

2024 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

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 機械を小型化することで，省スペース化，省エネルギー化，省資源化等が図れるだけでなく，従来の機械が働けない場所での作業を行うこと等，新たな用途の拡大が期待できる。機械の小型化に伴い代表寸法を小さくすると，働く力や作用等の大きさ・比が変わり，挙動が変化する。幾何学的に相似な物体において，この代表寸法と挙動の関係を近似的に示したものをスケール効果と呼ぶ。表1に代表的なスケール効果の例を示す。

表1 スケール効果

パラメータ	関係式	寸法効果	備考
長さ $L$	$L$	$L$	
表面積 $S$	$\propto L^2$	$L^2$	
体積 $V$	$\propto L^3$	$L^3$	
質量 $m$	$\rho V$	$L^3$	$\rho$ : 密度
圧力 $F_p$	$SP$	$L^2$	$P$ : 圧力
重力 $F_g$	$mg$	$L^3$	$g$ : 重力加速度
慣性力 $F_i$	$m(\frac{d^2x}{dt^2})$	$L^4$	$x$ : 変位, $t$ : 時間
粘性力 $F_f$	$\mu \frac{S}{d} \frac{dx}{dt}$	$L^2$	$\mu$ : 粘性係数, $d$ : 間隔
弾性力 $F_e$	$ES \frac{\Delta L}{L}$	$L^2$	$E$ : ヤング率

(出典：日本ロボット学会誌 Vol. 19 No. 3, pp. 286~289, 2001, より抜粋)

本問は，機械を小型化する際に，スケール効果に基づく機械工学の知見を踏まえて，その性能や効率，設計，製造等がどのように変化するかを問うものである。機械製品を1つ想定し，以下の問いに答えよ。

- (1) 想定した機械製品とその概要を説明せよ。その機械製品に関して，構造を変えず相似的に100分の1程度に小型化することの実現性を検討する。その際の主要な課題を，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，これを最も重要とした理由を述べよ。その課題に対する複数の解決策を，機械部門の専門技術・手法を用いて示せ。

- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行しても残存しうる若しくは新たに生じう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。
- (4) 前問(1)～(3)の業務遂行において必要な要件を、技術者としての倫理、社会の持続可能性の観点から題意に即して述べよ。

I-2 日本の製造業は高性能かつ信頼性の高い製品を大量かつ安価に生産することで、一時は世界市場を席卷することができた。しかし近年は他国における技術力の向上、生産性及び品質の向上、価格競争等の影響から世界的な競争力を失いつつあり、国内資源が乏しく加工貿易を軸にしてきた日本全体の経済活動を今後持続していくための戦略が必要とされている。対応策としてイノベーションを推進すること等が提唱されているが、より具体的な策として、他国製品に対して大きな競争力となる新たな付加価値をつける、あるいは現在の付加価値を他の追随を許さないほどに強化することが考えられる。現在の日本を取り巻く様々な状況(人口、教育、経済、環境保護等)を踏まえたうえで、以下の問いに答えよ。

- (1) 機械製品を1つ想定し、その製品に対して機械技術者の立場から考えたときに有効と考えられる付加価値を1つ提案せよ。さらに、その付加価値の実現のために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記したうえで、その課題内容を示せ。
- (2) 前問(1)で抽出した課題のうち最も重要と考えるものを1つ挙げ、これを最も重要とした理由を述べよ。その課題に対する複数の技術的な解決策を示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行しても残存しうる若しくは新たに生じう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。
- (4) 前問(1)～(3)の業務遂行に当たり、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・留意点を題意に則して述べよ。

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	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	設計工学

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。

<b>1. 想定した機械製品と小型化した時の課題</b>																								
<p>想定する機械として、<b>縦型射出機の型締装置</b>をあげる。型締装置は、<b>金型を開閉して昇圧力を加える装置</b>である。開閉して昇圧力を発生させる<b>機械要素</b>として<b>トグルリンク（TL）</b>を採用している。TLは、<b>リンクとリンクをピンで結合</b>している。リンクを<b>伸曲させる</b>事で<b>金型を開閉させ、リンクを一直線上にさせる</b>事で<b>力が倍増し昇圧力が発生</b>できる。</p> <p>これを、<b>構造変えずに相似的に100分の1程度に小型化</b>する時の課題を<b>スケール効果</b>に基づく<b>機械工学の知見</b>を踏まえてあげる。</p>																								
<b>(1) TLの形状最適化（性能の観点）</b>																								
<p>100分の1程度に小型化する事で、TLの寸法も100分の1少なくなる。TLの寸法が短くなることで<b>トグル挙動</b>が変化して<b>ストローク量</b>も寸法効果L分少なくなる。その為、<b>性能の観点</b>より、TLの<b>形状最適化</b>が課題である。</p>																								
<b>(2) 摺動部の長寿命化（寿命の観点）</b>																								
<p>100分の1程度に小型化する事で、TLの<b>リンクとピンの接触面</b>が少なくなる。接触面が少なくなる事で<b>圧力<math>F_p</math>の寸法効果<math>L^2</math>分減少</b>する。これにより、<b>荷重</b>が変化ない場合、<b>摺動部</b>にかかる<b>圧力が増加</b>する。これにより、<b>摺動部の寿命</b>が短くなる。寿命の観点より<b>摺動部の長寿命化</b>が課題である。</p>																								
<b>(3) 共振を抑制する構造設計（制振の観点）</b>																								

●答案用紙の解答欄の枠内に記載した解答のみ採点対象とします。

24字×25字

○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。

100分の1程度に小型化する事で、TLの形状も100分の1小さくなる事から弾性力も変化する。荷重がそのままにTLの形状が小さくなる事で表面積も少なくなり、弾性力 $F_e$ が寸法効果 $L^2$ 分きき、大きくなる。これによりたわみ量が増える。 $f = 1/2\pi\sqrt{(K/m)}$ より、 $f$ も変化する為、共振が発生することが起こる。制振の観点より、共振を抑制する構造設計が課題である。

## 2. 最も重要な課題と解決策

最も重要な課題として、① TLの形状最適化をあげる。理由は、100分の1程度に小型化した時の顧客が要求する項目を設計に取り込む事が重要だからである。以下に解決策を示す。

### (1) 顧客要求品質の作り込み

解決策の方向性として、顧客要求品質を作り込む設計をする。具体的には、顧客から100分の1スケールにした時の要求品質をヒアリングして原子データをまとめ、QFDの設計品質に記入する。PDMに登録する。

### (2) TLの形状パラメータの決定

解決策の方向性として、TLの形状パラメータを決定する。具体的には、タグチメソッドの直交表にTLの形状パラメータを割り付けてCAEのダイナミック解析でトグル挙動を解析する。顧客要求品質にあう形状パラメータを見出す。

### (3) 応力解析

解析の方向性として、応力解析を行い許容応力を満



## 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
答案使用枚数	1枚目      2枚中	専門とする事項：鉄道に関する流体工学

は	じ	め	に																						
	長	大	な	鉄	道	ト	ン	ネ	ル	で	は	、	ト	ン	ネ	ル	内	換	気	を	効	率	的		
	に	行	う	必	要	が	あ	る	た	め	、	ト	ン	ネ	ル	内	分	岐	部	内	に	送	風	機	
	を	設	置	す	る	場	合	が	あ	る	。	本	論	文	で	は	、	こ	の	よ	う	な	ト	ン	
	ネ	ル	内	換	気	装	置	を	、	現	状	サ	イ	ズ	よ	り	も	1	/	1	0	0	程	度	
	小	型	化	す	る	こ	と	を	想	定	す	る	。	小	型	化	に	あ	た	り	、	下	記	の	事
	項	が	課	題	と	な	る	。																	
	1	:	換	気	装	置	小	型	化	に	伴	う	課	題											
	①	:	換	気	効	率	の	低	下																
	換	気	性	能	を	向	上	さ	せ	る	た	め	に	は	、	送	風	に	よ	っ	て	移	流		
	さ	れ	る	空	気	流	量	を	増	加	さ	せ	る	必	要	が	あ	る	。	し	か	し	、	換	
	気	装	置	を	1	/	L	に	縮	小	し	た	場	合	、	移	流	で	き	る	流	量	は		
	1	/	L <sup>3</sup>	に	減	少	し	て	し	ま	う	。	し	た	が	っ	て	、	小	型	化	し	て	も	
	従	前	の	換	気	流	量	を	確	保	で	き	る	よ	う	、	換	気	効	率	を	向	上	さ	
	せ	る	こ	と	が	課	題	と	な	る	。														
	②	:	メ	ン	テ	ナ	ン	ス	性	に	関	す	る	課	題										
	換	気	装	置	を	小	型	化	し	た	場	合	、	装	置	を	構	成	す	る	主	要	部		
	材	も	同	様	に	小	型	化	す	る	必	要	が	あ	る	。	そ	の	場	合	、	部	品	が	
	精	密	機	器	と	な	る	た	め	、	ト	ン	ネ	ル	内	環	境	で	は	維	持	管	理	が	
	困	難	と	な	る	可	能	性	が	あ	る	。	し	た	が	っ	て	、	メ	ン	テ	ナ	ン	ス	
	性	の	低	下	へ	の	対	処	が	課	題	と	な	る	。										
	③	:	外	力	へ	の	耐	力	性	に	関	す	る	課	題										
	ト	ン	ネ	ル	内	の	換	気	装	置	に	は	、	列	車	の	ト	ン	ネ	ル	突	入	に		
	よ	っ	て	発	生	す	る	圧	力	波	に	よ	る	変	動	荷	重	や	、	列	車	通	過	に	
	よ	る	風	荷	重	が	作	用	す	る	。	こ	れ	ら	の	荷	重	は	、	列	車	運	行	時	

●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 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
答案使用枚数	1枚目      2枚中	専門とする事項：鉄道に関する流体工学

に	繰	り	返	し	作	用	す	る	こ	と	に	な	る	。	ま	た	、	小	型	化	に	伴	っ	
て	換	気	装	置	の	共	振	周	波	数	も	変	化	す	る	た	め	、	共	振	へ	の	対	
応	も	必	要	に	な	る	。	し	た	が	っ	て	、	外	力	に	対	す	る	機	器	の	耐	
力	性	向	上	が	課	題	と	な	る	。														
2	.	1	最	重	要	課	題	と	そ	の	選	定	理	由										
	耐	力	性	の	向	上	は	、	メ	ン	テ	ナ	ン	ス	性	に	関	す	る	課	題	解	決	
に	も	波	及	す	る	こ	と	が	期	待	で	き	る	。	し	た	が	っ	て	、	本	論	文	
で	は	課	題	③	を	最	重	要	課	題	と	し	て	選	定	す	る	。						
課	題	③	に	対	す	る	解	決	策															
解	決	策	i	:	高	耐	久	部	材	の	使	用												
	換	気	装	置	機	を	構	成	す	る	部	品	に	、	ア	ル	ミ	合	金	や	F	R	P	等
の	高	耐	久	部	材	を	使	用	す	る	。	こ	れ	に	よ	り	、	機	器	の	耐	力	性	
を	物	理	的	に	向	上	さ	せ	る	こ	と	が	可	能	と	な	る	。						
解	決	策	ii	:	設	置	位	置	の	工	夫													
	ト	ン	ネ	ル	内	の	圧	力	変	動	や	風	荷	重	の	条	件	は	、	ト	ン	ネ	ル	
長	さ	や	列	車	速	度	に	依	存	し	て	変	化	す	る	。	そ	の	た	め	、	C	F	
D	等	に	よ	っ	て	圧	力	変	動	や	風	荷	重	が	大	き	く	作	用	す	る	ト	ン	
ネ	ル	内	位	置	を	特	定	し	、	こ	れ	ら	の	場	所	を	避	け	て	換	気	装	置	
を	設	置	す	る	こ	と	も	有	効	で	あ	る	。											
解	決	策	iii	:	共	振	周	波	数	を	変	化	さ	せ	る									
	共	振	へ	の	対	応	と	し	て	は	、	機	器	の	構	成	部	材	変	更	に	よ	り	
共	振	周	波	数	を	変	化	さ	せ	、	変	動	荷	重	の	想	定	周	波	数	か	ら	ず	
ら	す	こ	と	が	有	効	で	あ	る	。	ま	た	、	機	器	周	囲	に	、	ダ	ン	パ	や	
動	吸	振	器	等	を	設	置	す	る	こ	と	で	、	振	動	絶	縁	対	策	を	施	す	こ	
と	も	効	果	的	な	対	策	と	な	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 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
答案使用枚数	1枚目      2枚中	専門とする事項：鉄道に関する流体工学

3.	<u>解決策をすべて実行した上で残存するリスク</u>		
	上記の対策をすべて実行したとしても、不確定事項に起因する突発的な故障には対応が難しい。また、小型換気装置に対する、従業員の故障に対する知見が少ないというリスクが残存する。これへの対策としては、換気装置にIoT化した圧力計や流量計を設置し、機器の作動状況をリアルタイムモニタリングすることが有効である。圧力や流量の変動が、通常とは異なる兆候が出た場合に機器の稼働を停止させることで、大きな故障を未然に防ぐことが可能となる。また、モニタリングによって得られた変動波形のデータを、従業員への学習教材として活用することにより、従業員のメンテナンส์能力向上にも貢献することが期待できる。		
	<u>4：業務遂行に必要な条件</u>		
	<u>①：技術者倫理の観点</u>		
	業務を行う上では常に公衆の安全を最優先事項とする。また、換気装置の設計を行う際には、フェールセーフの考えを適用することによって、作業員や鉄道を利用する乗客の人命が脅かされることのないように留意する。		
	<u>②：持続可能性の観点</u>		
	3R (reuse、reduce、recycle) の原則に基づいて設計を行い、サプライチェーンを通じて排出される温室効果ガスや廃棄物の削減に努める。これにより、地球環境に与える負の影響を低減する。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。

## 環境負荷軽減を付加価値とした産業用ロボット

### (1) 具体的製品・付加価値・多面的な観点

#### ・具体的な製品

具体的な製品は、産業用ロボットとする。工場等において、製造ラインの可搬型コンベア経路に設置し、柵に覆われたスペースにおいて、コンピューターが製品の切削・研磨を自動で実施する全長3mの大型ロボットを想定する。

#### ・付加価値

製造業が使用するエネルギーは、全産業消費エネルギーのうち約3割を占める。そのため、環境負荷に配慮した産業用ロボットの設計を行うことで、製造業における環境負荷軽減に貢献することができる。

#### ・多面的な観点

##### 課題①:再生可能エネルギーの利用(エネルギーの観点)

製造業は化石燃料を中心としたエネルギー需給となっている現状であり、化石燃料の使用によるCO2排出が問題である。そのため、再生可能エネルギーに適応した機器の開発により、製造業全体で脱炭素を行うことが課題である。水素やアンモニアといったカーボンフリー燃料を、産業ロボットに適応させることで、環境負荷軽減に貢献できる。

##### 課題②:保全の自動化(資源の有効利用の観点)

産業用ロボットの保守は、一定周期を定めて行う現状があり、安全余裕を考慮した非効率な保守となる問題がある。そのため、IoTやAIによる予防保全の実現が課題である。これにより環境負荷軽減に貢献することができる。

##### 課題③:組立容易な設計による輸送効率化(輸送の観点)

ロボットを工場へ輸送する際、ロボットが大型であると、寸法面でトレーラー輸送が必須となる、積荷の充填性が低くなるなど、非効率な輸送となる問題がある。そこで、現地工場での簡易組立を前提として、ロボットを組立容易な設計とし、分解状態で輸送可能な構成とすることが課題である。これにより、トレーラーからトラックによる輸送にダウングレードし、かつ積み荷の充填量を向上させることができ、環境負荷低減に貢献できる。

