

2020 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。（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。）

I－1 我が国において，短期的には労働力人口は著しく低下しないと考えられているものの，女性や高齢者の労働参加率の向上もいずれ頭打ちになり，長期的には少子高齢化によって労働力人口が大幅に減少すると考えられる。一方で，「ものづくり」から「コトづくり」への変革に合わせた雇用の柔軟化・流動化の促進，一億総活躍社会の実現といった働き方の見直しが進められている。このような社会状況の中で，実際の設計・開発，製造・生産，保守・メンテナンス現場におけるものづくりの技術伝承については，現場で実務を通して実施されている研修と座学研修・集合研修をいかに組み合わせるか等の，単なる方法論の議論だけでなく，より広い視点に立った大きな変革が求められている。このような社会状況を考慮して，機械技術者の立場から次の各問に答えよ。

- (1) 今後のものづくりにおける技術伝承に関して，機械技術全般にわたる技術者としての立場で多面的な観点から課題を抽出し分析せよ。
- (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解決策を示せ。
- (3) 上記すべての解決策を実行した上で生じる波及効果と新たに生じる懸念事項への対応策を示せ。
- (4) 業務遂行において必要な要件・留意点を機械技術者としての倫理，社会の持続可能性の観点から述べよ。

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	必須-1	選択科目:	機械設計
答案使用枚数	枚目	枚中	専門とする事項: 紙幣識別装置の機械設計

<u>1. ものづくりにおける技術伝承の課題</u>														
<u>1.1 雇用延長による年上部下のマネジメント</u>														
2025年に全ての企業が65歳まで雇用しななければならない。熟練技術者の雇用延長により、今後技術の継承の促進が期待される。しかしながらこの時、部門内の世代交代が上手く行われていても、管理職が年上部下である熟練技術者をマネジメントする難しさが発生するという課題がある。このため、管理職世代に対して、マネジメント教育を実施し再育成することが必要である。														
<u>1.2 現場の可視化</u>														
熟練技術者の保有する技術を他の技術者が見るために、同じ敷地内で勤務していれば直接見て学ぶことが容易である。しかし、離れた場所で熟練技術者の知識を学びたい場合、すぐに見たり聞いたりすることは難しく、現場の可視化という課題がある。現在、製造現場においては、ローカル 5G により現場の可視化の効果が期待されている。														
<u>1.3 暗黙知の形式知化</u>														
熟練技術者の保有する知識や経験、ノウハウはそれぞれ熟練技術者だけが保有していることが多く、データとして残っていないため暗黙知となっている。今後のものづくりにおいて、この暗黙知を見える化することは非常に重要であり、技術伝承の観点から、この暗黙知を形式知化することが課題である。														

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	必須-1	選択科目:	機械設計
答案使用枚数	枚目	枚中	
		専門とする事項: 紙幣識別装置の機械設計	

<u>2. 最も重要な課題とその解決策</u>	
前項で挙げた課題を比較分析した結果、機械系の技術者として暗黙知の形式知化は直接関連する課題である。従って、上記の課題を最も重要な課題とし、その解決策について述べる。	
<u>2.1 設計プロセスの可視化</u>	
図 1. に熟練技術者の保有する設計思想や知見といった技術資産を受け取るための全体像としての枠組みを示す。熟練技術者の保有する技術資産を展開し、設計する上でどのような基準や	<pre> graph TD A([技術資産]) --> B[熟練技術者の知見・経験] B --> C([設計基準]) B --> D([設計根拠]) B --> E([設計仕様書]) B --> F([図面]) C --> G([設計プロセス]) D --> G E --> G F --> G </pre>
根拠で行ったか明確にする。これらを、設計仕様書や図面と共に残すことにより設計プロセスを再構築し可視化する。これにより、暗黙知であった熟練技術者の知識を形式知化することができる。	<u>図1.設計プロセスの可視化</u>
<u>2.2 技術のナレッジ化</u>	
技術の見える化を行うために、技術をデータベース化する。例として、FMEA は一般的にワークシートで管理することで解析を行うツールである。これは、技術伝承の観点で、現場に近い技術であり、若手技術者の教育ツールとしての活用が期待できる。また、不具合情報をナレッジ化することで、以前の技術を流用する際にどのようなリスクがあるか事前に確認すること	

