規	定	圧	力	ま
で	上	昇	さ	せ	る	た	め	に	は	回													
転	数	を	上	げ	る	必	要	が	あ	る	。												
し	か	し	回	転	数	の	二	乗	に	比													
例	し	て	応	力	が	上	昇	す	る	。													
そ	こ	で	出	口	羽	角	度	度	$\beta_2$														
を	大	き	く	取	る	。	そ	れ	に	よ													
り	、	図	1	に	お	け	る	絶	対	速													
度	ベ	ク	ト	ル	を	大	き	く	す	る	。												
こ	こ	で	、	オ	イ	ラ	ー	の	式														
$\Delta E = u_2 \cdot v_{u2} - u_1 \cdot v_{u1}$	よ																						
り	、	羽	根	車	が	流	体	に	与	え													

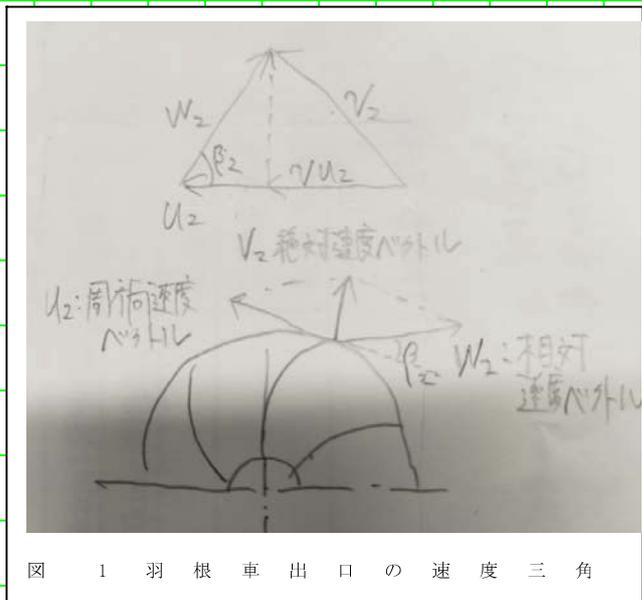


図 1 羽根車出口の速度三角

**技術士 第二次試験 模擬答案用紙**

受験番号		技術部門	機械	部門
問題番号	<b>I-1</b>	選択科目	流体機器	科目
答案使用枚数	<b>3 枚目 3 枚中</b>	専門とする事項 ターボ圧縮機		

○受験番号、答案使用枚数、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

る	比	エ	ネ	ル	ギ	一	が	大	き	く	な	る	た	め	、	よ	り	大	き	な	圧	力	上	
昇	を	達	成	で	き	る	。	そ	れ	に	よ	り	、	火	星	の	大	気	条	件	に	お	い	
て	規	定	圧	力	を	達	成	す	る	で	き	る	適	切	な	羽	根	車	を	設	計	す	る	。
<u>3-1. 得られる成果とその波及効果</u>																								
	火	星	の	大	気	条	件	に	合	わ	せ	た	羽	根	車	の	適	切	な	設	計	が	で	
き	た	こ	と	で	、	火	星	で	人	類	の	活	動	に	必	要	な	ガ	ス	を	得	る	こ	
と	が	で	き	る	。	波	及	効	果	と	し	て	、	こ	れ	ら	の	技	術	を	地	球	の	
北	極	や	南	極	と	い	っ	た	過	酷	な	環	境	で	駆	動	す	る	空	気	分	離	装	
置	の	設	計	に	活	用	す	る	。	そ	れ	に	よ	り	、	そ	れ	ら	の	場	所	で	も	
安	定	的	に	人	類	の	活	動	に	必	要	な	ガ	ス	を	得	る	事	が	で	き	る	。	
<u>3-2. 新たに生じる懸念事項と対応策</u>																								
	羽	根	出	口	角	度	$\beta$	2	を	大	き	く	し	た	こ	と	で	、	特	性	曲	線	上	
の	右	上	が	り	特	性	が	拡	大	す	る	。	こ	の	範	囲	で	は	サ	ー	ジ	が	発	
生	す	る	危	険	性	が	あ	る	。	そ	こ	で	、	バ	イ	パ	ス	ラ	イ	ン	を	設	置	
し	、	出	口	側	の	一	部	の	流	量	を	入	口	側	に	戻	す	ラ	イ	ン	を	設	置	
す	る	こ	と	で	サ	ー	ジ	を	防	止	す	る	。	こ	こ	で	、	入	口	と	出	口	を	
つ	な	ぐ	配	管	に	取	り	付	け	る	、	バ	イ	パ	ス	バ	ル	ブ	に	十	分	な	流	
量	が	流	れ	る	よ	う	流	量	係	数	を	適	切	に	設	定	す	る	。					
<u>4. 必要となる要件と留意点</u>																								
機械技術者の観点：羽根車は過酷な条件で使用され、																								
万が一破損すると、ロータ部品が機外に飛散する危険																								
性がある。そこで、設計時にFEMを実施して応力を把																								
握し、強度上問題ないことを確認する。ここで、FEM																								
の計算条件を決定する際は、想定される最も強度上不																								
利な条件で適切な安全率を確保できることを確認する。																								

## 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	<span style="border-bottom: 1px dashed black; display: inline-block; width: 50px; height: 1em;"></span> <span style="border-bottom: 1px dashed black; display: inline-block; width: 50px; height: 1em;"></span> <span style="border-bottom: 1px dashed black; display: inline-block; width: 50px; height: 1em;"></span> <span style="border-bottom: 1px dashed black; display: inline-block; width: 50px; height: 1em;"></span> <span style="border-bottom: 1px dashed black; display: inline-block; width: 50px; height: 1em;"></span>	技術部門	機械	部門
問題番号	I-1	選択科目	流体機器	科目
答案使用枚数	4枚目 3枚中	専門とする事項 ターボ圧縮機		

○受験番号, 答案使用枚数, 選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

	・	社	会	持	続	性	の	観	点	:	対	象	機	器	が	火	星	で	使	用	可	能	に	な	
	る	こ	と	は	,	社	会	の	持	続	性	を	高	め	る	こ	と	に	つ	な	が	り	公	益	
	性	が	高	い	。	本	検	討	で	得	ら	れ	た	知	見	は	適	切	な	手	続	き	を	行	
	っ	た	上	で	,	学	会	等	で	積	極	的	に	発	信	す	る	。	そ	れ	に	よ	り	技	
	術	の	発	展	を	促	進	す	る	。															
																								以	上
	(	本	番	で	は	,	3	枚	以	内	に	収	ま	っ	て	い	ま	す	。	)					

令和 年度 技術士第二次試験答案用紙

受験番号									
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

●受験番号、技術部門、選択科目、専門とする事項及び問題番号の欄は必ず記入すること。

技術部門	部門
選択科目	
専門とする事項	

問題番号	I - 1
------	-------

← 解答する問題番号（1又は2）を点線の枠内に必ず記入すること。  
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

1. 火星で使用する製品

画像データは状態把握やセンシング技術にとって非常に有益である。したがってカメラを想定し記述する。以下に課題を3つ記述する。

1.1 輸送の観点

スペースシャトルなどで宇宙に輸送できる重量には制限がある。そのため輸送するカメラは軽量であることが求められる。従ってカメラの軽量化設計が課題である。

1.2 耐久性の観点

火星の環境データより、火星地表の温度は地球よりも約90K低いことが分かる。従って低温下での動作耐久性が求められる。また砂嵐によるレンズの摩耗も考えられる。さらに火星では容易に交換修理が難しいことが想定される。従って耐久性の確保が課題である。

1.3 環境配慮設計（DfE）の観点

火星の環境データより、酸素の割合が0.16%と低いためオゾン層も少なく、紫外線や放射線の影響を受けやすいと推察される。放射線を防ぐ方法としてレンズ材料のガラスに鉛を付加することが挙げられる。しかし鉛は有害化学物質に相当するため、使用しないことが求められる。従って環境配慮設計が課題である。

2. 最も重要な課題と解決策

最も重要と考える課題は、耐久性の確保である。なぜなら、輸送やDfEの観点を解消したとしても、耐久性

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

がなければ、カメラの機能は得られないからである。  
耐久性を向上させるための解決策を3つ示す。

### 2.1 品質工学の活用

品質工学を活用することで、ロバストな設計解を見出す。具体的には過酷な使用環境を想定し誤差因子を設定することで耐久性を持つ設計解を見出す。直交表を用いて実験を行うことで、実験コストを下げる効果も期待できる。

### 2.2 リスクアセスメント(RA)の実施

企画設計段階でRAを行うことで、想定外の故障を防ぐことができる。リスクを抽出する際はFMEAやFTAを活用することで故障モードの抜け漏れを防ぐことができる。

### 2.3 コンカレントエンジニアリング(CE)

2.2のRAを行う際に、多くの有識者を集めてアイデア出しを行うことで情報の抜け漏れを少なくすることができる。具体的には南極で使用したカメラの設計者など、地球上での過酷な環境での設計時の情報を集めることで、火星でのカメラの耐久性を向上させることができる。

## 3. 得られる成果と波及効果、新たに生じる懸念点

### 3.1 成果と波及効果

火星の過酷な環境でも故障しないカメラの設計解を得ることができる。波及効果として地球上で使用するカメラの耐久性も向上できる。例えば気象衛星などのカ

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

カメラの精度が向上すること、天気予報の精度が向上するなどの波及効果が考えられる。

3.2 新たに生じる懸念点と対応策

宇宙で使用可能なカメラが増えること、宇宙に送り出すカメラの数が増えることが懸念される。耐久性が向上したとしても、装置は必ず故障する。故障した場合、宇宙空間のデブリが増えることになる。対策として更なる3R設計を行う。

4. 技術者倫理、持続可能性の観点から必要な要件

業務遂行に当たり最も重要なことは公衆の利益を最優先することである。すべてのステークホルダを意識して設計することが重要である。2.において鉛を使用したガラスを例示したが、技術者としては鉛フリーのガラスでも使用可能な設計解を追究することが必要である。また環境を最優先するためには、最新の法規制の情報を収集する必要がある。公衆の利益を最大化できる技術者となれるよう、常に研鑽を続ける。以上

## 電気式極寒冷地向けヒートポンプ

### (1) 課題3つ

地球温暖化対策として、空調冷熱機器の省エネ化するためヒートポンプ（HP）技術が注目されている。特に、電気式HPの普及拡大には、寒冷地での暖房効率改善が重要課題となっている。火星の超低温の外気環境で使用できるHP技術は、地球上の超寒冷地へのHP技術普及拡大に役立つことが期待される。

#### (1-1) エネルギー源の選定

電気式HP、燃焼式HP、その他HP方式において、火星で使用するエネルギー源の入手方法が課題である。

#### (1-2) ヒートポンプ（HP）方式の選定

室外の最低温度は約 $-90^{\circ}\text{C}$ で、室内と室外との平均温度差が約 $100^{\circ}\text{C}$ ある環境下に適したHP方式を選定することが必要である。

#### (1-3) 熱搬送方式の選定

### (2) 解決策

ヒートポンプ（HP）方式の選定について、解決策を示す。

(2-1) 二元蒸気圧縮式HP：超低温で動作する冷媒と、常温で動作する冷媒の二元冷媒方式を採用する。

(2-2) ガスサイクル式HP：超低温で動作可能なガスサイクル方式（エアサイクル、スターリングサイクルなど）を採用する。

(2-3) 外冷気利用システム：冷房運転においては、低温の外気温を積極的に利用する方式（熱伝導方式、ヒートパイプなど）を採用する。

### (3) 波及効果・懸念・対応策

(波及効果) 寒冷地への拡大

(懸念1) 地球ではコスト上昇要因となる。(対応策1) VE 実施で、対費用効果の高いものを選択。

(懸念2) 火星では高い信頼性確保が必要。(対応策2) FMEA、FTA で分析実施。

(4) 倫理、持続性の要件。留意点

- ・公衆の安全と公益に役立つようにする。
- ・製造販売は各国ごとの法令を順守する。
- ・情報セキュリティの管理を徹底する。

I-2 コロナウイルス感染症拡大防止のためテレワークの導入が急速に進められてきており、今後は単なるテレワークのためのツールや環境の開発・整備だけでなく、テレワーク自体の新たな形態への変革が進むと考えられている。一方、現在の機械製品の製造現場においては、実際に『現場』で『現物』をよく観察し、『現実』を認識したうえで業務を進める『三現主義』の考え方も重要と考えられている。特に、工場での製造業務や保守・メンテナンスを含む生産設備管理業務においては、機械稼働時の音や振動、潤滑油のニオイ等、人の感じる感覚的な情報を活用して業務に当たることが少なくない。このような状況を踏まえ、以下の問いに答えよ。

- (1) 生産・設備機械を監視・監督する保全技術者が三現主義のメリットを活かせるようにテレワークを実現する場合、どのような課題が考えられるか、多面的な観点から3つ抽出し、それぞれの観点を明確にしたうえで、それぞれの課題内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する解決策を機械技術者として3つ示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行した結果、得られる成果とその波及効果を分析し、新たに生じる懸念事項への機械技術者としての対応策について述べよ。
- (4) 前問(1)～(3)の業務遂行に当たり、機械技術者としての倫理、社会の持続可能性の観点から必要となる要件・留意点について述べよ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	R4 I - 2

技術部門	
選択科目	
専門とする事項	

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

1) 保全技術者がテレワークを実現するための課題																								
① 生産・設備機械の正確な状態把握																								
従来、現場で生産設備の音や振動、においなどの感覚的な情報から設備の状態を把握していた保全技術者がテレワークをするためには、遠隔で設備の状態を精度良く把握する必要がある。設備の振動や音などの状態を精度良く数値化することが課題となる。																								
② 異常発生時の対応方法の確立																								
保全技術者がテレワークを行うためには、稼働中の設備に異常が発生した際、現場にいる保全が専門ではない人が対応できるようにする必要がある。保全が専門外の人でも、安全に対応できる方法を確立することが課題となる。																								
③ 予防保全技術の確立																								
設備に異常が発生してから対応する事後対応ではなく、異常が発生する前に定期的にメンテナンスをする予防保全技術が確立できれば、保全技術者がテレワークの予定を立て易くなる。異常が発生する間隔の正確な把握が課題となる。																								
2) 最も重要な課題と解決策																								
上記の課題の中で③予防保全技術の確立が最も重要と考えた。設備に異常が発生する前にメンテナンスを行うことで保全技術者がテレワークの計画を立て易くなるのはもちろん、生産計画も立てやすくなる。また、																								

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

設備の安定稼働に繋がりに、製品の品質安定化が図れ公益確保に繋がる。以下に解決策を述べる。

① 設備状態の数值化

保全技術者が感覚で得ていた振動、音、においなどの情報を数值化し蓄積していくことで、異常が発生する期間を把握する。蓄積したデータを解析し、異常が発生する前にメンテナンスをすることで予防保全を実現する。

② AIによる設備状態の蓄積

上記①設備状態の数值化では、定期的に発生する異常に対する予防保全はできるが、突発的に発生する異常には対応できない。設備状態の数值データを蓄積し、AIで異常発生を検知できるようにすることで、突発的な異常を事前に検知する。

③ 加工品の状態の数值化

上記①②で異常を検知できず加工品に異常が発生するパターンも考えられる。これを防ぐために、加工品の寸法なども数值化することで異常を見逃さないようにする。

3) 成果、波及効果及び懸念事項と対応策

成果①：設備状態の数值化により、異常の検知が早くなる。

成果②：予防保全の実現により生産計画の達成率が向上し稼働率が上がることから利益率の向上に繋がる。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

波及効果①：予防保全の実現により突発的な対応が減るため、勤務時間の短縮に繋がリワークライフバランスの充実に繋がる。

波及効果②：予防保全により設備異常が減るため、加工品の品質向上による公益確保の波及効果が得られる。

懸念事項と対策：予防保全の導入初期はしきい値やセンサ一感度の調整が難しいため、誤検知による稼働率の低下が懸念される。対応策として、保全技術者の感覚とシステムの合わせこみを行う期間を設ける必要がある。

4) 必要となる要件・留意点

倫理の観点から必要となる要件・留意点

数値化により業務のマニュアル化が進むことが予測される。保全技術者はマニュアル通りに作業するのではなく、保全業務が設備利用者の安全や部品の品質低下に繋がることに留意する。要件として、保全技術者や関係者に過去の品質事故などを教育することによって倫理観を高める。

持続可能性の観点から必要となる要件・留意点

業務のマニュアル化、数値化により保全技術者の設備状態を把握する感覚が消失する可能性に留意する。要件として、保全技術者は出力される数字と実際の現象を合理的に把握することに努める。また、暗黙知の形式知化により技術を伝承する。

以上

# 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	2022 I-2

技術部門	機械
選択科目	機構ダイナミクス・制御
専門とする事項	交通・物流機械

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

テレワークによる生産・設備機械の監視・監督

## 1. 課題

### (1) 安全の確保

テレワークによる生産・設備機械の監視・監督を行うには、安全性の確保が課題である。通常の使用状態ははむろん、故障時や非常時においてもセンサ技術を活用して安全を確保する必要があると分析する。

### (2) 経済的なシステムの実現

いくら素晴らしいシステムであっても、高額であれば導入が難しい。センサは既存の製品を活用するなどの対策でコストを節約する。経済性の確保が課題である。

### (3) セキュリティ対策

テレワークにより生産・設備機械の監視・監督を行う場合は、WIFIや一般のインターネット回線を利用する。万一、ハッキングされると重大な事故が発生する可能性がある。セキュリティ対策が課題である。具体的には、①専門家の意見を聞いてセキュリティ対策を行う、②テレワークでのアクセス権には、一定の限度を設けるなどの対策を行う。

## 2. 最も重要な課題と解決策

### 2.1 最も重要な課題

最も重要な課題として安全性の確保を挙げる。安全にテレワークにより生産・設備機械の監視・監督を行うことが最優先であるためである。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

## 2.2 対策

### (1) センサ技術の活用

ビデオ、音響センサ、温度センサ及び振動センサを活用して、生産・設備機械の監視・監督を行う。さらにモータの電流値や回転数も合わせてモニタに表示する。また、人工知能を活用して、故障や整備が必要な個所を予知する。

### (2) 故障時の対策

センサが故障すると監視・監督を行うことができなくなる。重要なセンサについては冗長性を考慮し、複数台装備し、センサが故障しても機能を維持する。また(1)に示した故障や整備の予告をセンサについても実施する。

### (3) 非常時の対策

地震発生時など非常時は自動で安全に停止するよう設計する。またテレワークの技術者が非常停止操作をして安全に停止できるようにする。

## 3. 成果、波及効果、新たに生じる懸念

### 3.1 成果

テレワークによる監視・監督が行えるので、多様な勤務形態に対応可能になる。

### 3.2 波及効果

#### (1) スマート工場への応用

テレワークによる監視・監督のシステムは、スマート工場に応用できる。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

(2) 技術の見える化

センサを用いたリモートワークによる監視・監督のシステムを構築する際、ベテラン技術者がどのように見て、どのように評価しているかを見える化することになる。見える化した資料は、技術マニュアルとしてまとめ技術伝承に活用できる。

3.3 懸念事項

テレワークによる監視・監督のシステムはWIFIやインターネット回線を使用する。通信障害が発生すると生産・設備機械を運転できなくなる懸念がある。対応策としては、①ある程度の自動運転が可能なようシステムをグレードアップすることを検討する、あるいは②非常時は応急的に現場で監視・監督を行うよう対応する。

4. 業務遂行の要件

(1) 機械技術者としての倫理

従来は難しいとされていた現場スタッフがテレワーク可能になり勤務体制の幅が広がる。多様な勤務に対応可能とすることで、公共の利益に貢献する。

(2) 社会の持続可能性の観点

センサ技術を活用したシステムを構築し、テレワーク可能とすることで、SGDsの目標の一つである「産業と技術革新の基盤を作る」に貢献する。

以上

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	R4 I-2 rev0

技術部門	デジタルツイン
選択科目	
専門とする事項	

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

生産設備管理におけるテレワークの実現について

(1) 課題の抽出

課題① . 工場のデジタルツイン化

課題② . 熟練技術者の技能継承

課題③ . リモートメンテナンスの導入

(2) 課題に対する解決策

最も重要な課題 : 課題① . 工場のデジタルツイン化

課題選定の理由 : 5G や AI による自動化を用いることで効率化でき効果が大きい。

解決策① . 生産設備のデジタル化  
3Dモデル化を図る

解決策② . IoT センサ活用とクラウド管理

解決策③ . 感性工学の応用

(3) 成果と波及効果及び懸念事項と対応策

得られる成果 : 信頼性の向上

波及効果 : 働き方改革

懸念事項 : サイバー攻撃の増加

対応策 : BCP 策定と訓練

(4) 業務遂行に当たり必要となる要件・留意点

機械技術者としての倫理 : 技術情報と知的財産の流出防止

社会の持続可能性 : 機械製品の長寿化 以上

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号									
問題番号	I-2								

技術部門	部門	受験申込書に記入した専門とする事項
選択科目	科目	

枚数
枚目
枚中

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

<b>1. 多目的観点からの課題</b>																								
<b>1) 技術伝承</b>																								
人の観点で、技術伝承が課題である。テレワークを実施する場合、物を見ながらのOJTが難しくなるため、高度な技術を伝承することが難しくなる。																								
<b>2) 稼働設備の見える化</b>																								
物の観点で、稼働設備の見える化が課題である。テレワークの場合、物を実際に見ることが出来ないため、センサー等の情報しか取得出来ない。いかにして設備の状況を把握するかが重要である。																								
<b>3. 緊急時の対応</b>																								
環境の観点で、緊急時の対応が課題である。テレワークを実施していた場合、予期せぬ不具合が発生した時に現場までの移動に時間が掛かる。1つの設備が止まっただけでも、ラインが止まる可能性があるため、緊急時にどのように対応するかが重要である。																								
<b>2. 最重要課題と解決策</b>																								
団塊の世代の引退と少子高齢化により、技術者の数は減少傾向にある。稼働設備の見える化も緊急時の対応も技術者の検討が必要となるため、技術者の確保が最優先で実施すべきことと考え、技術伝承を最重要課題とする。																								
<b>1) ナレッジマネジメント</b>																								
高度な技術者は、カン・コツに頼っている場合があり、若手技術者がそれを習得するのに時間が掛かって																								

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

枚数
枚目
枚中

受験番号							
問題番号	I-2						

技術 部門	部門	受験申込書に記入した専門とする事項
選択 科目	科目	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