### (2) 最重要課題と解決策

#### ・最重要課題:「課題②保全の自動化」

・理由:産業用ロボットは定期的な保全が必須である。効率的な予防保全を行うことにより、保全周期適正化や消耗品使用量低減に貢献できるため、環境負荷低減に最も影響があるため選定した。

#### 解決策①:IoTによる状態監視

ロボットの状態を遠隔から把握する。例えば、ロボットのモータは、繰り返し稼働による過負荷発熱を起因とする故障頻度が高い。この温度変化を検知するため、温度センサをモータに取り付けてデータトレンドを分析する。過去の保守履歴・故障履歴と照合することで、予防保全の適切な実施タイミングや部品交換の閾値を決定することができる。これにより、事後保全から予防保全へ移行できると共に、予防保全の保守余裕率を低減することができる。消耗部品の取替頻度の低減や交換品の過剰在庫を抑制できるため、環境負荷低減を実現できる。

#### 解決策②:目視確認の省人化

作業員による目視確認を、AIを活用した画像処理技術により代替する。具体的には、まず対象となる目視確認箇所(関節・配線・エンドツール・グリッパ)を、ロボット基部に配置した定点設置カメラで撮影し、良好状態・不良状態それぞれの画像を取得し、傷や摩耗の有無に関するアノテーションを行う。次に、アノテーション後の画像で教師あり学習を行い、AIがロボットの外観状態の良否判定及び不良原因を特定できるシステムを構築する。

### (3) 新たな懸念事項と対応策

#### ・変更による既存技術との調整

新技術導入や材料変更に伴い、既存の生産設備や生産プロセスとの調整が必要となり、初期投資コスト・運用コストが増大する懸念がある。対応策として、一度にすべての変更を行うのではなく、段階的に変更計画を進め、各段階での関係者からフィードバックを得て改善を行う。これにより、変更によるリスク、コストの分散を行う。

### (4) 業務遂行にあたり必要となる要件・留意点

#### ①機械技術者としての倫理

新技術導入や材料変更に伴い、化学物質や製造工程の事故等リスクについて、事前にFTA・FMEAを実施しリスクアセスメントを行った上で、製造部門以外の関係者や、周辺住民に説明を行い、理解を得る。工場内作業員に対して各設備に異常時対応マニュアルを設置し、教育を行う。

## ②社会の持続可能性の観点

材料にバイオマスプラスチックや再利用可能な鋼材を選定することにより、廃棄物を出さないサーキュラーエコノミーを実現する。例えばフレーム・ボディをアルミニウム合金からバイオマスプラスチックに変更する。変更にあたっては、構造強度と耐久性を保つために、代替材料の機械的特性評価、材料品質評価を事前実施し、代替可能であることを確認する。

以上

想定する機械製品を往復動水素圧縮機とする。有効と考える付加価値は超高圧(200MPa)を昇圧可能な圧縮機とする。プラントの効率化や輸送効率の向上に有効と考える。実現のための課題を、多面的な観点から3つ下に示す。

#### (1)-1 安全性の観点より

高圧を扱うことにより、気体の漏洩や耐圧部の破損などの人身事故に繋がる重大事故につながるリスクが高まる。機器の運用上、安全性を高めることは重要な課題となる。

#### (1)-2 経済性の観点より

往復動圧縮機はピストンを用い、ガスを圧縮する特性上、多くの摺動部品が存在する。高圧になればピストンリング、弁などの部品に負荷がかかり、メンテナンス間隔が長くなり経済性が悪化する。そのため、高寿命化への取り組みは重要な課題である。

#### (1)-3 持続可能な社会の観点より

往復動圧縮機は多くの部品から構成されている。機器の更新時等、機器を破棄時、リサイクル可能な機械とすることは持続可能な社会を維持するために重要な課題となる。

(2)最も重要と考える課題を安全の観点とする。水素という可燃性ガスを用いるため、事故が発生した場合、大規模な災害に発生する可能性が高いためである。また、水素圧縮機は脱炭素社会に必要な機械であり、

その安全性の観点は重要な課題である。

#### (2)-1 解決策 1

可燃性を扱う機器の為、防爆区域に指定されることが多く、運用開始後に新たに計測機器を投入することが難しい。そのため、常時監視のIoTを元にデジタルツインにより仮想システムを整備する。このことにより、運用時/メンテナンス/トラブル発生時復旧方法の検討を仮想空間上にて行うことにより作業の効率化、後戻り作業の防止を先行して実施する。このことにより機器の安全性を高める。

#### (2)-2 解決策 2

ロバスト設計の概念を用い、各部の設計パラメータに十分な尤度を持たせる。このことにより、往復動圧縮機の耐久性を向上させることにより、安全な運用を可能にする。

#### (2)-3 解決策 3

製造部署、メンテナンス部署など横断的かつ定期的にDRを行うことにより、製品のライフサイクル全体で問題点を洗い出す。それにより得られた知見をPDMに登録し共有することにより、製品の問題点を無くし、安全性を高める。

### (3) 残存しうるもしくは新たに生じるリスクと対策

#### (3)-1-1 新たに生じるリスク

自然災害や大規模サイバーテロによるトラブルにより、インフラやネットワークの断線が発生し、設備の安全

な運用が出来なくなる恐れがある。

#### (3)-2-1 対応策

自然災害については、事前にBCPの策定をすることにより、企業活動の継続を準備しておく。また、従業員に緊急時のトレーニングを実施することにより、設備全般のレジリエンスを高める。サイバーテロに関しては上記に加え、セキュリティ教育を実施しリスクを低減させることも必要である。

#### 3)-2-1 残存するリスク

予期できない自然災害や大規模テロによるトラブルによる企業活動の停止のリスク。

#### (3)-2-2 対応策

プラントの設計段階でフェイルセーフの考えを用い、もし、自然災害や大規模テロにより制御できなくなったとしても、安全に停止できるような設備としておく。

#### (4) 要件、留意点

##### (4)-1 技術士としての倫理の観点。

倫理の観点より、法令の遵守が重要となる。特に高圧ガス保安法の遵守、地域の消防に設備状況の連絡の届け出を随時実施することが重要である。

##### (4)-2 社会の持続可能性の観点。

製品のライフサイクルに関し、地球環境に配慮し、廃材のリサイクルや廃棄物の適切な管理/廃棄が重要になってくる。

以上

## 1-2

### (1) - 1 想定する機械製品とその付加価値

環境の観点から機械製品は水素自動車とし、その付加価値として自動運転によるモビリティサービスを提案する。

### (1) - 2 付加価値の実現のための課題

#### (1) - 2 a) 耐久性

水素使用機器の問題として水素ぜい化が挙げられるが、インフラとして使用するため、故障時には多数の利用者に大きな影響を与えるため、この問題を解決し耐久性を向上する必要がある。そのため、水素ぜい化に対応する材料の開発や、消耗品を交換できる構造などを検討し、故障による停止期間を無くす検討を行わなければならない。

#### (1) - 2 b):インフラとしてのシステム整備

モビリティサービスとして機能するためには、自動運転機能の他に効率的に目的地に移動する仕組みを検討する必要がある。そのためには、カーナビケーション機能から派生した使用者検索システムや、電車のダイヤの考え方などを応用した乗り換えシステムなどの検討が必要である。

#### (1) - 2 c) :安全性の確保

水素は爆発性の高い気体であるため、安全性の確保が必要である。もし、大きな爆発事故が起れば、車両だけ

でなく、人命にも影響が生じるため安全性を確保した設計が必要と考える。

#### ( 2 ) - 1 最も重要と考える課題とその理由

最も重要と考える課題は安全性の確保を挙げる。  
理由は、人命にも関わるものであり、何よりも最優先するものであるからである。

#### ( 2 ) - 2 その課題に対する解決策

##### ( 2 ) - 2 a)フェールセーフ設計の採用

車両に異常が発生し、爆発事故が起こる可能性が発生した際に安全性だけは確保する設計を採用する。  
例えば、故障の可能性が発生した際に車両が停止するだけでなく、カーナビシステムを使用し周辺車両にもそれを通知する機能を追加する。さらにラジエータ水などで自動的に消火作業が行われる機能を発明する。

##### ( 2 ) - 2 b)フールプルーフ設計の採用

間違った操作を行うと動作しない設計を採用する。  
例えば、水素補給時に正しい手順で行わなければ、補給口が開かない。補給設備に関しては補給できない機能を設定する。

##### ( 2 ) - 2 c)本質的安全設計の採用

爆発可能性部への信頼性のある材料の採用や検査等により高い設計信頼性を確保する本質的安全設計を採用する（ようなことを書いた気がする。）

#### ( 3 ) - 1 新たに生じるリスク

コストアップ（文章忘れた）

### （３）－２新たに生じるリスクの対策

#### （３）－２a) オープンイノベーションの採用

水素活用は車両分野だけでなく発電など様々な分野で検討されている。オープンイノベーションにより、それらの分野での開発情報を共有することにより、開発期間や開発コストが抑えることができると考える。

#### （３）－２b) モジュール設計の採用

モジュール設計を採用することにより設計期間の短縮や開発コストの抑えることができ、複数車両に採用することと量産性によるコストダウン効果も考えられる。モジュール設備の単位は、重要性、顧客要求の幅、今後の変更の可能性を考慮して決定する必要がある。

### （４）－１社会持続性観点からの要件

材料の再利用の検討（忘れた）

#### （４）－１b)留意点

つくる責任、使う責任を念頭に置き、消耗品として使用する部品については、交換、再利用できる材料の採用を検討する。

### （４）－２技術士論理からの観点

秘密情報の保護

#### （４）－２a)要件

オープンイノベーションにおいて機密情報の漏洩を防止し、企業の利益を守る。







## I-2

1. 機械製品と付加価値：政府は 2050 年までにカーボンニュートラルに達成を目標に掲げており、具体的な製品として、電気自動車（EV）を挙げる。従来の電気自動車は、航続距離が短く、充電時間が長い（約 30 分）ことが課題であった。そこで、動力源に従来の電池に加えて燃料電池を併用する電気自動車を挙げる。電池と比較してエネルギー密度が高く、充填時間も短い（5～10分）水素を動力源として用いる燃料電池を併用することで、従来のEVの課題を解決し、有効な付加価値を提供する。

### 課題 1：重量増加による運動性能低下(機能の観点)

従来の EV に対して、燃料電池や水素タンクを追加で設置する必要があるため、車体の重量が増加し、運動性能が低下する可能性が考えられる。したがって、機能の観点から重量増加による運動性能低下が課題である。

### 課題 2：コスト増加(費用の観点)

従来の EV に対して、燃料電池や水素タンクを追加で設置する必要がある。また、これらの出力を調整して制御するシステムも必要となるため、コストが増加する可能性がある。したがって、費用の観点からコスト増加が課題である。

### 課題 3：発火リスク(安全性の観点)

自動車の運転中は電池の温度が上昇する。ここで、燃料電池の動力源である水素は自然発火性を有するため、自動車の運転中に発火温度に到達して発火するリスクがある。したがって、安全性の観点から、発火リスクが課題である。

2. 最重要課題と解決策

最重要課題：発火リスクを挙げる。なぜなら、公衆の安全を最優先に考える必要があるからである。

### 解決策 1：CAE の活用

CAE を活用し、伝熱解析を実施し、自動車運転時の電池からの発熱による燃料電池周辺の温度上昇を評価する。水素の自然発火温度を超える場合は、冷却機構の追加や電池部からの距離を長くする等の対策をする。

### 解決策 2：フェイルセーフ設計

フェイルセーフ設計を適用し、異常が発生した際に常に安全側に導くような構造とする。具体的には、電池部の温度が許容値以上となった場合に、水素タンクのバルブが開き、内部の水素が自動で機外に排気される設計とする。

### 解決策 3：FMEA の実施

FMEA(故障モード影響解析)を実施する。部品毎に故障モードを抽出し、影響度×発生頻度×検出可能性から重要度を評価する。重要度が大きい故障モードについては事前に対策を実施する。

3. 残存しうる若しくは新たに生じうるリスクと対策

### リスク：LCCO<sub>2</sub> 増加

本自動車では、従来のEVに対して、燃料電池や水素タンク等の使用部品が多くなるため、これらの部品を製造する際のCO<sub>2</sub>排出量が増加し、LCCO<sub>2</sub>(ライフサイクルCO<sub>2</sub>)が増加するリスクがある。

対策：ライフサイクルアセスメントを実施し、LCCO<sub>2</sub>が少ない製造方法を検討する。例えば、製造工場でのエネルギーに再生可能エネルギーを賄う等の対策を実施する。

4. 業務遂行に当たり必要となる要件・留意点

(1) 技術者としての倫理の観点

要件：公衆の安全を第一に考える。

留意点：上述のフェールセーフ設計に加え、フールプルーフ設計を取り入れる。これにより、機器の故障につながるような誤った使用方法ができないようにする。

(2) 社会の持続可能性の観点

要件：3 Rを意識する。

留意点：製品設計段階で、製品廃棄後のリサイクルチェーンを検討しておくようにする。

# 技術士第二次試験模擬答案用紙

受験番号							
問題番号							

技術部門	環境
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。）

自動車開発における付加価値増大のための課題																								
1. 想定する機械製品：想定する機械製品として自動車を挙げる。これは日本の自動車は環境性について他国よりも大きくリードしていたが、近年は追いつきが激しい。そこで追随を許さないものづくり、ここではCO2排出を抑えた開発について以下に課題を述べる。																								
1.1 車両の軽量化：近年市場要求は多様化し、より快適で安全な自動車を求められるようになった。例えば衝突時でも乗員が生存できるようなサバイバルゾーンの設定等がある。こうした要求に応えるための車両剛性向上を図るため外板の厚みが増すことで車両十町が増し、CO2の排出量が増加する。そこで必要な機能を満たしつつ、車両の軽量化をすることが課題である。																								
1.2 部品搬送時のCO2削減：自動車部品は部品メーカーからトラック等で自動車メーカーに搬送される。この搬送時にCO2が排出される。このため、こうした運送を出来るだけ効率良く行いCO2を削減することが課題である。例えば、吸音材のダッシュインシュレータでは設計段階から運送効率を上げるため、部品自体を折り畳める構造とし、トラック1台に積み込める数量を増やしている。																								
1.3 長寿命化：部品の寿命には物理的に故障する物理寿命と携帯電話に代表されるような機能が低下することによる機能寿命がある。特に近年は機能寿命が大きい。機能低下を防ぐことで新たな製品製造による材料																								