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>2 . 再 重 要 課 題 の 抽 出 と 解 決 策</u>																								
<u>2 . 1 . 課 題 3 を 最 重 要 課 題 と 考 え た 理 由</u>																								
技 術 を 持 つ 団 塊 の 世 代 の 高 齢 化 に よ り 、 早 急 に 技 術 伝 承 を 進 め る 必 要 が あ り 、 ま た 早 期 に 技 術 伝 承 を 進 め る こ と で 業 務 の 効 率 化 が 可 能 と な る た め 、 課 題 3 を 最 重 要 課 題 と 考 え る 。																								
以 下 に 課 題 3 の 解 決 策 を 示 す 。																								
<u>2 . 2 . 解 決 策 の 提 示</u>																								
<u>解 決 策 1 . コ ン カ レ ン ト エ ン ジ ニ ア リ ン グ</u>																								
伝 承 時 間 の 確 保 に は コ ン カ レ ン ト エ ン ジ ニ ア リ ン グ が 有 効 で あ る 。 コ ン カ レ ン ト エ ン ジ ニ ア リ ン グ に よ り 、 複 数 の 業 務 を 並 行 で 実 施 す る こ と で 開 発 期 間 を 短 縮 す る こ と で 、 技 術 伝 承 す る 側 ・ さ れ る 側 の 技 術 者 の 時 間 確 保 を 図 る 。																								
<u>解 決 策 2 . C A E の 適 用</u>																								
C A E を 活 用 す る こ と で 早 期 に 製 品 品 質 の 作 り 込 み を 行 い 、 手 戻 り 工 数 を 削 減 す る こ と で 伝 承 時 間 の 確 保 を 図 る 。																								
<u>解 決 策 3 . 3 D プ リ ン タ ー の 活 用</u>																								
金 型 試 作 品 を 利 用 す る 代 わ り に 、 3 D プ リ ン タ ー を 活 用 し て 試 作 品 を 作 成 す る こ と で 、 開 発 期 間 の 短 縮 を 行 う こ と が で き 、 伝 承 時 間 の 確 保 に つ な が る 。																								
<u>3 . 解 決 策 の 波 及 効 果 と 新 た な 懸 念 事 項 へ の 対 応 策</u>																								
上 記 の 解 決 策 を 実 施 す る こ と で 、 製 品 開 発 期 間 を 短 縮 し 、 伝 承 時 間 を 確 保 す る 以 外 に も 、 製 品 品 質 の 早 期																								

受験番号	
問題番号	I - 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. 技術伝承における課題

(1)技術の属人化
 技術、ノウハウが属人化しており、明文化されていない。そのため、OJTでノウハウを伝承しようとする
 と人数に制限が発生する。また、OFF-JTの座学で技術
 伝承しようとしてもベテランは教えることに慣れて
 いないため技術を伝承するための時間も長くなる。

(2)教育期間の短縮
 終身雇用からジョブ型への労働形態の変化、短時間
 時間労働の普及などにより雇用者、労働者双方とも技
 術を学習する時間を準備することが困難になっている。
 そのため、誰にでもわかりやすい形で技術伝承が必
 要である。

(3)技術の変化
 ものづくりがすり合わせ型から組み合わせ型に変化
 する流れがある。また、ハードウェア重視のものづく
 りからソフトウェア重視に変化している。この流れに
 伴い、伝承されるべき技術も変化している。また、新
 しい技術への対応も必要である。