しま	う。	こ	の	解	決	策	と	し	て	ナ	レ	ッ	ジ	マ	ネ	ジ	メ	ン	ト	を	提		
案	す	る。	ナ	レ	ッ	ジ	マ	ネ	ジ	メ	ン	ト	は	暗	黙	知	を	形	式	知	化	す	
る。	形	式	知	を	デ	ー	タ	ベ	ー	ス	化	す	る	こ	と	で、	高	度	な	技	術		
を	容	易	に	習	得	で	き	る	よ	う	に	な	る	こ	と	が	期	待	出	来	る。		
2)	コ	ン	カ	レ	ン	ト	エ	ン	ジ	ニ	ア	リ	ン	グ	の	実	施						
	通	常	の	開	発	は	企	画、	開	発、	生	産	と	順	番	に	実	施	す	る	た		
め、	生	産	段	階	で	製	造	要	望	が	あ	っ	て	も	織	り	込	む	こ	と	が		
難	で	あ	る。	こ	の	解	決	策	と	し	て、	コ	ン	カ	レ	ン	ト	エ	ン	ジ	ニ		
ア	リ	ン	グ	を	提	案	す	る。	コ	ン	カ	レ	ン	ト	エ	ン	ジ	ニ	ア	リ	ン	グ	
は、	企	画、	開	発、	生	産	と	平	行	し	て	進	め	る	た	め、	早	期	に				
製	造	要	望	を	把	握	す	る	こ	と	が	出	来	る。	製	造	要	望	を	織	り	込	
む	こ	と	で、	高	度	な	技	術	が	不	要	な	設	備	を	開	発	す	る	こ	と	が	
出	来	る。																					
3)	モ	ジ	ュ	ー	ル	化																	
	メ	ン	テ	ナ	ン	ス	の	際	に	細	か	い	部	品	ま	で	分	解	す	る	必	要	が
あ	る	場	合、	高	度	な	技	術	が	必	要	と	な	る。	こ	の	解	決	策	と	し		
て、	モ	ジ	ュ	ー	ル	化	を	提	案	す	る。	モ	ジ	ュ	ー	ル	化	す	る	こ	と		
で	細	か	い	部	品	の	分	解	が	不	要	と	な	り、	高	度	な	技	術	を	要	す	
る	メ	ン	テ	ナ	ン	ス	が	不	要	と	な	る	こ	と	が	期	待	出	来	る。			
3.	波	及	効	果	と	懸	念	事	項														
1)	波	及	効	果																			
	ナ	レ	ッ	ジ	マ	ネ	ジ	メ	ン	ト	や	モ	ジ	ュ	ー	ル	化	す	る	こ	と	に	よ
り、	技	術	伝	承	が	容	易	に	な	る	た	め、	海	外	の	技	術	者	の	教	育		
も	容	易	と	な	る。	ま	た、	コ	ン	カ	レ	ン	ト	エ	ン	ジ	ニ	ア	リ	ン	グ		
を	実	施	す	る	こ	と	で、	開	発	効	率	の	向	上	が	期	待	出	来	る。			

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

枚数
枚目
枚中

受験番号	
問題番号	I-2

技術部門	部門	受験申込書に記入した専門とする事項
選択科目	科目	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

<b>2)懸念事項とその対応策</b>																								
上記を実施しても、予期せぬ不具合が発生する可能性がある。DR、DRBFMを実施して、設計者以外の視点でも不具合の有無を確認することで未然に不具合を防ぐ。																								
<b>4.必要要件</b>																								
<b>1)機械技術者としての倫理</b>																								
設計者として、無駄は減らす必要があるが、予期せぬ操作をしても安全を確保出来るようにフルプルーフを織り込む。																								
<b>2)社会の持続可能性</b>																								
環境配慮設計とライフサイクルアセスメントを実施して、環境負荷の低い再生材や歩留まりの改善に取り込み、社会の持続可能性を確保する。以上																								
(本番は3行残しぐらいだったはず)																								

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

<u>( 1 ) 多 面 的 な 課 題</u>																								
三 現 主 義 を 活 か す 具 体 的 な 例 と し て 、 A C サ ー ボ モ 一 タ を 駆 動 す る サ ー ボ ア ン プ を 挙 げ る 。 サ ー ボ ア ン プ は 基 板 、 樹 脂 ケ ー ス 、 ア ル ミ ダ イ カ ス ト 品 で 構 成 し て い る 。																								
課 題 ① <u>デ ジ タ ル 化 し た も の づ く り ( 観 点 : 技 術 )</u>																								
テ レ ワ ー ク に よ る 製 造 を 実 現 す る に は 、 デ ジ タ ル 化 し た も の づ く り が 課 題 で あ る 。 A I , セ ン サ で 生 産 の 効 率 化 を す る こ と が 重 要 と 考 え る 。																								
課 題 ② <u>デ ジ タ ル 人 材 の 確 保 ( 観 点 : 人 )</u>																								
テ レ ワ ー ク を 実 現 す る に は デ ジ タ ル 人 材 の 確 保 が 課 題 で あ る 。 設 計 業 務 で も デ ジ タ ル 人 材 を 必 要 と し て お り 、 デ ジ タ ル 人 材 の 確 保 は 重 要 で あ る 。																								
課 題 ③ <u>情 報 の 共 有 化 ( 観 点 : 情 報 )</u>																								
テ レ ワ ー ク に よ る 製 造 技 術 の 情 報 を 共 有 し 、 業 務 の 効 率 化 す る こ と が 課 題 で あ る 。 こ れ に よ り 、 日 本 の 基 盤 と な る 技 術 の 底 上 げ を し て い く 。																								
<u>( 2 ) 最 も 重 要 な 課 題 と 解 決 策</u>																								
<u>( 2 ) 一 1 最 も 重 要 な 課 題</u>																								
最 も 重 要 な 課 題 と し て 、 課 題 ① を 挙 げ る 。 テ レ ワ ー ク に よ る も の づ く り が で き れ ば 、 機 械 部 門 全 体 に 影 響 を 与 え る と 考 え る 。																								
<u>( 2 ) 一 2 解 決 策</u>																								
解 決 策 に つ い て は 、 オ ー プ ン プ ラ ッ ト フ ォ ー ム で 全 体 を 管 理 し 、 進 め て い く 。																								

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

<u>解決策① AR, VR による製造の育成</u>												
製造現場では、製造に関するノウハウや技術を直接、	指導や育成ができるがテレワークではできない。その	ため、テレワークによる生産に関する留意点やノウハウ	はAR, VRにより、表示し、育成していく。									
<u>解決策② 遠隔操作による組立</u>												
サーボアンプは多くの種類があり、手作業による組	立をしている。そこで、テレワークを実現するため、	ロボットによる組立を推進していく。ロボットで組み	立てやすくするため、製品の組立方向の削減やねじの	種類の削減をしていく。また、応力センサ、振動セン	サで組立時、異常が発生できるようにする。							
<u>解決策③ AIによる外観チェック</u>												
サーボアンプの外観チェックは人による目視をして	いた。テレワークを実現するため、カメラ、AIによ	り、外観チェックをしていく。また、小さなキズにつ	いては、光による明暗をカメラで発見できるようにする。									
<u>(3) 得られる成果と波及効果、懸念事項</u>												
<u>(3) — 1 得られる成果と波及効果</u>												
解決策を実行することで、テレワークで製造を実現	することができる。											
また、類似した産業機械などに波及すること、デ	ジタル化が進み、生産の効率化ができると考える。											
<u>(3) — 2 懸念事項と対応策</u>												
<u>懸念事項① サイバー攻撃</u>												

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

サイバー攻撃により、解決策のデジタル技術が使用できなくなり、生産が停止する懸念がある。  
解決策：生産監視者、他のテレワークの作業者が相互にデータを管理するブロックチェーンシステムを導入する。これにより、サイバー攻撃された箇所を明確にでき、早急に対策をすることのできる。

懸念事項② 生産設備の修理  
テレワークのため、生産設備を修理する箇所が分からず、時間がかかる懸念がある。  
解決策：設備で故障しやすい箇所を事前検証しておく。さらに、故障しやすい箇所については部品交換しやすいようにしておく。

(4) 技術者としての倫理、社会の持続可能性

(4) ー 1 技術者としての倫理  
安全性の向上：ロボットにより、火事や事故が発生しない様、公衆の安全と公益の確保を第一に考える。  
信用の確保：生産（締め付けトルクの不良など）に関するデータの隠ぺいや改ざんが発生しない様、管理していく。

(4) ー 2 社会の持続可能性

省エネルギー：生産のデジタル化でエネルギー消費が増大しない様、エネルギーをマネジメントしていく。  
技術継承：技術やノウハウはナレッジデータベースで保存し、技術継承していく。

以上

# 技術士第二次試験 答案用紙

受験番号								
問題番号	I - 2							

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	機械総合

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

1	.	はじめに	
			テレワークは感染症拡大防止のみならず、少子高齢化に伴う労働力人口の減少への対応、場所にとられない多様な働き方を可能にし、生産性を高めることが期待されており、積極的な取り組みが求められている。
2	.	三現主義のメリットを活かすための課題	
		① 感覚情報のリアルタイムな取得	
			保守技術者が正しい判断をするためには、現地で得られる五感情報に近い情報を遅延なく得られる必要がある。カメラ・マイク・センサ類などのセンシング技術に加え、それらの情報を遅延なく実現する情報通信分野の課題がある。
		② 即応性の確保	
			現地においては異常を感じた時に、直ちに設備を止めることが求められる。テレワークにおいても現地での異常を即座に把握し、直ちに停止できる必要がある。
		③ 教育方法の確立	
			三現主義のメリットとして、現場で熟練者が設備について教えられることがある。テレワークとなる場合、指導者と指導される者が同一の環境下において設備状況を把握できる環境を構築する必要がある。
3	.	最も重要と考える課題と解決策	
			最も重要と考えるのは、「感覚情報のリアルタイムな取得」である。それは保守技術者の判断に欠くことができないためである。解決策を3点挙げる。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

①	センサ類のシンプル化
必要なセンサ類を洗い出す。例えば動画データは容量が大きいので、数枚の画像やエッジ情報で同等の効果が得られないか検討し、シンプルでデータ容量の少ない方法を検討する。	
②	機械学習の活用
得られたデータについて、AIなどの機械学習手法を用いて、予兆などを把握し、保守技術者に通知すること、監視の負担を減らす。	
③	高速通信網の活用
近年急速に発展している高速情報通信網を活用し、データ送受信の遅延をなくす。大きな工場であればローカル5Gなどを整備する。	
4.	得られる効果と新たに生じる課題
効果としては、現場同等の作業がテレワークでできることで、身体的負担が減り、高齢者や女性などこれまで現場作業に携わらなかった人を活用できるようになる。また労働環境が改善することで、より良い人材が確保できるようになる。	
懸念点として、システム構築には専門的知識が必要で、自社で対応できない場合はコンサルティング契約を結ぶなどが必要になる。これに加えてシステム自体の設備投資も必要でコストがかかる。コストと労働環境改善によるメリットを評価する必要がある。	
5.	倫理・社会の持続可能性から必要となる要件

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

自	宅	で	テ	レ	ワ	ー	ク	が	可	能	に	な	る	こ	と	で	、	労	働	力	の	確	
保	を	持	続	的	に	行	う	こ	と	が	で	き	る	可	能	性	が	あ	る	。			
	一	方	で	、	コ	ス	ト	の	面	か	ら	、	大	企	業	で	は	シ	ス	テ	ム	導	入
が	で	き	た	と	し	て	も	中	小	企	業	で	は	導	入	が	難	し	く	、	こ	の	こ
と	が	労	働	環	境	の	格	差	に	な	る	リ	ス	ク	が	あ	る	。					
	政	府	は	補	助	金	な	ど	を	中	小	企	業	に	与	え	、	シ	ス	テ	ム	導	入
を	後	押	し	す	る	こ	と	で	、	産	業	全	体	の	生	産	性	向	上	を	図	っ	て
い	く	。																					
	ま	た	、	テ	レ	ワ	ー	ク	で	向	上	し	た	生	産	性	に	よ	り	、	余	剰	と
な	る	人	員	は	デ	ー	タ	分	析	な	ど	の	成	長	分	野	に	振	り	向	け	、	企
業	全	体	が	人	材	活	用	の	好	循	環	と	な	る	よ	う	に	す	る	。			

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号							
問題番号	令和4年度 I-2						

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	産業機械の計画・設計

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

<u>1 . 課題の抽出と分析</u>																								
産業機械で使用するクレーンを想定する。クレーンは、物資を揚重・運搬させるためのものである。以下に多面的な観点から課題を抽出し内容を述べる。																								
<u>( 1 ) いかにかに持続可能性を確保するか</u>																								
地球環境保全のためにSDGsが叫ばれている。火星においても人類が生活する以上、同様に求められる。																								
<u>( 2 ) いかにかに技術者を育成するか</u>																								
少子高齢化の背景もありつつ、育成する側の技術者も時間が取れない状況である。さらに宇宙に関する知識の習得も非常に難しいことから、技術者の育成をすることが求められる。																								
<u>( 3 ) いかにかに環境に対する機械能力を確保するか</u>																								
地球に比べて風が強い、温度が低い、重力が小さい等により、構造設計、ギヤオイルの選定、鑄の有無における対策等適切な機械能力の確保が求められる。																								
<u>2 . 重要と考える課題・理由と解決策</u>																								
1章より、「いかにかに持続可能性を確保するか」を選択する。理由として、、、																								
<u>( 1 ) メンテナンスフリー・長寿命化</u>																								
地球からの資源調達のため輸送費も莫大となる。メ																								

# 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

メンテナンスフリーのベアリングなどの採用、重力が小さいため、荷重が小さくなることから小型化による省資源での製作が可能。標準部品を使用し、部品の交換だけで運用ができるように設計。

## ( 2 ) 3 R の 推 進

ギヤオイルなど使用する製品の有害物質の削減を行う。使用する発電機から発生するCO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>を回収・分離させ、大気汚染を抑制する。

## ( 3 ) 再 生 可 能 エ ネ ル ギ ー の 使 用

クレーンの動力として、ヒートポンプや風力太陽光エネルギーを活用し、クリーンな環境を維持する。

## 3 . 新 た に 生 じ う る リ ス ク と 対 策

### ( 1 ) 得 ら れ る 成 果 ・ 波 及 効 果

解決策を実行することで、火星での持続可能な社会が形成される。波及効果として、火星で得られた技術を地球にも応用することで、さらなる持続可能な社会が達成される。

### ( 2 ) 新 た に 生 じ う る リ ス ク

開発等のインシヤルコストが高くなる。

### ( 3 ) 対 策

材料・設計・運搬・組立・運用・解体まで含めたラニングコストで考えて計画する。

# 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

<u>4 . 業 務 と し て 遂 行 す る に 当 た り 必 要 と な る 要 件</u>																								
我	々	技	術	者	は	、	常	に	公	衆	の	安	全	、	健	康	及	び	福	利	を	考		
慮	し	、	公	正	な	立	場	で	業	務	を	遂	行	し	な	け	れ	ば	な	ら	な	い	。	
ま	た	、	コ	ン	プ	ラ	イ	ア	ン	ス	を	遵	守	し	、	安	心	安	全	な	機	械	の	
提	供	、	将	来	世	代	に	わ	た	っ	て	宇	宙	環	境	の	保	全	を	考	慮	し	た	
機	械	設	計	を	行	う	こ	と	が	要	件	で	あ	る	。									
																							以	
行	間	な	く	2	.	8	～	2	.	9	枚	位	記	述	し	た								

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	I-2

技術部門	
選択科目	
専門とする事項	

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

1. 課題																								
機械保全技術者が三現主義のメリットを活かせるようにテレワークを実現する場合、以下3つの課題が考えられる。																								
(1) DX人材との連携と育成に関わる課題																								
機械設備を遠隔で監視・監督するためには、IoTやAI技術を用いた異常検知や故障予測が必要である。これらを迅速に実用化するためには、社内外のDX人材との連携や、部門内での人材育成が必要である。																								
(2) 機械の安全・信頼性に関わる課題																								
テレワークやDX技術の活用により、機械設備の監視・監督形態が大幅に変更され、機械の安全・信頼性が低下するリスクがある。業務形態の変更を踏まえたリスクアセスメントが必須である。																								
(3) 熟練者の暗黙知に関わる課題																								
機械設備の監視・監督にDX技術を活用し、テレワークを進めるためには、熟練者の暗黙知の形式知化が必要である。上記の形式知を整理した上で、DX技術の開発や業務フローの変更を進めることで、三現主義のメリットを活かしたテレワークを推進できると考えられる。																								

○解答欄の記人は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

<u>2. 最も重要と考える課題とその解決策</u>																								
技術者は公衆の安全・健康を最優先すべきなので、																								
機械の安全・信頼性に関わる課題が最も重要と考える。																								
この解決策として以下の3つが考えられる。																								
<u>(1) リスクアセスメント</u>																								
リスクアセスメントでは、企画・設計段階で機械・																								
設備に発生しうる危険源を特定し、それらの影響の重																								
大さを評価し、それらに応じた対策を事前に検討する。																								
これにより、機械・設備の危険源を体系的に整理し、																								
優先順位を考慮した安全対策を講じることが出来る。																								
<u>(2) DRBFM</u>																								
DRBFMは、設計や工程等の変更点に着目して行う																								
FMEAである。テレワーク導入による機械設備の監																								
督・監視方法の変更点に着目してリスク管理を行い、																								
トラブルの発生確率を可能な限り低減する。																								
<u>(3) フェールセーフ設計</u>																								
機械や設備はいつか必ず故障すると考え、致命的な																								
危険事象の回避のために、異常発生時に機械を安全側																								
へ停止させる仕様とする。例えば、列車の踏切遮断機																								
は、故障時に自重で通路を遮断し、歩行者の安全を優																								
先している。																								

○解答欄の記人は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

3. 得られる成果と波及効果

わが国は少子高齢化、労働人口減少・人手不足により、今後、国際競争力が低下する可能性がある。機械設備の安全性を向上させることで、わが国の機械設備のブランド価値を高め国際競争力を高めることができる。また、DXの活用により人件費等のコストダウンが期待できる。

4. 新たに生じる懸念事項とその対応策

DXの活用やテレワークにより現場作業者の雇用が削減される懸念がある。対策としては、現場知識を有するDX人材を育成するため、デジタル技術の教育やリソースの再配置を行う。

5. 業務遂行に必要な要件と留意点

業務遂行にあたり、公衆の安全、健康および福利を最優先した上で、地球規模の保全等、次世代にわたる社会の持続性の確保に努めることが必要である。また、機械製品・設備の信頼性・安全性については故障や事故のリスクをゼロにはできないため、リスク発現時には適切なリスクコミュニケーションを実施し、技術者としての社会的責任を果たすことが重要である。

令和4年度 技術士第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	I-2

技術部門	機械
選択科目	機械設計
専門とする事項	PDM

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

(1) 生産・設備機械の監視・監督保全技術者が三現主義のメリットを活かすテレワーク実現の課題

① 経験・ノウハウの活用：人の観点

保全技術者がテレワークにより設備の監視・監督するには、保全技術者の持つ経験・ノウハウをテレワークで利用できる情報に加工する必要がある。ただし現在ベテラン技術者のノウハウや経験は暗黙知のままであるため、テレワークでの利用が困難である。そのため、ベテラン技術者のノウハウの活用が必要である。

② 感覚情報の再現：情報の観点

保全技術者は設備の音、振動、にoin等の感覚情報を用いて設備の監視・監督しているが、テレワークでこれを実現するためには、テレワーク先で感覚情報を再現して、保全の判断をする必要がある。しかし、音、振動再現はおおむねできているが、にoinの再現は困難である。そのため、感覚情報の再現が課題である。

③ 現システムのテレワークへの対応：モノの観点

現在の設備・システムがテレワークへの対応が必要であるが、現在のシステムのOSのアップデートの困難や、センサーを後付けするスペースがないなど既存の設備・システムがテレワークに対応していない。そのため、既存設備・システムのテレワークへの対応が課題である。

# 技術士第二次試験 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

<u>(2) 最も重要と考える課題と解決策</u>														
<u>① 最も重要と考える課題</u>														
経験・ノウハウの活用														
<u>② 解決策</u>														
<u>a ナレッジマネジメント</u>														
ベテラン技術者のノウハウ、経験を文字情報に変換し、ナレッジマネジメントデータベースに保管・蓄積する。テレワークで現場対応する場合、ベテラン技術者や現場技術者はそのシステムを活用し、トラブル対応を行う。														
<u>b AR</u>														
ベテラン技術者の作業内容を録音録画し、ARにより代替りの技術者のサポートとして利用する。また、不具合発生時などで現場の技術者が調査・対策する必要がある場合、リアルタイムでベテラン技術者がARにより画面指示することによって、ベテラン技術者と同等の品質を確保することができる。														
<u>c モジュール化・標準化</u>														
多種多様な機械があると、それぞれに対応したメンテナンス方法、交換部品があり、テレワークで対応するには困難が生じる。そこで、標準化をすすめて、不具合対応のパターンを減らすことで、テレワークでの対応を容易にする。また、モジュール化により、部品の交換時にすり合わせが必要な場所を削減することによって、テレワークでの対応を簡素化できる。														

# 技術士第二次試験 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

<u>（3）成果と波及効果、新懸念事項と対応策</u>																								
①	成	果	:	保	全	技	術	者	の	ワ	ー	ク	ラ	イ	フ	バ	ラ	ン	ス	の	改	善	。	
②	波	及	効	果	:	技	術	伝	承	の	問	題	が	改	善	す	る	。						
③	懸	念	事	項	:	通	信	シ	ス	テ	ム	の	遮	断	、	外	部	か	ら	の	攻	撃	に	
	よ	る	シ	ス	テ	ム	障	害	に	よ	り	、	設	備	運	転	不	具	合	時	の	テ	レ	ワ
	ー	ク	対	応	に	支	障	が	出	る	可	能	性	が	あ	る	。							
④	対	応	策																					
a	B	C	P	（	業	務	継	続	計	画	）	の	策	定										
	B	C	P	を	策	定	し	、	通	信	シ	ス	テ	ム	の	不	具	合	時	に	、	現	場	
	で	の	冷	静	で	効	果	的	な	現	場	対	応	を	可	能	と	す	る	。				
b	サ	プ	ラ	イ	チ	ェ	ー	ン	マ	ネ	ジ	メ	ン	ト										
	通	信	障	害	に	よ	り	部	品	供	給	に	支	障	が	出	る	場	合	に	、	サ	プ	
	ラ	イ	チ	ェ	ー	ン	マ	ネ	ジ	メ	ン	ト	を	構	築	し	、	複	数	の	供	給	元	を
	確	保	し	、	施	設	停	止	に	備	え	る	。											
<u>（4）業務遂行において必要な要件</u>																								
<u>① 倫理</u>																								
	公	共	の	利	益	を	最	優	先	に	考	え	、	法	令	の	遵	守	し	、	安	全	を	
	最	大	限	考	慮	し	て	業	務	を	遂	行	す	る	よ	う	心	掛	け	る	。	ま	た	、
	技	術	力	の	維	持	・	向	上	に	努	め	る	。										
<u>② 社会の持続可能性</u>																								
	省	エ	ネ	、	3	R	を	考	慮	し	た	業	務	の	実	施	、	及	び	、	人	材	育	
	成	に	精	力	的	に	取	り	組	む	こ	と	で	、	社	会	の	持	続	可	能	性	を	図
	る	。																						

# 問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-1 機械設計～

令和4年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1-1 機械設計【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 除去加工は，金属材料の不要な部分を除去して目的の形に加工する方法であり，切削加工・研削加工・研磨加工・特殊加工（放電加工，レーザー加工など）に分類される。これらの分類から3つを選択し，それぞれの分類で使用される工作機械を1つずつ挙げて，その加工方法及び特徴を説明せよ。

Ⅱ-1-2 S-N線図について説明し，繰り返し荷重や変動荷重を受ける機械構造物の疲労設計について述べよ。

Ⅱ-1-3 回転体と固定部の間に設置され，異物の侵入を防止したり，内外部の気体や液体などの流体が漏れ出て圧力が変化することを防いだりする密封構造（シール構造）を3つ挙げ，それぞれの特徴，使用上の注意点を述べよ。

Ⅱ-1-4 VE（Value Engineering）5つの基本原則のうち3つを挙げ，その意味とVEを進めるための手順を説明せよ。

令和 年度 技術士第二次試験答案用紙

受験番号									
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

●受験番号、技術部門、選択科目、専門とする事項及び問題番号の欄は必ず記入すること。

技術部門	部門
選択科目	
専門とする事項	

問題番号	Ⅱ-1-1
------	-------

← 解答する問題番号（1又は2）を点線の枠内に必ず記入すること。  
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

1. 除去加工の種類

以下の3つの除去加工方法について、分類と工作機械について記述する。

1.1 切削加工：フライス盤

フライス盤はツールを回転させワークに近付けることで、ワークの除去加工を行う。ツールを変えることで除去単位を大きくすることができるが、ツールが必須であるため、微細加工は困難である。

1.2 研削加工：カーブジェネレータ（CG機）

CG機はカップ型の砥石を回転させ、ワークに近付けることで、所望の曲率の形状創成が可能である。一般的に砥粒にダイヤモンドを使用するため、機械的な除去であり、鏡面創成は困難である。