●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



# 技術士第二次試験模擬答案用紙

○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。）

施	時	の	条	件	が	異	な	っ	て	い	た	の	か	、	あ	る	い	は	実	機	評	価	に	
問	題	が	あ	っ	た	の	か	調	査	し	以	降	の	も	の	づ	く	り	に	活	か	し	て	
い	く	。																						
3.	解	決	策	に	よ	る	リ	ス	ク	と	そ	の	対	策										
3.1	解	決	策	に	よ	る	リ	ス	ク	(	情	報	漏	洩	)	:	軽	量	化	の	た	め	の	
知	見	が	デ	ー	タ	ベ	ー	ス	化	さ	れ	る	こ	と	で	知	識	の	デ	ジ	タ	ル	化	
が	進	む	。	し	か	し	デ	ジ	タ	ル	化	に	よ	っ	て	、	知	識	が	社	外	に	持	
ち	出	し	や	す	い	形	に	な	っ	て	し	ま	う	た	め	第	三	者	に	よ	る	ア	ク	
セ	ス	や	社	員	の	不	注	意	に	よ	る	技	術	情	報	漏	洩	の	懸	念	が	あ	る	
3.2	漏	洩	対	策	:	デ	ー	タ	へ	の	セ	キ	ュ	リ	テ	ィ	対	策	を	行	う	。		
例	え	ば	デ	ー	タ	ア	ク	セ	ス	す	る	た	め	の	I	D	と	パ	ス	ワ	ー	ド	を	
社	員	に	配	布	し	、	外	部	か	ら	の	ア	ク	セ	ス	を	防	止	し	た	り	、	情	
報	漏	洩	経	路	に	な	り	や	す	い	U	S	B	メ	モ	リ	等	の	使	用	を	禁	止	
て	漏	洩	防	止	に	努	め	る	。															
4.	業	務	に	必	要	な	要	件																
4.1	公	益	の	確	保	:	自	動	車	は	部	品	一	つ	の	不	具	合	で	大	き	な		
事	故	に	つ	な	が	る	。	そ	こ	で	軽	量	化	は	し	つ	つ	も	安	全	性	の	観	
点	か	ら	十	分	な	設	計	な	の	か	を	検	証	し	公	益	確	保	に	努	め	る	。	
4.2	持	続	可	能	性	:	従	来	C	F	R	P	の	リ	サ	イ	ク	ル	は	困	難	と	さ	れ
て	き	た	が	近	年	技	術	の	発	展	に	よ	っ	て	リ	サ	イ	ク	ル	が	可	能	と	
な	っ	て	き	た	。	こ	う	し	た	環	境	面	に	配	慮	し	た	モ	ノ	づ	く	り	を	
行	う	。	さ	ら	に	環	境	配	慮	に	お	け	る	知	見	と	そ	の	影	響	に	つ	い	
て	研	鑽	し	、	そ	れ	ら	を	定	量	化	し	こ	れ	を	活	か	し	た	次	世	代	の	
エ	ン	ジ	ニ	ア	を	教	育	す	る	こ	と	で	持	続	可	能	な	モ	ノ	づ	く	り	を	
実	現	す	る	。																			以	

## 必須I-2

### 問題：競争力強化のための付加価値向上

機械製品；化学プラント 価値：低環境負荷（理由：環境意識の高まり・日本の要素技術力を生かす）

### (1) 課題

観点：初期建設段階  
問題：CPの製造には大量の材料とエネルギーを要する。  
課題；必要材料の物量を最小限に抑えること

観点：運転段階  
問題：Nox, Soxや強酸・アルカリといった環境負荷廃棄物の排出規制の強化の傾向  
課題：環境に有害な排水や排ガス成分の適正な分析と処理

観点：廃棄・撤去段階  
問題：廃棄・撤去時の環境・エネルギー負荷  
課題：生涯廃材発生が少ない設計（リサイクルのできる材料選定、予知保全による廃材低減）

最重要課題：材料の最小化

理由：機械設計技術の貢献が大きいため。コスト削減という意味でも競争力につながるから。

### (2) 解決策

#### 解決策1

機器・配管の口径・板厚の最小化  
板厚設定にあたっての余裕代の適正化  
腐れ代や安全率の重複など、不要な冗長部分がないかを検証する。CAE詳細解析を用いる。

#### 解決策2

機器や部品の配置調整  
効率的な機器配置や部品配置により、機器間を接続する配管の長さや最短となるように設計する。特に製作上の環境負荷が高い材質や物量の多い大口径・高肉厚箇所が短くなるよう設計する。自動ルーティン  
グ技術を用いることで膨大なケース数のケーススタディを可能にする。

### (3) 波及効果

#### リスク

リスク(懸念事項)：

#### ①振動発生

懸念：肉厚や口径の低減により設備全体の剛性が低くなる、外力や流体起因の振動懸念が生じる。

対応策：流体の脈動を伴うポンプや圧縮機周りの系統について、固有値解析による共振防止や緩衝装置の設置  
②外力による破損

懸念：冗長性がなくなることによって予期せぬ外力による破損懸念。

対応策：非破壊検査や余寿命管理といった健全性向上のための保守メニュー策定。

### (4) 必要な要点

#### ・留意点

技術者倫理：

社会の持続性からの要点・留意点：

付加価値を向上させるための推進方策									
(1) 機械製品の想定と課題3点									
機械製品の想定： <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> 塗料を筆塗装するロボット									
を挙げる。6軸協働ロボットの					力覚センサ 協働ロボット				
先端に筆を取付け、7-7外周					に塗料を塗る。				
DISPENSE									
(1-1) 付加価値の提案									
ロボットの教示プログラムに									
よる塗装ではなく、品質のバラ									
ツキの少ない熟練作業を反映し									
た作業を付加することを挙げる。									
図1 6軸塗装ロボット									
(1-2) 課題3点									
① 暗黙知の形式知化後、動作への反映 (観点) 技術									
熟練作業は、暗黙知によりせん細で品質のバラツキ									
の少ない作業を再現している。熟練業者の動作分析									
反映、モニタリングやカメラにより得られたデータを									
ロボット教示への反映を図る。									
② ロボット教示技術者の育成 (観点) 人的資源									
動作分析、数値化、ロギングデータからロボット教									
示に反映するには高い技術力が求められる。STEAM教									
育履修制の採用、リカレント教育により高い技術者を育									
成する必要がある。									
③ 費用対効果明確化 (観点) 経済性									
熟練作業の反映には、高コストが発生する。費用対									
効果をマトリクス化して、明確化する。実行可能性可									

否、	フ	ュ	-	ジ	ロ	リ	テ	イ	ス	タ	テ	イ	を	実	施	す	る。						
(2)	最	も	重	要	と	考	え	る	課	題	と	解	決	策									
	最	も	重	要	と	考	え	る	課	題	と	し	て、	(1-2)	①	の	暗	黙	知	化			
→	形	式	知	化	後、	動	作	へ	の	反	映	を	挙	げ	る。								
	理	由	)																				
	品	質	の	バ	ラ	ツ	キ	の	少	な	い	製	品	を	供	給	す	る	こ	と	は、	生	
産	者	と	し	て、	最	低	限	の	責	務	で	あ	る。	ま	た、	熟	練	作	業	を			
ロ	ボ	ッ	ト	作	業	に	反	映	す	る	こ	と	は、	持	続	可	能	な	モ	ノ	ブ	ク	
リ	に	フ	な	ら	る	と	考	え	る	た	め	で	あ	る。									
(2-1)	複	数	の	解	決	策																	
①	塗	料	の	定	量	供	給	化															
	従	来、	塗	料	は	ロ	ボ	ッ	ト	動	作	で	塗	料	を	筆	先	に	浸	透	さ	せ	
	る	だ	け	で	あ	っ	た。	そ	こ	で、	筆	を	中	空	構	造	に	し、	そ	こ	へ		
	デ	ィ	ス	パ	ン	サ	を	挿	入	す	る。	デ	ィ	ス	パ	ン	サ	か	ら	塗	料	を	
	先	に	供	給	す	る	こ	と	で	塗	料	の	定	量	化	供	給	を	実	現	す	る	こ
	が	で	き	る。																			
②	モ	-	シ	ョ	ン	キ	ャ	プ	ロ	グ	ラ	ム	(以	下、	MC)	の	活	用					
	従	来、	ロ	ボ	ッ	ト	プ	ロ	グ	ラ	ム	の	み	で	塗	装	を	行	っ	て	い	る	
	が、	品	質	の	バ	ラ	ツ	キ	の	少	な	い	熟	練	作	業	を	再	現	す	る	た	め、
	熟	練	者	の	肩	か	ら	手	ま	で	を	重	点	的	に	MC	す	る。	そ	の	後、	ロ	
	ギ	ン	グ	デ	-	ー	タ	を	ロ	ボ	ッ	ト	教	示	に	反	映	す	る。				
③	力	覚	セ	ン	サ	の	活	用															
	ロ	ボ	ッ	ト	教	示	プ	ロ	グ	ラ	ム	の	み	で	は、	筆	圧	が	安	定	し	な	
	い。	そ	こ	で	力	覚	セ	ン	サ	を	筆	の	手	前	に	具	備	し、	筆	圧	を	安	
	定	化	さ	せ	る。	特	に	角	部、	丸	部	は	注	意	し	て、	ロ	ボ	ッ	ト	教		

示との連携を図る。																								
(3) 新たに生じうるリスクとその対策																								
① 設備の停止のリスク																								
<p>センシティブな動作を再現している為、設備停止すると7-7の品質不具合、ロスにつながる。対策) 3Dデジタルツインを導入し、重要箇所センサーを具備して状態監視する。また、停電に備え、無停電電源UPSを具備する。</p>																								
② サイバー攻撃のリスク																								
<p>教示プログラムは会社資産であり、盗用されれば、会社倒産の可能性もある。対策) データは暗号化しアクセスは権限を設ける。また、バックアップデータを他拠点に保存する。</p>																								
(4) 業務遂行にあたり、その必要要件、間に倫理の観点がある																								
① 公衆の安全、健康と福利を最優先する。																								
<p>ロボットの誤動作により、塗料の飛散、臭気の充満により、人体に影響を与えないように留意する。対策として、飛散防止柵の設置及び排気装置を設ける。</p>																								
② 社会の持続性の観点																								
<p>改造部品は3Rを意識し、グリーン調達に努める。また、塗料のロス削減目標を定め、削減を推進する。</p>																								
③ 相互の尊重																								
<p>本改造は、一部門では遂行できない。営業、製造、生産技術、品証等、関連部門と相互に尊重し、進めていく。以上</p>																								

追加する  
が、

④ 法令遵守

ロボット技術の発展とともに法令整備が進んでいる。

法令遵守にむけ、  
無<sup>い</sup>計画段階から  
調査を徹底する。

令和6年度技術士二次試験問題 [機械部門]

1. 機械部門【必須科目 I】

I-2

<目的>

ガラス成膜装置(真空)による技術の差別化

<課題>

- ①品質
- ②自動化
- ③カスタム化(反射率、屈折率など)

<最重要課題>

- ②自動化

<課題解決策>

- ・真空下でのガラス保持技術
- ・ロボットによるマテハン
- ・AMR の活用

<新たに生じるリスク>

技術の模倣

<解決策>

- ・特許の取得
- ・オープンクローズ戦略でクローズ技術は協力会社を活用

<コンピテンシー>

- ・安全
- ・環境
- ・法令

## 技術士 第二次試験 再現答案

受験番号	1 2 3 4 5 6 7 8 9	技術部門 機械部門
問題番号	I-2_機械製品の付加価値	選択科目 加工・生産システム・産業機械
答案使用枚数	枚目 枚中	専門とする事項

○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.	製品への付加価値の実現のため課題									
	要介護者のベッドと車いすの間移動を行う介護用									
	ロボットを想定し、他の人の操作や補助無しで自律的に動作すること。付加価値とし、課題を述べる。									
1.	1	ロボットの動作の正確性								
	ロボットが自律的に動作するためには、ロボットが自身や周囲の状況を正確に把握し、行動を判断・決定する必要がある。また、要介護者を傷つけることなく安全に運搬するためには、ロボットが定めた目標に対して正確に動作する必要がある。よって、技術の観点から、ロボットの動作の正確性確保が課題である。									
1.	2	取り扱いの容易性								
	ロボットを補助する人間がいないうえ、要介護者本人がロボットへ指示を出すこととなるが、要介護者はできる行動に限りがある。そのためロボットは行動に制限のある人でも指示・操作することができなければならない。よって、使用性の観点から、ロボットの取り扱いの容易性が課題である。									
1.	3	堅牢性								
	介護用ロボットは設備の整った工場ではなく、一般家庭や病院で使用されるため、故障しても簡単には修理できない。また、家庭や病院は無数にあり、ロボット製造メーカから遠い場所にある場合は、修理に行くことも難しくなる。よって、健全性の観点から、ロボットの堅牢性の確保が課題である。									



## 技術士 第二次試験 再現答案

受験番号	1 2 3 4 5 6 7 8 9	技術部門 機械部門
問題番号	I-2_機械製品の付加価値	選択科目 加工・生産システム・産業機械
答案使用枚数	枚目 枚中	専門とする事項

○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	体	と	は	別	に	カ	メ	ラ	ヤ	セ	ン	サ	一	を	配	置	し	、	ロ	ボ	ツ	ト	の	
状	態	を	把	握	す	る	。	こ	れ	に	よ	り	異	常	や	故	障	に	早	期	に	気	づ	
き	、	ロ	ボ	ツ	ト	自	身	を	停	止	さ	せ	た	り	、	周	囲	に	異	常	を	知	ら	
せ	た	り	す	る	こ	と	が	で	き	る	。													
4.	倫	理	お	よ	び	社	会	持	続	性	に	関	す	る	必	要	要	件						
4.	1	倫	理	の	観	点																		
	公	衆	の	安	全	確	保	が	最	も	重	要	で	あ	り	、	い	か	な	る	状	況	で	
も	要	介	護	者	に	危	害	を	与	え	て	は	な	ら	な	い	。	そ	の	た	め	、	ロ	
ボ	ツ	ト	設	計	時	に	は	3	ス	テ	ッ	プ	メ	ソ	ッ	ド	に	よ	り	危	険	源	の	
排	除	や	危	害	程	度	の	軽	減	を	図	る	。	ま	た	、	ロ	ボ	ツ	ト	は	人	の	
体	に	直	接	触	れ	る	た	め	、	人	に	あ	た	っ	て	も	危	害	を	与	え	な	い	
よ	う	な	形	状	を	、	ジ	ェ	ネ	レ	ー	テ	ィ	ブ	デ	ザ	ィ	ン	を	用	い	て	検	
討	す	る	。																					
	使	用	者	と	な	る	要	介	護	者	に	対	し	て	は	、	注	意	点	な	ど	を	わ	
か	り	や	す	く	表	示	す	る	。															
4.	2	持	続	可	能	性	の	観	点															
	持	続	可	能	性	を	考	慮	し	、	環	境	配	慮	設	計	を	行	う	。	ロ	ボ	ツ	
ト	設	計	時	に	は	、	性	能	だ	け	に	注	目	せ	ず	リ	サ	イ	ク	ル	し	や	す	
い	材	料	や	分	解	し	や	す	い	形	状	を	検	討	す	る	。	ま	た	、	ラ	イ	フ	
サ	イ	ク	ル	ア	セ	ス	メ	ン	ト	を	行	い	、	ラ	イ	フ	サ	イ	ク	ル	全	体	で	
の	環	境	負	荷	低	減	を	図	る	。													以	上
(	実	回	答	は	こ	れ	よ	り	1	～	2	行	多	く	記	述	し	た	が	、	内	容	の	
再	現	が	で	き	ず	)																		

# 問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-1 機械設計～

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 鍛造は，金属材料（ビレット）を圧縮若しくは打撃することで所望の形状を得る塑性加工法の1つである。鍛造部品を設計・成形加工するうえで設計者として考慮すべき事項を3つ挙げ，その理由を説明せよ。必要であれば図等を用いてもよい。

Ⅱ-1-2 CAEを活用した設計を進める際に，解析の結果と実際の製品において性能に差が生じる場合がある。具体的な製品を示したうえで，CAEで誤差が生じる原因として考えられる入力条件を3つ挙げ，それぞれの理由を述べよ。

Ⅱ-1-3 機械製品を設計するに当たり，安全設計思想を考慮することは重要である。その代表的な考え方であるフェールセーフ（Fail Safe）とフォールトトレランス（Fault Tolerance）の各々について，その概要を述べ，思想が適用されている製品と実施内容を示せ。

Ⅱ-1-4 具体的な機械製品（構造物・部品）を1つ取り挙げ，その製品の剛性を高める方法を3つ提案せよ。また，一般的に高剛性化によって，強度上の損傷リスクが高まる場合も想定されるが，その理由を説明せよ。

## Ⅱ－１－２

具体的な機器製品：図 1 に示すように、回転軸周りをシールするゴム O リングをシールするモデルを考える。当該モデルにおいて、回転軸と O リングのしゅう動部で発生する摩擦トルクを解析により求める。