2. 最重要課題と解決策

2.1 最重要課題
 課題：技術の変化
 理由：技術の伝承は必要である。しかし、技術の変化
 に伴い伝承すべき技術は変化する。また、新しい技術
 を取り入れることで技術を伝承するとともに、さらに

○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。）

技術を高度化することができる。

2.2 解決策

(1)ナレッジマネジメント

ベテランのノウハウを明文化し、データベース化する。このデータベースはクラウド上に構築して誰でも使えるようにする。また、資料は文章と図表だけでなく、動画なども使用してわかりやすいものとする。

(2)CAE ツールの活用

機械設計に CAD ツールを使用することは一般化している。しかし、図面作成のためだけに使用されており部品の形状選択などのノウハウはベテランの知識となっている。そこで、CAD ツールで作成したデータを CAE ツールを用いて応力解析や振動解析を行う。これによりベテランの設計した形状の理論的裏付けをとり、ノウハウの伝承に役立てる。併せて、技術者に CAE ツール活用の技術を身に着けることができる。

(3)AI 活用

加工条件の設定や機械の動作パラメータな複雑な条件はベテランでも説明できないことがある。このような場合には、AI を活用してベテランの作業を学習させノウハウを伝承する。短期的には AI を活用して作業を継続するが、AI の学習内容を解析してノウハウをわかりやすい形にして明文化して誰でも利用可能な形とする。

3. 波及効果と新たに生じる懸念事項、対応

○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。）

3.1 波及効果

(1)生産性の向上

誰でもベテランと同じような作業ができることで生産性が向上する。また、教育時間を短縮することができ労務コストも削減できる。

(2)労働者の技能向上

労働者の技能が向上することで、雇用が流動化しても産業全体での技術の伝承、生産性向上が行われる。従って、産業全体としての競争力が向上する。

3.2 新たな懸念事項と対策

懸念事項：トラブル対応力

最初から、ベテランと同じような作業ができる、また、CAE ツールでは問題なく設計できているため、不測のトラブルが発生したときの対応力が身につかない。

対応：

失敗事例についても学習を行い、トラブル対応の知識を学ぶ。また、OJTでベテランの指導を受け、トラブル対応の感覚を身につける。

4. 業務遂行に必要な要件・留意点

(1)倫理

作業者の安全はすべてに優先する。技能伝承においても安全第一を徹底する。また、技能の伝承による社会全体の発展を心がける。

(2)社会の持続可能性

生産性向上とともに省エネルギー、省資源を念頭に

○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。）

において技能伝承と新しい技術の適用に取り組む。

令和 2 年度 技術士第二次試験 答案用紙

受験番号	
問題番号	I-1

技術部門	機械 部門
選択科目	流体機器
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.	ものづくりの技術伝承に関しての技術課題を以下に
	挙げる。
①	技能者・技術者の経験の形式知化
	継承者が減少することにより、優秀な技能者・技術
	者がリタイアによりその経験・知見が継承できなくな
	る可能性がある。技能者の経験・知見をデータとして
	形式知化し、伝承しやすくする。また、トラブル発生
	時の対処について、技術者の勘や経験に頼っていたも
	のを、AI等を活用して伝承しやすくする。
②	人材の採用の柔軟化
	労働人口の減少に伴い、継承者がいなくなる分野が
	発生する。これを回避するため、副業の促進や海外人
	材の活用といった採用の柔軟化が課題である。
2.	最重要課題と解決策
	最重要課題は①と考える。なぜなら、技能者・技術
	者の知見はこれまでに蓄積した貴重な財産であり、こ
	れが一度失われれば、再度獲得するためには非常に大
	きな労力・時間が必要だからである。この解決策を以
	下に示す。
a)	技能を数値化し、蓄積・記録
	高技能者の技能を、センサ等により数値化し、デー
	タを収集・蓄積する。これらを、低技能者と比較する
	ことにより、差異を分析し、訓練に活用する。
b)	AI等を活用したトラブル対処
	トラブル発生時の対処方法は、従来は、経験者の勘