1.3 研磨加工：球芯研磨機

球芯研磨機は所望の曲率のツールをワークに当てることでワークの除去加工を行う。砥粒に酸化セリウムなどの化学的作用が期待される物質を使用することで、鏡面創成をすることができる。しかしCG機の加工に比べると除去単位が小さいため、形状創成は困難である。したがって所望の形状の鏡面を得たい場合は、CG機と組み合わせて使用する必要がある。以上

600字まで

## 2-1-1

### 1. はじめに

金属を加工する除去加工は複数の種類があり、それぞれ特徴が異なる。加工時にはそれぞれの加工の特徴を考慮して方法を選択する必要がある。

### 2. 加工に用いられる加工機と特徴

下表に切削加工、研削加工、特殊加工（放電加工）とその加工に用いられる加工機および加工方法の特徴を示す。

	切削加工	研削加工	特殊加工（放電加工）
加工機	マシニング センタ	研削盤	型彫り放電加工機
加工法	刃物で 対象を削る	砥石で 削る	電極と対象物間で 放電させ熱で 溶かす
特徴	加工時間が 短い 微細加工が 難しい	高精度 加工する 形状に 制約あり	高精度 形状自由度が大 加工時間長い 電極加工が必要

それぞれの加工方法は得意な形状や精度、サイズが異なる。適切な加工方法を選択することで、適切な品質、コスト、リードタイムを実現することができる。上記3種の切削加工が最も加工効率が良い。そのため切削加工で加工可能なよう設計し、その他2つの加工は最小限ことでQCDのバランスが取りやすい。

以上

# 技術士第二次試験 答案用紙

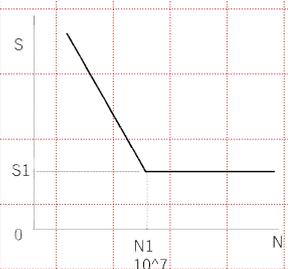
受験番号	
問題番号	II - 1 - 2

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	機械総合

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

	S - N 線図は疲労破壊に到る繰り返し応力の大きさと回数を示したものである。図に示すように繰り返し応力 S が小さいほど回数は大きくなる。一方で S がある値以下となる場合は、グラフは横ばいとなり、それ以下の応力では疲労破壊が生じない。この時の応力を疲労限度という。繰り返し荷重を受ける機械構造物においては、S は疲労限度以下とするのが理想的であるが、設計制約上、それより大きくなる場合は、使用期間中に想定する N から算出される S に安全率を見込んだ値とする。
	疲労設計においては、応力集中が重要である、応力集中した場合、その応力に応じた低サイクルで破損が発生するためである。そのため、角部には R をつけたり、断面形状の急変を避けるなどの工夫が必要である。また、設計時には、亀裂の点検方法についても定めておく。検査できる亀裂の大きさを定めておき、その大きさになるまでに 2 回以上の検査ができるように点検方法を定める。
	なお、一般的な鋼材で疲労限界応力となるサイクル数は 10 の 7 乗程度と言われている。
	
	図： S - N 線図

令和4年度 技術士第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II-1-2

技術部門	機械
選択科目	機械設計
専門とする事項	PLM

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

(1) S - N 線 図 と は

縦軸に繰り返し応力、横軸に繰り返し数とし、破壊する点をプロットした線図である。繰り返し数が多くなると、破壊応力は右下がりとなるが鉄系では10の7乗付近で一定となる。この応力を疲労強度と呼び、疲労設計ではこの応力を利用する。その他の材料は一定とはならないものもある。

図 1 S - N 線 図

(2) 疲 労 設 計 に つ い て

① 応 力 集 中 部 を 減 ら す

段差、切欠き等の応力集中部を可能な限り無くした設計を行なう。

② 繰 り 返 し 数 の 適 正 な 設 定

現状調査・ヒアリング等により、適正な繰り返し数を設定し、設計条件にする。

③ 調 査 ・ 交 換 の 容 易 な 設 計

繰り返し応力にり影響する部品の劣化状況の調査や劣化した場合の交換が容易となる設計を行なう。

④ 安 全 設 計

疲労破壊による影響を最小限にするフェールセーフ、フェールソフト、フォールトトレランス等の安全設計を行なう。

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

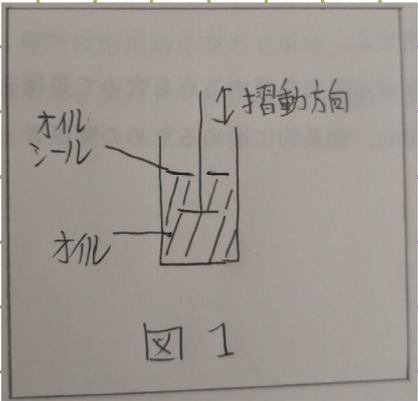
受験番号	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>										
問題番号	II-1-3										

技術部門	部門	受験申込書に記入した専門とする事項
選択科目	科目	

枚数
枚目
枚中

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

	<p>二輪車に多く使用される、オイルシール、Oリング、ガスケットについて下記に述べる。</p> <p><b>1. オイルシール</b></p> <p>オイルシールはサスペンション等の摺動する部分に使用され、オイルが漏れないにする目的で使用される。(図1)</p> <p>摺動部分に使用されるため、耐摩耗性を確保する必要がある。耐摩耗性を向上させるためにアスベストが使用されていないことに注意する。</p> <p><b>2. Oリング</b></p> <p>ゴム等で出来ており、比較的小さい力で潰して使用することでシール機能を確保することが出来る。ただし、ゴムは熱による硬化や劣化が懸念されるため、高温部には使用出来ない。また、劣化によりオイル等が漏れないように定期メンテナンスすることに注意する。</p> <p><b>3. ガスケット</b></p> <p>金属で出来ており、エンジン等の高温部に使用される。ガスケットは塑性変形領域で使用するため、再使用が出来ない。ユーザーが誤って再使用しないように取り扱い説明者やオーナーマニュアルに記載することに注意する。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>																							
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



# 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	<b>II-1-3</b>

技術部門	
選択科目	
専門とする事項	

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

<u>(1) スパイラルグループシール</u>																								
特徴：回転部の面にらせん状の溝を有し、溝のポンピング効果により圧力が発生し、固定部と回転部が数ミクロンの距離で保たれる非接触シールの一種である。																								
使用上の注意：摺動面の相対的な傾斜により、流体圧力が大幅に低下し、しゅう動面の焼き付きのリスクがあるため、軸のアライメントに注意する。																								
<u>(2) メカニカルシール</u>																								
特徴：バネ機構による固定側の回転側へ押し付け力と、摺動面の流体圧力のバランスにより適切なすきまが保たれる非接触シールの一種である。																								
使用上の注意：構造が複雑であるため、安全・信頼性が低い。																								
<u>(3) ブラシシール</u>																								
特徴：固定側に金属製のブラシを有し、回転側へ追従することで適切なすきまが保たれる特徴をもつ。																								
使用上の注意：柔軟なブラシの変形により、性能の予測計算が困難であり、要素試験による性能評価が必要である。																								

2-1-4

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

( 1 ) 基本原則の3つ

( 1 ) — 1 使用者優先の原則

使用者の立場で、どのような機能が必要か考えることが重要である。

( 1 ) — 2 機能本位の原則

VEでは機能本位に抜本的なアイデアを発想することが重要である。

( 1 ) チームデザインの原則

VEでは営業、品質保証、組立、設計などの各専門家により、アイデア発想、評価することが重要である。

( 2 ) VEの手順

VEの基本ステップは機能定義、機能評価、代替案の作成からなる。図1に詳細の手順を示す。

基本ステップ	詳細ステップ	説明
機能定義	VE対象の情報収集	VE対象の情報を収集する
	機能の定義	構成要素を名詞と動詞を使って表す
	機能の整理	機能系統図を作成し、設計の考えを理解する
機能評価	機能別コスト分析	現行コストを明確にする(C)
	機能の評価	目標コストを設定する(F)
	対象分野の選定	F-C, F/Cから対象分野を選定する
代替案の作成	アイデア発想	対象分野の機能からアイデアを発想する
	概略評価	アイデアを概略評価する
	具体化	アイデアを組合せ、洗練化する
	詳細評価	洗練化したアイデアを評価する

図 1 : VE の 手 順 の 説 明

以 上

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ コンピュータシミュレーションを活用した構造設計において，制御系と構造系，熱・流体系と構造系など，多くの設計領域を考慮した複合領域の設計が重要となる。あなたは製品開発のリーダーとして，機械製品を対象にした複合領域の設計に取り組み，要求される機能を満たす製品の設計をまとめることになった。業務を進めるに当たって，下記の問いに答えよ。

- (1) 開発製品を具体的に１つ示し，複合領域の設計を進める理由を説明せよ。また，調査，評価すべき事項とその理由を説明せよ。
- (2) 複合領域の設計を進める上での留意点を述べよ。
- (3) 業務を組織的，効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

Ⅱ－２－２ あなたは市場において品質不具合を発生させないように，品質工学を用い，製品機能の安定性（ロバスト性）を評価する機能性評価を取り入れた製品開発に取り組むことになった。業務を進めるに当たって，下記の問いに答えよ。

- (1) 具体的な製品を挙げ，調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号							
問題番号	II-2-1						

技術 部門	部門	受験申込書に記入した専門とする事項
選択 科目	科目	

枚数
枚目
枚中

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

<b>1. 複合領域の設計理由と調査、評価すべき事項</b>																								
開発製品は自動二輪車を想定し、特にウィンドスクリーン周りの設計に着目して下記を述べる。ウィンドスクリーンは片持ち構造であるため、強度の確保が難しい。また、ウィンドスクリーンは快適性や燃費に影響を及ぼすため、強度と同時に風流れにも配慮して設計する必要がある。																								
<b>1) ウィンドプロテクションの要求値調査</b>																								
ウィンドプロテクションの要求値について調査する。ウィンドプロテクションは商品性に影響するため、現行モデルや他社調査を実施して決定する。ただし、ウィンドプロテクションは定性的な部分が多いため、CdA等の数値目標も合わせて決定する。																								
<b>2) 強度の要求値調査</b>																								
強度の要求値について調査する。どの程度の加速度が入力されるか、それがどの頻度で入力されるかについて確認する。必要に応じて販売予定国を走行し、加速度の条件を計測する。																								
<b>3) コスト目標及び質量目標調査</b>																								
コスト目標と質量目標について調査する。製品全体のコスト及び質量から、スクリーン周りに使用出来るコストと質量を算出する。																								
<b>2. 複合領域の設計の留意点</b>																								
<b>1) 背反確認</b>																								
ウィンドプロテクションを良くしようとするときスク																								



# 技術士第二次試験 答案用紙

受験番号							
問題番号	II - 2- 1						

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	機械総合

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

1	. 開発する製品	
		自動車用エンジンのアクティブ制振装置とする。これは、エンジン表面に圧電素子と錘を取り付け、エンジンに取り付けた加速度計からの信号を圧電素子に電圧入力し、伸縮による慣性力で振動を相殺するものである。特に振動に伴う車内騒音の低減、乗り心地の向上を目指すものである。
2	. 複合領域設計を進める理由	
		制御系と構造系の複合領域設計を進める理由は3点ある。
	① エンジンの形状によって共振点は異なり、制振装置は共振点に設置しなければ効果が得られないこと。	
	② 制振装置をいくつ設置するか、どこに設置するかを組み合わせは無数にあり、コンピュータを用いなければ検討できないこと。	
	③ 制振装置自体が質量要素として働き、エンジンの振動特性に影響を与えること。	
3	. 調査、評価すべき事項	
		調査すべき事項は対象とするエンジンの振動特性ならびに形状である。
		評価すべき項目は、最終目標である車内騒音値である。また、制振装置導入に伴うコスト増、作業人工の増も検討が必要である。
4	. 複合領域設計を進める上で留意すべき点	
		エンジン設計と制振制御装置の設計を別々に行った

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24 字×25 字

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

の	で	は	手	戻	り	が	大	き	い	。	エ	ン	ジ	ン	に	一	体	構	造	と	し	て	並	
行	し	て	検	討	す	る	こ	と	で	、	設	計	の	リ	ー	ド	タ	イ	ム	を	短	縮	す	
る	。																							
5	．	組	織	的	・	効	果	的	な	調	整	方	法											
①	制	振	装	置	の	統	一	化																
圧	電	素	子	と	錘	の	組	み	合	わ	せ	を	1	種	類	と	す	る	こ	と	で	、	選	
択	の	手	間	を	な	く	す	と	共	に	、	コ	ス	ト	低	減	を	図	る	。				
②	ソ	フ	ト	ウ	ェ	ア	共	通	化															
エ	ン	ジ	ン	設	計	に	用	い	る	C	A	D	デ	ー	タ	を	振	動	解	析	に	用	い	
る	C	A	E	に	そ	の	ま	ま	使	用	で	き	る	よ	う	な	ソ	フ	ト	ウ	ェ	ア	環	
境	を	整	備	す	る	。	こ	れ	に	よ	り	、	エ	ン	ジ	ン	設	計	に	変	更	が	生	
じ	た	場	合	に	も	、	す	ぐ	に	振	動	解	析	も	行	え	る	よ	う	に	す	る	。	

# 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II-2-1

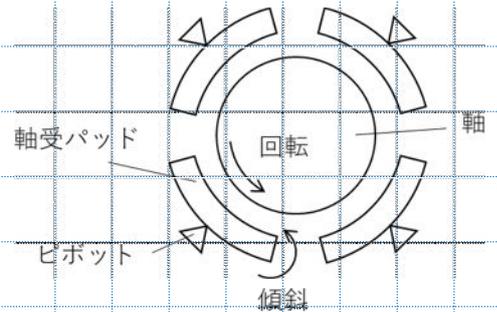
技術部門	
選択科目	
専門とする事項	

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

## (1) ティールテイニングパッドジャーナル軸受の開発

ティールテイニングパッドジャーナル軸受（以下、TPJB）は、下図に示すような、軸受パッドが軸振動に応じて傾斜できる機構をもつ振動安定性に優れたすべり軸受である。TPJBの性能は潤滑油の流れ、せん断発熱による温度変化、軸受パッドの変形等の複合的物



理問題により決定されるため、複合領域の設計が必要である。  
 調査すべき事項は、軸の回転数や軸荷重等の運転条件である。なぜなら、これらは設計のインプット条件であり、前提条件を踏まえた軸受の構造設計が必要であるからである。

評価すべき事項は、軸受温度および振動特性である。軸受温度については、軸受部材の耐熱温度に限界があるため、これを超えない設計が必要である。振動特性についても軸振動の許容値以下で運転させる必要があり、軸受の安全・信頼性を担保する必要がある。

## (2) 留意点

以下の2つの留意点がある。

### ① 各物理問題の相互作用の考慮

流体・熱・構造等の物理事象の相互作用を理解し、複合問題を考慮可能な解析モデルを用いて設計評価を行う必要がある。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

②	V & V ( 検 証 と 妥 当 性 確 認 )																																																																																																																																																										
複	合	物	理	の	解	析	モ	デ	ル	は	一	般	的	に	複	雑	で	あ	る	た	め	、	解	析	モ	デ	ル	が	数	理	的	に	正	し	く	解	け	て	い	る	か	を	確	認	す	る	モ	デ	ル	の	「	検	証	」	が	必	須	で	あ	る	。	ま	た	、	解	析	モ	デ	ル	が	実	現	象	を	正	し	く	模	擬	で	き	て	い	る	か	を	評	価	す	る	「	妥	当	性	確	認	」	が	必	要	で	あ	る	。	最	終	的	に	は	、	解	析	か	ら	決	定	し	た	設	計	条	件	の	軸	受	を	用	い	て	要	素	試	験	を	実	施	し	、	設	計	の	妥	当	性	を	確	認	す	る	必	要	が	あ	る	。
<p>( 3 ) 関 係 者 と の 調 整 方 法</p> <p>関 係 者 を 交 え た DR ( デ ザ イ ン レ ビ ュ ー ) を 実 施 す る 事 で 、 業 務 の 進 捗 や 設 計 評 価 の 留 意 点 を 共 有 す る 事 が 可 能 で あ る 。 ま た 、 PDM ( プ ロ ダ ク ト デ ー タ マ ネ ジ メ ン ト ) に よ る 3DCAD や CAE 結 果 の 情 報 共 有 が 有 効 で あ る と 考 え ら れ る 。 さ ら に 、 3D プ リ ン タ に よ り プ ロ ト タ イ プ 品 を 具 現 化 す る 事 で 、 軸 受 構 造 の 直 観 的 な 理 解 や 関 係 者 と の 共 有 が 進 め ら れ る 。</p>																																																																																																																																																											

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

令和4年度 技術士第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II-2-1

技術部門	機械
選択科目	機械設計
専門とする事項	PLM

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

<u>(1) 調査、検討すべき事項とその内容</u>												
<u>(1) 開発製品と複合領域設計の理由、調査、評価すべき事項とその理由</u>												
① 開発製品												
火力発電プラント												
② 複合領域設計の理由												
火力発電プラントは大規模で各領域はお互いに影響を受け合っており、また実機での試作・試験が困難であるため。												
③ 調査・評価すべき事項と理由												
a 使用条件												
環境、温度、外力等の使用条件を調査し、使用条件の設計への影響度を評価する。												
理由：使用条件である前提条件を間違うと計算結果の信頼性がなくなるため。												
b 複合力域でのお互いの影響度												
複合領域のお互いの影響度について調査し、数式等の影響度を評価する。												
理由：シミュレーションで仮定する複合領域のお互いの影響度は計算結果に大きな影響を与えるため。												
c 組織の構成・人員												
制御系、熱・流体系、構造系の設計部署の人員及び各組織の協力体制の調査												
理由：業務成功には人的リソースや組織の協力体制が重要となるため。												

# 令和4年度 技術士第二次試験 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

( 2 )	複 合 領 域 の 設 計 を 進 め る 上 で の 留 意 点
a	シ ミ ュ レ ー シ ョ ン 設 定 値 の 評 価
	複 合 領 域 の 設 計 シ ミ ュ レ ー シ ョ ン の 設 定 値 の 妥 当 性 の 評 価 を 行 う 。 ス ケ ー ル ダ ウ ン し た 試 作 で の 実 験 結 果 と 比 較 し て 妥 当 性 評 価 を 行 う 。 た だ し 、 ス ケ ー ル ダ ウ ン に よ る 実 験 結 果 は 補 正 が 必 要 で あ る こ と に 留 意 す る 。
b	モ デ ル ベ ー ス 設 計
	モ デ ル ( 部 品 ) 単 位 で の 複 合 領 域 設 計 の 結 果 を 流 用 す る 。 た だ し 、 部 品 間 の 複 合 領 域 設 計 は 残 る こ と に 留 意 す る 。 部 品 間 設 計 の シ ミ ュ レ ー シ ョ ン 結 果 の 事 例 デ ー タ ベ ー ス を 作 成 し 、 こ れ を 活 用 す る 。
( 3 )	業 務 の 組 織 的 ・ 効 果 的 関 係 者 調 整 方 法
a	コ ン カ レ ン ト エ ン ジ ニ ア リ ン グ
	制 御 系 、 熱 ・ 流 体 系 、 構 造 系 の 設 計 者 、 営 業 、 試 験 評 価 、 保 全 部 署 が 情 報 を 共 有 し 、 同 時 並 行 的 に 業 務 を 実 施 す る 。 手 戻 り 等 が 減 少 に よ る 品 質 向 上 、 開 発 リ ー ド タ イ ム の 短 縮 が 図 ら れ る 。 効 果 的 な 業 務 遂 行 に は 効 果 的 な 情 報 の 共 有 が 必 要 と な る た め 、 P D M , P L M 等 の シ ス テ ム を 活 用 す る 。
b	D R ( デ ザ イ ン レ ビ ュ ー )
	複 合 領 域 の シ ミ ュ レ ー シ ョ ン に つ い て 、 各 系 部 門 、 営 業 部 門 、 品 質 部 門 等 が 集 ま り 、 設 計 の 多 面 的 な 評 価 を 実 施 す る 。 効 果 的 な 評 価 の た め 、 F M E A , F T A に よ る 分 析 結 果 を 用 い る 。 ま た 、 外 部 の 専 門 家 に 参 加 し て も ら い 、 よ り 高 度 な 評 価 を 実 施 す る

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

# 令和 年度 技術士第二次試験答案用紙

受験番号							
------	--	--	--	--	--	--	--

●受験番号、技術部門、選択科目、専門とする事項及び問題番号の欄は必ず記入すること。

技術部門	部門
選択科目	
専門とする事項	

問題番号	II-2-2
------	--------

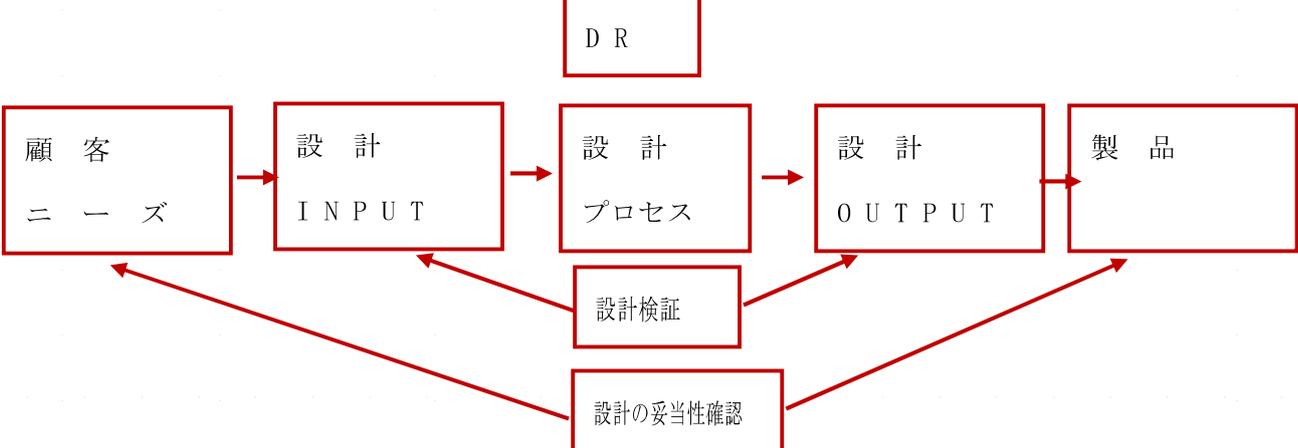
← 解答する問題番号（1又は2）を点線の枠内に必ず記入すること。  
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

1. 調査、検討すべき事項

実際に開発に携わった車載用カメラレンズの設計を例にして記述する。品質工学の特徴は機能性評価と二段階設計である。機能を評価するためにまずは顧客要求ならびに設計要件を明確にする必要がある。機能を明確にするために品質機能展開（QFD）を活用し、抜け漏れの無い検討を行う。

2. 業務を進める手順

（設計フローの図を記載した。）



インプット：QFD、コンカレントエンジニアリング（CE）を活用することで情報の抜け漏れを防ぐ。

設計：品質工学を活用しロバストな設計を行う。実際には顧客仕様として温度80℃、湿度100%という過酷な条件での評価が必要であった。温度湿度を誤差因子に設定し、使用可能な条件を選定した。コートを行うことで耐候性が得られることが分かった。

L18直交表を用いてガラス材料やコート材などを制御因子とし、温度湿度を誤差因子として評価を実施した。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

3. 効率的に業務を進めるための関係者との調整方法

3.1 コンカレントエンジニアリング(CE)の活用

開発の初期から営業、製造、設計などすべての関係者を集めて検討を行うことで、情報の抜け漏れを防ぐとともに、密な情報共有を行う。実際にはQFDの表を共有することで、製造部門から作りやすい設計についての提案があった。