### 入力条件 1：摩擦係数

解析モデル上では、摩擦係数は一定値として入力する。一方、実機では回転軸とのしゅう動によりゴム表面に面荒れが生じる。この面荒れにより、運転時間が経過すると摩擦係数が変化し、解析結果と誤差が生じる可能性が考えられる。

### 入力条件 2：圧縮量

解析モデル上では、O リングと主軸の幾何学的形状関係から O リングの圧縮量が決まり、この圧縮量に対応した圧縮反力が発生し、摩擦トルクにつながる。実機では、運転時間経過後に、しゅう動により O リングが摩耗して圧縮量が減少する。これにより、O リングの反力が低下し、摩擦トルクの誤差につながると考えられる。

### 入力条件 3：弾性カーブ

解析モデル上では、O リングの圧縮量を圧縮反力の関係である弾性カーブのカタログ値や文献値をインプットする。しかし、実機における弾性カーブは製造ロット毎に異なるため、同一量圧縮した際の圧縮反力が異なる。これにより、摩擦トルクに誤差が生じると考えられる。

## II-1-3

### フェールセーフとフォールトトレランス

#### 1. フェールセーフ

##### ①概要

機械やシステムに故障が発生した場合、常に安全側に作動する仕組みのこと。

##### ②思想が適用されている製品と実施内容

###### ・踏切の遮断機

電源喪失した場合、遮断機は自重で下がった状態となり、自動車や人が横断できない状態となり、安全な状態となる。

###### ・石油ストーブ

地震等で倒れた場合に、自動的に運転停止することで、火災が発生しない安全な状態となる。

#### 2. フォールトトレランス

##### ①概要

機械やシステムの一部に故障が発生した場合、機能を損なうことなく作動する仕組みのこと。

##### ②思想が適用されている製品と実施内容

###### ・新幹線のモータ

複数のモータにより走行しているため、1つのモータが故障しても他のモータで動力を補い走行を継続することができる。

以上

#### (1)-1 フェイルセーフの概要

フェイルセーフはオペレーターあるいはシステムの誤操作時、自動的に安全方向に作動することにより製品の破損を防ぎ事故を防止する設計思想

#### (1)-2 思想が適用されている製品

安全弁

#### (1)-3 実施内容

圧縮機の吐出側が締め切りとなり、吐出圧力が設計値を超え上昇しようとした場合、設置されていた安全弁が作動する。このことにより、配管や圧縮機の破損を防ぎ事故を防ぐ。

#### (2)-1 フォールトトレランスの概要

プロセス全体にとって重要な装置について作動不良などで停止した場合に備え別系統を準備しておく。一系統に不具合が発生し、その系統が停止しても別系統が即座に立ち上がることによりシステム全体の機能を維持する設計思想。

#### (2)-2 フォールトトレランスの例

石油プラントのプロセス圧縮機

#### (2)-3 実施内容

プラントの心臓部であるプロセス圧縮機系統を二重化する。このことにより、一系統が停止しても、別系統が立ち上がることによりプラントの操業を維持する。

以上

令和 年度 技術士第二次試験答案用紙

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

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	設計工学

●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。

問題番号	II - 1 -	3
------	----------	---

← 解答する問題番号（1から4）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。

<b>1. フェールセーフ</b>																								
<b>1) 概要</b>																								
機械が故障しても、安全に機械を停止することができ る設計手法である。																								
<b>2) 製品</b>																								
縦型射出機の機械式安全装置																								
<b>3) 実施内容</b>																								
縦型射出機の可動盤は、垂直方向に移動する。可動 盤に平行して溝を設けた安全棒を設置してエアシリン ダで溝に押し付ける。エアチューブが抜けても安全に 停止できるように、ピストンにバネを設け、バネ力で シリンダ軸が安全棒の溝に出るようにしている。																								
<b>2. フォールトトレランス</b>																								
<b>1) 概要</b>																								
機械に故障が発生した際、性能を落とすとしても機能 が満たせる設計をすることである。																								
<b>2) 製品</b>																								
飛行機のジェットエンジン																								
<b>3) 実施内容</b>																								
飛行機のジェットエンジンは、両方の羽根に設置し ている。1つのエンジンが故障してももう一つのエン ジンで稼働できるように、バルブ切り替えができるよ うにしている。これにより、性能を落とすとしてもフラ イト機能が維持できる。																								
																								以上

●答案用紙の解答欄の枠内に記載した解答のみ採点対象とします。

24字×25字

## II - 1 - 3

### 1. フェールセーフ

フェールセーフとは、機器が故障してもシステムが安全な方向に移行する設計手法のことである。

例えば、鉄道で電車や信号が故障した際に急停車する機能や、発電プラントなどで各所に重要アラームが出た際のインタロック機構がある。

フェールセーフの考え方はその機器の安全側の考え方によって対応が異なる。

### 2. フォールトトレランス

フォールトトレランスとは、障害が発生しても機能を継続させる設計手法である。

例えば、発電プラントの重要計器に用いられる冗長設計は、その考え方を適用している。

また、航空機の予備エンジンの考え方のようなサブシステムと呼ばれる予備切り替えの思想しフォールトトレランスの考え方である。

フォールトトレランスは、多重系の考え方を採用しているので、各システムの独立性が保証されていれば高い信頼性を得ることができる。

受験番号	
問題番号	Ⅱ-1-3
答案使用枚数	1 枚目 1 枚中

技術部門 機械部門
選択科目： 機械設計
専門とする事項： 食品設備設計

フ	ェ	ー	ル	セ	ー	フ	と	フ	ォ	ー	ル	ト	ト	レ	ラ	ン	ス	に	つ	い	て		
(1)	フ	ェ	ー	ル	セ	ー	フ																
	フ	ェ	ー	ル	セ	ー	フ	は	万	が	一	機	械	や	設	備	に	異	常	が	発	生	し
た	際	に	、	自	動	で	安	全	側	に	停	止	さ	せ	機	械	、	設	備	を	安	全	な
状	態	に	保	つ	こ	と	で	あ	る	。													
1)	適	用	さ	れ	て	い	る	製	品	：	プ	ラ	ン	ト	の	自	動	停	止	シ	ス	テ	ム
2)	実	施	内	容																			
	プ	ラ	ン	ト	で	は	高	温	・	高	圧	で	反	応	な	ど	を	行	っ	て	い	る	の
で	万	が	一	の	際	は	安	全	停	止	状	態	に	移	行	す	る	必	要	が	あ	る	。
	そ	の	た	め	例	え	ば	バ	ル	ブ	は	ス	プ	リ	ン	グ	リ	タ	ー	ン	式	に	し
て	、	異	常	時	は	自	動	で	安	全	サ	イ	ド	へ	動	く	よ	う	に	す	る	。	高
圧	の	場	合	は	安	全	弁	で	放	出	を	す	る	な	ど	を	実	施	し	て	い	る	。
(2)	フ	ォ	ー	ル	ト	ト	レ	ラ	ン	ス													
	フ	ォ	ー	ル	ト	ト	レ	ラ	ン	ス	は	冗	長	化	や	代	替	機	等	に	よ	り	、
シ	ス	テ	ム	に	万	が	一	不	具	合	が	発	生	し	て	も	運	転	を	続	け	、	シ
ス	テ	ム	の	安	全	状	態	を	保	つ	こ	と	で	あ	る	。							
1)	実	施	さ	れ	て	い	る	製	品	：	航	空	機										
2)	実	施	内	容																			
	航	空	機	は	各	種	シ	ス	テ	ム	を	冗	長	化	す	る	事	で	安	全	運	航	を
達	成	し	て	い	る	。																	
	例	え	ば	航	空	機	の	エ	ン	ジ	ン	は	2	機	取	り	付	け	ら	れ	て	い	る
が	、	飛	行	自	体	は	1	機	で	も	問	題	が	無	い	。	そ	の	為	、	万	が	一
エ	ン	ジ	ン	が	1	機	故	障	し	て	も	、	残	り	1	機	で	飛	行	を	続	け	る
こ	と	が	で	き	、	安	全	運	航	に	寄	与	し	て	い	る	。						

# 技術士第二次試験模擬答案用紙

受験番号							
問題番号							

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.	フェールセーフとフルプルーフの概要と実例
2.	フェールセーフの概要と実例
	フェールセーフとは設備等が故障しても安全側になるように設計することである。多くの場合安全側とは設備等が停止することである。例として踏切の遮断棒を挙げる。遮断棒は列車通過時は人の横断を防止するため下に下がり、列車通過後は上にあがって横断できなくなる。この遮断棒を上がった状態を保つために、遮断棒は踏切本体から動力を得ることこの状態を保っている。これがフェールセーフとなる。すなわち踏切が停電等で故障しても、重力によって遮断棒は自然と下に下がる。これによって踏切内に人が入ることを防止している。
3.	フルプルーフの概要と実例
	フルプルーフとはシステムの一部が故障しても残る機能でシステムが稼働できるような設計のことである。例として電車をあげる。電車はパンタグラフで電気を得て走行している。近年の電車では従来電動車両につき1基のパンタグラフであったものを2基搭載している。これによって1基のパンタグラフが故障しても残るパンタグラフで走行できるようになっている。
4.	さいごに
	市場からの設備やシステムに対する信頼性における要求はますます高まっている。上記のような考えの設計に基づき市場の要求にこたえていきたい。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

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 あなたは設計部門の開発リーダーとして，コストや納期を考慮したうえで，CAEとサロゲートモデル（応答曲面）を用いて機械部品（若しくは機械構造や機構等）の最適設計を進めることになった。関係者と調整しながら業務を進めるとして，下記の問いに答えよ。

- (1) 設計対象を具体的に１つ挙げ，①用いたサンプリング手法，②サロゲートモデルを用いる理由とその利点，③対象とする機械部品等の特徴を踏まえ，機械設計の立場から設計変数，目的関数，制約条件等を明らかにし，その理由を述べよ。
- (2) 用いるサロゲートモデルの特徴を明らかにしたうえで，最適設計を進める手順をまとめ，留意すべき点や工夫を要する点を具体的に述べよ。
- (3) デザインレビュー（DR）に加え，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を述べよ。

Ⅱ－２－２ あなたは設計部門の開発リーダーとして，既存製品の軽量化に取り組むことになった。軽量化を実現する手法として，トポロジー最適化を用いる前に，既存製品の材料や製造方法の見直しを行った。軽量化した製品の試験を行ったところ，振動が発生したため，原因を調査してその対策を指揮することになった。下記の問いに答えよ。

- (1) 軽量化する既存製品（若しくは部品）を具体的に１つ挙げ，軽量化の目的と，採用した方法について説明せよ。また，振動の原因について調査，検討すべき事項を説明し，振動が発生した要因を列举せよ。
- (2) そのうち最も重要と考えられる要因についてその対策を行う手順を列举して，留意すべき・工夫を要する点について説明せよ。
- (3) 対策業務を効率的，効果的に実施する際の関係者との調整方法について述べよ。

## II-2-2

### (1)製品、目的、採用方法、調査・検討すべき事項、発生要因

#### ①製品

製品加工を行うマニピュレータを想定する。工場の製造ラインで用いられ、アーム先端のアタッチメントを交換することで様々な加工を可能にする。

#### ②目的

軽量化によりマニピュレータの駆動エネルギーの省力化を図ることを目的とする。

#### ③採用した方法

ボディ材料の鋼材をプラスチックに置き換える。

#### ④調査・検討すべき事項

・マニピュレータの各所に加速度センサを取り付け、振動が発生する条件を再現し要員を特定する。（回転数・作業位置・アタッチメント種別・作業環境）

#### ⑤発生要因

- ・固有振動数が加振周波数と一致していたことによる共振の発生
- ・材料変更による剛性不足により、加工作業に伴い振動が発生

### (2)最重要要因と対策

#### ・最重要要因

「固有振動数が加振周波数と一致していたことによる共振の発生」

#### ・対策

- ① PID 制御パラメータの微分ゲインを大きくすることで、減衰性能を上げ、振動を抑制する。
- ② ①の対策で解決できない場合、加振周波数が固有振動数と一致しないように回転数や本体姿勢を制御する。

留意点：固有振動数は、加工材やエンドツールやロボットの姿勢等、複数の要因によって変わること留意する。  
工夫点：軽量化前のマニピュレータ設計時における振動試験データを参考にし、試験条件の絞り込みを行うことで調査期間短縮を図った。

### (3)関係者との調整方策

#### ・定期的な DR の実施

軽量化に伴う各種変更にあたり、設計部門・製造部門・資材部門等の関係各所の連携や情報共有が不足する懸念がある。そこで、設計の節目節目において部門を超えた関係者と DR を行い、設計思想や後工程で注意すべき事項等を共有する。また、各部門の意見を吸い上げ、設計仕様に反映し、理解や合意を得る。これにより、目的達成のために業務を効率的に進めることができる。

以上

#### (1)-1 軽量化する既存製品

キャスター付き小型往復動圧縮機とする。圧縮機本体及び配管、安全弁やタンクなどを鋼製チャンネル材製の箱の中にサポート等を用い組み入れ、工場内などでの移動の為、床面にキャスターを付けたものである。

#### (2)-1 軽量化の目的、採用方法

軽量化の目的は、従来製品は工場内運用時、複数人の成人男性により取り回しをしていたが、働き方の多様性の為、年配者や女性でも動かせるようにするためである。併せて輸送時のコスト低減及び、炭素低下も目的とする。

軽量化の方法としては、鋼製チャンネル材の箱及びサポートを鋼製からアルミ合金製にすることにより、全体重量の削減を図った。

#### (1)-3 振動の原因について調査、検討すべき事項

現物主義にのっとり、現物が設計通りに組み立てられているか、想定通りの使い方か調査する。その上で、加振源たる圧縮機本体を含め、各部の振動状態につき周波数分析を含め計測することにより数値化し、振動発生原因が何かを検討する。また、振動発生の前後の重心位置についても図面上にて確認を実施する。

振動が発生した要因を下に列挙する。

##### (1)-2-1 重心の上昇による安定性の低下

##### (1)-2-2 固有振動数の変化による共振

##### (1)-2-3 サポート剛性の低下による振動

## (2)-1 最も重要と考えられる要因と対策手順

(1)-2-1 を、重心の上昇による安定性の低下を最も重要と考えられる要因とする。

対策手順を下に列挙する。

- ・ 重心位置の確認結果を元に、キャスターの取付幅の延長 / 個数の再検討の実施。

- ・ 移動用の為、運用時床面とアンカーボルト等で固定することができない。箱と床面を突っ張り、振動を抑制するために、ネジ機構を利用した突っ張り棒を箱に追加する。

## (2)-2 留意すべき・工夫を要すべき点。

- ・ 本製品は人力にて工場内を移動させる装置である。移動時の転倒による人身災害防止の為、運用時だけでなく、移動時に不安定になっていないかの検証が必要となる。

- ・ キャスター固定位置を変更する場合、工場内での運用上、通路 / 扉を通れるになっているかを考慮する。

## (3)-2 関係者との調整方法

関係者の利害を上手く調整して取りまとめるリーダーシップを発揮して関係者との調整を実施した。 以上

(最終段まで記入したが再現できず。)

## II - 2 - 2

### (1) - 1 軽量化する既存製品とその目的 / 採用した方法

軽量化の製品は、実験設備におけるごみ焼却場の排熱ボイラとその補機を支えるボイラ架台を想定する。

軽量化の目的は重量削減によるコストダウンである。

採用方法としては、構造計算ソフトを使用した応力比限界までの架台構造の見直し及び部材強度削減のほか、I型鋼→角パイプへの変更など荷重方向に対して効率的な鋼材の選定を行った。