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。)

や経験に基づく判断だった。これを、蓄積したトラブル事例をもとにAI等を活用して解決策を提示することにより、次世代の技術者の育成に活用できる。

c) 業界内での教育機会の共有
1社だけで育成するのではなく、業界内で共通する技術は業界で協力して実施する方が効率的である。

3. 波及効果と懸念事項

ア) 波及効果

ア-1) 海外人材への教育効率化

技能を数値化し誰でも容易に教育できるようになることにより、海外人材への教育を迅速に実施できる可能性がある。

ア-2) 指導役の負担軽減

指導する場合、指導者の負担は非常に大きい。指導を効率的に行えるようになると、指導者の負担が軽減し、生産的活動に注力できるため、全体として生産性が向上する可能性がある。

イ) 懸念事項

イ-1) データ流出

従来は暗黙知として流出のリスクがなかったものが、形式知化しデータ化することにより、流出のリスクが生じる。

対応策は、アクセス権限を設定することやデータを保管しているサーバに最新のセキュリティを適用することである。ただし、情報流出防止に絶対的な方法は

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。)

存	在	し	な	い	た	め	、	常	に	本	リ	ス	ク	を	意	識	す	る	必	要	が	あ	る	。					
イ	-	2	)	A	I	故	障	時	に	不	適	切	な	結	果	を	提	示	す	る								
				A	I	が	故	障	し	た	場	合	、	A	I	は	不	適	切	な	結	果	を	提	示	し	、		
装	置	の	安	全	性	上	好	ま	し	く	な	い	対	策	を	提	示	す	る	可	能	性	が						
あ	る	。	対	策	は	、	A	I	の	出	力	を	う	の	み	に	せ	ず	、	従	来	の	ト						
ラ	ブ	ル	事	例	等	を	参	照	し	、	A	I	の	結	果	が	妥	当	で	あ	る	こ	と						
を	技	術	者	が	確	認	す	る	こ	と	で	あ	る	。															
4.	業	務	遂	行	に	必	要	な	要	件	・	留	意	点															
(	1	)	秘	密	の	保	持																					
	業	務	上	知	り	え	た	情	報	は	、	正	当	な	理	由	な	く	第	三	者	に	開						
示	し	な	い	。	一	度	デ	ー	タ	が	漏	れ	る	と	、	取	り	戻	す	こ	と	は	不						
可	能	で	あ	り	、	競	合	他	社	に	漏	れ	る	と	自	社	の	競	争	力	を	失	い						
事	業	を	存	続	で	き	な	く	な	る	可	能	性	が	あ	る	。												
(	2	)	相	互	の	協	力																					
	他	社	と	協	力	す	る	場	合	に	は	、	お	互	い	に	協	力	し	合	う	よ	う						
努	め	る	。																										
(	3	)	法	規	の	順	守																					
	法	規	の	順	守	は	、	業	務	を	行	う	上	で	の	最	低	条	件	で	あ	る	。						
法	規	を	違	反	し	た	場	合	に	は	、	大	き	な	社	会	的	制	裁	を	受	け	、						
さ	ら	に	事	業	を	存	続	で	き	な	い	可	能	性	が	あ	る	。											
(	4	)	ラ	イ	フ	サ	イ	ク	ル	全	体	で	の	環	境	負	荷	軽	減									
	持	続	可	能	な	社	会	を	実	現	す	る	た	め	に	は	、	も	の	づ	く	り	を						
行	う	上	で	、	ラ	イ	フ	サ	イ	ク	ル	全	体	の	環	境	負	荷	を	軽	減	す	る						
よ	う	努	め	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	I-1

技術部門	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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

(1) ものづくりにおける技術伝承の課題

以下の3つの課題を抽出、分析した

① 熟練した技能の伝承

わが国の製造業の強みとして「熟練した技能」が挙げられる。従来、このスキルは身に着けるために相当な期間がかかるとされている。しかしながら、少子高齢化および担い手不足の問題により、技能伝承が困難になってきている。