3.2 外部認証の取得

IATF16949など外部の認証を受けることで、ベンダーに対して一から説明を行う必要がなくなり、効率化を図ることができる。

3.3 品質工学の教育

事例では品質工学を活用して設計解を求めた。しかし品質工学で用いる単語はSN比、感度、制御因子、誤差因子、信号因子など特有のものが多く、関係者に説明することが困難である。したがって品質工学に関する教育を行い、説明が滞りなく行えるよう環境を整備することが重要である。 以上

## 2-2-2

### 1. はじめに

近年、競争の激化により、一層の品質・コスト・リードタイム（以下 QCD）の向上が求められている。品質を向上させつつコストやリードタイムを削減することは難しい。そこで、品質工学の手法を用いることで、コストを抑制しつつ品質を向上させる。品質工学は、様々な条件のばらつきが発生しても製品機能のばらつきを低減させるための手法である。

### 2. 調査・検討項目

プラスチックギヤについて、調査・検討すべき項目と内容について述べる。

#### ・品質項目

評価する製品機能の項目を決定する。市場のニーズ、期待を調査し、安定性を評価する要求品質機能を特定する。具体的には、プラスチックギヤに求められるノイズや寿命などである。

#### ・バラツキの要因

安定性を評価する品質機能にバラツキを与える要因を調査、検討する。これらの要因にバラツキが発生しても品質機能のバラツキが小さいことが安定性となる。具体的には、プラスチックギヤの使用環境の温度のバラツキなどである。

#### ・制御因子

品質機能のバラツキを制御する要因を調査、検討する。使用環境などが変動しても品質機能のバラツキを

1200 字まで

低減するためのパラメータである。具体的には、プラスチックギヤの刃先円直径などである。

### 3. 業務手順

業務を進めるための手順を以下に示す。

#### ① バラツキの低減

使用環境などの変動による品質機能のバラツキを低減する条件を実験で得る。実験の際、要因の組合せによる変動変化が発生する可能性があるため留意が必要。実験計画法を使用し、組合せの影響および実験数の低減を図る。

#### ② 品質項目の調整

バラツキに影響を与える制御因子を特定後、変動に影響を与えない項目を調整し必要な機能を満たすように調整する。留意点は調整後実験し変動低減がされているか確認が必要であること。

### 4. 関係者との調整方策

業務を効率的・効果的に進めるため、関係者の協力を得る必要がある。そのために、調査・検討や実験に必要な人、設備、予算の見積を行う。また関係者の業務負荷などの利害調整のため相談の上、役割分担を行う。必要に応じ、役割分担やリソース配分の見直しを行う。

### 5. 終わりに

市場においてユーザーに不満足を与えず貢献できるよう今後も研鑽を行う所存である。以上

2-2-2

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

( 1 ) 調 査 検 討 す べ き 内 容

( 1 ) ー 1 機 械 製 品 の 具 体 例

機 械 製 品 の 具 体 例 と し て 、 A C サ ー ボ モ ー タ を 駆 動  
 す る サ ー ボ ア ン プ を 挙 げ る 。 サ ー ボ ア ン プ は 基 板 、 樹  
 脂 ケ ー ス 、 ア ル ミ ダ イ カ ス ト 品 で 構 成 し て い る 。 ま た 、  
 ア ル ミ ダ イ カ ス ト 品 で す べ て の 構 成 を 支 え て お り 、 強  
 度 の 確 保 が 重 要 で あ る 。

( 1 ) ー 2 調 査 す べ き 内 容

- ① 市 場 の 要 求 や 納 期 を 調 査 す る 。
- ② 過 去 の 不 良 や 不 具 合 を 調 査 す る 。
- ③ 開 発 メ ン バ ー の ス キ ル を 調 査 す る 。

( 1 ) ー 3 検 討 す べ き 内 容

- ① 開 発 の 手 順 や 手 法 を 検 討 す る 。
- ② D X に よ る 効 率 化 を 検 討 す る 。
- ③ 開 発 メ ン バ ー の 役 割 を 検 討 す る 。

( 2 ) 手 順 と 留 意 す べ き 点 、 工 夫 を 要 す る 点

図 1 に 手 順 を 示 す 。  
 手 順 ② 、 ③ で N G の 場 合 、  
 手 順 ① か ら や り 直 す 。  
手 順 ① 過 去 の 不 良 、 不 具  
 合 か ら ア ル ミ ダ イ カ ス  
 ト 品 を 最 適 な 形 状 で 設 計 す る 。



強 度 測 定 が し や す い 様 、 セ ン サ を 取 り 付 け で き る 形  
 状 化 す る こ と に 留 意 す る 。

ま た 、 過 去 の 強 度 解 析 の 結 果 か ら 、 デ ー タ を 流 用 し

令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

設	計	の	業	務	効	率	化	す	る	様	、	工	夫	を	す	る	。						
手	順	②	ア	ル	ミ	ダ	イ	カ	ス	ト	品	を	製	造	す	る	。						
	強	度	測	定	が	し	や	す	い	様	、	金	型	を	ス	ラ	イ	ド	構	造	に	し	、
が	た	つ	き	が	な	い	様	、	留	意	す	る	。										
	ま	た	、	材	料	の	流	れ	が	悪	い	箇	所	に	は	リ	ブ	を	設	け	、	外	観
不	良	を	防	止	す	る	様	、	工	夫	す	る	。										
手	順	③	ア	ル	ミ	ダ	イ	カ	ス	ト	品	に	応	力	セ	ン	サ	を	取	り	付	け	、
製	品	と	し	て	組	み	立	て	、	強	度	の	評	価	を	実	施	す	る	。			
	ア	ル	ミ	ダ	イ	カ	ス	ト	品	の	湯	じ	わ	や	巢	を	含	め	て	、	評	価	す
る	こ	と	に	留	意	す	る	。															
	ま	た	、	他	の	機	種	で	も	ア	ル	ミ	ダ	イ	カ	ス	ト	品	を	共	通	化	す
る	こ	と	で	、	不	良	を	防	止	す	る	様	、	工	夫	す	る	。					
	(	3	)		関	係	者	と	の	調	整	方	策										
	(	3	)		—	1		フ	ォ	ロ	—	ミ	—	テ	ィ	ン	グ						
	営	業	、	品	質	管	理	、	組	立	、	設	計	者	と	課	題	や	問	題	点	を	共
有	す	る	た	め	、	週	1	回	の	フ	ォ	ロ	—	ミ	—	テ	ィ	ン	グ	を	実	施	す
る	。	密	に	コ	ミ	ュ	ニ	ケ	ー	シ	ョ	ン	を	取	り	、	小	さ	な	課	題	も	ク
リ	ア	し	て	い	く	。	さ	ら	に	、	関	係	者	と	効	率	よ	く	す	す	め	る	た
め	、	リ	ー	ダ	ー	シ	ッ	プ	を	発	揮	し	、	目	標	、	方	向	性	を	決	定	し
て	い	く	。																				
	(	3	)		—	2		W	B	S	(	作	業	分	解	構	造	)					
	開	発	メ	ン	バ	ー	で	業	務	を	明	確	に	す	る	た	め	、	W	B	S	を	導
す	る	。	こ	れ	に	よ	り	、	遅	れ	て	い	る	業	務	を	明	確	に	で	き	、	協
力	し	て	対	応	す	る	。															以	上

1-1 機械設計【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 グローバルレベルで製品＝モノがコモディティ化し，機能や性能で差異化しづらく，製品の収益性低下を招いている。また，顧客はモノよりも購入前や購入後の顧客体験価値＝コトを重視し，所有から利用へ価値がシフトして来ている。このような背景から，従来の良い製品を作れば売れるという時代から，顧客との関係性を強化して継続的なサービス提供を行う循環型ビジネスの時代へ転換が進んでいる。

消費者ニーズの変化に伴い，機械設計の分野においてもアフターサービスや従量制サービス，定額制サービスなどへの適応が可能となるような製品設計への思想の転換が求められている。

- (1) このような時代において，サービスへ適応させた製品を設計する際の課題を，機械設計技術者の立場で，具体的な製品設計事例を挙げて，多面的な観点から3つ抽出し，それぞれの観点を明記したうえで，課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，最も重要と考えた理由とその課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) 全ての解決策を実行しても新たに生じるリスクとそれへの対策について，専門技術を踏まえた考えを示せ。

## 1. はじめに

近年、企業の競争が激化し、品質・コスト・納期（以下 QCD）の要求が高くなっている。製品はグローバルレベルでコモディティ化し機能や性能で差異化しづらい状況になっている。また顧客のニーズも変化している。モノの所有から体験へと価値がシフトしている。そのため顧客への継続的なサービス提供へビジネスがシフトしている。製品設計もビジネスの変化に対応する必要がある。

## 2. サービスへ適応させた製品設計の課題

自動車の製品設計を事例とし、サービスへ適応させた製品設計の課題を3つ示す。

### ① ユーザの観点

ユーザの価値観がモノの所有から体験へと変化している。またユーザの価値観も多様化している。そのためユーザの様々なニーズに応える、新しい価値を示すことが求められている。

### ② 生産者の観点

ユーザのニーズの変化、多様化に対応することが求められている。様々なニーズに応えられる多様な生産が可能な生産方式に適合する必要がある。

### ③ 社会の観点

ユーザの価値観の変化とともに、製品のライフサイクルが短くなっている。そのため、製品が短時間で不要となり、ゴミ化する可能性が高くなり環境負荷が高く

なるリスクがある。環境負荷を低減した持続可能なサービスとする必要がある。

### 3. 最も重要な課題

上記3つの課題のうち、最も重要な課題は社会の観点からの持続可能性の課題と考える。理由は、現在の社会では持続可能性を重視することが求められているためである。

持続可能性の課題の解決策として下記3つの解決策を示す。

#### ① 製品の長寿命化

製品がゴミ化しないように、ユーザの価値観の変化があっても製品が不要とならない製品を開発、設計することにより製品を長寿命化することでゴミ化を防止する。ユーザの根本的、普遍的なニーズに対応、またはニーズが変化しても製品が対応できるように設計する。

#### ② モジュール設計

ユーザのニーズの変化に対応できるようにカスタマイズ可能とするモジュール設計を行う。ユーザのニーズに合わせて機能変更することで、製品のゴミ化を防止する。また既存製品を低コストで改造できるようにすることでゴミ化することでもゴミ化することを防止することができる。

#### ③ 生産数量の変化対応

ユーザのニーズ変化の間隔が短サイクル化している。ニーズの変化に合わせて生産数量を変化させることがで

きるセル生産など多品種少量生産、中品種中量生産に対応し、過剰生産による製品ゴミ化を防止する。

#### 4. 課題実行しても生じるリスクと対策

課題の解決策を実行しても新たに生じるリスクとして、ニーズのさらなる急速な変化がある。技術開発には時間がかかる。ニーズの変化のスピードがさらに上がると技術開発が追いつかないリスクがある。

自動車では高い安全性が求められる。安全性を保証しつつ、顧客のニーズ変化に対応できるスピードで技術開発することが必要である。そのためには、継続的な顧客ニーズのくみ取りや技術開発が必要である。

また情報技術など新しい技術にも適応した機械設計が求められていく。多様化した技術にも適応することが必要である。

#### 5. 終わりに

現在の社会は価値観の変化、多様化とともに、社会の持続可能性など新しい価値観も生まれている。機械技術者として、ユーザと社会の両方のニーズ変化に対応できるよう、技術の研鑽を続ける。

また技術士として、社会の経済と持続可能性に貢献できるよう、広い視野を持ち研鑽を続ける。

以上

Ⅲ－２ 環境汚染による地球温暖化により、気温や海水温が上昇し、熱波・大雨・干ばつの増加など、様々な気候の変化が起きている。その影響は、生物活動の変化や、水資源や農作物への影響など、自然生態系や人間社会に対して大きな問題となっている。

これを解決するために、環境汚染や気候混乱をさせる廃棄物を排出しない再生可能なエネルギーの適用や、エンジン・モーター製品の高効率化への取組などにより、「ゼロエミッション」の実現が急務となっている。

ゼロエミッションとは、これまでの3Rに代表される環境配慮設計に留まらない、人間の活動から発生する排出物を限りなくゼロにすることを目指す、あるいは最大限の資源活用を図り、持続可能な経済活動や生産活動を展開する理念と方法のことで、機械設計の分野でもゼロエミッションの思想を取り入れた製品設計が求められている。

- (1) 新しく開発する機械製品を具体的に示し、その設計を担当する技術者の立場で、ゼロエミッションを実現するための具体的な課題を多面的な観点から3つを抽出し、それぞれの観点を明記した上で、課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、最も重要と考えた理由とその課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) 全ての解決策を実行しても新たに生じるリスクとそれへの対策について、専門技術を踏まえた考えを示せ。

令和 年度 技術士第二次試験答案用紙

受験番号									
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

●受験番号、技術部門、選択科目、専門とする事項及び問題番号の欄は必ず記入すること。

技術部門	部門
選択科目	
専門とする事項	

問題番号	Ⅲ－ 2
------	------

← 解答する問題番号（1又は2）を点線の枠内に必ず記入すること。  
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

1. ゼロエミッションを実現するための課題

実際に設計に携わった経験があるガラス熔解炉を例として記述する。ガラス熔解は一般的に電気を用いて加熱を行っている。従って入力した電気を効率的に活用し、不良を作らない安定的な生産を行うことが求められる。ゼロエミッションを達成するための課題を以下に3つ示す。

1.1 環境の観点

生産活動における環境負荷は、設計段階での影響度が最も多い。従って環境配慮設計（DfE）を行うことが重要である。

1.2 人材の観点

設計を行うのは人である。そのため設計者には環境配慮した設計をするための知識が必要である。ISO14001などの知識を有し、DfEを行うことができる人材を育成することが課題である。

1.3 管理の観点

ゼロエミッションを達成するためには、何を削減するか明確にする必要がある。しかし、どの工程が最も環境負荷が大きいか明確でない場合、効果的な対策を講じることができない。従って工程の見える化を行うことが課題である。

2. 最も重要な課題と解決策

最も重要な課題は見える化である。なぜなら工程のどこに問題があるか不明確であると、解決すべき主要因

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

が分からず、目標を達成できないからである。以下に3つの対策を示す。

### 2.1 熔解炉のDX化

まずは熔解炉のDX化を行い、エネルギーの入出力を明確にする。具体例の熔解炉においては、温度や電流のセンシングを行い、安定工程のデータの見える化を行った。

### 2.2 ライフサイクルアセスメント(LCA)

LCAを行うことで、工程を見える化し全体最適化を行う。具体例に示した光学ガラスは最終品ではなく、光学レンズに加工され光学製品に使用される。光学レンズは除去加工が行われ、発生したスラッジは産業廃棄物になってしまい再生することはできない。従ってガラスを使用する工程全体を考慮し、LCAを行うことでゼロエミッションを達成する。実例では光学設計者やレンズ加工担当者を交えてLCAを行うことで、研削工程におけるスラッジ発生量が最も多いことが分かった。

### 2.3 ナレッジデータベースの活用

保有しているデータを活用することで、効率的な見える化を行う。また定量的なデータになっていない、工程担当者の定性的な情報も収集することで重点の見える化を行う。実例では過去データを活用し、重回帰分析を行うことで、安定生産に寄与するパラメータを明確にし、設計解にフィードバックした。

### 3. 新たに生じるリスクと対策

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

3.1 新たに生じるリスク

工程の見える化を行うことで、重点指向でゼロエミッションの対策を講じることが可能になる。DX化を推進することで、工程の省人化も副次的な効果として得られると考える。しかし省人化により、工程でのデータ収集が主な仕事になり、現場のノウハウが減少することによるデータの陳腐化がリスクとして挙げられる。

3.2 対策

統計的品質管理手法(SQC)教育を行うことで対策を行う。担当者にデータの意味を理解させ、常に最適なDXを維持することができる。具体的には検定推定の知識を習得することで有意水準 $\alpha$ と、過剰なセンサーの閾値設定による装置の異常停止について理解することができる。SQCの知識を習得することでデータを通して、現場の状況を理解できる人を育成することができる。

4. 終わりに

ゼロエミッションを達成するためには、最新の法規制や有害化学物質情報を収集する必要がある。公衆の利益を最大化できる技術者となるため、常に研鑽を続ける。以上

## ZEB・ZEH 対応高効率ヒートポンプ

### (1) 課題

我が国の消費エネルギーの約 1/3 を占める業務・家庭部門では、建築物内の冷暖房と給湯等の冷熱用途が半分を占める。2050 年「カーボンニュートラル」実現に向けて、具体的な製品として「空調冷熱用機器」について、温室効果ガス削減するための課題を 3 つあげる。

#### (1-1) 低 GWP 冷媒化

#### (1-2) 建築物含む冷熱機器の実質省エネ実質 HP 省エネ化

#### (1-3) 電気以外のエネルギー源の利用

寒冷地での暖房にはガス燃焼式とハイブリッド運転が有効である。また、低外気温の冷房運転には外気を積極的に利用する。

### (2) 解決先

建築物含む実質省エネ化を最重要課題とする。今後、建築物を含む省エネ基準により、空調機等の冷熱機器が、単体評価を超えて実質省エネ化することを期待し、以下 2 つの解決策を記載する。

#### (2-1) 圧縮機の低負荷効率改善

#### (1-1) AI 省エネ運転

### (3) リスクと対応

・上記の高効率化を実現する追加機能によるコスト上昇が懸念される。製品設計段階で V E を実施し、対費用効果を精査し、追加機能の取舍選択することが重要である。

・今後の低 GWP 冷媒候補である可燃性冷媒も含めて、安全性に関して F M E A 実施し、危険度の高い要素について問題を解決する。さらに、最悪の場合に備えたフェールセーフ設計も実施する。

3-2

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

<u>( 1 ) 多 面 的 な 課 題</u>																								
機 械 製 品 の 具 体 例 と し て 、 A C サ ー ボ モ ー タ を 駆 動 す る サ ー ボ ア ン プ を 挙 げ る 。 サ ー ボ ア ン プ は さ ま ざ ま な プ ラ ス チ ッ ク を 使 用 し て い る 。																								
<u>課 題 ① 特 性 の 高 い バ イ オ プ ラ ス チ ッ ク の 開 発 ( 観 点 :</u>																								
<u>技 術 )</u>																								
多 く の 種 類 の プ ラ ス チ ッ ク を 使 用 し て お り 、 サ ー マ ル リ サ イ ク ル し か で き て い な い 。 そ の た め 、 耐 久 性 や 強 度 に 優 れ た バ イ オ プ ラ ス チ ッ ク の 開 発 が 課 題 で あ る 。																								
<u>課 題 ② 製 品 の 分 解 性 向 上 ( 観 点 : 分 解 性 )</u>																								
サ ー ボ ア ン プ は さ ま ざ ま な 部 品 で 構 成 し て い る 。 そ の た め 、 製 品 の 分 解 性 を 改 善 し 、 リ サ イ ク ル 性 を 向 上 す る こ と が 重 要 で あ る と 考 え る 。																								
<u>課 題 ③ 回 収 コ ス ト の 低 減 ( 観 点 : コ ス ト )</u>																								
サ ー ボ ア ン プ は さ ま ざ ま な 工 場 に 設 置 し て あ る 。 そ の た め 、 リ サ イ ク ル す る 際 、 回 収 す る コ ス ト の 低 減 が 課 題 と 考 え る 。																								
<u>( 2 ) 最 も 重 要 な 課 題 と 解 決 策</u>																								
<u>( 2 ) ー 1 最 も 重 要 な 課 題</u>																								
最 も 重 要 な 課 題 と し て 、 課 題 ① を 挙 げ る 。 バ イ オ プ ラ ス チ ッ ク は 植 物 性 の 材 料 で あ り 、 植 物 を 生 産 す る 際 、 C O 2 を 吸 収 で き る た め 、 ゼ ロ エ ミ ッ シ ョ ン が 可 能 に な る と 考 え る 。																								
ま た 、 バ イ オ プ ラ ス チ ッ ク は 海 で 分 解 す る こ と が で き る た め 、 S D G s の 一 つ 「 海 の 豊 か さ を 守 ろ う 」 を 達																								

# 令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

成 する こと が でき る と 考 える 。

## ( 2 ) — 2 解 決 策

解 決 策 ① マ テ リ ア ル ズ イ ン テ グ レ ー シ ョ ン に よ る 開 発  
材 料 開 発 に つ い て は 、 A I 、 理 論 、 解 析 、 デ ー タ ベ ー  
ス を 総 合 し た マ テ リ ア ル ズ イ ン テ グ レ ー シ ョ ン を 使 用  
す る 。 A I を 使 用 し て い る た め 、 材 料 特 性 が 高 い 材 料  
の 分 析 が 可 能 で あ る 。 ま た 、 材 料 評 価 の デ ー タ ベ ー ス  
が あ る た め 、 評 価 の 回 数 を 削 減 す る こ と が でき る と 考  
え る 。

## 解 決 策 ② セ ル ロ ー ス ナ ノ フ ァ イ バ ー に よ る 補 強

バ イ オ プ ラ ス チ ッ ク 開 発 だ け で は 、 優 れ た 耐 久 性 、  
強 度 を 確 保 す る こ と が でき な い 可 能 性 が あ る 。 そ の た  
め 、 植 物 性 を 材 料 に し た セ ル ロ ー ス ナ ノ フ ァ イ バ ー で  
補 強 す る 。 ま た 、 補 強 す る 際 、 セ ル ロ ー ス ナ ノ フ ァ イ  
バ ー の 方 向 、 厚 み を 調 整 し 、 最 適 な 補 強 の 設 計 を し て  
い く 。

## 解 決 策 ③ 協 力 体 制 の 構 築

バ イ オ プ ラ ス チ ッ ク を 推 進 し て い る 自 動 車 産 業 部 門  
と 協 力 す る こ と で 、 不 良 や 不 具 合 の 対 策 を 強 化 し て い  
く 。 ま た 、 協 力 体 制 を 構 築 す る こ と で 、 対 応 を 強 化 し  
て い く 。

## ( 3 ) 新 た に 生 じ る リ ス ク と 対 策

### リ ス ク ① 原 材 料 の 不 足

機 械 分 野 全 体 で バ イ オ プ ラ ス チ ッ ク に 変 更 し た 場 合 、  
原 材 料 が 不 足 す る リ ス ク が あ る 。



# 技術士第二次試験 答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅲ-2

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	機械総合

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

1	<p>新しく開発する機器製品</p> <p>新しく開発する機械製品は家庭用ルームエアコンとする。我が国の電力消費量において家庭は、産業分野に次いで多く、その割合は30%程度であり、その中でも空調機器の占める割合は高い。また、台数が多いため廃棄物となる際の影響も大きい。図はルームエアコンの模式図であり、室外機内の圧縮機で冷媒を圧縮し、室内機で熱交換した後、室外機で排熱または吸熱を行う。</p>
2	<p>ゼロエミッションを実現するための課題</p> <p>① 高効率化                  圧縮機のモーターの効率化、冷媒管保温材の熱損失の抑制、冷媒ガスの熱損失の抑制がある。</p> <p>② 長寿命化、交換性の向上                  耐久性、耐食性に優れた材料を用いる。故障の際に部品単位で交換できるようにする。</p> <p>③ リサイクル性                  リサイクルしやすい材料を用いる。廃棄の際に分解しやすい構造とする。有害物質を含まないようにする。</p>
3	<p>最も重要と考えるもの</p> <p>最も重要と考えるのは「長寿命化、交換性の向上」である。長寿命化はゼロエミッションのみならずユーザが求める信頼性に直結するものである。また、交換性の向上は設計における工夫代が大きく実現可能な項目である。</p>