### (1) - 2 振動の原因について調査、検討すべき事項及び

#### その要因

調査、検討すべき事項については、①荷重条件②プラント運転状況③固有振動数の確認④振動発生源の特定があり、それに対応する要因として、①強度不足②プラント稼働による振動③共振④機器動作時の振動が挙げられる。

### (2) - 1 最も重要と考えられる要因についての対策手

#### 順

最も重要と考える要因は②プラント稼働による振動とし、その対策手順を下記に示す。

1. FTAを行い、原因の絞り込みを行う。また絞り込み箇所の固有振動数の確認を行う。
2. 現地調査を行い各部の振動測定を行う。
3. 現地調査を基に解析モデルでの強度解析を行う。

4. 解析結果に基づき対策方法を決定し実施する。

#### (2) - 2 留意すべき / 工夫を要する点

現地調査及び振動測定時は現地運転員と連携し、運転トレンドと合わせ複数のパターンの調査を行うことが大切になる。

また、3Dモデルを使用し、実機での実験前にシミュレーションを行い、実機実験での手戻りを最小限となるように留意する。

#### (3) 効率的 / 効果的に実施する際の関係者との調整方法

(2) で挙げた手順毎にデザインレビューを実施し、デザインレビューで得たコメントは管理し、回答完了まで確実にフォローし、手戻り / 検討漏れのないように業務を進めていく。





## Ⅱ－２－２

### (1)－1 具体的な機器製品、軽量化の目的、採用した方法

自動車のドアを対象として、運動性能向上を目的として軽量化を実施する。従来材料の鋼材をCFRP(炭素繊維強化プラスチック)に置き換えることで、軽量化を実施する。

### (1)－2 調査、検討すべき事項及び振動が発生した要因

#### ①固有振動数

材料を変更したことによりドア部の固有振動数が変化し、車輪やエンジンの回転数と固有振動数が一致して共振した可能性が考えられる。このため、ドア部の固有振動数を計測し、車輪やエンジンの固有振動数と比較する。

#### ②熱伸び差

CFRPの線膨張係数は、鋼材と異なる。このため、運転中の温度上昇によりCFRP部と周囲の鋼材で熱伸び差が発生し、これにより両者の接合部で隙間が発生し、ガタが生じた可能性が考えられる。これにより振動が増加した可能性が考えられる。

### (2)最も重要と考えられる要因に対する対策の手順、留意すべき点、工夫を要する点

最も重要と考えられる要因として、①熱伸び差を挙げる。なぜなら、CFRPと鋼材の線膨張係数は約1桁異なり、可能性が高いと考えられるためである。まず初めに、伝熱解析を実施し、運転中の発熱による温度上昇を求める。次に、構造解析を実施、左記温度差が発生した際の、CFRPと鋼材の熱伸びを求める。対策として、ドア周辺に断熱材を設置したり、両者の間に、CFRPと鋼材の間の線膨張係数を有する材料を設置したるする。この際に、伝熱解析は通常の運転温度のみではなく、最高到達温度で実施する点に留意する。

### (3)対策業務を効率的、効果的に実施する際の関係者との調整方法

#### ①DRBFM

DRBFMを実施し、従来からの変更点に着目して設計審査会を実施する。これにより、効率的にレビューを実施することが可能である。

#### ②PDM

PDMを実施し、製品の図面や設計根拠資料を一元管理する。これにより、関係者が常に最新の情報にアクセスでき、資料のバージョン違い等による手戻りを防止できる。



# 技術士第二次試験模擬答案用紙

○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。）

度	の	実	力	値	を	現	物	を	確	認	し	な	が	ら	調	査	す	る	。	そ	の	結	果		
製	品	や	加	工	精	度	に	つ	い	て	は	十	分	許	容	何	位	に	収	ま	っ	て	い		
る	こ	と	が	判	明	し	た	。	そ	こ	で	次	に	設	計	に	マ	ー	ジ	ン	が	あ	る		
の	か	調	査	し	た	。	す	る	と	許	容	範	囲	内	の	片	側	に	大	き	く	傾	い		
た	場	合	、	振	動	が	発	生	す	る	恐	れ	が	あ	る	こ	と	が	判	明	し	た	。		
そ	こ	で	振	動	防	止	の	た	め	に	パ	ネ	ル	に	ビ	ー	ド	を	設	定	し	た	。		
そ	し	て	C	A	E	に	よ	る	解	析	を	実	施	し	た	。									
2.	2	留	意	点	：	C	A	E	の	結	果	は	既	知	の	知	見	を	基	に	し	た	も	の	で
あ	る	。	そ	の	た	め	対	象	と	す	る	現	象	が	未	知	の	も	の	で	あ	る	場	合	
合	C	A	E	結	果	は	想	定	す	る	結	果	と	異	な	る	恐	れ	が	あ	る	。	そ	こ	
で	実	機	評	価	を	行	い	解	析	結	果	の	妥	当	性	を	検	証	す	る	。				
2.	3	工	夫	点	：	D	R	で	は	設	計	者	以	外	の	関	係	者	は	図	面	や	資	料	
だ	け	で	は	設	計	変	更	の	内	容	を	イ	メ	ー	ジ	し	づ	ら	い	。	そ	こ	で		
デ	ジ	タ	ル	モ	ック	ア	ップ	を	用	い	て	視	覚	化	す	る	こ	と	で	、	各				
専	門	の	知	見	か	ら	設	計	に	対	す	る	評	価	を	行	い	、	問	題	点	を	漏		
れ	な	く	抽	出	で	き	る	よ	う	に	す	る	。												
3.	業	務	を	円	滑	に	進	め	る	た	め	の	関	係	者	と	の	調	整						
	製	品	の	不	具	合	対	応	や	製	品	開	発	で	は	、	各	工	程	意	図	が	関		
係	工	程	に	正	し	く	伝	わ	っ	て	い	な	け	れ	ば	、	手	戻	り	や	利	害	問		
題	の	原	因	に	な	る	。	そ	こ	で	各	工	程	意	図	が	リ	ア	ル	タ	イ	ム	で		
関	係	工	程	に	把	握	で	き	る	よ	う	に	す	る	必	要	が	あ	る	。	具	体	的		
に	は	、	D	R	実	施	に	加	え	て	P	L	M	を	活	用	し	、	各	工	程	意	図	を	
関	係	工	程	が	リ	ア	ル	タ	イ	ム	で	把	握	す	る	こ	と	で	コ	ン	カ	レ	ン		
ト	な	業	務	が	出	来	る	よ	う	に	す	る	こ	と	で	手	戻	り	の	な	い	開	発		
が	出	来	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

# 令和 年度 技術士第二次試験答案用紙

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

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	設計工学

●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。

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。

<b>1. 軽量化と調査検討</b>																								
軽量化する製品として、型締装置のトグルリンク（以下 TL）をあげる。TLは、リンクとリンクが一直線上になる事で昇圧力を加え、リンクが伸曲する事で金型を開閉することができる。																								
軽量化の目的は、機械稼働時の消費エネルギーを削減させる事である。採用した方法は、鉄鋼材料の削り出しの軽量化から砂型を用いた FCD450 の鋳物の鋳造方式である。中子を用いて鋳抜きを行うことで、TLの軽量化が図れる。																								
<b>1) 振動の調査・検討について</b>																								
① 振動が発生する工程を調べる：どの工程が最も振動が多いか調査する。																								
② TLの軽量化の形状寸法の調査：製造時のバラツキを含め、図面寸法通りいできているか調査する。																								
③ 振動を抑制する形状寸法の検討：②の製造時のバラツキが発生しても振動が発生しない形状最適化を図る。																								
<b>2) 振動が発生した要因の列挙</b>																								
① TLの伸曲変化によるたわみ量が増えた。																								
② 周波数が同じになり共振が発生した。																								
③ 図面通りに寸法形状が製造できていない。																								
<b>2. 対策手順と留意工夫</b>																								
最も重要と考える要因は、① TLの伸曲変化によるたわみ量が増えた要因をあげる。対策手順は、① QFD																								



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 我が国では，少子高齢化により労働者人口の減少に歯止めが掛からず，あらゆる産業において人手不足が懸念されている。一方，働き方改革を推進するためには1人当たりの生産性を高める動きが必要であり，DX（Digital Transformation）に代表されるデジタル化が進むことで，様々な作業の自動化，自律化につながることを期待される。既に遠隔操縦できる装置や，操作支援機能を有する設備，無人の生産ライン工場，等が存在するが，今後は人が働く様々な現場において生産性向上を図るうえで，人と一緒に作業を行う協働ロボットの開発が重要となる。

- （1）あなたは協働ロボットの設計者として，まず，使用する場所と目的を具体的に想定して説明せよ。次に，協働ロボットとしての制約条件を考慮して，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（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，これを最も重要とした理由を述べよ。また，その課題に対する複数の解決策を設計者の立場から示せ。
- （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。

## 協働ロボット

### (1) 使用場所、目的、多面的な観点

・使用場所：工場等の製造ラインとする。協働ロボットは、駆動を AGV が行い、AGV の上に設置されたマニピュレータによって、製造ラインにある製品の切削・研磨を自動で実施する、全長 2 m の協働ロボットを想定する。

#### ・目的：

省人化：労働人口減少に伴う労働力の減少に備えて、作業の自動化を行うことを目的とする。

品質確保：熟練技術者の退職に伴う品質低下に備えて、ロボット作業による製品品質担保を目的とする。

#### ・多面的な観点

##### 課題①：安全性の確保(安全性の観点)

協働ロボットは作業員と同環境での作業となるため、作業員の安全確保が課題である。作業員や障害物を検知する赤外線センサやカメラ、異常時に即時停止可能となる非常停止スイッチをロボットに設置し、衝突防止を図ることが重要である。

##### 課題②：作業性の確保(作業性の観点)

協働ロボットは作業員と同じ時間稼働するため、作業性の確保が課題である。当該稼働時間は、充電なしでも各種機能を使用できるだけの電力消費を考慮したバッテリーの選定や、充電が切れてもデータ保持ができるようバックアップ電源を備えておくことが重要である。

##### 課題③：作業品質の確保(品質の観点)

協働ロボットは熟練作業員と同等以上の作業品質を確保することが課題である。AI による画像処理や、AGV の位置制御を行い、作業品質を確保することが重要である。

### (2) 最重要課題と解決策

・最重要課題：「課題③：作業品質の確保(品質の観点)」

・理由：協働ロボットの導入は、熟練作業員の代替として作業することが目的であるが、作業品質が十分に担保されていることが代替の前提であるため。

#### 解決策①：AI による画像処理

マニピュレータ先端に配置したカメラで作業箇所を撮影し、AI を活用した画像処理技術で分析することで、ロボットの作業位置の微修正や、必要な切削量・研磨量の算出と適切なアタッチメント選定を行い、作業を行う。仕上がり状態を撮影し、限度基準と照合し、良否判定を行うシステムを構築する。これにより、高品質な作業が可能となる。

#### 解決策②：AGV による柔軟な位置制御

品質確保のためには、協働ロボットの正確かつ柔軟な位置制御が必要となるが、AGV の位置制御として二次元コードや磁気誘導方式を行う場合、既定のルートのみ移動可能となり、多様な作業動線に柔軟に対応できない。そのため、SLAM 誘導方式を採用し、周囲状況を AGV 内でマッピングし、必要に応じて柔軟なルート設定を可能にする。これにより、多様な作業に対応できることで、高品質な作業が可能となる。

### (3) 新たな課題と対策

#### 課題：ドメインシフト

AI を用いたシステムにおいては、学習データと現実のデータとの経年による差異（ドメインシフト）がリスクである。ドメインシフトとは、学習直後は問題なく判断できていても、ロボットの経年劣化とともにデータの傾向が変化してしまい、AI が正しい判断が行えなくなることである。

#### 対策

AI の再学習が挙げられるが、再学習はコスト増となる。そのため、画像処理段階で HSV 処理やエッジ検出を施し、より異常箇所が検出されやすい画像に加工した上でアノテーションを行い再学習頻度を減らす対策や、複数台の同作業ロボットを同時期に一括して再学習することで、スケールメリットによるコストダウンを図る対策が有効である。

以上

### Ⅲ - 1

#### (1) - 1 協働ロボットを使用する場所及び目的

想定する協働ロボットは、人材不足の解消案として製造工場内に使用する圧力容器の法規適用の溶接部に使用する溶接ロボットを想定する。

#### (1) - 2 協働ロボットを使用するための課題

##### (1) - 2 a) 技術伝承の観点

圧力容器の法規対応部の溶接は、ベテラン技術者の経験からなる高度な技術や感覚が必要とされることから、これらを正確に再現できる方策が必要となる。

##### (1) - 2 b) 故障に対する信頼性の観点

協働ロボが故障した場合には、代わりに作業できる技術者が限られることから、制作工程への影響が非常に大きい。そのためフォールトアポインダンス設計を採用した故障に強い構造、予備機の設置の他、24時間故障に対応できるメンテナンスシステムの検討を行わなければならない。

##### (1) - 2 c) 法規認証に対する観点

ロボット溶接を法規対応部の溶接に活用するためには、それを認証する制度及び機関が必要である。それらの整備を行い、検査方法や採用基準などを定め溶接ロボットでの法規部溶接を一般化する取り組みが必要と考える。

#### (2) - 1 最も重要な課題とその理由

最も重要な課題としては、(1)－2a)技術伝承の観点  
をあげる。理由は本業務だけに限らず、日本の製造業  
は人員不足による技術伝承の遅れや流出の問題を抱えて  
おり、グローバル競争に勝ち抜くためにはこの問題の解  
消は必須と考えるからである。

## (2)－2 課題に関する解決策

### (2)－2a センサー／モニターによる技術伝承

ベテラン技術者及び溶接機器にセンサーやモニターを  
つけることで、ベテラン技術者の微妙な力加減や肉盛り  
加減、入熱量、シールドガス量などを数値化しデータベ  
ース化する。そのデータをシステムに入力することで溶  
接ロボットでの作業再現性を実現できるように検討を進  
めていく流れを構築する。

### (2)－2b マニュアルの作成

2aとは別に、ベテラン技術者の所作、手順を文章化し  
ベテラン技術者の暗黙知をマニュアルとして書面に残し  
ておく。

このマニュアルは、2aで得た数値化以外の初期設定  
や、微調整を行う際の検討材料として使用する。また、  
2aで得たデータベースと合わせることで、若手技術者  
への技術伝承に対する資料としても有効であると考え  
る。

## (3)－1 新たに生じるリスク

新たに生じるリスクとしては、自工場に経験のない法規変更を含めた新技術の導入時のインプット対応を挙げる。システムへ入力するデータの基となる技術者がいない溶接要領の導入の必要が生じた場合の対策検討が必要となる。

### ( 3 ) - 2 新たに生じるリスクに対する対策

#### ( 3 ) - 2 a オープンイノベーションの活用

オープンイノベーションを活用し、他社と共同し、お互いに新技術導入に必要なインプット情報を入手できる関係を構築していく。

#### ( 3 ) - 2 アップデートサービスの構築

溶接ロボット開発先または認証期間が中心となり、ロボットの使用工場のインプット内容を専用クラウドを構築し管理することで、必要な技術が容易に検索／ダウンロードできるサービスを構築する。

また、Windowsの自動更新と同様な形で、法規の変更が発生した時などは自動で通知／更新できるようなサービスを構築すれば、新たに生じるリスクは解決できると考える。