② 働き方改革と技術伝承

わが国では現在、「働き方改革」が叫ばれている。これにより総労働時間が減少する傾向がある。従来より短い時間で技術を伝承するためには教育・伝承の効率化が必要である。

③ デジタル人材の確保と育成

第四次産業革命（industry 4.0）を進めていくにあたり、デジタル人材のニーズは急速に高まっている。しかしながら、国内の製造業界ではデジタル人材の確保に苦しんでいる。

(2) デジタル人材の確保・育成に対する解決策

デジタル人材の確保・育成のために以下の取り組みを行う。

① デジタル人材の中途採用

当面の人材不足のために、デジタル人材の中途採用をおこなう。

② 社内での育成

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。）

	企	業	内	の	技	術	者	で	若	手	、	適	性	の	あ	る	技	術	者	に	デ	ジ	
	タ	ル	人	材	と	な	れ	る	よ	う	に	教	育	を	行	う	。	対	象	者	を	選	
	抜	方	式	で	選	ぶ	企	業	も	あ	る	。	社	内	に	最	適	な	講	師	が	い	
	な	い	ケ	ー	ス	が	多	く	、	外	部	講	師	の	活	用	や	大	学	お	よ	び	
	大	学	院	等	の	外	部	リ	ソ	ー	ス	を	活	用	し	て	進	め	て	い	く	こ	
	と	が	必	要	で	あ	る	。															
③	早	期	プ	ロ	グ	ラ	ミ	ン	グ	教	育												
	わ	が	国	全	体	と	し	て	は	、	デ	ジ	タ	ル	人	材	の	総	数	を	増	加	
	さ	せ	て	い	く	必	要	が	あ	る	。	日	本	国	全	体	の	施	策	と	し	て	
	早	期	プ	ロ	グ	ラ	ミ	ン	グ	教	育	が	開	始	さ	れ	て	お	り	、	小	学	
	生	な	ど	の	若	年	者	が	プ	ロ	グ	ラ	ミ	ン	グ	の	学	習	を	開	始	し	
	て	い	る	。	製	造	業	の	各	企	業	も	C	S	R	の	観	点	か	ら	若	年	
	者	へ	の	プ	ロ	グ	ラ	ミ	ン	グ	教	育	の	補	助	や	講	師	派	遣	を	実	
	施	し	て	い	る	例	が	多	い	。													
(3)	波	及	効	果	と	新	た	に	発	生	す	る	懸	念	事	項							
	上	記	の	対	応	に	よ	り	デ	ジ	タ	ル	人	材	の	確	保	が	進	ん	で	い	る
	企	業	も	多	い	。	し	か	し	な	が	ら	、	次	の	ス	テ	ッ	プ	と	し	て	新
	た	に	以	下	の	課	題	に	直	面	し	て	い	る	。								
①	サ	プ	ラ	イ	チ	ェ	ー	ン	全	体	で	の	デ	ジ	タ	ル	人	材	の	不	足		
	中	小	企	業	で	は	未	だ	に	デ	ジ	タ	ル	人	材	が	不	足	し	て	い	た	
	り	、	経	営	者	が	そ	の	必	要	性	を	理	解	し	て	い	な	い	こ	と	が	
	多	い	。	こ	の	た	め	、	大	企	業	が	人	材	確	保	に	成	功	し	デ	ジ	
	タ	ル	活	用	を	し	よ	う	と	し	て	も	、	サ	プ	ラ	イ	ヤ	ー	、	ビ	ジ	
	ネ	ス	パ	ー	ト	一	内	に	デ	ジ	タ	ル	人	材	が	不	足	し	て	い	る	た	