# 令和 年度 技術士第二次試験 答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

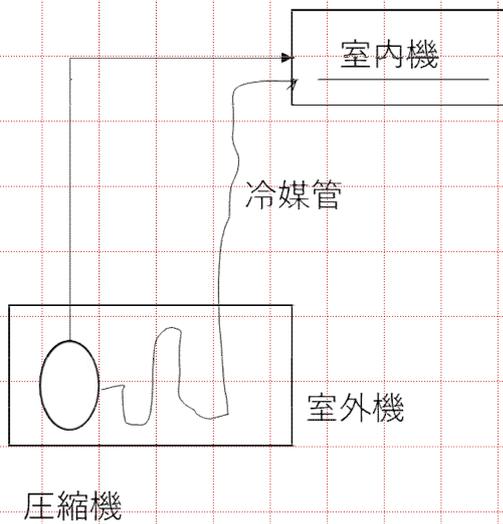
4 .	解 決 策																							
	長	寿	命	化	に	つ	い	て	は	、	必	要	な	部	分	に	最	低	限	の	量	の	耐	
	久	性	材	料	、	耐	食	性	材	料	、	メ	ッ	キ	等	の	使	用	を	行	い	、	コ	
	ス	ト	を	抑	え	つ	つ	、	装	置	全	体	の	寿	命	を	延	ば	す	。				
①	モ	ジ	ュ	ー	ル	化																		
	故	障	の	際	に	部	品	単	位	で	交	換	す	る	こ	と	を	考	え	る	と	、	作	
	業	員	の	負	担	が	大	き	い	。	そ	の	た	め	、	基	板	な	ど	主	要	な	部	品
	を	モ	ジ	ュ	ー	ル	化	し	て	お	き	、	そ	れ	を	交	換	す	る	こ	と	で	現	地
	作	業	の	削	減	と	品	質	の	確	保	を	行	う	。									
②	イ	ン	タ	ー	フ	ェ	イ	ス	共	通	化													
	現	状	、	室	内	機	と	室	外	機	は	機	種	が	異	な	る	と	使	用	で	き	な	
	い	。	こ	れ	を	、	制	御	や	冷	媒	方	式	を	統	一	化	し	、	イ	ン	タ	ー	フ
	ェ	イ	ス	を	共	通	化	す	る	。														
5 .	リ	ス	ク	と	解	決	策																	
①	コ	ス	ト	増																				
	長	寿	命	材	料	の	使	用	、	モ	ジ	ュ	ー	ル	化	、	イ	ン	タ	ー	フ	ェ	イ	
	ス	共	通	化	で	コ	ス	ト	が	増	加	す	る	。	し	か	し	な	が	ら	、	ラ	イ	フ
	サ	イ	ク	ル	コ	ス	ト	で	評	価	し	た	場	合	、	必	ず	し	も	上	昇	は	し	な
	い	。	L	C	C	の	見	極	め	を	行	う	。											
②	在	庫	増																					
	モ	ジ	ュ	ー	ル	化	に	よ	っ	て	、	在	庫	が	増	す	。	し	か	し	在	庫	は	
	ユ	ー	ザ	ー	へ	の	即	応	に	な	り	、	信	頼	性	を	高	め	る	こ	と	に	な	る
	メ	リ	ッ	ト	・	デ	メ	リ	ッ	ト	の	評	価	を	行	う	。							
③	製	品	開	発	の	自	由	度	の	制	限													

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

インターフェイス共通化で、新規製品の設計自由度に制限を加える可能性がある。  
マイナーチェンジと数年に1度のフルモデルチェンジを使い分け、インターフェイスも数年に1度変更を行う。



図：ルームエアコン

# 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	令和4年度 III-2

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	産業機械の計画・設計

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

1	<u>課題の抽出と分析</u>
	産業機械で使用する自動クレーンを選択し、多面的な観点から課題を抽出・観点を述べる
①	<u>いかに持続可能な製品とするか</u>
	製品の長寿命化や、部品の交換だけで運用ができるような製品が求められる。CO <sub>2</sub> の排出削減、ギヤオイルなどに含まれる有害物質などをなるべく使用しない、環境に優しい製品の開発が必要。
②	<u>いかに部品点数を少なくするか</u>
	クレーンは客先固有の仕様下で設計するため一品一様な製品となる。なるべく同仕様、標準部品で製作することによって無駄なものを抑えることが必要。
③	<u>いかに人材を育成するか</u>
	近年の少子高齢化により若手の技術者が少ない。とりわけ近年の環境に対する知識・基準・法律などの理解が必要である。カーボンニュートラルに向けた最新技術の検討も必要となるため、早期技術者の育成が求められる。
2	<u>重要と考えた課題・理由と解決策</u>
①	いかに持続可能な製品とするかを選択、理由として、SDGsにも掲げられているように持続可能な社会の実現には必須である。

令和元4年度 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

<u>① 軽量化・小型化・長寿命化</u>												
SS400	から	SS490	など	の	強度	が	高い	材質	の	採用	。	強度
が高くなる	こと	で	小型化	・	軽量化	となり	、	原料	の	省	資源化	ができる
。	同時に	製品	輸送	時	の	CO2	排出	量	も	低	下	できる
。	また	、	部品	の	交換	を	行う	だけ	で	継続	使用	可能
となる	よう	な	製品	の	長寿命化	を	図	る	。			
<u>② 再生可能エネルギー</u>												
自動	クレーン	の	電源	として	ヒート	ポンプ	、	風力	・	太陽	光	エネルギー
など	の	再生	可能	エ	ネル	ギー	を	用	い	る	。	
<u>③ クレーンのICT化</u>												
AI	を	用	い	た	ディ	ー	プ	ラ	ー	ニ	ン	グ
を	採	用	。	荷	物	運	搬	の	最	適	解	の
動き	・	サイ	クル	で	運	搬	を	行	う	。	省	エ
ネル	ギー	で	の	施	工	が	可	能	、	サイ	クル	タイ
ム	も	短	く	な	る	こ	と	か	ら	効	率	が
上	が	り	、	部	品	の	消	耗	・	廃	棄	物
が	少	な	く	な	る	。	イン	バ	ー	タ	制	御
を	導	入	、	加	減	速	・	走	行	時	の	慣
性	力	を	考	慮	し	て	必	要	最	低	エ	ネル
ギー	で	の	運	用	を	行	う	。				
<u>3 . 新たに生じるリスクと対策</u>												
<u>① リスク</u>												
イ	ニ	シ	ヤ	ル	コ	ス	ト	が	高	く	な	る
。	エ	ネ	ル	ギ	ー	の	安	定	供	給	が	難
しい												
<u>② 対策</u>												
メ	ン	テ	ナ	ン	ス	も	含	め	た	ラン	ニ	ン
グ	コ	ス	ト	で	考	え	る	。	エ	ネ	ル	ギー
不	安	定	時	に	事	故	等	発	生	し	な	い
よう	な	安	全	装	置	の	導	入	。	エ	ネ	ル
ギー	安	定	供	給	の	た	め	に	は	持	ち	運
び	可											

令和元4年度 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

能	な	小	型	原	子	炉	の	開	発	が	進	め	ら	れ	て	い	る	こ	と	か	ら	、	安	
全	を	考	慮	の	上	、	導	入	の	検	討	を	進	め	る	。								
																							以	
行	間	な	く	2	.	8	枚	位	記	述	し	た	。											

# 問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-2 材料強度・信頼性～

1-2 材料強度・信頼性【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題(Ⅱ-1, Ⅱ-2)について解答せよ。(問題ごとに答案用紙を替えること。)

Ⅱ-1 次の4設問(Ⅱ-1-1~Ⅱ-1-4)のうち1設問を選び解答せよ。(緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し, 答案用紙1枚にまとめよ。)

Ⅱ-1-1 ある材料のせん断応力-せん断ひずみ関係が図1のようにモデル化されている。この材料を用いて図2に示すような厚肉中空円筒について角度制御のねじり試験を行うものとして, 推定されるトルク-ねじり角線図のおよその形を描き, 線図内に現れる特徴的な点を挙げてその力学的な意味について説明せよ。

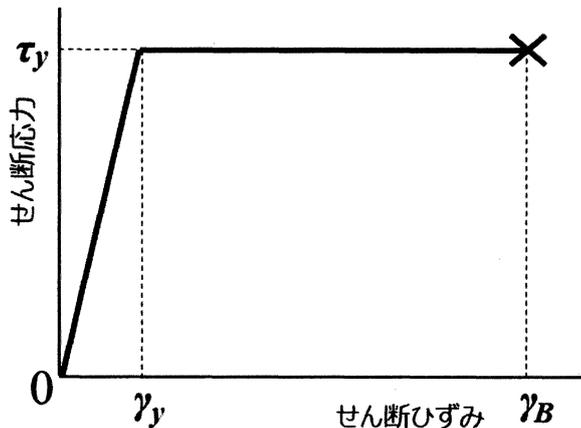


図1 せん断応力-せん断ひずみ線図

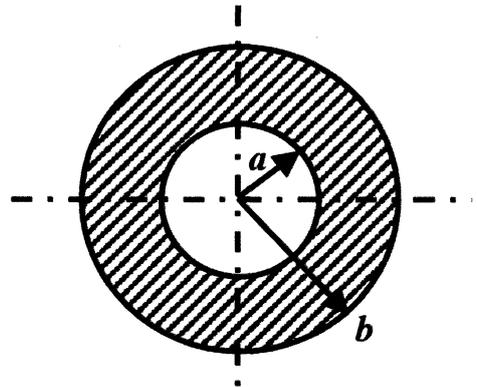


図2 厚肉中空円筒断面図

Ⅱ-1-2 高温環境下で日々起動停止する鉄鋼製の機械・構造物を設計する際に, 高温環境で特徴的に見られる材料の力学的挙動を踏まえて, 考慮すべき破損様式を挙げ, その特徴を述べよ。また, その破損様式に対する強度評価法について説明せよ。

Ⅱ-1-3 複数種の部材を用いて引張り荷重のみが作用するように設計された構造物において, 部材の破損確率を支配する因子を3つ示せ。また, この構造物のすべての部材の安全裕度が同じ場合であっても, それぞれの部材で破損確率が異なる場合がある理由を先に挙げた3つの因子と関連付けて述べよ。

Ⅱ-1-4 繰返し負荷や衝撃荷重を受ける機器などでは, 材料強度を評価するうえでひずみ速度依存性を考慮することが重要である。ひずみ速度依存性について概要を説明するとともに強度を評価する際の留意点を述べよ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II-1-3

技術部門	
選択科目	
専門とする事項	

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

1) 部材の破損確率を支配する因子																			
① 応力集中：形状の不連続性により材料の一部に平均応力よりも高い応力が発生することを応力集中という。原因として、穴や切り欠き、溶接部などの形状が急激に変化する部位の存在がある。また、材料の不均一性が原因となることもある。																			
② 残留応力：材料に外力が加わっていない状態で発生する応力を残留応力という。組立て、機械加工、溶接などによって発生する。また、樹脂部品であれば成型後の収縮によっても発生する。																			
③ 熱応力：材料は温度変化により体積が変化する。この変化量は線膨張係数により、材料ごとにことなるため異種材料で構成された構造物が温度変化を受けた場合、体積変化量の差から熱応力が発生する。																			
2) それぞれの部材で破損確率が異なる理由																			
① 応力集中：上述の通り、材料の不均一性による応力集中にはばらつきがあるため、構造物のすべての部材の安全裕度が同じであっても破損確率は変化する。																			
② 残留応力：残留応力が発生している部材では、引張強度や疲労強度が低下する。部材により残留応力は異なるため、破損確率は変化する。																			
③ 熱応力：部材によって線膨張係数は異なるため、組立時に熱応力がない状態でも、温度変化を受けると部																			

材によって破損確率が変化する。

以上

字×25字

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 自社内で開発された機器の数台が工場の生産ラインに供用されている。この機器は異なる要因により生じ大きさと頻度の異なる複数種の繰返し荷重を受けるものであるが，長期にわたって運用しつつあるうち，設計寿命に至る前に金属製部品が破損し深刻な労災事故を起こした。あなたがこの事故に対応するために緊急設置されたチームのリーダーであるとして次の設問に答えよ。

- (1) 緊急に対策すべき事項及び調査・検討すべき事項を示し，それらの内容について説明せよ。
- (2) 事故の再発を防止するための対策を立案する手順を列挙し，それぞれの項目ごとに留意すべき点について述べよ。
- (3) 一連の事故対策を実施するに当たり，それぞれの段階において必要となる関係者との調整方策について述べよ。

Ⅱ－２－２ 稼働中の回転機器において異常振動が生じる事象が発生した。あなたは，設備保全の責任者として原因調査及び対策案の策定を実施することとなった。このとき，具体例を想定して下記の内容について記述せよ。

- (1) 異常振動の発生要因について調査すべき事項とその内容について説明せよ。あわせて，それぞれの発生要因への対策案について述べよ。
- (2) 発生要因の調査及び対策案の策定における業務を進めるうえで，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 保全責任者として業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策を述べよ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II-2-2

技術部門	
選択科目	
専門とする事項	

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

<u>1) 調査事項と発生要因</u>																								
異常振動が生じる事象の具体例として																								
浄水場の薬品混和池で使用する攪拌翼を																								
想定する(図1)。																								
<u>調査事項①稼働時の状況の確認</u>																								
異常振動が発生した際の状況を現場担当者や発見者に																								
確認する。攪拌翼の回転数など、当時の状況をでき																								
るだけ細かく聞き取ることで原因分析に繋げる。																								
<u>調査事項②攪拌翼の設計の確認</u>																								
攪拌翼の危険速度や、回転中の発生応力の解析結果																								
などを設計者や図面などから確認する。																								
<u>調査事項③現地調査</u>																								
現地調査により攪拌翼が破損していないか確認する。																								
<u>要因①攪拌翼の設定ミス</u>																								
現場担当者が攪拌翼の回転数を間違え、危険速度を																								
超えることで異常振動が発生した可能性がある。対策																								
として、関係者に周知した上で、制御側で危険速度以																								
上の回転数に設定できないようにする。																								
<u>要因②機械の破損</u>																								
攪拌翼のブレードが外れたり軸が外れて重心がずれ																								
ることで異常振動が発生した可能性がある。組立て不																								
良や、疲労破壊などが考えられる。対応策として、設																								
計部門、施工部門、運用管理部門と打合せを行い原因																								
を共有する。その上で、同じ事象を発生させないよう																								
仕組みづくりを行う。																								

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

<u>2) 業務を進める上での留意点、工夫点</u>																								
① <u>稼働状況確認時</u>																								
できるだけ状況を細かく把握することに留意する。																								
現場担当者が当時の状況を思い出せるように、現場の																								
写真や図面を用意する。																								
② <u>設計の確認時</u>																								
攪拌翼が図面通りできていない可能性に留意し、図																								
面だけでなく製作時の検査結果も確認する。																								
③ <u>現地調査時</u>																								
機械の破損部位には様々な箇所がある可能性に留意																								
し、検査方法を事前にサンプルで確認することで検査																								
時間の短縮を図る。																								
<u>3) 関係者との調整方策</u>																								
① <u>現場担当者</u>																								
浄水場で検査を行うためには、事前に現場担当者の																								
許可が必要となるため早めに日程調整を行う。																								
② <u>設計者</u>																								
事象の発生原因を共有し、設計に問題があった場合																								
は、次回設計時に同様の設計をしないよう設計手順書																								
に落とし込み、設計者に周知する。																								
③ <u>製作者</u>																								
発生した事象を共有し、次回製作時の確認リストを																								
作成、運用できる体制を構築する。																								
業務を効率的、効果的に進めるためには関係者と日																								
程を共有し、業務を管理する必要がある。以上																								

令和4年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1-2 材料強度・信頼性【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1、Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し、答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 地球環境問題への取組の重要性が増している。ものづくりにおいても、製品の直接的な省エネルギーやCO<sub>2</sub>排出削減対策だけでなく、環境配慮設計の取組が進んでいる。環境配慮設計は、環境負荷低減策を、製品の開発や設計の段階で、製品ライフサイクル全般にわたって考慮する取組である。この取組には材料強度・信頼性に関わる事項も多く、製品の安全性や信頼性の担保が重要である。

- (1) 具体的な機器や部品などを想定して、環境配慮設計を目的とした取組を行ううえでの課題を、技術者としての立場で多面的な観点から3つ抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、その課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち、材料強度・信頼性分野において最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する解決策を3つ示せ。
- (3) 前問(2)で示した解決策を実行した際に生じ得る懸念事項を挙げ、それに対する対応策を示せ。

Ⅲ-2 機械設備の安全性の向上及び保全費用の軽減を目的として、従来の時間基準保全からリスク情報に基づく設備保全へ変更を図ることとなった。リスク情報に基づく設備保全の導入を担当する技術者の立場から、次の問いに答えよ。

- (1) 具体的な設備を想定して着目するリスクを示し、そのリスク情報に基づく設備保全の導入における課題を3つ抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、その課題の内容を示せ。
- (2) 前問の(1)で抽出した課題の中で最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する解決策を2つ以上示せ。
- (3) 専門技術を踏まえて、リスク情報に基づく設備保全に移行した場合の懸念事項を示せ。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅲ- 1

技術部門	
選択科目	
専門とする事項	

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

1) 環境配慮設計を行ううえでの課題

具体的な機器として、浄水場で使用するポリエチレンPE製の薬液貯水用タンクを想定する。当タンクは天板、直胴板底板をPEで溶着することで構成されている。当タンクを環境配慮設計するための課題を以下に述べる。

① 製造工程の省エネルギー化

直径3m、高さ6mのタンクの部材使用料は4300kg程度になる。成型時はPEを200℃程度まで昇温する必要があるため、常温から200℃まで昇温するエネルギーは1.7GJ程度となり、一般家庭で消費する電力量に換算すると1.3ヶ月分に相当する。このようにPEタンク製造時はエネルギー消費量が大きいいため、製造時の省エネルギー化が課題となる。

② 軽量化

PEタンクは4300kgあるため、施工の観点から軽量化により施工時の省エネルギー化に繋がる。

③ 低エネルギー運転システムの構築

タンク運用時は、内溶液の温度が上昇することによる薬液の劣化を防止するために熱交換器によって循環冷却している。環境負荷低減のために、低エネルギー運転システムの構築が課題となる。

④ リサイクル技術の確立

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

	当	タ	ン	ク	は	寿	命	を	迎	え	た	後	廃	棄	し	て	い	る	。	PE	の	原	
料	は	石	油	で	あ	り	有	限	な	資	源	で	あ	る	こ	と	か	ら	、	環	境	負	荷
低	減	の	た	め	に	は	天	然	資	源	を	効	率	的	に	消	費	す	る	必	要	が	あ
る	。	そ	の	た	め	に	は	、	信	頼	性	を	確	保	し	た	上	で	の	リ	サ	イ	ク
ル	技	術	の	確	立	が	課	題	と	な	る	。											
2)	解	決	策																				
	上	記	の	課	題	の	中	か	ら	①	製	造	工	程	の	省	エ	ネ	ル	ギ	一	化	が
材	料	強	度	・	信	頼	性	分	野	の	観	点	か	ら	最	も	重	要	と	考	え	た	。
前	述	の	通	り	、	PE	タ	ン	ク	製	造	時	の	エ	ネ	ル	ギ	一	消	費	量	は	
大	き	い	た	め	、	こ	れ	を	削	減	す	る	こ	と	に	よ	り	得	ら	れ	る	効	果
は	大	き	い	。	し	か	し	、	製	造	工	程	を	変	更	す	る	こ	と	は	製	品	の
材	料	強	度	・	信	頼	性	に	影	響	を	与	え	る	た	め	当	課	題	が	最	も	重
要	と	考	え	た	。																		
①	成	型	温	度	の	見	直	し															
	成	型	温	度	を	下	げ	る	こ	と	で	消	費	電	力	は	抑	え	ら	れ	る	。	し
か	し	、	温	度	を	下	げ	過	ぎ	る	と	成	形	不	良	に	繋	が	る	た	め	製	品
の	出	来	栄	え	を	確	認	し	な	が	ら	条	件	設	定	す	る	必	要	が	あ	る	。
②	ア	ニ	ー	ル	条	件	の	見	直	し													
	PE	タ	ン	ク	は	成	型	後	に	残	留	応	力	が	発	生	す	る	た	め	、	こ	
れ	を	低	減	す	る	た	め	に	ア	ニ	ー	ル	を	実	施	す	る	必	要	が	あ	る	。
そ	の	際	、	適	切	な	温	度	、	時	間	に	設	定	す	る	こ	と	で	余	分	な	エ
ネ	ル	ギ	一	消	費	量	を	抑	え	る	こ	と	が	で	き	る	。						
③	使	用	部	材	量	の	削	減															
	タ	ン	ク	の	板	厚	を	低	減	し	部	材	量	を	低	減	す	る	こ	と	で	、	成

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

型	時	の	消	費	エ	ネ	ル	ギ	ー	を	低	減	で	き	る	。	過	去	に	製	作	し	た
タ	ン	ク	の	状	態	か	ら	、	強	度	設	計	時	の	安	全	率	を	見	直	す	こ	と
で	必	要	強	度	を	確	保	し	た	上	で	部	材	量	を	削	減	で	き	る	。		
(3) 懸念事項と対応策																							
懸	念	事	項	①	:	現	場	と	の	意	見	の	不	一	致								
	成	型	温	度	を	下	げ	る	こ	と	で	、	PE	の	硬	度	が	上	昇	し	成	型	
が	難	し	く	な	る	可	能	性	が	あ	る	た	め	、	現	場	か	ら	反	対	意	見	が
出	る	懸	念	が	あ	る	。	対	応	策	と	し	て	、	環	境	負	荷	低	減	の	必	要
性	を	説	明	し	、	製	造	部	門	と	コ	ミ	ュ	ニ	ケ	ー	シ	ョ	ン	を	取	る	こ
と	で	理	解	を	得	る	必	要	が	あ	る	。											
懸念事項②：残留応力によるクラックの発生																							
	ア	ニ	ー	ル	条	件	を	見	直	す	こ	と	で	環	境	応	力	亀	裂	が	発	生	す
る	懸	念	が	あ	る	。	対	応	策	と	し	て	、	亀	裂	が	発	生	す	る	応	力	を
把	握	す	る	た	め	に	環	境	応	力	き	裂	試	験	を	行	う	。	把	握	し	た	応
力	以	下	に	残	留	応	力	を	低	減	で	き	る	ア	ニ	ー	ル	条	件	に	す	る	。
懸念事項③：強度低下																							
	部	材	削	減	量	の	目	標	達	成	の	た	め	に	、	部	材	量	の	過	削	減	に
よ	る	強	度	不	足	が	発	生	す	る	懸	念	が	あ	る	。	過	去	に	は	自	動	車
部	品	で	も	似	た	よ	う	な	事	例	に	よ	る	事	故	が	発	生	し	て	い	る	。
対	応	策	と	し	て	、	設	計	者	や	関	係	者	に	過	去	の	事	故	事	例	を	教
育	す	る	こ	と	で	倫	理	観	を	高	め	る	。	ま	た	、	第	三	者	が	設	計	を
確	認	す	る	制	度	に	す	る	こ	と	で	事	故	を	防	止	す	る	。				
																				以	上		

## 3-2

### (1) 機械設備におけるリスクとリスク情報に基づく設備保全の導入における課題

石油化学プラントにおける製品入出荷ローディングアームについて考える。

ローディングアームには以下のリスクが考えられる。

#### ①石油製品の漏洩による環境汚染

経年使用による腐食開口やスィベルジョイントのパッキン劣化により内部流体が外部に漏洩した場合、環境汚染につながるリスクがある。

腐食やパッキンの劣化度は予測することが難しいため、ある時点におけるリスクを定量的に評価することが難しいという課題がある。

#### ②船側設備の破損による直接被害

スィベルジョイントの破損や固着が発生した場合、船側の揺動に対してアームが追従できず、接続部に想定外の応力が発生することで船側設備の破損につながる直接被害のリスクがある。スィベルジョイントは外部からの内部状況の確認が困難であるため、故障リスクの評価が難しいという課題がある。

#### ③入出荷停止による顧客影響

船側と接続するカプラー部の不具合やスィベルジョイントの固着による動作不良が発生して入出荷停止に至った場合には、製品原料の不足によるプラント稼働低下や顧客先の操業停止のリスクがある。