受験番号	
問題番号	Ⅲ-1
答案使用枚数	1 枚目 3 枚中

技術部門 機械部門
選択科目： 機械設計
専門とする事項： 食品設備設計

		工場での協働ロボットの設計について
(1)	使用場所、目的、観点	および課題
1)	使用場所：	工場のサンプリング、測定部
2)	目的：	現在の1チーム4人の3交代制から、1チーム2人へと省人化を図る。
3)	課題①：	低価格な協働ロボットの設計
	協働ロボットは産業用ロボットと比較して、安全柵が	必要ない為普及が広がっている。
	しかし、価格の面では未だ高額であり、これにより	普及の妨げになっている問題がある。
	よって価格の観点から低価格な協働ロボットの設計	が課題である。
4)	課題②：	安全な協働ロボットの設計
	協働ロボットは産業用ロボットと比較して動力が小	さく、危険が少ない機会である。
	しかし今後普及が進むにつれて人との接点が増える	と、更なる安全性向上が必要という問題がある。
	よって安全の観点から、安全な協働ロボットの設計	が課題である。
5)	課題③：	軽量な協働ロボットの設計
	協働ロボットは小型であるので狭い場所でも使用で	き、多様な所で使用可能である。
	しかし一度据え付けると動かすのが難しく、プロセ	ス変更の際に移動できない問題点がある。
	よって使用の観点から、軽量な協働ロボットの設計	





Ⅲ－２ 企業のグローバル化進展により、サプライチェーンは益々高度化・複雑化して来ており、パンデミック・自然災害や、政治的・軍事的・社会的緊張の高まりによる地政学的リスクから来る問題の回避のため、企業のレジリエンス能力も求められている。

一方で、エンドユーザーの価値観多様化やデジタル化の加速により、コスト効果ある大量生産の生産性を維持しながら顧客のニーズに合わせた製品を生産するマスカスタマイゼーションの進展、製品ライフサイクルの短縮化、少子高齢化による人手不足の深刻化など、製造業における対応の必要性は多岐にわたっている。

このような状況において、分散型製造、BTO (Build to Order)、部品のモジュール化・プラットフォーム化やJIT (Just in Time) などの従来の設計・生産方式は進められているが、部材調達から販売・保守に至るまでのサプライチェーンや工場の設計・生産現場における、デジタル技術を駆使したうえでの、より一層の柔軟性や効率性のある全体プロセス最適化対応が急務となっている。

- (1) 担当する機械製品や製造ラインを具体的に示し、技術者の立場で、デジタル技術やデータを駆使した、より一層の柔軟性や効率性のある全体プロセス最適化を構築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うえで、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、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) 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	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	設計工学

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. 全体プロセス最適化を構築する為の課題																								
担当する製造ラインとして、車に装備するヘッドアップディスプレイ（以下HD）の外枠の製造ラインをあげる。HDの製造ラインは、チクソーモールドを行うマグネシウム射出成形機（以下MG射出機）で射出した後、マシニングで穴加工を行い、ピーチショットでバリ取りを行い、手仕上げ、素材検査、エッチング、塗装を経て出荷するラインである。以下に課題を示す。																								
（1）不具合が分かるデジタル化の構築（情報の観点）																								
製造ラインに設置の機械を稼働し続けることで、機械に不具合が生じ製造不良が発生することが起こる。例えば、MG射出機で成形したHDの外枠をエジェクタピン（以下ピン）で繰り返し突き出すことで材料に疲れが蓄積してピン折れが発生する。ピン折れが発生する事で、溶融したマグネシウムが余分に回る事で成形品の肉厚が不均一になり、資源ゴミが増えることが起こる。その為、不具合が事前に把握できる仕組みが必要である。情報の観点より、不具合が分かるデジタル化の構築が課題である。																								
（2）AI技術を用いた良否判定システム（品質の観点）																								
現状のHDの外枠の検査方法は、人による目視検査を採用している。目視検査による良否判定を行っている為、検査員の経験値に依存する事で品質にばらつきが発生しやすい。その為、目視確認で見逃した不良品が次工程に流れることが起こる。検査の品質の安定化																								

●答案用紙の解答欄の枠内に記載した解答のみ採点対象とします。

24字×25字

○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。

を 図 る 為 に は A I 技 術 を 用 い た 検 査 シ ス テ ム の 採 用 が  
重 要 で あ る 。 品 質 の 観 点 よ り A I 技 術 を 用 い た 良 否 判  
定 シ ス テ ム が 課 題 で あ る 。

(3) 製造ラインの流れの可視化 (仕掛在庫の観点)

各 製 造 工 程 で 製 造 し た モ ノ が 、 い つ 、 ど こ に ど れ だ  
け 次 工 程 に 搬 送 さ れ た か タ イ ム リ ー に 把 握 で き ず 、 仕  
掛 在 庫 が 適 切 に 次 工 程 に 流 れ な い 問 題 が 発 生 す る 。 こ  
れ に よ り 、 納 期 通 り に モ ノ が 流 れ な い こ と が 起 こ る 。  
仕 掛 在 庫 の 観 点 よ り 、 製 造 ラ イ ン の 流 れ の 可 視 化 が 課  
題 で あ る 。

2. 重要な課題と解決策

最 も 重 要 な 課 題 と し て 、 ① 不 具 合 が 分 か る デ ジ タ ル  
化 の 構 築 ( 情 報 ) を あ げ る 。 全 体 最 適 化 を 図 る 為 に は 、  
不 具 合 事 象 を 明 確 に し て デ ジ タ ル 技 術 へ 落 と し 込 む こ  
と が 必 要 だ か ら で あ る 。 解 決 策 を 示 す 。

(1) 不具合事象の作り込み

デ ジ タ ル 化 を 行 う た め に 、 故 障 の メ カ ニ ズ ム を 整 理  
す る 。 具 体 的 に は 、 具 体 的 に は 、 品 質 機 能 展 開 シ ー ト  
を 用 い て 、 機 械 の 稼 動 メ カ ニ ズ ム を 主 語 と 動 詞 を 対 に  
し て 整 理 す る 。 フ ェ イ ラ ー モ ー ド に 置 き 換 え る 。 こ れ  
を E T A に あ て は め て 初 期 故 障 状 態 か ら 最 終 故 障 状 態 に  
至 る メ カ ニ ズ ム を 整 理 す る 。

(2) CAEによるセンシングの決定

セ ン シ ン グ す る 箇 所 を 決 定 す る 。 具 体 的 に は 、  
3 D C A D で 故 障 前 と 故 障 後 の モ デ ル を 作 成 し て C A E の モ

○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。

一 シ ョ ン モ ー ド で 故 障 前 後 の 挙 動 の 違 い を 分 析 す る 。  
 故 障 前 後 で 挙 動 変 化 し た 箇 所 を ポ イ ン タ ー と し て 決 定  
 す る 。 C A E の 解 析 結 果 を 基 に セ ン シ ン グ の 閾 値 ま で 決  
 定 す る 。

**(3) 妥 当 性 確 認**

セ ン シ ン グ が 正 し く で き て い る か 、 妥 当 性 確 認 す る 。  
 具 体 的 に は 、 機 械 の 該 当 す る 要 素 を リ グ 装 置 に セ ッ ト  
 し て セ ン サ を 取 付 け て セ ン シ ン グ を 行 い 、 耐 久 テ ス ト  
 を 介 し て 故 障 の メ カ ニ ズ ム を と ら え る こ と が で き る か  
 評 価 す る 。 問 題 な け れ ば 文 書 化 し て P D M に 登 録 す る 。

**3. 新 た に 生 じ る リ ス ク と 対 策**

セ ン サ を 取 付 け て セ ン シ ン グ を 行 う た め 、 セ ン サ の  
 寿 命 が 来 る こ と で 正 し く セ ン シ ン グ が で き な く な る 新  
 た な リ ス ク が 生 じ る 。

対 応 策 と し て 、 セ ン サ の 予 防 保 全 を 行 う 。 具 体 的 に  
 は 、 Q F D に セ ン サ の 寿 命 を 取 り 込 み 、 セ ン サ が 故 障 す  
 る 時 の 事 象 を E T A で 整 理 す る 。 機 械 稼 働 前 に セ ン サ が  
 正 し く 作 動 し て い る か チ ェ ッ ク す る 。 セ ン サ の 寿 命 時  
 期 が く る と セ ン サ を 交 換 す る 。

以 上

# 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 内圧を受ける円筒容器胴を設計する。容器胴の板厚の設定に安全率を用いる設計手法と目標信頼度に基づく信頼性設計手法を用いる場合を想定し，以下の3つについて述べよ。

- ① 2つの手法による設計方法の差異
- ② 2つの手法で定まる板厚の差異
- ③ 信頼性設計手法を用いる場合の留意点

Ⅱ-1-2 応力集中部を有する構造物に，完全片振り引張繰返し荷重を与えたときを考える。構造物の応力-ひずみ関係を，図1に示す引張圧縮ともに応力 $\sigma_y$ で降伏する弾完全塑性体として扱えるものとする。応力集中部も含めすべてが弾性範囲であるとき，応力集中部の応力振幅 $\sigma_a$ と平均応力 $\sigma_m$ は応力-ひずみ線図で図2のように表される。最大荷重時に公称応力は弾性範囲内であるが応力集中部が降伏点を超えるような繰返し荷重を与えたとき，応力集中部が局所的に塑性変形しても周辺の弾性変形部位に拘束され，繰返し応力の平均応力が変化する。応力集中部が塑性変形する場合に対して，応力振幅 $\sigma_a$ （塑性ひずみが生じる場合はひずみ振幅と縦弾性係数の積を応力振幅とする）の大きさと平均応力 $\sigma_m$ の関係を，応力-ひずみ関係の図を用いて説明せよ。

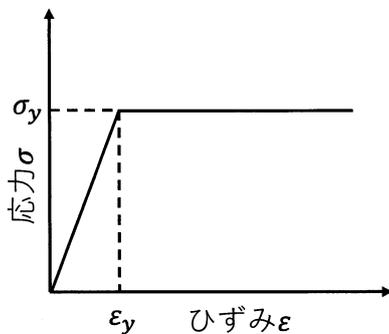


図1 弾完全塑性体の応力-ひずみ線図

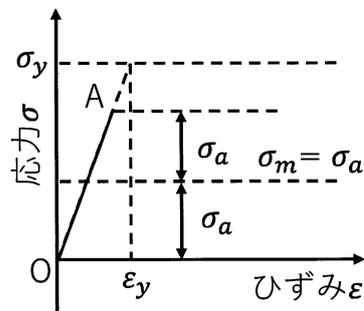


図2 弾性範囲の繰返し応力下での応力-ひずみ線図

Ⅱ－１－３ 高温環境下にある機器や部材においては、鉄鋼材料のクリープ破断寿命を予測するうえで、ラーソンミラーパラメータを用いる方法がよく知られている。ラーソンミラーパラメータを説明し、これを用いてクリープ破断寿命を予測する方法を説明せよ。また、ラーソンミラーパラメータを用いた寿命予測において留意すべき点を述べよ。

Ⅱ－１－４ 鉄系焼結金属（以下、焼結鋼）は他の一般金属材料とは異なった特有の性質をもっている。機械的性質に対しては、焼結鋼の焼結密度、添加元素、製造条件が影響を及ぼすと考えられている。それぞれの要因に対する機械的性質への影響について説明せよ。

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 高経年の機械設備において、重要部品に亀裂が生じて疲労損傷するという大規模な事故が発生した。当該設備のメンテナンス責任者として、原因究明と今後の対策を講じなければならない。次の設問に答えよ。

- (1) 亀裂の発生や進展を評価し、原因究明及び今後の対策に繋げるために調査・検討すべき事項を３つ示し、それらの内容について説明せよ。
- (2) 想定される原因を２つ挙げ、それぞれに対し緊急に取るべき対策とその際に留意すべき点、工夫すべき点を述べよ。
- (3) 上記の業務のそれぞれを効率的、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 振動負荷を受ける機器や設備では、溶接部を起点とする損傷が生じる場合が多い。溶接部は構造が不連続となることから母材と異なる強度設計が必要となる。強度設計の技術責任者の立場から以下の問いに答えよ。

- (1) 溶接構造部の強度設計に当たり、あらかじめ調査、検討すべき事項を３つ挙げ、その内容について説明せよ。
- (2) 上記（１）の調査、検討事項を踏まえた溶接構造部の設計業務の手順を示し、それぞれの項目ごとに留意すべき点、工夫すべき点を述べよ。
- (3) 強度設計の技術責任者として業務を効率的に、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。

## 選択II-2-1

### 問題：機器の疲労損傷対策

#### (1)調査・ 検討項目

##### 調査検討項目1

破面分析  
ミクログラフ観察・ストライエーション観察  
による、応力繰返し数・起点の特定

##### 調査検討項目2

設計・製造情報の調査  
材質・強度計算書・検査記録を入手。  
SN線図と運転履歴との比較。

##### 調査検討項目3

き裂進展の数理解析  
パリス則を用いた逆算による亀裂診  
断・点検周期の決定

#### (2)手順、 留意点・工夫点

想定原因：近傍の機器の振動

緊急対策：機器の運転を止める

留意点：多面的な観点から振動の要因を分析し要すれば内  
部点検や潤滑の改善を施す

想定原因：熱処理不具合による微小割れ

緊急対策：同じヒートナンバーの部品を含む機器の運転を止めて点  
検する

留意点：適正な非破壊試験を選択する

#### (3)関係者との 調整方針

現地運転担当と材料技術の専門家の連携のために対策会議を設ける。

要すれば営業・生産部門も巻き込み、早期に復旧したい部門との対立を防止すべくわかりやすく説明する。

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 巨大地震などの自然災害によってインフラ設備が破損し，生活に大きな影響が生じる場合が多い。生活における重要なインフラ設備の1つに水道設備が挙げられるが，水道管を従来から多用されているダクタイル鋳鉄管からポリエチレン管に交換することが地震対策として有効な手段の1つとされている。

この対策に関わる材料強度・信頼性評価の技術者の立場として，以下の問いに答えよ。

- (1) 水道管としてポリエチレン管を使用する際の課題を多面的な観点から3つ以上示し，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）で抽出した課題の中で，最も重要と考える課題をその理由とともに示し，遂行方策と解決策を複数示し，具体的に説明せよ。
- (3) 前問（2）で示した解決策を実行した場合の波及効果と残り得るリスクへの対策について専門技術を踏まえて示せ。

Ⅲ-2 従来から行われているネットワークケーブルや電力ケーブル海底敷設に加え，海底鉱床やメタンハイドレートなどの海洋資源の活用や海底下CCS（Carbon dioxide Capture and Storage：二酸化炭素回収・貯蔵）などで，深海中で機械製品を使用することが検討されている。水深800m以上の海中や海底で使われる機械製品を想定し，製品開発を進める材料強度・信頼性評価の技術者の立場として，以下の問いに答えよ。

- (1) 水深800m以上の海中や海底で使われる機械として製品開発を進めるものを1つ取り挙げ，技術者としての立場で多面的な観点から課題を3つ抽出し，分析せよ。
- (2) 前問（1）で抽出した課題の中で，材料強度・信頼性の観点で最も重要と考える課題をその理由とともに示し，遂行方策を含む解決策を複数示し，具体的に説明せよ。
- (3) 前問（2）で抽出した課題に示した解決策を実行しても想定され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。

## 選択III-2

問題：海底で使われる機械製品について  
CCS設備に用いられる海底パイプラインを想定

### (1) 課題

観点：構造設計  
課題：外圧に耐える耐圧性能  
80MPaの外圧 材料選定・強度解析

観点：材料  
課題：海水の腐食性対策  
塩化物イオンによるステンレス鋼への  
腐食性 建設地や温度によって変わる  
腐食性に適合した材料選定

観点：保守  
課題：地上配管のように近傍からの保  
守・点検ができない。→先進技術を用  
いた長期保守要領の確立

最重要課題：長期保守要領の確立  
理由：強靱なインフラ構築という点で信頼性技術の貢献が大きいから。

### (2) 解決策

解決策1  
管内を自動走査し目視検査・超音波探  
傷検査を行うロボット技術の導入

解決策2  
計器類の二重設置（フォールトトレラ  
ンスの手法）  
万一の時にもパイプラインの運転状態  
の監視を継続できるようにする。

解決策3  
一定スパンでの区画弁の設置  
部分的な交換を可能とする。バルブは  
遠隔できるよう電動駆動とする。

### (3) 波及効果 リスク

リスク(懸念事項)：  
①コストの想定外の上昇  
FMEAを用いてリスク量の大きい部位・系統・部品を優先的に対処することで必要な費用対効果に抑える  
②遠隔検査の精度  
打音検査や超音波検査への海底の音響の影響。ノイズフィルタを用いたノイズ除去を行う。