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。）

め	サ	プ	ラ	イ	チ	ェ	ー	ン	全	体	で	、	成	果	が	上	が	り	に	く	く			
な	る	こ	と	が	想	定	さ	れ	る	。														
②	サ	プ	ラ	イ	チ	ェ	ー	ン	全	体	を	熟	知	し	た	デ	ジ	タ	ル	人	材	の		
不	足																							
全	体	最	適	化	の	た	め	に	デ	ジ	タ	ル	人	材	に	は	サ	プ	ラ	イ	チ	ェ		
ー	ン	の	全	体	の	理	解	が	必	要	で	あ	る	が	、	こ	れ	が	不	足				
し	て	い	る	ケ	ー	ス	が	あ	る	。	こ	の	た	め	、	例	え	ば	I	o	T	で		
デ	ー	タ	を	収	集	し	て	も	、	そ	の	デ	ー	タ	に	失	敗	す	る	ケ	ー	ス		
が	あ	る	。	デ	ジ	タ	ル	人	材	に	対	し	て	O	F	F	-	J	T	と	O	J	T	
を	バ	ラ	ン	ス	よ	く	取	り	入	れ	、	教	育	す	る	こ	と	で	こ	の	状			
況	を	改	善	し	て	い	く	。																
(4)	機	械	技	術	者	と	し	て	の	留	意	点	・	倫	理	・	継	続	性	等	に	つ
い	て																							
①	倫	理	・	留	意	点		D	X	の	拡	大	に	伴	い	、	情	報	セ	キ	ュ	リ	テ	
ィ	へ	の	対	応	が	必	要	で	あ	る	。	デ	ジ	タ	ル	人	材	だ	け	で				
な	く	I	T	の	利	用	者	へ	の	セ	キ	ュ	リ	テ	ィ	教	育	、	適	切	な			
ア	ク	セ	ス	権	の	設	定	や	V	P	N	の	活	用	が	必	要	で	あ	る	。			
②	持	続	可	能	性																			
B	C	P	を	策	定	す	る	中	で	I	T	や	シ	ス	テ	ム	が	停	止	し	た	時		
の	こ	と	を	想	定	し	た	施	策	計	画	を	織	り	込	ん	で	お	く	。	柔			
軟	性	(	ダ	イ	ナ	ミ	ツ	ク	ケ	ィ	パ	ビ	リ	テ	ィ	ー	)	の	確	保	も		
重	要	で	あ	る	。																			

I - 2 2018年7月に発表されたエネルギー基本計画の中では、2030年に向けた政策対応の1つとして、「徹底した省エネルギー社会の実現」が取り上げられており、業務・家庭部門における省エネルギーの強化、運輸部門における多様な省エネルギー対策の推進、産業部門等における省エネルギーの加速、について記述されている。我が国のエネルギー消費効率は1970年代の石油危機以降、官民の努力により4割改善し、世界的にも最高水準にある。石油危機を契機として1979年に制定された「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）」では、各部門においてエネルギーの使用が多い事業者に対し、毎年度、省エネルギー対策の取組状況やエネルギー消費効率の改善状況を政府に報告することを義務付けるなど、省エネルギーの取組を促す枠組みを構築してきた。また、2013年に省エネ法が改正され、2014年4月から需要サイドにおける電力需要の平準化に資する取組を省エネルギーの評価において勘案する措置が講じられるようになった。このような社会の状況を考慮して、以下の問いに答えよ。

- (1) 徹底した省エネルギー社会の実現に向けて、あなたの専門分野だけでなく機械技術全体にわたる多面的な観点から、業務・家庭、運輸、産業のうち、2つの部門を選んで今後取組むべき技術課題を抽出し、その内容を観点とともに示せ。
- (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解決策を示せ。
- (3) 上記すべての解決策を実行した上で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。
- (4) 業務遂行において必要な要件を機械技術者としての倫理、社会の持続可能性の観点から述べよ。