### (2) ローディングアームの設備保全における最も重要な課題と解決策

(1) で挙げた課題のうち、①は海上漏洩が発生した場合には広範囲に環境汚染の影響をもたらすため、最も重要な課題である。この解決策としては以下の方法が考えられる。

#### ①残存肉厚の把握による余寿命評価

目視や超音波、放射線などの検査によってローディングアーム各部の腐食状況を検査し、残存

肉厚を把握することで健全性を評価する。

## ②製品分析によるシール劣化度の評価

石油製品中のアロマ成分によってスィベルジョイントのパッキンが劣化するため、アロマ成分析やサンプルによる浸漬試験を行うことで、シール部の劣化状況を評価する。

### (3) リスク情報に基づく設備保全への移行における懸念事項

ローディングアームの保全を時間基準からリスク情報基準に移行する場合、以下の懸念事項が考えられる。

#### ・予防保全効果の縮小

時間基準の設備保全では定期的な分解整備や部品交換、塗装などを実施することで設備の劣化を予防することで、劣化進行による補修コストの増加を抑える効果がある。

一方、リスク情報に基づく保全では部品の劣化度に対して現時点の健全性を評価して保全内容を決定する。このため、予防保全を実施できるポイントが減ることでリスク低減効果が減少しやすく、ある程度リスクが増大しなければ補修が実施されないため、補修コストの増大に繋がる可能性がある。

#### ・検査コストの増大

リスク情報に基づく保全では、現在の設備の状態を正確に把握することが健全性の評価に不可欠であるため、時間基準の保全よりも多くの検査項目と検査点が必要となり、日常的な検査コストの増大につながる可能性がある。

#### ・発生確率の流動性

一般的にリスク情報に基づく設備保全は不具合の発生確率×不具合発生時の影響度によってリスクを評価するが、不具合の発生確率は周辺の環境、設備の使用履歴、注油などの日常点検の品質によって変動するため、リスクの大きさもそれに伴って変動してしまう可能性がある。

# 問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-3 機構ダイナミクス・制御～

令和4年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1-3 機構ダイナミクス・制御【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 FFTの概要を説明せよ。また，計測されたアナログ信号をA/D変換し，FFTにより周波数分析する際，起こり得るエリアジングについての説明とこれを防止する方法を述べよ。

Ⅱ-1-2 自動車の終減速装置で用いられる差動歯車装置の構造，働き，主な用途における問題点とその対応策を述べよ。

Ⅱ-1-3 ロボットアームを用いて物体をある位置から別の位置に移動させる際，より高速に移動しようとするとう有害振動等により位置決め精度が低下してしまう。この場合，高速化によって位置決め精度を低下させないような対応策を2つ具体的に述べ，それぞれの対応策の留意点も述べよ。

Ⅱ-1-4 振動絶縁装置の機能と原理，実際に適用された事例を説明し，振動絶縁装置の減衰が振動絶縁性能に及ぼすメリットとデメリットについて述べよ。

# 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	2022 II-1-2

技術部門	機械
選択科目	機構ダイナミクス・制御
専門とする事項	交通・物流機械

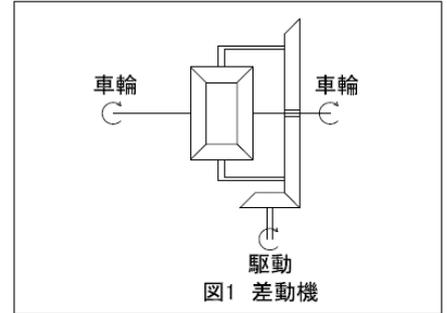
※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

## 差動歯車装置の構造、働き、用途

### 1. 構造及び働き

差動歯車装置は、旋回時の左右の車輪の回転を補正するためのものである。図1に構造を示す。入力軸に対して、左右の車輪の回転数の合計が、一定の割合になる構造である。この機構により旋回時は外側の車輪と内側の車輪の回転速度の相違を吸収して、スムーズに旋回を行うことができる。



### 2. 問題点と対応策

オフロード車でも不整地を走行しようとする時、左右どちらかのタイヤのグリップが低下すると、差動機の特長上、車輪が空転してしまい走行できない。対応策としては、デフロック装置を装備して、左右の車輪の回転が同じになるようにすることで走行が可能になる。ただし一般道を走行する場合、デフロック装置を解除するのを忘れると、車庫入れがスムーズにできない。デフロック装置を正しく操作することが必要である。

一般の自動車は主に舗装道路を走行するので、デフロック装置は装備されていない。雪国では、積雪時の走行性能を確保するためデフロック装置の需要がある。

以上

### II-1-3

(1) 高速化に対応したロボットアームに使用するモータについて

図1にフィードフォワード制御のブロック線図を示す。

図1より、ステッピングモータを採用する場合はオープンループ制御であるために精度が悪い。外乱は既知の場合は補償器を付ける。

図2にフィードバック制御のブロック線図を示す。

図2より、サーボ検出器で外乱を感知してフィードバックすることで応答性が良く高速化に適している。

※<ブロック線図を記載>

図1 入力→[補償器]-[制御対象]→目標位置 (フィードフォワード制御)

図2 入力→[制御器]-[制御対象]→目標位置→入力 (フィードバック制御)

(2) 高速化を実現するための振動対策に関して

以下に2つの具体例を示す。

①ロボットアームの下に除振装置を設置

対応策：床からの振動対策はロボットアームの下に受動型除振装置を据え付ける。

このことで床からのアームに対する外乱を抑制することができる。

留意点：能動型除振装置は構造が複雑でコスト高いので、振動の周波数が特定できている場合は構造が簡単で比較的成本の安い受動型除振装置を採用する

②高精度なモデル化及び制御器の作成

ロボットアームの挙動を高精度な物理モデルを構築する。

本モデルに対してPID制御器を使用して、高速化に対応するための応答性を良くする。

PID制御を採用する理由としては、制御器設計がパラメータ調整で容易であるために設計工数の低減に繋がるからである。

減衰性、追従性、速応性を調整して高速化に対応した制御器を作成する。

留意点：目標値追従性能を良くするためには良いが、外乱を同時に満たす場合はフィードフォワード制御を入れた2自由度制御系で制御器を組み込む必要がある。

## Ⅱ 選択科目Ⅱ

### Ⅱ-1

(解答用紙 1 枚:600 文字)

#### Ⅱ-1-3

ロボットアームを用いて物体をある位置から別の位置に移動させる際、より高速に移動しようとするると有害振動などにより位置決め精度が低下してしまう。この場合、高速化によって位置決め精度を低下させないような対応策を2つ具体的に述べ、それぞれの対応策の留意点も述べよ。

##### ① 制御面における対応策

高速化するにあたり、まず位置決め制御としては PID 制御によるフィードバック制御を採用する。入力値の制御を出力値と目標値の偏差、その積分及び微分の 3 つの要素により行うことで、高速化をした際の追従性向上が期待できる。又、ロボットアームを用いる環境における特徴的な周辺形状や ID タグなどにより位置決めのための基準点を追加することで、アーム動作の経路における誤差を縮小することが可能となる。更に、使用しているセンサーの分解能の追加や誤差要因となる機構構造を考慮したセンサーの追加を検討する。これらの誤差縮小のための対策においては、タグやセンサー取り付け場所の選定と振動などにより新たな誤差を生まないような取り付け方に留意することが大切となる。

##### ② 構造面における対応策

機構物であるロボットアームは、高速化に伴い慣性力の影響を受けるため、動的変形を生ずることが考えられる。その対応策としては、高速化に応じて、軽量化を図ることで受ける慣性力を小さくするとともに、材質変更や形状変更により機構構成部材の剛性をあげることで部材変形を縮小することが有効と考える。これらの対応策を採用した場合、アーム連接部に応力が集中してしまうことが想定されるため、軸受などの保持力についても留意することが必要となる。

(547 文字)

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

枚数

枚目

枚中

受験番号	01 <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> 03
問題番号	2-1-4

技術 部門	機械 部門	受験申込書に記入した専門とする事項 <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> の設計
選択 科目	機構ダイナミクス・ 制御 科目	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

## (1) 振動絶縁装置の機能と原理

振動絶縁装置を図1に示す。テーブルを空気ばねや防振ゴムなどのばねとダンパで支持し、床振動がテーブル上に伝わらないようにするものである。

テーブル

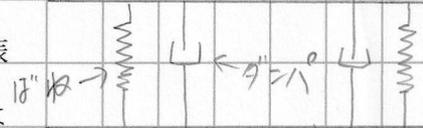


図1. 振動絶縁装置

テーブルの質量を  $m$ 、ばねの全ばね剛性を  $k$ 、ダンパの減衰係数を  $c$  とするとき、床振動伝達率は式①で表される。ラプラス変換の領域で示す。  $X_0$  は床の変位、  $X_1$  はテーブルの変位である。

$$\frac{X_1}{X_0} = \frac{c s + k}{m s^2 + c s + k} \rightarrow \text{①}$$

## (2) 振動絶縁装置が実際に適用された事例

三次元測定機に適用された例がある。三次元測定機は、装置のステージが高速で動き、停止後に測定をするため、ステージ動作後に振動が速やかに減衰する必要がある。

## (3) 減衰が振動絶縁性能に及ぼすメリットとデメリット

メリットは、共振振動数における共振倍率を低く抑えることである。

デメリットは、オイルダンパなどの粘性減衰の場合、共振振動数より高い振動数域の振動絶縁性能が劣化することである。

以上

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ コンピュータシミュレーションの活用は，製品の設計・開発段階のみならず，3Dプリンティング技術における設計の最適化による新たな工法の導入など製造段階にも広がっている。一方，コンピュータシミュレーションの産業利用においては，結果が経済的損失や人命に関わることもあり，コンピュータシミュレーション結果の信頼性の確保は極めて重要である。コンピュータシミュレーションを活用して新たな製品を開発，市場に投入するに当たり，製品開発の責任者として下記の設問に回答せよ。

- (1) コンピュータシミュレーションの「結果の信頼性」と，コンピュータシミュレーションを用いた「設計での留意点」を，それぞれの観点から，調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

Ⅱ－２－２ 家電製品から自家用車，産業機器までのあらゆる分野で電子化が進み，ソフトウェアによって制御されることにより動作する機械が一般的となった。それに伴い，例えば自動車のパワーステアリングやブレーキなど，電子化された機械において誤動作や突然の作動停止が発生すると，ドライバーが車両の動きを制御できずに人命にかかわる事故となりうる事象が発生する。このような事象に対して安全性が要求され，かつソフトウェアによって制御される機械の開発責任者として業務を進めるに当たり，次の問いに答えよ。

- (1) 本質安全と機能安全の違いを述べたうえで，機能安全の実現のための検討すべき重要なポイントを３つと，その内容について説明せよ。
- (2) 機能安全の実現のためには，製品に潜む危険の抽出や製品が万一故障したときに発生する可能性のある危険事象を抽出して，それらに対策を施すために安全分析が行われる。安全分析方法として代表的なFTA・FMEAについて簡潔に説明したうえで，両者を用いて業務を進める手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 機能安全を適用するシステムを開発委託する場合，業務を効率的，効果的に進めるための関係者（カスタマー及びサプライヤー）との調整方策について述べよ。

## II-2-1

工場で荷を吊り上げて搬送する装置である天井クレーンシステムの吊り荷の振れ止め制御システムを例に挙げる。

図1に天井クレーンの概略図を示す。

(図の内容：走行するガーダ、横行するトロリ、巻き上げ巻き下げするクレーンワイヤ、吊り荷、操作者、操作ペンダントの構成)

図1より天井クレーンは横行走行方向に搬送できる。また吊り荷を下げたクレーンワイヤを周囲設備と干渉しないように

巻き上げ巻き上げしながら据え付け位置まで走行する。操作者はコントローラで操作する。

このとき吊り荷の振動を検知して振動を抑制するフィードバック制御を組み込んだシステムとする。

### (1) コンピュータシミュレーションの信頼性について

天井クレーンは常時稼働しているのでシミュレーションで制御器設計の検討を行う。

このとき、天井クレーンの挙動を再現したモデルが実機挙動との誤差があると、結果に影響する。そのことで吊り荷の周りの製品と人と干渉すると経済的損失と人命に繋がる。

したがって、実機と同定を行い、高精度なモデル化を行う。また、実機に制御器を組み込みで性能を評価する。

目標とする性能（目標値）に達しない場合は、モデル及び制御パラメータを調整する。

このように改善を繰り返してシミュレーションの信頼性を向上させる。

### (2) 設計での留意点について

複雑な制御モデルは制御器作成の工数増加に繋がる。

そのためにモード解析などを行い、伝達関数の低次次数化を図り簡単なモデルを作成する。

理由としては設計工程や制御PCの負荷低減に繋がるからである。

### (3) 業務を進める手順について

以下の項目順に業務を進める。

#### ①モデリング

実機と同定する。実機が実稼働中の場合はスケールダウンした装置で検証する。

DRを実施して社内外の有識者の意見を反映する。この時、変位をスケールダウンした場合の加速度、速度、質量を文献調査して反映する。

#### ②検証、改善

検証試験を行う。目標値に達成するまで制御パラメータを調整する。

③導入、メンテナンス

目標値を達成して導入後もセンサや天井クレーンの各種アクチュエータをメンテナンスして故障、破壊を防ぐ。

(4) 関係者との調整方法について

①メールやオンライン会議で情報共有する。

②工程の見える化を行い、関係者と情報を共有する。

③技術的な課題に関しては社内外の有識者に相談したり、大学などと共同研究を検討する。

## Ⅱ-2

(解答用紙 2 枚:600 文字×2 枚=1200 文字)

### Ⅱ-2-1

コンピュータシミュレーションの活用は製品の設計・開発段階のみならず、3D プリンティング技術における設計の最適化による新たな工法の導入など製造段階にも広がっている。一方、コンピュータシミュレーション結果の信頼性の確保は極めて重要である。コンピュータシミュレーションを活用して新たな製品を開発、市場に投入するにあたり、製品開発の責任者として下記の設問に回答せよ。

- (1) コンピュータシミュレーションの「結果の信頼性」とコンピュータシミュレーションを用いた「設計での留意点」をそれぞれの観点から、調査、検討すべき事項とその内容について説明せよ。

#### 「結果の信頼性」

コンピュータシミュレーションは想定された使用環境などの状況下で対象物をモデル化し、評価される。そのため、実際の使用環境との差異などにより、誤差を持つ可能性があることから、シミュレーション結果の妥当性を評価するためには実環境下での試験により妥当性を証明することが必要とされる。

#### 「設計での留意点」

シミュレーション結果に基づいた設計を行う際には、シミュレーションの有する誤差を考慮した安全率を持たせた設計を行う必要がある。又、設計された製品に対し、試作品を製作し、実使用環境を模した実験や実使用環境下での試験を行うことが望ましい。

(270 文字)

- (2) 業務を進める手順を列挙して、それぞれの項目ごとに留意すべき点、工夫を要する点を述べよ。

① 製品の実使用環境を考慮した想定条件を設定

シミュレーションの想定条件を設定するにあたっては、シミュレーション担当者、設計者等の関係者で議論することで、製品の実使用環境など適切な想定条件を設定することが求められる。この時、設計者は実使用環境を把握するためのフィールド調査を行っていることが前提とされる。

② シミュレーションモデルの構築

シミュレーション担当者は想定条件を踏まえ製品のモデル化を行うが、モデル化を行う中でも考慮すべき条件の追加について常に留意し、必要に応じて設計者と情報の交換を行う。

③ シミュレーションによる評価・改善

シミュレーションによる評価結果の妥当性については、シミュレーション担当者、設計者等の関係者で多角的な評価を行い、盲点がないように努める。ここに、評価結果が

想定より悪い場合はもとより、想定より良い場合についても想定外となった要因について分析を行う。

④ シミュレーション結果に基づいた試作品の製作・評価

シミュレーション結果を踏まえ設計した製品について、シミュレーション担当者にフィードバックを行い、想定が不足していることがないことを確認する。最終的には試作品を製作し、実使用環境から考慮すべき厳しい条件下での実験を行うことで製品の機能評価を行い。更に、可能であれば実使用環境下で長期的な試用を行うことで想定外の使用環境などがないことを確認する。そのような試作品による評価試験を実施し、その性能がシミュレーションで得られていたものに対して妥当であることを確認する。  
(641 文字)

(3) 業務を効率的、効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

工程的には後段となる設計プロセスの担当者も、シミュレーションを行う前の段階から議論に参加させることで、プロセスの手戻りを防ぐとともに、設計上の制約を受けないように配慮する。また、設計が完了した時点でのシミュレーション担当者へのフィードバックや試作品による試験条件の設定についてもシミュレーション担当者も参画して行うことが製品評価として必要とされるだけでなく、次のプロジェクトにおける知見の蓄積にも有効となる。

(204 文字)

総計 1115 文字

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	XXXXXXXXXX
問題番号	2—2—1

技術 部門	機械 部門	受験申込書に記入した専門とする事項 XXXXXXXXXX
選択 科目	機構ダイナミクス・制 御 科目	

枚 数
枚目
枚中

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

## (1) コンピュータシミュレーションの調査・検討事項

私はアクティブ除振台のシミュレーションによる設計を業務として行っている。アクティブ除振台は主に空気圧制御で、振動センサ信号をフィードバック及びフィードフォワード制御をしている。通常、4つのアクティブ除振ユニットとコントローラから成る。本例のシミュレーションによる設計について説明する。

### 1-1) 「結果の信頼性」の観点

シミュレーションモデルにモデル化されない要素を調査・検討する必要がある。サーボバルブの非線形性、ゴムや空気ばねダイヤフラムが変位の大きさによって挙動が変わる非線形性がある。

### 1-2) 「設計での留意点」の観点

シミュレーションは線形化モデルを使用するため、上記の非線形性の影響を低減するため、安全率を考慮する必要がある。空気ばねの空圧容器の強度計算についても、鋳物の強度ばらつきを考慮して安全率を考慮する必要がある。

## (2) 業務を進める手順と留意すべき点、工夫を要する点

### 2-1) アクティブ除振ユニットの仕様決め

アクティブ除振ユニットの仕様を決める。留意点は目標除振性能たとえば  $-20\text{ dB} / 4\text{ Hz}$  を設定することである。工夫を要する点は、1つのサイズの搭載可能質量の幅をなるべく広げ、ラインアップの種類が増えすぎないようにすることである。

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	XXXXXXXXXX
問題番号	2—2—1

技術 部門	機械 部門	受験申込書に記入した専門とする事項 XXXXXXXXXX
選択 科目	機構ダイナミクス・制 御 科目	

枚 数
枚目
枚中

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

## 2-2) シミュレーションによる設計

MATLAB 等の制御系設計ソフトウェアを用いてシミュレーションを行う。留意点は、なるべく単純なモデルを使用し、流用設計をしやすくすることである。工夫を要する点は、実機の制御ソフトウェアとの互換性を極力もたせて転用しやすくすることである。

## 2-3) 試作と検証

試作機を製作し、実験により除振性能などを検証する。留意点は、最適ゲインの比較等によりモデルの妥当性を検証することである。工夫を要する点は、組み立てやすさを考慮して設計することである。

## 2-4) 製品設計

製品としての標準品の設計を行う。留意点は、ラインアップのデザインに統一性を持たせること、特に高さを同一にすることである。工夫を要する点は、除振ユニットの取り付け寸法を正方形にすることである。

## (3) 業務を効率的、効果的に進めるための関係者との調整方策

3-1) 製造部署には、試作の製作時期や試作の評価時期の予定を極力早めに伝えて、調達先への発注計画に支障がないようにし、評価場所を確保する。

3-2) 会社の上層部には、定期的に開発状況を報告し、大型の試作の予定時期を事前に伝えて予算を確保する。

3-3) 営業部署には、カタログやホームページ掲載に必要な情報を早めに伝え、早期に市場投入する。以上

# 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	2022 II-2-2

技術部門	機械
選択科目	機構ダイナミクス・制御
専門とする事項	交通・物流機械

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

## 1. 検討すべきポイント

本質安全は、万一故障しても大事にならないよう設計する。例えば油圧式ステアリングであれば、油圧ポンプが故障しても、手でステアリングを操作可能に設計する。機能安全は、機械と電子機器からなるシステムで、電子機器が正常に作動することで得られる安全を言う。例えば油圧式ステアリングであれば、油圧が低下するとアラームを表示して安全に停止するシステムである。

以下に検討すべきポイントを示す。

### (1) フォルトトレラント

重要な機器は冗長性を持たせて、万一故障が発生しても機能を維持するよう設計する。

### (2) フェールセーフ

万一故障した場合は、システムが安全に停止するよう設計する。

### (3) フールプルーフ

間違った操作をしようとしても安全なよう設計する。例えば、前進中にバックギアを入れようとしても、入らないようにする。

## 2. 業務の手順と留意すべき点、工夫を要する点

FTAは故障の木解析と呼ばれ、トップダウン解析であり、故障状態から原因を解析する。FMEAは故障モード影響解析と呼ばれ、ボトムアップ解析で、予期しない事象を含めて解析する。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

以下、業務を進める手順を示す。

(1) FTA 解析

開発要素が少ない製品の場合は、FTA 解析を行う。工夫を要する点は、過去の不具合のデータに対して対策されているか確認し、効率的に、また漏れがないよう解析できるよう工夫する。また故障原因について、先入観を持たないよう留意する。

(2) FMEA 解析

開発要素が多い場合は FMEA 解析を行う。予期しないリスクを発見できるが、膨大な手間がかかるので、事象の発生頻度や重要度に応じて、メリハリを付けた解析を行うよう留意する。

3. 関係者との調整方策

(1) カスタマーとの調整方策

操作や想定される運用について、カスタマーからヒアリングを行う。ヒアリング結果は、フォールトトレラント、フェールセーフ及びフルプルーフ対策に活用する。

(2) サプライヤーとの調整方策

品質のバラツキや過去の不具合が対策されているかサプライヤーの協力を得て確認する。確認結果は、FTA や FMEA に活用する。

以上

令和4年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1-3 機構ダイナミクス・制御【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1、Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し、答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 自動車の自動運転は事故防止、交通流の改善、環境負荷の低減などの観点から大きな効果が期待され、開発が進められている。下表は官民ITS構想で示されたロードマップ2019より抜粋した自動運転のレベル分けである。同表のように、レベル4は特定の条件下においてシステムが全ての運転タスクを実施する完全自動運転であるのに対して、レベル3は通常の動作はレベル4と同様であるが、システムの対応が困難な場合はドライバーに対応を委ねるものである。現在はレベル3の実用化が始まった段階といえるが、この技術を発展させ、レベル4に進めることについて以下の問いに答えよ。

- (1) レベル4の自動運転の開発について、技術者の立場から多面的に検討し、レベル3との比較において難度が高いと考えられる課題を3つ挙げよ。
- (2) 上記(1)の課題のうち、最も重要と考える技術的課題を1つ挙げ、取り上げた理由と具体的な解決策を複数示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行しても新たに生じうる問題と対策について、専門技術を踏まえた考えを示せ。

自動運転のレベル分け

レベル5	【完全自動運転】
レベル4	【特定条件下 <sup>(注1)</sup> での完全自動運転】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 特定の条件下においてシステムが全ての運転タスクを実施</li> <li>・ システムが周辺監視（アイズオフ可）<sup>(注2)</sup></li> </ul>
レベル3	【特定条件下 <sup>(注1)</sup> での自動運転】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 特定の条件化においてシステムが全ての運転タスクを実施。ただし、システムの対応が困難な場合はドライバーが対応</li> <li>・ システムが周辺監視（アイズオフ可）<sup>(注2)</sup></li> </ul>
レベル2	【高度な運転支援】（自動の追い越し支援等） <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ドライバーが周辺監視（アイズオフ不可）<sup>(注2)</sup></li> </ul>
レベル1	【運転支援】（衝突被害軽減ブレーキ等） <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ドライバーが周辺監視（アイズオフ不可）<sup>(注2)</sup></li> </ul>