# 問 題 文

(選択科目)

～01-3 機構ダイナミクス・制御～

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 機械システムでは様々な振動が生じ，システムの不具合の原因となる。機械システムの振動の1つに自励振動がある。機械システムでの自励振動の具体例を挙げ，特徴及び対策例を技術的に説明せよ。

Ⅱ-1-2 振動センサから出力されるアナログ信号は，デジタル計測器に取り込まれ，周波数分析や波形観察などの用途に供される。デジタル計測器では，取り込んだ振動センサの信号がAD変換器でサンプリングされ，連続時間領域のアナログ信号から離散時間領域のデジタル信号に変換される。AD変換器のサンプリング周波数の設定についてデジタル計測器の用途と対応させて説明せよ。

Ⅱ-1-3 2次遅れ系の概要とそのステップ応答の特徴を述べよ。また，3次以上の高次遅れ系は2次遅れ系に概ね近似が可能とされるが，その方法について述べよ。

Ⅱ-1-4 直流モータを構成する部品とその動作原理について述べよ。また，発生するトルクと回転数及び端子電圧の関係について述べよ。

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 あなたの工場の生産工程に対して，機械学習を用いた品質管理システムの導入を検討することとなった。システムの導入に当たっては，機械学習の長所と短所を十分に考慮する必要がある。あなたがこの導入業務の責任者に選ばれた場合を想定して，下記の内容について記述せよ。

- (1) 具体的な生産工程を想定し，機械学習を用いた品質管理システムを導入する際に，主として調査，検討すべき事項を列記するとともに，その必要性及び内容を説明せよ。
- (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) 効率的，効果的な業務遂行のために調査が必要となる関係者を列記し，それぞれの関係者との連携・調整について述べよ。

Ⅱ－２－２ 機械設備を有する施設（工場など）を新設するに当たり，既存の同様の施設と比べてより高い耐震性を確保することになった。その一環として，地震の揺れによる機械設備の破損を防止する対策を強化する。あなたが本対策の担当責任者として業務を進めるに当たり，下記の内容について記述せよ。

- (1) 対象となる機械設備を１つ具体的に挙げ，耐震，制震，免震（除振）のいずれかの観点から対策方針を技術的に説明せよ。
- (2) 機構ダイナミクス・制御分野の技術者として留意すべき点，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) 本対策に関する内外の関係者を列挙し，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。

1-3 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 近年，SDGs（17の持続可能な開発目標）の取組や，インターネット環境の高速・大容量化の他，コロナ禍を経てライフ・ワークスタイルの変革など，外部環境が急速に変化するのに伴い，工業製品に求められる価値の多様化や製品寿命の短縮化が加速している。このように多様化する顧客のニーズに合った商品をタイムリーに開発・提供するため，ハードウェアの開発現場では従来の「ウォーターフォール開発」に対して，システムやソフトウェアの開発手法であった「アジャイル開発」が注目されている。このような状況を踏まえて，機構ダイナミクス・制御分野の機械技術者として以下の問いに答えよ。

- (1) 「ウォーターフォール開発」と「アジャイル開発」それぞれの特徴を述べよ。また，ハードウェアを有する新規製品を1つ想定し，その製品を開発するプロジェクトリーダーの立場で，開発プロセスにはじめて「アジャイル開発」を導入する際の課題について，技術者として「企画」「設計」「試作（プロトタイピング）」「価値検証」「組織運営」若しくはそれと同等の粒度の観点から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，それが重要と考える理由とそれを解決するための解決策を，専門技術・手法を用いて3つ示せ。
- (3) 前問（2）で提示したすべての解決策を実行したうえで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。

Ⅲ－２ eコマースの増加と物流分野における人手不足，人口減少や少子高齢化を背景とした買い物弱者などへの問題解決のためにロボットデリバリーに対する期待は高まっている。このような背景のもと，宅配事業者が，歩道を走行可能な自動配送ロボットと，離れた場所にいるオペレーターによって監視かつ遠隔操作するシステムを導入することにより，利便性を向上させた宅配サービスを始めることとなった。この宅配用の自動配送ロボットの開発を推進する技術者として以下の問いに答えよ。

- (1) 宅配用の自動配送ロボットを開発するうえでの課題を，技術者とし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，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，これを最も重要とした理由を述べよ。その課題に対する複数の解決策を，専門用語・手法を用いて示せ。
- (3) 前問(2)で示した解決策に関連して新たに浮かび上がってくる将来的な懸念事項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。

# 問 題 文

(選択科目)

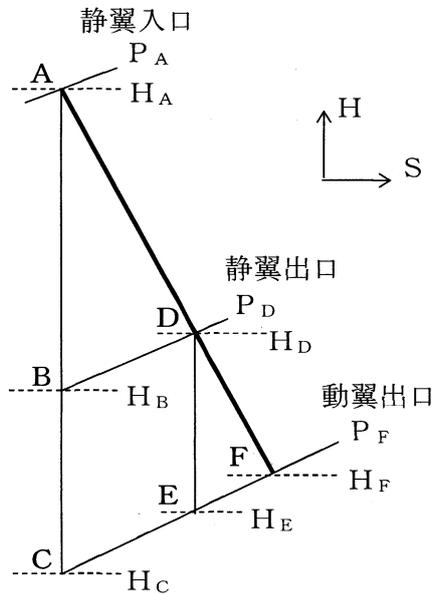
～01-4 熱・動力エネルギー機器～

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 タービンには衝動型と反動型が存在する。その反動度（ $R_x$ ）の定義を，下に示すタービン一段に関するエンタルピー（ $H$ ）－エントロピー（ $S$ ）線図を用いて示せ。さらに，両型式のタービンの相違点を複数挙げ，その長所・短所について説明せよ。



図中， $P$ は圧力を示す。  
 添字A～Fは図中各点における状態値を示す。  
 （Aが静翼入口，Dが静翼出口，Fが動翼出口）

図 タービン一段における状態変化

Ⅱ－１－２ 液体を燃料とする熱・動力エネルギー機器における燃焼方式を1つ挙げて、燃料と燃焼空気の混合方法と、燃焼効率の向上及び燃焼過程における大気汚染物質の生成を抑制する方法について説明せよ。

Ⅱ－１－３ 周囲環境を熱源として動作し、水を加熱する亜臨界ヒートポンプサイクルの温度（T）－エントロピー（S）線図を、作動流体の飽和液線及び飽和蒸気線を含めて、答案用紙の右上10字×10行の枠内に描画せよ。さらに、凝縮器設計での注意点を、下記キーワードをすべて用いて説明せよ。

キーワード：端末温度差，対数平均温度差，ピンチポイント，サブクール液，過熱蒸気，並流，向流，凝縮圧力

Ⅱ－１－４ 強制対流における熱伝達係数を求めるための一般的な整理式を3つの無次元数で表し、すべての無次元数の定義式を説明せよ。さらに、水と空気の強制対流熱伝達における境界層に着目した相違点を、上記の無次元数を用いて述べよ。

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 エネルギーインフラを担う発電設備では，設備経年劣化，少子高齢化による人材不足，技術・技能伝承力の低下の課題に直面しており，経済産業省により保安のスマート化が推進されている。例えば，機器の追加設置によって，常時監視や遠隔監視による現場作業の合理化，得られた状態値に基づく判断精度の向上などにより，保安力や生産性を向上させることが求められている。あなたは，発電設備の保守運営を担う技術責任者として，保安のスマート化を進めることになった。下記の内容について記述せよ。

- (1) 対象とする発電設備を１つ選択し，この取組に対し，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。

Ⅱ－２－２ 家庭用圧縮式ヒートポンプエアコン量産品の社内抜取性能調査において，アルミニウムフィン及び内面溝付銅管で構成されるクロスフィンチューブ型熱交換器単体の能力不足が確認され，熱交換器製造工程を見直すことになった。あなたがこの原因調査及び対策立案の責任者に任命されたとして，下記の内容について記述せよ。

- (1) 熱交換器単体の能力不足に関する原因調査において，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 上記の原因への対策を１つ取り挙げて，この業務を進めるために必要な手順を示し，責任者としてどのようにマネジメントを行うか，留意点を含めて述べよ。
- (3) 効率的，効果的な業務遂行のために調整が必要となる関係者を列挙し，それぞれの関係者との連携・調整について述べよ。

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 2050年のカーボンニュートラル達成のためには，太陽光発電や風力発電など，変動性再生可能エネルギーの大量導入が不可欠となる。一方で，変動性再生可能エネルギーの大量導入とともに増加する出力抑制への対策として，電力貯蔵技術の導入も不可欠となる。技術的成熟度の高い機械的な電力貯蔵技術としては揚水発電，フライホイール，圧縮空気エネルギー貯蔵（CAES）が代表的である。

- (1) 上記の機械的な電力貯蔵技術から1つ選択し，技術者としての立場で多面的な観点から3つの課題を抽出して，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に関連して新たに生じうるリスクや懸念事項と，それに対する対策について，専門技術を踏まえた考えを示せ。

Ⅲ-2 事務所として使用している築30年の自社ビル（延床面積：約5000m<sup>2</sup>）のZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビルディング）化を目指し，建物の改修，エネルギー機器の更新によって大幅な省エネルギーを進めることになった。この実施に際して，熱・動力エネルギー分野の技術者として，以下の問いに答えよ。

- (1) このビルの省エネルギー化に対してエネルギー管理の立場から留意すべき事項を述べ，多面的な観点から実施における課題を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（1）で抽出した課題のうち，熱管理の立場で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 十分発達した平板乱流境界層は，壁から垂直な方向にいくつかの層から構成されている。これらの層のうち壁から順に3つの層について，その名称と特徴を説明せよ。ただし，変動強度との関係，粘性応力に言及すること。

Ⅱ-1-2 流れ場を計測する技術として多孔プローブがある。その測定原理と特徴，使用上の注意点について説明せよ。

Ⅱ-1-3 数値流体解析で扱う支配方程式の種類を列記して，それぞれについて簡潔に説明せよ。なお，解析格子の各セルで保存されるべき物理量についても説明すること。

Ⅱ-1-4 流体機械の性能を検討するときには，要因や性質の異なる複数の種類の損失を考える必要がある。それらの損失について，各々の特性を簡潔に説明せよ。

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 従来先行機よりも低コスト，高性能であり，かつ，同等以上の信頼性を有する後継機の開発を，従来の70%以下と言う極めて厳しい開発期間で完了させるプロジェクトが社内で立ち上がり，あなたはその担当責任者を務めることとなった。あなたの経験に基づき，下記の内容について説明せよ。ただし，使用できるリソースや開発費用は従来と比較して同等以下とする。

- (1) 対象とする流体機器を挙げ，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 流体機械の上下流には様々な流体機器が接続されている。例えば，レシプロエンジンの下流には，エキゾースト・マニホールド，脱硝装置，消音器などが接続されている。今回，あなたは，ある流体機械の下流側に接続される複数の流体関連機器の総括責任者として，各機器間の取り纏めを行なうことになった。下記の内容について説明せよ。

- (1) 対象とする流体機械，及び，その下流の複数の流体関連機器について簡潔に説明し，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		技術部門 機械部門
問題番号	II-2-1	選択科目：流体機器
答案使用枚数	1枚目      2枚中	専門とする事項：鉄道の熱空気流動

1:	<u>対象とする流体機器と調査・検討事項</u>	
	対象とする流体機器として、豪雪地帯において鉄道の分岐部の不転換対策で用いるエアジェットを挙げる。エアジェットが設置される箇所付近に住宅等がある場合、従前の仕様からの低騒音化が必須となる。開発期間を従来の70%に抑えるため、コンカレントエンジンリングに基づいて事業を進める。また、試験の一部を数値解析(CFD)にて代替すること、事業の低コスト化を図る。本事業の調査・検討事項は、騒音低減効果の高いエアジェット構造である。	
	<u>2 業務手順</u>	
1	エアジェットの開発に必要な金額を積算する。同時に、CFDの実施や、機器の設計、性能評価に必要な人的リソースを算出する。CFDおよび設計、評価が平行して実施できるよう、情報共有に工夫する。	
2	応答局面法や遺伝的アルゴリズム等の最適化手法を用いて、騒音低減効果の高いエアジェット形状を数パターン提案する。	
3	提案した数パターンのエアジェット形状でCFDを実施する。まず、定常解析を行うことで、騒音低減効果の高いエアジェット構造を、3パターン程度まで選定する。計算結果は初期条件や計算格子に強く影響を受けるため、複数の計算格子で計算結果が収束していることを確認すること、に留意する。	
4	3のCFDで最も騒音低減効果の高かった上位3パ	



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 流体機器のための様々な流体解析ツールが実用化されており，ごく近い将来には人工知能による流体解析が実用化されると予想される。しかし，例えば数値シミュレーションにおいては計算設定によっては実際とは異なる結果が得られることがある。また人工知能も誤った結論を出す可能性がある。あなたは，自社製品の流体機器の開発担当責任者として，流体解析ツールの信頼性を検証することになった。こ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) 対象となる流体機器を1つ挙げ，その設計を支援するツールの信頼性を確認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。

Ⅲ-2 運転を続けながら機器の状態を診断する技術を用いた状態基準保全（CBM：Condition Based Maintenance）を，年次又は数年間隔の定期保全（TBM：Time Based Maintenance）に代えて，種々のプラントや製造工場の機器に導入することによる稼働率向上や保全コスト低減が期待されている。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) 対象となる流体機器を1つ挙げ，TBMに代えてCBMを導入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-2	選択科目：流体機器
答案使用枚数	1枚目      2枚中	専門とする事項：鉄道に関する流体工学

1-1	<u>対象とする</u>	<u>流体機器</u>																	
	対象とする	流体機器として、	鉄道トンネル内の分岐部（枝坑）に設置するポンプを挙げる。山岳トンネルや海底トンネルでは、トンネル内に大量の湧水が発生する場合があります。そのようなトンネルでは、ポンプにより坑外へ湧水を排出している。現状、ポンプのメンテナンスは坑内に作業員が立ち入って行っているが、ポンプに設置する流量計や圧力計をIoT化し、遠隔臨場によるモニタリングに代替する。しかし、これには以下のことが課題となる。																
1-2	<u>機器のIoT化に対する課題</u>																		
①	<u>トンネル内環境への適応</u>																		
	トンネル内は湿度が80%以上と高い。さらに、列車のトンネル突入時に発生する圧力波による変動荷重や、風荷重が機器に繰り返し作用する。IoT化した機器は精密機械であるため、これらの影響によって故障する可能性がある。したがって、トンネル内環境への適応に課題がある。																		
②	<u>通信面での課題</u>																		
	機器をIoT化し、リアルタイムモニタリングを行った場合、大容量のデータのやり取りが必要となる。しかし、トンネルのように外界から隔離された環境においておいては、電波の接続状況が悪くなることが想定される。したがって、データの通信面において課題がある。																		