技術士 第二次試験 再現答案用紙

受験番号		技術部門 機械	部門
問題番号	R2 I-2	選択科目 機械設計	科目
答案使用枚数	1 枚目 1枚中	専門とする事項 設計工学	

○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。

<u>1. 2 部 門 の 省 エ ネ ル ギ ー 化 の 課 題</u>																								
2 部 門 と し て 、 業 務 ・ 家 庭 部 門 と 産 業 部 門 を 選 び 、																								
省 エ ネ ル ギ ー 化 を 進 め る た め の 技 術 課 題 を 抽 出 す る 。																								
<u>(1) 業 務 ・ 家 庭 部 門 の 課 題</u>																								
業 務 ・ 家 庭 部 門 で は 、 日 ご ろ か ら 、 電 気 を 消 す 、 冷																								
暖 房 の 設 定 を 夏 場 で は 27℃ 設 定 に す る な ど し て モ ー																								
タ の 電 気 を 使 わ な い 省 エ ネ ル ギ ー の た め の 活 動 を し て																								
い る 。 し か し 、 人 間 の 手 に よ る 活 動 の た め 、 ケ ア レ ス																								
ミ ス を 起 こ す 問 題 が あ る 。 分 析 す る と 、 朝 の 支 度 で 時																								
間 に 追 わ れ る た め 、 家 を 出 る 時 に 電 気 を つ け っ ぱ な し																								
に す る こ と が 起 こ る 。 そ の た め 、 技 術 課 題 と し て 、 人																								
が 操 作 ミ ス を 犯 し て も 電 気 を 消 す こ と が 出 来 る A I や																								
I O T を 活 用 し た フ ー ル プ ル ー フ の 設 計 を あ げ る 。																								
<u>(2) 産 業 部 門 の 課 題</u>																								
産 業 部 門 で は 、 2015 年 に ト ッ プ ラ ン ナ ー 規 制 が は																								
じ ま り 、 I E 1 か ら I E 3 の サ ー ボ モ ー タ に 変 更 す る 設																								
計 を し て 省 エ ネ 活 動 を 行 っ て き た 。 今 以 上 に 省 エ ネ 活																								
動 を 行 う た め に は 構 造 物 の 軽 量 化 を 行 う 必 要 が あ る し																								
か し 、 こ の ま ま 軽 量 化 を 続 け る と 、 許 容 応 力 が 保 て な																								
く な る 問 題 が 起 こ る 。 分 析 す る と 、 2015 年 か ら 省 エ																								
ネ 活 動 で 構 造 物 の 軽 量 化 の 設 計 を 行 っ て き た 。 そ の た																								
め 、 材 料 代 替 え を 行 い 軽 量 化 と 剛 性 を 保 つ 設 計 が 技 術																								
課 題 で あ る 。																								
<u>2. 重 要 な 課 題 と 解 決 策</u>																								
上 記 の 重 要 課 題 と し て 、 ② 産 業 部 門 の 課 題 を 挙 げ 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 再現答案用紙