(注1) 場所（高速道路のみ等）、天候（晴れのみ等）、速度など自動運転が可能になる条件であり、この条件はシステムの性能によって異なる。

(注2) アイズオフ：運転中に前方から目を離しても良い技術。

### Ⅲ 選択科目Ⅲ

(解答用紙 3 枚:600 文字×3 枚=1800 文字)

#### Ⅲ—1

自動車の自動運転は事故防止、交通流の改善、環境負荷の低減などの観点から大きな効果が期待され、開発が進められている。下表は官民 ITS 構想で示されたロードマップ 2019 より抜粋した自動運転のレベル分けである。同表のように、レベル4は特定の条件下においてシステムが全ての運転タスクを実施する完全自動運転であるのに対して、レベル 3 は通常の動作はレベル 4 と同様であるが、システムの対応が困難な場合はドライバーに対応を委ねるものである。現在はレベル 3 の実用化が始まった段階といえるが、この技術を発展させ、レベル 4 に進めることについて以下の問いに答えよ。

(1)レベル4の自動運転の開発について、技術者の立場から多面的に検討し、レベル3との比較において難度が高いと考えられる課題を3つ挙げよ。

① 環境条件

設計開発を通じ、熟慮・検討を重ねて設定された自動運転が可能となる条件について、実使用環境においても想定通りに成立することを保証することが難しい。

② 性能維持(故障)

自動運転車両も経年により性能は低下することが必然であり、長期の使用期間において、自動運転システムが求める性能を発揮できることを保証することが難しい。

③ システム信頼性

自動運転システムの認知・判断・制御のすべての機能が安全に機能し続けられることを保証することが難しい。

(218 文字)

(2)上記(1)の課題のうち、最も重要と考える技術的課題を1つ挙げ、取り上げた理由と具体的な解決策を複数示せ。

②性能維持(故障)

レベル3ではシステムの対応が困難な場合はドライバーが対応するのに対し、レベル4では特定の条件範囲とはいえシステムがすべてのタスクに対して認知・判断・制御を執り行うこととなる。レベル3においてバックアップとしてのドライバーが存在することは、自動運転システムそのものや車両が故障した際においてもドライバーが補助的に被害や影響を縮小するための対応をとることが可能となる。しかしながら、そのバックアップが存在しない形で使用されるレベル4では、ドライバーは故障対応に備えていない状況となり、事故の起因となるとともにその影響を大きくしかねない。

また、経年により関係する装置・機器の性能が低下し、システム全体の調和が崩れる

ことや、車両性能の変化に追従できなくなることが考えられる。特に自動車のような多くの部品やサブシステムにより構成される製品においては、部品レベルの性能低下が一律に進むものではなく、システムとしての調和が乱れやすく、摩耗部品や老朽により交換された部品によっても調和が乱れることも想定される。これらのような長期使用に対する性能の維持については、予期することが難しく、それがシステム信頼性や環境条件にも影響すると考えられるが、レベル 4 ではレベル 3 のようにドライバーが備えていないことからドライバーによる劣化の傾向把握は不可能となり、故障が起きてから問題が顕在化することも十分に考えられる。このようなことから、性能維持が最も重要な技術的課題と考える。この課題に対する解決策に関する考察結果を以下に述べる。

i) レベル 3 の実績による確認

特定条件下でのレベル 3 を一定の期間経験することで、システム故障の経験を積んだうえでレベル 4 へとレベルアップする段階的移行は必ず必要と考える。レベル 3 での経験により考慮すべき故障の抽出と対策検討が可能となるとともに、長期使用に伴い実使用環境下での確認も行うことができる。更に、車種としてレベル 4 が可能となった後においても、さらなる長期使用の影響を考慮するため、一定数のサンプル車両においてモデル 3 で継続使用する評価試験を行うことでドライバーでしか認知することのできない不具合を抽出することも可能になると考える。

ii) データの収集

前項のレベル 3 の経験及びレベル 4 へ移行後のサンプル車両によるモデル 3 継続使用を行うにあたっては、開発で用いるような車両各部のセンシングを行うことでデータを蓄積し、システムの変化が及ぼす車両挙動について分析を行うことが可能となる。通常の自動車であれば、ユーザーであるドライバーからのフィードバックが得られなくなる代替としてのデータ収集は必要になると考える。

iii) システム向上(非搭載車対応)

自動運転を行う車両については、あらかじめ設けられた制御のルールに従い運転されるため、その制御を予測することが比較的容易であることから、相互の運転状況を相互比較することで自車両の異常を判定することも可能になると考える。例えば、同じ条件下で運転している周辺車両との車間距離が小さくなりやすいなどが顕著な場合などにより異変を察知するものとなる。しかしながら、非搭載車はドライバーによる運転に個体差によるその比較対象としては不適切となることから、非搭載車両を認識するためのシステムをインフラ側・車両側で構築することも必要と考える。

(1387 文字)

(3)前問(2)で示したすべての解決策を実行しても新たに生じうる問題と対策について、専門技術を踏まえた考えを示せ。

レベル 3 の実績を通じ、開発段階では想定していなかった状況に対する危険回避の機能追加が想定される。そのような機能追加については、前問のデータ収集で得た知見から一部のセンシング技術を追加するなどしつつ、AIの学習機能の向上によりフレキシブルな対応が可能なシステムを構築することが有効となると考える。

(147 文字)

総計 1752 文字

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	2021 III-1

技術部門	機械
選択科目	機構ダイナミクス・制御
専門とする事項	交通・物流機械

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

レベル 4 の 自動 運転 の 開発

1 . 課 題

(1) 安 全 性 の 確 保

安全性の確保が課題である。レベル 4 ではアイズオフの状態で行っているため、故障や異常発生時に、すばやく対応することが難しい。天候の突然の変化、他の車両や歩行者の飛び出しなどが想定される。通常状態はむろん、非常事態でも、安全性を確保することが課題である。

(2) 信 頼 性 の 確 保

高速道路や山間部を走行している際に自動運転装置が故障すると、早急な修理が難しい。故障した場合、近くの修理可能な場所まで手動運転で移動させる必要がある。高齢のドライバーの運転など手動運転が難しい場合がある。無免許のドライバーの場合も想定しておく必要がある。信頼性の確保が課題である。

(3) コ ス ト ダ ウ ン

すばらしい自動運転装置であっても、高額であれば普及しない。センサーなどについて市販品を活用することでコストダウンを行う工夫が必要である。またカーナビと連動して、移動時間最短ルートだけでなく、燃費最良ルートも案内することで、イニシャルコストを回収する。イニシャルコストやランニングコストなど総合的な観点でコストダウンを行うことが課題である。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

## 2. 最も重要な課題と解決策

安全性の確保が最優先なので、最も重要な課題に挙げる。以下に解決策を3つ提案する。

### (1) センサ技術の活用

自動運転では、ビデオカメラを活用するが、天候によつては使用できない。そこでビデオカメラに加え、ライダー、ミリ波レーダなど特性の異なるセンサーを組み合わせるセンサーフュージョン技術を活用する。このことで天候によらず様々な視認対象に対応できるようにする。

### (2) 人工知能による予測

他の車両や歩行者が衝突しそうになってから回避操作を行うと急ハンドルや急ブレーキ操作になる。路面状態によつては回避できないことが予想される。人工知能の技術を活用して、他の車両や歩行者の動きを予想して、余裕のあるハンドルやブレーキ操作を自動で行う。このことで安全性が向上する。

### (3) IoTによる全体制御

走行状態をIoTで共有して、渋滞をなくし、安全で快適な走行を行う。このことで通行時間の短縮や燃費の節約にもなる。さらに走行状態を整備センターで監視することで、故障の予知や整備が必要な部位の情報を得ることができるようになる。ランニングコストを節約しつつ、突然の故障を防止して、安全性を確保する。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

3 . 新 た に 生 じ う る 問 題

(1) 通 信 障 害

自動運転に不可欠な情報として、GPSがある。衛星電波に通信障害が発生すると、自動運転ができなくなる問題がある。自動運転ができない場合、高齢のドライバーなどでは、走行困難になることが予想される。これについての対策を以下に示す。

地図情報と路面情報で一定区間自動運転できるようにする。地図情報については、GPSではなく、速度センサや加速度センサで自車位置を特定する。

(2) 災 害 発 生 の 対 応

地震や津波発生などの災害発生時に、自動運転で走行できなくなる事態が考えられる。想定される状況としては、道路に倒木など障害物があり通行できなくなる、交通渋滞が発生して避難できない、出先で災害が発生した場合は、どこへ避難したらよいか分からないといった問題がある。これについての対策を以下に示す。

災害発生時は、IoT技術により、通行可能なルートを示し、他の車両と隊列を組んで、安全な場所まで自動運転で移動するシステムを構築する。隊列で走行することで、渋滞の発生を防止し、地理の不案内な場所でも安全且つ迅速に避難ができる。

以上

Ⅲ－２ 製品開発におけるフロントローディングとは、要件定義や基本設計など開発の上流工程に予算や人材を多く投入して設計の品質・精度を高め、下流工程にて発生する問題・不具合を減らし、全体として開発のスピード向上とコスト削減を図る手法である。自動車、船舶、OA機器、工作機械など音や振動を伴う工業製品は多く、また、設計意図から外れた有害な音や振動が製品性能を劣化させ開発遅延やコスト増大を招く事が多い。機械の音・振動問題に特有の共振現象は、開発初期での性能の見積りや開発後期での問題解決を困難にする大きな原因となる。このような状況を考慮して、以下の問いに答えよ。

- (1) 音・振動設計のフロントローディングを進めるに当たって、技術者としての立場で多面的な観点から3つの課題を抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、その課題の内容を示せ。
- (2) 前問で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する複数の解決策を専門技術用語を交えて示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行しても新たに生じうる問題とそれへの対策について、専門技術を踏まえた考えを示せ。

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	XXXXXXXXXX
問題番号	3—2

技術 部門	機械部門	受験申込書に記入した専門とする事項 XXXXXXXXXXの設 計
選択 科目	機構ダイナミクス・ 制御 科目	

枚数
1枚目
3枚中

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

## (1) 音・振動設計のフロントローディングの3つの課題

私は精密機器や顕微鏡を搭載して床振動が影響を受けないようにする除振台の設計・施工・調整の業務に携わっている。除振台は装置を搭載するテーブル、それを支持する空気ばね、さらにそれを支持する架台から成り、振動問題解決の1つのツールである。ユーザーのいろいろな問題の事例を含めて説明する。

### 1-1) 課題1：音・振動の事前対応設計

技術の観点から、音・振動問題は、機械装置全体の構造や剛性、外部環境に起因することが多い。問題が発生してからでは解決策の選択肢が限られ、局所的かつ限定的な効果にとどまることが多い。様々な環境、使用条件を想定して事前に対応することが課題となる。

### 1-2) 課題2：音・振動問題に対応できる技術者の育成

人の観点から、音・振動が現場で問題となっているときに専門技術者が問題を解決することは難しい。音・振動問題は装置の剛性、ソフトウェアなどの複合問題である。音・振動の測定ノウハウを持って柔軟に対応できる現場の技術者を育成することが課題となる。

### 1-3) 課題3：音・振動を測定するツールの調達費用

コストの観点から、圧電型加速度センサ、サーボ型加速度センサ、高性能マイク、FFTアナライザなどの音・振動の測定ツールは高額であり、その調達費用の捻出が課題となる。

## (2) 最重要課題と、その課題に対する複数の解決策

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	XXXXXXXXXX
問題番号	3—2

技術 部門	機械部門	受験申込書に記入した専門とする事項 XXXXXXXXXXの設 計
選択 科目	機構ダイナミクス・ 制御 科目	

枚 数
1 枚目
3 枚中

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

最重要課題は、課題 1-1) の音・振動の事前対応設計である。理由は、音・振動問題を極力上流で解決しておくことにより、後工程での設計変更を未然に防止し、トータルコストを抑えることが可能となるためである。

### 2-1) 解決策 1 : 有限要素法による構造解析と設計変更

設計段階での構造解析により、例えば除振台のテーブルは固有振動数 100 Hz 以上、架台は 80 Hz 以上になるように設計変更する。この値は標準的なもので、搭載される装置の精度や特性により増減させる。

### 2-2) 解決策 2 : 様々な条件を想定して実験的に検証

除振台のテーブルに搭載される装置の条件が様々な変わる場合も想定して設計する。例えば除振台のテーブルに中心集中荷重で搭載される場合、テーブルと装置全体の固有振動数は、分散荷重の場合より低くなる。中心集中荷重の場合でも、テーブルと装置全体の固有振動数が 100 Hz 以上になるように設計して、発振を未然に防止する。

### 2-3) 解決策 3 : 事前の音・振動の測定と除振台や防音ボックスの適用

半導体・液晶の製造工場のクリーンルームや、交通量の多い幹線道路の近くなど、事前対策を行っても床振動や現場の騒音が大きいと、音・振動が問題となる場合がある。最近では装置の振動許容値が ISO の環境振動基準である VC クラスで規定されていることが多い。例えば床振動が VC-A クラスとして、アクティブ除振台

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	XXXXXXXXXX
問題番号	3—2

技術 部門	機械部門	受験申込書に記入した専門とする事項 XXXXXXXXXXの設 計
選択 科目	機構ダイナミクス・ 制御 科目	

枚 数
1 枚目
3 枚中

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び受験申込書の記入した専門とする事項は各用紙とも必ず記入すること。

の適用により、テーブル上で装置の許容値である VC-D クラスに低減させる。音が許容値を超える場合も、防音ボックスを適用して、事前に対策しておく。

## 2-4) 解決策 4 : ダンパの適用

音・振動の共振現象による影響を低減するために、ダンパの適用も有効である。空気ばねとタンク間のオリフィスによるダンピング、オイルダンパの適用、2枚の鋼板で制振ゴムシートをはさんだ制振鋼板を除振台のテーブルに適用すること等により、共振の影響を低減することができる。

## (3) 新たに生じうる問題とそれへの対策

上記のような対策を講じたとしても、除振台の使われ方が変わることがある。搭載される装置上で動作するステージの加速度が大きくなったり、移動質量が増えたりして、テーブルの揺れが除振台の許容値を超えることがある。また除振台に搭載される装置そのものが別の装置に置き換わり、質量が変わったり、搭載物の音・共振振動数が変化したりする場合もある。

テーブルの揺れへの対策は、非接触で変位を抑えるゴムダンパをオプションとして後付けできるようにしておき、除振性能を劣化させずに変位を抑制する。

搭載装置の変更による共振振動数の変化への対策は、搭載質量を検知して自動的に制御ゲインを調整し、発振を検知した場合に自動的に制御ゲインを小さくして発振を抑える発振防止機能を具備させる。以上

# 問 題 文

(選択科目)

～01-4 熱・動力エネルギー機器～

1-4 熱・動力エネルギー機器【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 大気圧での沸点が異なる冷媒A（沸点 $-52^{\circ}\text{C}$ ）と冷媒B（沸点 $-30^{\circ}\text{C}$ ）を所定の質量割合で混ぜた非共沸混合冷媒を空調用ヒートポンプサイクルに利用した場合について，冷媒状態変化を温度（ $T$ ）-比エントロピ（ $s$ ）線図を用いて説明し，非共沸混合冷媒利用のヒートポンプサイクルとしての特徴を述べよ。なお，サイクル動作時の熱源温度（ $40^{\circ}\text{C}$ ， $28^{\circ}\text{C}$ 一定とする）を，冷媒の飽液線，飽和蒸気線とともに $T-s$ 線図に明記すること。また，成績係数に関連した設計課題を述べよ。

Ⅱ-1-2 設置間もない家庭用エアコンの暖房運転時の室内熱交換器（伝熱銅管とアルミニウムフィンを機械拡管により圧接した一般的なクロスフィンチューブ型熱交換器）を想定して， $50^{\circ}\text{C}$ の高温流体（冷媒）から $15^{\circ}\text{C}$ の低温流体（空気）への伝熱過程を説明し，この過程で生ずる諸熱抵抗を大きい順に3つ挙げ，温度プロファイルを概算して図示せよ。

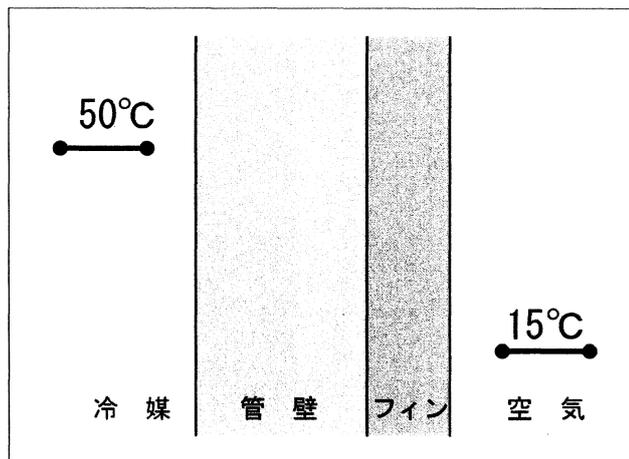


図1 温度プロファイル図示イメージ



図2 実際の管断面拡大像

Ⅱ－１－３ 現在稼働している新鋭の石炭及び天然ガス焼き事業用火力発電所のCO<sub>2</sub>排出係数（送電端）を，燃料の発熱量・炭素排出係数・送電端効率の値を示すとともに計算によって求めよ。また，CO<sub>2</sub>排出係数を下げるための技術的手段を1つ挙げ，その原理について説明せよ。なお，石炭の炭素含有量は65%（気乾ベース）とする。

Ⅱ－１－４ 再生可能エネルギーの電力貯蔵として水電解による水素製造が注目されている。温度の異なる水電解技術を2種類挙げ，それぞれの特徴を説明せよ。また，それらの水電解技術1つを選んで再生可能エネルギーの電力を水素として貯蔵し再度電力を取り出すまでの総合効率を具体的数値で示し，二次電池による電力貯蔵と比較せよ。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ ある製造業の事業所敷地内では，高温空気による乾燥工程からの300℃程度の排気熱があり，あなたはこの未利用熱の回収によって工場の省エネ化を図る業務遂行チームのリーダーとなった。下記の内容について記述せよ。

- (1) 排気熱の回収による省エネ化に係る調査，検討すべき事項とその内容について，説明せよ。
- (2) 業務を進める手順を列挙したうえで，排気熱の回収機器について留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

Ⅱ－２－２ 電力供給能力がひっ迫する冬季に，ある火力発電所の主要機器本体での機械的損傷が想定される異常を検知し，非常停止に至った。異常を検知した機器の納入メーカー側技術責任者として，復旧対応業務を行うに当たり，下記の内容について記述せよ。

- (1) 対象とする発電所を石炭火力発電所，またはガスタービンコンバインドサイクル発電所の中から，非常停止に至る異常を検知した対象の機器をボイラ（排熱回収ボイラでも可），ガスタービン，蒸気タービン，給水加熱器，復水器の中から，それぞれ選択し，検知した内容を１つ任意に設定したうえで，調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 留意すべき点，工夫を要する点を含めて業務を進める手順について述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

1-4 熱・動力エネルギー機器【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 地球温暖化問題の議論が高まる中，社会活動での人為的炭酸ガスの排出を将来，実質0とするネットゼロへの対応が各企業や事業所にも求められている。我が国の郊外都市のある機械部品加工の製造事業所は電力主体のエネルギー需要であり，比較的新しい都市ガス焚き3MWの自家発を有している。この度，事業所内及び約10haの周辺遊休地に太陽光発電設備を設置し，まずは電力自給率を最大化しつつ将来はネットゼロ達成を目指すことになった。あなたが設備計画の企画チームの技術責任者に任命されたと想定し，下記の内容について記述せよ。なお，本工場の夜間休日負荷は概ね昼間の1/10程度の電力需要と仮定せよ。

- (1) 太陽光発電設備の設置だけでは事業所のネットゼロの達成は困難である。時間軸を考慮した計画の遂行に当たり，負荷パターンなどを例示したうえで，留意すべき技術的事項について，熱・動力エネルギー分野の技術者の立場で，確保すべき太陽光発電設備の容量を示せ。さらに多面的な観点から課題を3つ抽出し，その内容を観点とともに定量的に示せ。
- (2) 前問（1）で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，重要な理由とその課題に対する複数の解決策を，専門技術用語を交えて示せ。
- (3) 前問（2）で示したすべての解決策を実行して生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

- Ⅲ－２ IoTやAI技術の進歩に伴い、火力発電分野においてもデジタル化を進めることで、制御の自動化やデジタル化には留まらない新たな運用方法・サービスの創出が始まっている。特に近年注目されているデジタルツインにより火力発電所をバーチャルに再現し、運転の予測・最適化等を行うことで、現在火力発電が直面している様々な問題を解決する事例が出てきている。一方で、デジタル化に必要な人材の不足など、その導入に当たっては様々な課題がある。火力発電所のデジタル化を進める技術者として、以下の問いに答えよ。
- (1) 火力発電所のデジタル化の導入事例を複数列举せよ。今後新たにデジタル化による火力発電所の問題解決を図るに当たり、技術者として多面的な観点から課題を3つ抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、その課題の内容を示せ。
  - (2) 前問(1)で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する複数の解決策を、専門技術用語を交えて示せ。
  - (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行して生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

# 問題文とA評価答案例

(選択科目)

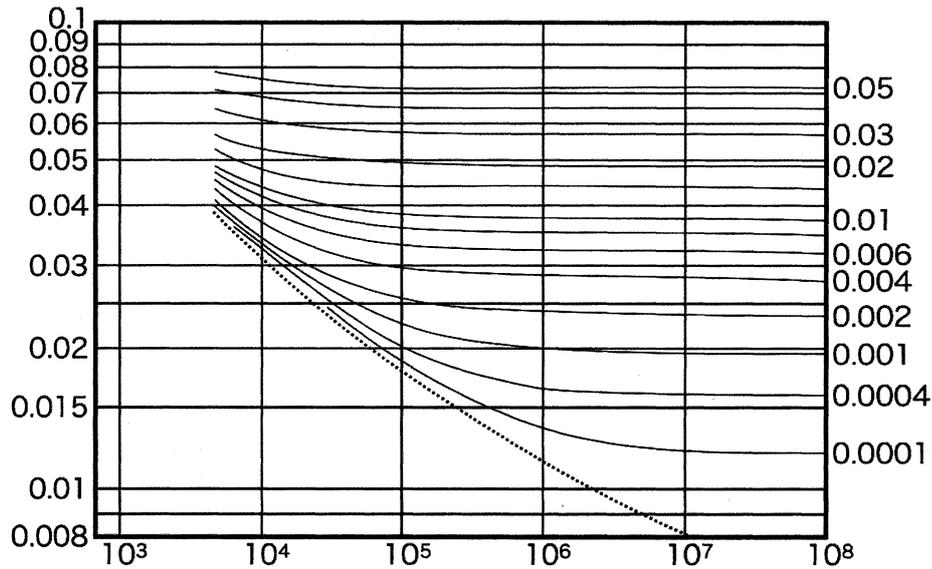
～01-5 流体機器～

1-5 流体機器【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 質量流量 $q_m$ の流体を流す予定の，内径 $D$ の直管がある。管摩擦係数 $\lambda$ を，ムーディ線図（下図はその略図）から求める手順について説明せよ。ただし，必要な物理量を示し，無次元数，及び下図の横軸・縦軸・曲線に言及することとする。なお，管内全域で流れは乱流とする。



ムーディ線図（略図）

Ⅱ-1-2 風速を計測する方法の1つとして，ピトー管とマノメータの組合せがあるが，その測定原理について説明せよ。

Ⅱ-1-3 ターボ機械の開発初期段階において，回転翼列1ピッチ分を対象とした定常CFD解析を実施する。解析メッシュは高 $Re$ 数粘性流れの解析に十分な数と質が確保されている。この解析の後処理に際して確認すべき事項，注目すべき評価断面及び部位，物理量や流体特性について説明せよ。