## 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-2	選択科目：流体機器
答案使用枚数	1枚目      2枚中	専門とする事項：鉄道に関する流体工学

③	<u>：セキュリティ面での課題</u>
	機器をIoT化した場合、機器の動作状況や計測データ等がネットワーク上に接続される。この場合、機器への不正アクセスやサイバー攻撃のリスクが生じる。したがって、ネットワークセキュリティ面での課題がある。
2-1	<u>最重要課題とその選定理由</u>
	トンネル内環境への適応は、他課題と比べて、事業を成立する上での前提条件となる。したがって、本論文では課題①を最重要課題として選定する。
	<u>課題①に対する解決策</u>
	<u>解決策①：防護箱の利用</u>
	IoT化した精密機器を防護箱の中に入れることが有効である。これにより、高湿度環境や、圧力波や風荷重等の変動荷重から、機器を保護することが可能となる。
	<u>解決策②：計測機の2重化</u>
	ポンプに対して、流量計や圧力計等の計測器を複数設置することも有効である。これにより、一方の計測器が故障した場合においても、もう一方の計測器でモニタリングを継続することが可能となる。
	<u>解決策③：AIによるモニタリング</u>
	計測機器によって得られたモニタリング波形を学習データとして蓄積し、ディープラーニング等のAI技術によって管理させる。これにより、通常と異なる動

●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 模擬答案用紙

受験番号		技術部門 機械部門
問題番号	Ⅲ-2	選択科目：流体機器
答案使用枚数	1枚目      2枚中	専門とする事項：鉄道に関する流体工学

作	を	し	た	場	合	に	警	報	を	発	す	る	シ	ス	テ	ム	を	構	築	し	て	お	け		
ば	、	大	き	な	故	障	を	未	然	に	防	ぐ	こ	と	が	で	き	る	。	こ	れ	に	よ		
り	、	機	器	の	平	均	故	障	間	隔	(	M	T	B	F	)	を	長	く	さ	せ	る	こ	と	が
期	待	で	き	る	。																				
<u>3-1 解決策をすべて実行した上で生じるリスク</u>																									
	上	記	の	対	策	を	す	べ	て	実	行	し	た	と	し	て	も	、	列	車	が	高	速		
化	し	た	場	合	に	は	対	応	が	難	し	い	。	列	車	が	高	速	化	す	る	と	、		
ト	ン	ネ	ル	内	に	発	生	す	る	圧	力	波	の	変	動	量	が	大	き	く	な	る	。		
圧	力	波	の	変	動	量	が	大	き	く	な	る	と	、	ト	ン	ネ	ル	内	伝	播	過	程		
で	高	周	波	成	分	が	重	畳	し	、	衝	撃	波	へ	と	遷	移	す	る	可	能	性	が		
あ	る	。	こ	の	衝	撃	波	が	ポ	ン	プ	を	設	置	し	た	枝	坑	内	で	多	重	反		
射	し	た	場	合	、	共	振	や	電	圧	変	動	が	発	生	し	、	計	測	機	器	や	ポ		
ン	プ	が	故	障	し	て	し	ま	う	リ	ス	ク	が	あ	る	。	こ	れ	へ	の	対	策	と		
し	て	は	、	枝	坑	内	へ	の	ヘルムホルツ	共	鳴	器	を	設	置	、	ダン								
パ	や	動	吸	振	器	を	設	置	す	る	こ	と	に	よ	る	振	動	絶	縁	対	策	が	有		
効	で	あ	る	。																					
<u>3-2 波及効果</u>																									
	ポ	ン	プ	の	流	量	や	圧	力	の	リア	ル	タイ	ム	モ	ニ	タ	リ	ン	グ	技				
術	を	確	立	で	き	た	場	合	、	同	様	の	技	術	を	ト	ン	ネ	ル	内	火	災	検		
知	装	置	や	煙	検	知	装	置	の	モ	ニ	タ	リ	ン	グ	へ	と	水	平	展	開	で	き		
る	。	ト	ン	ネ	ル	内	火	災	発	生	時	に	は	、	モ	ニ	タ	リ	ン	グ	さ	れ	た		
デ	ー	タ	を	基	に	遠	隔	値	か	ら	車	掌	に	指	令	を	出	す	こ	と	に	よ	り	、	
乗	客	を	安	全	に	坑	外	へ	と	非	難	さ	せ	る	こ	と	が	可	能	と	な	る	。		
こ	れ	に	よ	り	、	高	速	鉄	道	の	安	全	性	向	上	に	つ	な	が	る	と	い	う		
波	及	効	果	を	生	む	。	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。

# 問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-6 加工・生産システム・産業機械～

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 旋削加工における加工条件を複数説明し，加工条件を設定するうえでの留意点を述べよ。

Ⅱ-1-2 工業製品として用いられるアルミニウム合金の鋳造について，代表的な鋳造方法を複数挙げ，それらの特徴について述べよ。

Ⅱ-1-3 協働ロボットとは，作業者と協力しながら働く人間協調型の産業用ロボットである。協働ロボットについて，主な特徴を複数説明し，工程へ導入する際の留意点について述べよ。

Ⅱ-1-4 デカップリング在庫について説明し，それを管理する方法について述べよ。

令和 6 年度技術士二次試験問題 [機械部門]

1. 機械部門【選択科目Ⅲ】

Ⅱ-1-3

<主な特徴>

- ・ 所定の負荷トルクで動作停止
- ・ 安全柵が不要
- ・ 省スペース化

<工程導入の留意点>

ガラスなど鋭利な物を扱う場合は、作業者との安全距離を確保できない場合はレーザーシールドを設置する安全対策が必要

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 歯車を用いた製品の出荷時検査において，歯車の噛み合いに起因する騒音レベルが基準より大きい不良品が多発するようになった。

歯車，及び，その加工工程を設定したうえで，生産技術者の立場として，騒音レベルが基準より大きくなった原因と対策について，下記の問いについて記述せよ。

- （１）主として調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- （２）業務を進めるための手順を列挙して，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。

Ⅱ－２－２ 生産工程の設計や運用の際に，エネルギー効率化を考慮することが益々重要になっている。製造のエネルギー効率化の評価方法の１つとして，「エネルギー原単位」の活用がある。あなたが「エネルギー原単位」の低減を目指す新規の製造ラインを検討する業務を担当する場合，下記の内容について記述せよ。

- （１）主として調査，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。

令和 6 年度技術士二次試験問題 [機械部門]

1. 機械部門【選択科目Ⅲ】

Ⅱ-2-2

<調査、検討すべき事項>

- ①削減項目の抽出
- ②品質への影響
- ③設備仕様の調査

<留意すべき点、工夫を要する点>

- ①現状のエネルギー原単位を分析して比率の大きい項目から優先して削減
- ②事前にテストして評価を実施
- ③3D モデルやシミュレーションによる検証を実施

<関係者との調整方策>

- ・ 製造部門
- ・ 品証
- ・ 調達部門

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 工業製品の生産におけるSDGsの取組の一環として，カーボンニュートラルを目指す飛躍的な金型寿命向上のための新しい技術開発が進んでいる。金型の設計，製作，利用，メンテナンスなど，各プロセスでの革新が必要である。金型を利用する工程を設定したうえで，その金型の寿命向上を任された生産技術者の立場で，以下の問いに答えよ。

- (1) 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，これを最も重要とした理由を述べよ。その課題に対する複数の解決案を，専門技術・手法を用いて示せ。
- (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。

Ⅲ-2 製品開発から量産に至るまでの総リードタイムを短縮させるために，コンカレントエンジニアリングの導入が，さまざまな製造業で試みられている。しかしながら，この総リードタイムの短縮に関して，コンカレントエンジニアリングが目指す理想通りに，必ずしも実現されているわけではない。理想に近づけるためには，これまで以上に新たな工夫が必要とされている。あなたがコンカレントエンジニアリングの革新を推進するプロジェクトリーダーの立場で，以下の問いに答えよ。

- (1) コンカレントエンジニアリングの課題を，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) 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，それを最も重要とした理由を述べよ。その課題に対する複数の解決策を，専門技術・手法を用いて示せ。
- (3) 前問（2）で示した解決策に関連して新たに浮かび上がってくる将来的な懸念事項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。

コンカレントエンジニアリングの革新的な推進方策												
(1)	課題3点											
①	3Dデジタルツインの導入				観点) 技術							
<p>DR、図面、仕様書のやりとりが依然として、2D図面であり、CEを進める際、理解しにくいケースが多い。そこで3D CAD、3Dデータを活用し、3Dデジタルツインを導入して開発、設計、生産、製造等、関係者がサイバー、フィジカル空間で容易に理解できる体制を整える必要がある。</p>												
②	コミュニケーション体制の改善				観点) 情報環境							
<p>CEでは一度会議を欠席してしまうと全体の進捗に引っついていけなくなる部門も出てくる。デジタルノートアプリに図面、仕様、議事録等を保管して、関係者がいつでもどこでも関連文書にアクセスできるように体制を整備する。</p>												
③	費用対効果明確化				観点) コスト, 経済性							
<p>CEを進めていると、投資した費用に対して、効果がでてくるか否か不透明になる場合がある。そこで費用対効果をマトリクス化する。さらに(1)②で述べたデジタルノートアプリに保存して視える化を図る。</p>												
↓ すべて埋めた												



(3) 将来的な懸念事項とその対策												
① サイバー攻撃のリスク												
サイバー空間の3Dデータは、会社資産であり、盗用されれば、会社倒産のリスクがある。3Dデータは、BCPの観点からも強固に守り抜く必要がある。												
対策) 3Dデータは暗号化して管理する。また、アクセス権限を厳格に行い、バックアップファイルを保存する。サイバー攻撃は、常に変化しているため、セキュリティ、IT部門ときん密に連携し、リスクコミュニケーションを行っていく。												
② デジタルジョイバイドの発生リスク												
DT導入により、デジタルデータを多く扱うようになる。デジタルデータに抵抗感の少ない若手技術者は、比較的早期に慣れるが、ベテラン社員は習得に時間を要する。												
対策) 定期的なDT教育機会を設け、いつでもどこでも学習できるようにeラーニングを整備する。また、若手社員をベテラン社員のメンターとし、SDGSの「誰ひとり残さない」教育体制を整える。												
③ DT技術のすい退												
主たるDT導入技術者が異動、退職すると円滑な運用が維持されず、機能不全を起す可能性がある。												
対策) 次世代のリーダ候補を運用組織に配属させ、維持・管理を継続して経験して貰うことで持続可能な運用体制を構築する。以上												

令和6年度技術士二次試験問題 [機械部門]

1. 機械部門【選択科目Ⅲ】

Ⅲ-2

<目的>

プロジェクトリーダーとして、ガラス生産ラインにおける開発から量産までのリードタイム短縮

<課題>

- ①レイアウトの最適化
- ②品質パラメータ
- ③サプライチェーン確保

<最重要課題>

- ①レイアウトの最適化

<課題解決策>

- ・3Dモデルを活用した生産及び作業動線の検討
- ・工程間搬送や仕掛在庫のシミュレーション実施

<新たに生じるリスク>

コストとマンパワーがかかる

<解決策>

優先順位付け

## 技術士 第二次試験 再現答案

受験番号	1 2 3 4 5 6 7 8 9	技術部門 機械部門
問題番号	Ⅲ-2_コンカレントエンジニアリング	選択科目 加工・生産システム・産業機械
答案使用枚数	枚目 枚中	専門とする事項

○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.	コンカレントエンジニアリング革新推進の課題		
1.	1 情報の共有化		
	コンカレントエンジニアリング（以下 GE）を推進する		
	ためには開発初期段階から複数の部門が相互に状況		
	を把握する必要がある。そのためには関連する情報が		
	明らかにになり、みんなが知るこゝとができる必要がある。		
	よって、状況把握の観点から、情報の共有化が課題で		
	ある。		
1.	2 意思決定のルール化		
	GEを行うこゝとで開発初期段階から多くの人が携わる		
	こゝととなる。検討・決定を行う場合も多くの意見が出		
	されるこゝととなり、利害が相反する場合もあり、この		
	ような時にだれがどのようにして決定するかを決めて		
	おく必要がある。よって、スムーズな意思決定の観点		
	から、意思決定のルール化が課題である。		
1.	3 リーダーの育成		
	プロジェクトやプログラムを立ち上げたときにはリ		
	ーダーを任命するこゝとがあるが、GEを行う場合は、リ		
	ーダーには複数の部門を横断的に取りまとめる能力が		
	求められる。よって、組織のとりまとめの観点から、		
	部門の垣根を越えて全体を取りまとめられるリーダー		
	の育成が課題である。		
2.	情報の共有化に向けた解決策		
	GEを推進していくには、関係者全員が状況を正しく		
	把握する必要がある、そのためには関連する情報を明		

## 技術士 第二次試験 再現答案

受験番号	1 2 3 4 5 6 7 8 9	技術部門 機械部門
問題番号	Ⅲ-2_コンカレントエンジニアリング	選択科目 加工・生産システム・産業機械
答案使用枚数	枚目 枚中	専門とする事項

○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。

ら	か	に	し	て	共	有	す	る	こ	と	が	重	要	で	あ	る	。	よ	っ	て	、	情	報		
の	共	有	化	を	最	も	重	要	な	課	題	と	し	、	そ	の	解	決	策	を	以	下	に		
述	べ	る	。																						
2.	1	工	程	の	見	え	る	化																	
	製	品	開	発	の	目	標	決	定	か	ら	量	産	化	に	至	る	ま	で	の	工	程	を		
可	視	化	し	関	係	者	が	状	況	を	把	握	で	き	る	よ	う	に	す	る	。	具	体		
的	に	は	製	品	の	仕	様	を	明	ら	か	に	し	た	後	、	作	業	分	解	構	成	図		
(	W	B	S	)	を	作	成	し	て	タ	ス	ク	を	漏	れ	な	く	洗	い	出	し	す	る	。	
次																									
に	ガ	ン	ト	チ	ャ	ー	ト	を	作	成	し	、	タ	ス	ク	間	の	関	連	性	や	ク	リ		
テ	ィ	カ	ル	パ	ス	等	を	明	確	化	す	る	。	こ	れ	に	よ	り	各	関	係	者	が		
行	程	の	状	況	を	把	握	で	き	、	ど	の	タ	イ	ミ	ン	グ	で	何	を	す	べ	き		
か	が	明	確	に	な	る	。																		
2.	2	情	報	の	管	理																			
	製	品	開	発	か	ら	量	産	化	す	る	過	程	に	お	け	る	情	報	を	一	元	管		
理	す	る	。	具	体	的	に	は	ク	ラ	ウ	ド	を	利	用	し	て	情	報	を	分	類	・		
整	理	し	て	決	め	ら	れ	た	場	所	へ	保	管	す	る	。	情	報	の	管	理	に	お		
い	て	は	、	情	報	の	ト	レ	ー	サ	ビ	リ	テ	ィ	を	確	保	し	、	だ	れ	も	が		
正	確	で	最	新	の	情	報	を	得	る	こ	と	が	で	き	る	よ	う	に	情	報	の	信		
頼	性	を	上	げ	る	。	ま	た	、	集	め	ら	れ	た	情	報	を	デ	ー	タ	マ	イ	ニ		
ン	グ	に	よ	り	分	析	し	、	よ	り	価	値	の	あ	る	情	報	を	生	成	す	る	。		
2.	3	情	報	の	標	準	化																		
	関	係	者	か	ら	発	信	さ	れ	る	情	報	の	標	準	化	を	行	う	。	具	体	的		
に	は	、	情	報	の	フ	ォ	ー	マ	ツ	ト	や	書	式	を	統	一	化	し	、	関	係	者		
は	ル	ー	ル	に	沿	っ	た	形	で	作	成	し	た	情	報	を	発	信	す	る	よ	う	に		
す	る	。	こ	れ	に	よ	り	、	発	信	さ	れ	る	情	報	の	分	類	や	管	理	が	容		