Ⅱ－１－４ 遠心型ターボ機械のうち，被動機では羽根車の内径側を流体の入口とし，原動機では外径側を入口にすると良い理由を説明せよ。

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械	部門
問題番号	II-1-2	選択科目	流体機器	科目
答案使用枚数	1枚目	1枚中	専門とする事項	ターボ圧縮機

○受験番号、答案使用枚数、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

ピト管とマノメータを用いた流速測定方法

図1にピト管とマノメータの基本構造を示す。記号の説明は図2に示す。ピト管先端ではよどみ点（流速  $0 \text{ m/s}$ ）となるため、全圧  $P_t$  が測定される。一方、側面では流速  $v$  となるため、静圧  $P_s$  が測定される。ここで、気体の密度を  $\rho_1$  とすると、

$$P_t = 1/2 * \rho_1 * v^2 + P_s \quad \text{式(1)}$$

ここで  $P_t - P_s = \Delta P$  とすると、

$$\Delta P = 1/2 * \rho_1 * v^2 \quad \text{式(2)}$$

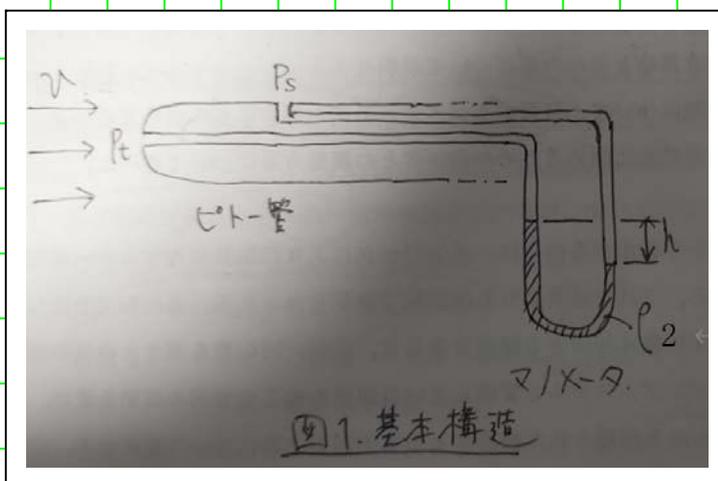
$$v = \sqrt{2 \Delta P / \rho_1} \quad \text{式(3)}$$

となる。

ここで、マノメータの高さ  $h$  を測定する。マノメータ中の液体の密度  $\rho_2$  が既知であれば、重力加速度  $g [\text{m/s}^2]$  を用いて  $\Delta P$  は式(4)で算出可能。

$$\Delta P = \rho_2 * g * h \quad \text{式(4)}$$

式(4)で算出した  $\Delta P$  を式(3)に代入することで流速  $v$  を算出する方法である。



$v$ : 流速  $[\text{m/s}]$   
 $P_t$ : 全圧  $[\text{Pa}]$   
 $P_s$ : 静圧  $[\text{Pa}]$   
 $h$ : 高さ  $[\text{m}]$   
 $\rho$ : 密度  $[\text{kg/m}^3]$   
 図2. 記号の説明

以上

技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械	部門
問題番号	Ⅱ-1-2	選択科目	流体機器	科目
答案使用枚数	2枚目 1枚中	専門とする事項	ターボ圧縮機	

○受験番号、答案使用枚数、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
本	番	で	は	、	1	枚	目	の	通	り	記	載	し	ま	し	た	が	、	式	(	4	)	は
	△	P	=	(	ρ	2	-	ρ	1)	*	g	*	h		式	(	4	)					
と	記	載	す	る	べ	き	で	し	た	。													
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 非定常流体計測においては，計測対象とする流体，データ取得法，データ解析法に関する調査・検討が必須である。あなたは，自社製品の品質保証のための非定常流体計測の担当責任者として，十分な時間応答性を持つ非定常圧力計測システムの構築業務を進めることになった。下記の内容について説明せよ。

- (1) 調査・検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順について，留意すべき点，工夫を要する点を含めて述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

Ⅱ－２－２ 吸込水槽から揚水するために，インバータにより回転数制御するターボ型ポンプが設置されている。これを通常よりも高回転で運転したところ，高回転で予定した流量が得られず，流体现象に起因する騒音を生じた。なお，回転数を戻すと通常の運転状態に戻った。このポンプシステムを管理している組織からこの状況の説明を受け，この流量低下の原因の解明を依頼された技術者として下記の内容について記述せよ。なお，性能低下の解決方法を記述する必要はない。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械	部門
問題番号	Ⅱ-2-1	選択科目	流体機器	科目
答案使用枚数	1枚目      2枚中	専門とする事項	ターボ圧縮機	

○受験番号、答案使用枚数、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

<b>1</b>	<b>調 査 ・ 検 討 す べ き 事 項 と そ の 内 容</b>
	対象はターボ圧縮機とする。ターボ圧縮機の品質を保証するため、客先納品前には試運転にてサージ流量の計測を行い、性能曲線上にサージラインを記載する。それを元に、運転中にサージを発生させないよう流量制御プログラムを作成する。ここで、大気開放、低圧力比の機器の場合、サージが不明確で、定量的なサージ流量の計測が難しい。そこで、非定常圧力測定システムを活用して、サージ流量の定量的な測定を実現する。以下に調査内容を示す。
①	サージ発生時の圧力変動幅（圧力の絶対値）
②	サージ発生時の圧力変動周波数
③	圧縮機の代表的な設計パラメータ（比速度等）
④	周辺機器の設計パラメータ（圧損、配管径など）
	上記調査内容から、非定常圧力測定システムに採用する圧力センサの周波数を検討する。
<b>2</b>	<b>業 務 を 進 め る 手 順</b>
①	サイジング、配管径、配管長、周辺機器の圧損の調査
	サージの発生にはターボ圧縮機本体の設計パラメータだけではなく、配管径、配管長さ、周辺機器の圧損なども関連するということに留意すること。
②	モデルベース開発
	サージのモデルをモデルベース上で再現する。モデルを用いてサージの発生を再現し、圧力変動幅、圧力変動の周波数を把握する。

●裏面は使用しないで下さい。 ●裏面に記載された解答は無効とします。

# 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械	部門
問題番号	Ⅱ-2-1	選択科目	流体機器	科目
答案使用枚数	2 枚目	専門とする事項	ターボ圧縮機	

○受験番号、答案使用枚数、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

③	CFDの実施	
	モデルの精度を確認するために、非定常CFDを実施	
	する。解析結果とモデルベース開発の予測値を比較し	
	て、予測精度に問題があれば、モデルを改良する。計	
	算時間を短縮するため、構造格子を採用する。工夫点	
	として、配管部の格子を粗く、羽根車周辺は、格子を	
	密にすることとで総格子数を削減する。	
⑤	検証試験	
	選定した圧力計を利用した非定常圧力測定システム	
	を用いて、サージの計測を行う。サージの際には、振	
	動が発生し、ロータが損傷して、機外に飛散する可能	
	性がある。そこで、作業員の安全を確保するため、安	
	全な位置でバルブを操作することとに留意する。	
<b>3</b>	<b>. 関係者との調整方策</b>	
	圧縮機の設計パラメータを決定する際には、設計部	
	と密にコミュニケーションを取ることに。具体的には、	
	納入実績などから、対象とする機器の設計パラメータ	
	を決定し、その内容は書類に残すこと。	
	検証試験を行う際には、運転責任者と密にコミュニ	
	ケーションを取ることに。具体的には、試験工程、試験	
	内容（バルブの操作、ガイドベーンの操作、回転数の	
	操作があるかなど）をリストにまとめる。リストをも	
	とに、運転責任者と打合せを実施し、コストや人員を	
	適切にマネジメントする。	
		以上

●裏面は使用しないで下さい。 ●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

1-5 流体機器【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1、Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し、答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 既設の流体機器の維持管理向上のためにIoTの活用が進められている。IoTを進めるためには対象となる流体機器から維持管理に必要な情報を抽出する必要があるが、そのためにはさまざまなセンサを含む計測機器を用いて現地データを測定する必要がある。このような状況を踏まえて、流体機器分野の専門技術者としての立場で、以下の問いに答えよ。

- (1) IoT化の対象となる既設の流体機器を1つ挙げ、センサを含む計測機器を新たに取り付けて、現地測定データを取得するうえでの課題を技術者としての多面的な観点から3つ抽出し、その内容を観点とともに示せ。
- (2) 前問(1)で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、重要と考えた理由を述べ、その課題の解決策を複数示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行したうえで生じる懸念事項への専門技術を踏まえた対応策と、生じる波及効果を示せ。

Ⅲ-2 カーボンニュートラルに向けた再生可能エネルギーの大量導入には、電力系統の需給変動を補償、調整する電源の設置が不可欠である。調整電源には、系統周波数の上昇/低下を抑止、回復する機能や、他の多様な電源との組合せによる需給バランス調整を持続する機能が求められ、運用される電源機器はそれを実現する必要がある。

- (1) 再生可能エネルギー中心の電力供給網において系統調整を担う方式のうち、流体機械を用いた方式を1つ挙げ、期待される調整力の機能と流体機械運用上の課題を、専門技術者としての多面的な観点から3つ抽出し、その内容を観点とともに示せ。
- (2) 前問(1)で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、重要と考えた理由を述べ、その課題の解決策を複数示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行したうえで生じる懸念事項に対する専門技術を踏まえた対応策と、生じる波及効果を示せ。

## 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械	部門
問題番号	Ⅲ-1	選択科目	流体機器	科目
答案使用枚数	1 枚目      3 枚中	専門とする事項	ターボ圧縮機	

○受験番号、答案使用枚数、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

1	.	セ	ン	サ	で	現	地	測	定	デ	ー	タ	を	測	定	す	る	う	え	で	の	課	題					
		対	象	流	体	機	器	は	、	空	気	分	離	装	置	用	タ	ー	ボ	圧	縮	機	と	す				
		る	。	軸	封	は	、	ラ	ビ	リ	ン	ス	シ	ー	ル	を	採	用	し	て	い	る	。	運	転			
		範	囲	を	広	げ	る	た	め	、	一	段	吸	込	配	管	に	入	口	案	内	羽	根	を	設			
		置	し	て	い	る	。	吐	出	圧	力	は	0	.	8	M	P	a	A	で	あ	る	。	周	速	マ	ッ	ハ
		数	は	0	.	8	程	度	で	あ	る	。	以	下	に	課	題	を	示	す	。							
		観	点	1	:	性	能																					
		既	設	の	機	器	に	セ	ン	サ	を	取	り	付	け	る	際	、	多	く	の	場	合	、				
		ケ	ー	シ	ン	グ	な	ど	に	新	た	キ	リ	穴	を	追	加	す	る	必	要	が	あ	る	。			
		こ	こ	で	、	静	圧	測	定	用	の	キ	リ	穴	の	径	が	大	き	す	ぎ	た	場	合	、			
		性	能	を	低	下	さ	せ	る	可	能	性	が	あ	る	。	そ	こ	で	、	新	た	に	セ	ン			
		サ	を	配	置	す	る	こ	と	に	よ	る	性	能	低	下	幅	を	把	握	す	る	こ	と	が			
		課	題	で	あ	る	。																					
		観	点	2	:	費	用																					
		セ	ン	サ	に	は	、	測	定	可	能	な	値	の	範	囲	や	周	波	数	の	範	囲	が				
		存	在	す	る	。	対	象	機	器	の	測	定	に	お	い	て	、	必	要	な	範	囲	が	分			
		か	れ	ば	、	セ	ン	サ	の	購	入	費	用	を	抑	え	る	こ	と	が	で	き	る	。	そ			
		こ	こ	で	、	セ	ン	サ	で	測	定	す	る	各	物	理	量	の	変	動	範	囲	と	周	波	数		
		範	囲	を	決	定	す	る	こ	と	が	課	題	で	あ	る	。											
		観	点	3	:	技	術																					
		セ	ン	サ	を	用	い	て	維	持	管	理	を	行	う	た	め	に	は	、	異	常	な	状				
		態	を	感	知	で	き	る	場	所	に	セ	ン	サ	を	設	置	す	る	必	要	が	あ	る	。			
		そ	こ	で	、	セ	ン	サ	を	設	置	す	る	場	所	を	決	定	す	る	こ	と	が	課	題			
		で	あ	る	。																							
		2	.	最	重	要	課	題	と	そ	の	解	決	策														

●裏面は使用しないで下さい。 ●裏面に記載された解答は無効とします。

## 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械	部門
問題番号	Ⅲ—1	選択科目	流体機器	科目
答案使用枚数	2 枚目	専門とする事項	ターボ圧縮機	

○受験番号、答案使用枚数、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

	最	重	要	課	題	は	セ	ン	サ	を	設	置	す	る	場	所	を	決	定	す	る	こ	と		
	で	あ	る	。	異	常	を	検	知	で	き	る	場	所	に	セ	ン	サ	が	な	い	場	合	、	
	異	常	を	見	逃	し	、	健	全	な	運	用	を	実	現	す	る	こ	と	が	で	き	な	い	。
	ま	た	、	そ	れ	に	よ	り	サ	ー	ジ	が	発	生	し	た	場	合	に	は	、	ロ	ー	タ	
	部	品	が	外	部	に	飛	散	す	る	危	険	が	あ	る	。	作	業	員	の	安	全	を	守	
	る	た	め	に	も	こ	の	課	題	が	最	重	要	で	あ	る	。	以	下	に	解	決	策	を	
	示	す	。																						
	解	決	策	1	:	運	用	技	術	、	技	能	の	見	え	る	化								
	作	業	員	は	、	健	全	な	運	用	を	行	う	た	め	に	、	様	々	な	場	所	、		
	物	理	量	(	温	度	、	圧	力	、	流	量	な	ど	)	の	監	視	を	行	っ	て	い	る	。
	こ	こ	で	、	そ	れ	ら	の	作	業	は	暗	黙	知	と	な	っ	て	お	り	、	形	式	知	
	に	な	っ	て	い	な	い	可	能	性	が	あ	る	。	加	え	て	、	そ	れ	ら	の	監	視	
	作	業	に	は	、	ア	ナ	ロ	グ	式	の	セ	ン	サ	が	用	い	ら	れ	て	い	る	こ	と	
	も	多	い	。	そ	こ	で	、	想	定	さ	れ	る	異	常	(	サ	ー	ジ	、	ガ	ス	漏	れ	
	な	ど	)	を	リ	ス	ト	に	書	き	出	す	。	そ	れ	を	基	に	、	作	業	員	に	ヒ	
	ア	リ	ン	グ	を	行	い	、	想	定	さ	れ	る	異	常	ご	と	の	監	視	位	置	と	、	
	物	理	量	を	リ	ス	ト	に	記	載	す	る	。	作	成	し	た	リ	ス	ト	を	基	に	、	
	デ	ジ	タ	ル	式	の	セ	ン	サ	に	置	き	換	え	可	能	か	検	討	を	行	う	と	と	
	も	に	、	セ	ン	サ	の	設	置	場	所	を	決	定	す	る	。								
	解	決	策	2	:	C	F	D	の	活	用														
	対	象	が	既	設	機	の	た	め	、	そ	れ	を	使	っ	て	、	異	常	を	再	現	し	、	
	セ	ン	サ	の	配	置	場	所	を	決	定	す	る	こ	と	は	難	し	い	。	そ	こ	で	、	
	機	器	を	モ	デ	ル	化	し	、	C	F	D	上	で	異	常	を	再	現	す	る	。	そ	し	て
	各	部	位	の	物	理	量	を	抽	出	す	る	。	正	常	時	と	比	較	し	、	変	化	が	
	わ	か	る	場	所	に	、	適	切	な	セ	ン	サ	を	配	置	す	る	。	例	え	ば	、	長	

●裏面は使用しないで下さい。 ●裏面に記載された解答は無効とします。

## 技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	機械	部門
問題番号	Ⅲ-1	選択科目	流体機器	科目
答案使用枚数	3 枚目	3 枚中		
		専門とする事項	ターボ圧縮機	

○受験番号、答案使用枚数、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。

期	間	の	使	用	で	ラ	ビ	リ	ン	ス	シ	ー	ル	の	隙	間	が	拡	大	し	た	場	合	
を	C	F	D	上	で	再	現	す	る	。	解	析	を	実	施	し	、	各	部	位	に	お	け	る
物	理	量	の	変	動	を	把	握	す	る	、	そ	れ	に	よ	り	ラ	ビ	リ	ン	ス	の	隙	
間	拡	大	と	い	う	異	常	を	検	知	で	き	る	場	所	を	決	定	で	き	る	。		
3	.	懸	念	事	項	と	対	応	、	生	じ	る	波	及	効	果								
・	想	定	外	の	異	常	(	懸	念	事	項	)												
	作	業	員	へ	の	ヒ	ア	リ	ン	グ	等	で	想	定	さ	れ	る	異	常	に	対	す	る	、
監	視	位	置	と	物	理	量	は	明	ら	か	に	な	っ	た	。	し	か	し	、	想	定	外	
の	異	常	に	は	対	応	で	き	な	い	。	万	が	一	の	事	態	に	備	え	て	、	重	
要	で	納	期	が	長	い	ロ	ー	タ	や	軸	受	な	ど	の	部	品	に	つ	い	て	は	、	
予	備	品	を	確	保	し	て	お	く	。	そ	れ	に	よ	り	、	ト	ラ	ブ	ル	か	ら	の	
早	期	復	旧	を	実	現	す	る	。	ま	た	、	ト	ラ	ブ	ル	発	生	時	の	セ	ン	サ	
の	計	測	値	か	ら	、	異	常	発	生	時	の	運	転	状	態	を	C	F	D	上	に	再	
し	、	異	常	発	生	の	メ	カ	ニ	ズ	ム	を	明	ら	か	に	し	、	そ	の	異	常	を	
検	知	で	き	る	場	所	に	セ	ン	サ	を	配	置	す	る	。	そ	れ	に	よ	り	、	同	
じ	ト	ラ	ブ	ル	を	再	発	さ	せ	な	い	。												
・	予	知	保	全	実	現	へ	の	貢	献	(	波	及	効	果	)								
	セ	ン	サ	を	用	い	て	、	各	物	理	量	ト	レ	ン	ド	を	把	握	す	る	。	そ	
れ	に	よ	り	、	ど	の	時	期	に	異	常	が	発	生	す	る	か	予	測	で	き	る	。	
異	常	が	発	生	す	る	前	に	部	品	の	交	換	を	行	う	こ	と	で	、	予	知	保	
全	の	実	現	に	貢	献	で	き	る	。														
・	流	体	機	器	の	改	良	(	波	及	効	果	)											
	異	常	時	の	デ	ー	タ	は	大	変	貴	重	で	あ	る	。	そ	れ	を	基	に	実	施	
し	た	C	F	D	の	結	果	を	、	新	型	機	の	開	発	に	活	用	す	る	。	そ	れ	
よ	り	、	更	に	信	頼	線	の	高	い	機	器	を	市	場	に	供	給	す	る	。	以	上	

●裏面は使用しないで下さい。 ●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

## 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	R4 III-1 rev0

技術部門	IoT
選択科目	
専門とする事項	

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

流体機器における維持管理向上のためのIoT活用																								
(1) 課題の抽出																								
対象となる流体機器：浄水場で使用する送水ポンプ																								
高い信頼性、インフラ設備、生活用水、工業用水、																								
高効率化、ターボ形ポンプ																								
課題①．既設設備を有効利用した改良設計																								
ポンプの稼働停止、改造、電源設備																								
課題②．測定する物理量の選定																								
振動、温度、騒音、振動にも軸受け箱や軸封部等の																								
計測箇所によって異なる																								
課題③．デジタル教育（リスキリング）																								
ポンプに関する知識だけでなく、IoTやICT等のデ																								
ジタル機器に関する知識も必要																								
(2) 課題に対する解決策																								
最も重要な課題：課題①．既設設備を有効利用した																								
改良設計																								
課題選定の理由：人口減少に伴い水需要の減少。浄																								
水設備の統廃合。																								
解決策①．IoTセンサの開発																								
バッテリー容量、LWPA、圧感式、センサ設置座の改																								
造不要																								
解決策②．クラウドによるデータ管理																								
既設維持管理システムと並行して活用																								
解決策③．AIを用いた状態診断																								

平成28年度 技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

<u>( 3 ) 懸念事項と対応及び波及効果</u>																								
懸念事項：サイバー攻撃																								
対応策：BCP策定と訓練																								
波及効果：維持管理の省人化																								
水道事業の技術者が約30年前のピーク時と比べ約																								
3割減少している。IoTを活用することで省人化が可																								
能となり、効率的な維持管理を行う。																								
以上																								

# 問 題 文

(選択科目)

～01-6 加工・生産システム・産業機械～

令和4年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1-6 加工・生産システム・産業機械【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 ミクロンレベルの加工精度が要求される機械加工設備では各部の熱変形の影響が無視できない。2メートル角の大きさの設備を仮定し，加工精度向上のための方策3つについてそれぞれ熱源を明確化したうえで説明せよ。

Ⅱ-1-2 機械加工の取り代をなくし，素形材の表面を製品の一部として利用する工法はネットシェイプ加工と呼ばれている。塑性加工によるネットシェイプ化の効果と技術的課題について述べよ。

Ⅱ-1-3 単一品種の製品を組み立てる製造ラインを編成する手順について記述せよ。

Ⅱ-1-4 製造工程で生じる，外観や目視では判別できない欠陥を非破壊で検査する方法を2つ挙げ，それぞれについてその原理と特徴を述べよ。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ オーバーハングした自由曲面のような複雑形状の加工を行うために多軸加工機の導入を検討している。工具と工作物の接触に伴ってこれらの中に直列の力学的連鎖が形成されることを考えた場合，軸数の増加に伴って運動自由度は増すものの多様な課題が想定される。この導入業務の担当責任者に選ばれたとして，下記の内容を記述せよ。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順を列挙し，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

Ⅱ－２－２ 製造工程のうち，組立工程はその作業が複雑で多岐にわたるため，作業の完全自動化は困難で，多くの作業が人手に依存することになる。従来は，このような組立作業は，コンベアラインによる流れ作業であった。そこで，敢えてコンベアラインによる流れ作業ではなく，極めて少人数で製品の一台を組み立てる「人間中心型生産システム」を導入することになった。あなたがこのような生産システムを導入する責任者になったとして，その業務を進めるに当たり下記の内容について記述せよ。

- (1) 人間中心型生産システムの立ち上げに先立って，あらかじめ調査及び検討しておくべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) システムを立ち上げる手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (3) この導入業務を効率的効果的に進めるために，関連部門の関係者とどのような調整を行うべきかについて述べよ。

1-6 加工・生産システム・産業機械【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 エンジニアリングチェーンマネジメントとは，研究，設計，生産，流通，販売，安全，環境部門などが新製品の開発，生産，販売に当たり，製品品質の確保や生産準備期間の短縮を目的として全体最適の仕組みを作る取組と言われている。この最適化に必要なエンジニアリングチェーンにおける技術情報やデジタルデータの共有について以下の問いに答えよ。

- (1) 生産部門の技術者の立場で多面的な観点から課題を3つ抽出し，それぞれの観点を明記したうえで，その課題の内容を示せ。
- (2) 前問(1)で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，その課題の解決策を3つ，専門技術用語を交えて示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行して生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

Ⅲ-2 持続可能な社会の実現に向けて，より少ない資源とエネルギーで，かつ可能な限り廃棄を減らした循環型生産システムへの変革が強く求められている。二酸化炭素排出量実質ゼロを達成するには，新品の原材料である，いわゆるバージン材の使用量を最小にすることが必要であり，これまでの3R（リデュース，リユース，リサイクル）の取組を超えた，製品から回収した再生材料や再生部品を最大限活用する生産を想定することまで考えなければならない。このような状況を踏まえ，以下の問いに答えよ。

- (1) 生産技術者としての立場で多面的な観点から3つの課題を抽出し，それぞれの観点を明記したうえで，その課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，その課題に対する複数の方策を，専門技術用語を交えて示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行して生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。