受験番号		技術部門 機械	部門
問題番号	R2 I-2	選択科目 機械設計	科目
答案使用枚数	2 枚目 1枚中	専門とする事項 設計工学	

○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。

理	由	は	、	産	業	で	使	う	電	力	を	抑	え	る	こ	と	で	、	他	の	部	門	が		
エ	ネ	ル	ギ	ー	を	有	効	に	使	え	る	よ	う	に	な	る	か	ら	で	あ	る	。	具		
体	例	と	し	て	、	私	が	担	当	す	る	堅	型	射	出	成	形	機	の	省	エ	ネ	ル		
ギ	一	化	の	設	計	の	例	を	挙	げ	る	。													
<u>(1) 材料強度ばらつきを確実に抑える設計</u>																									
	型	締	装	置	の	ト	グ	ル	リ	ン	ク	は	F	C	D	4	5	0	の	鑄	物	で	あ	る	。
製	造	方	式	は	砂	型	を	使	っ	た	鑄	造	方	式	で	あ	る	。	代	替	え	と	し		
て	熱	可	塑	性	樹	脂	を	母	材	に	炭	素	繊	維	を	含	有	す	る	C	F	R	T	P	に
か	え	る	。	製	造	方	式	は	射	出	成	形	機	を	使	っ	た	射	出	成	形	法	で		
あ	る	。	C	F	R	T	P	は	、	繊	維	長	と	分	散	性	で	強	度	ば	ら	つ	き	が	発
生	す	る	。	設	計	の	方	向	性	と	し	て	、	強	度	ば	ら	つ	き	を	抑	え	る		
設	計	を	す	る	。	具	体	的	に	は	、	タ	グ	チ	メ	ソ	ッ	ド	の	直	交	表	を		
活	用	し	て	強	度	を	維	持	で	き	る	制	御	因	子	を	見	出	す	。	制	御	因	子	
子	に	射	出	速	度	、	射	出	圧	、	シ	リ	ン	ダ	温	度	、	計	量	値	、	金	型		
温	度	を	入	れ	、	誤	差	因	子	に	寸	法	公	差	を	入	れ	て	直	行	表	に	割		
り	当	て	る	。	実	験	番	号	に	沿	っ	て	実	験	を	行	う	。	S	N	比	を	求		
め	て	要	因	効	果	図	を	作	成	し	強	度	を	維	持	で	き	る	制	御	因	子	を		
見	出	す	。	こ	れ	を	設	計	に	使	え	る	数	式	化	す	る	。							
<u>(2) 材料配置の設計</u>																									
	設	計	の	方	向	性	と	し	て	、	ト	グ	ル	リ	ン	ク	の	強	度	を	保	て	る		
形	状	最	適	化	設	計	を	す	る	。	具	体	的	に	は	、	タ	グ	チ	メ	ソ	ッ	ド		
の	直	行	表	を	使	い	、	C	A	E	で	材	料	配	置	の	設	計	を	す	る	。	制	御	
因	子	に	ト	グ	ル	リ	ン	ク	の	形	状	寸	法	を	抽	出	し	、	誤	差	因	子	に		
寸	法	公	差	を	抽	出	し	て	直	行	表	に	当	て	は	め	る	。	特	性	値	と	し		
て	①	で	求	め	た	材	料	強	度	を	解	析	条	件	に	落	と	し	込	む	。	実	験		

●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 再現答案用紙

受験番号		技術部門 機械	部門
問題番号	R2 I-2	選択科目 機械設計	科目
答案使用枚数	3 枚目 1枚中	専門とする事項 設計工学	

○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。

番	号	に	沿	っ	て	実	験	を	行	い	、	F	E	M	解	析	値	を	記	入	す	る	。	S	N			
比	を	求	め	て	要	因	効	果	図	を	作	成	し	特	性	値	を	満	た	す	制	御	因					
子	を	見	出	す	。	こ	れ	を	設	計	に	使	え	る	数	式	化	す	る	。	①	と	合					
わ	せ	て	文	書	化	し	P	D	M	に	登	録	す	る	。													
3. 波及効果と懸念対策																												
	F	C	D	4	5	0	か	ら	C	F	R	T	P	に	変	わ	る	こ	と	で	重	量	が	1	/	5	に	な
る	。	エ	ネ	ル	ギ	ー	も	重	量	に	比	例	の	た	め	1	/	5	の	省	エ	ネ	効	果				
が	あ	る	。	一	次	電	源	で	あ	る	火	力	発	電	の	化	石	燃	料	の	使	用	量					
が	C	O	2	を	抑	制	す	る	波	及	効	果	が	あ	る	。	懸	念	と	し	て	、	設	計				
情	報	が	古	く	な	り	資	料	を	設	計	が	使	わ	な	く	な	る	リ	ス	ク	が	あ					
る	。	対	策	と	し	て	、	定	期	的	に	関	係	者	が	集	ま	り	、	新	し	い	情					
報	が	無	い	か	チ	ェ	ッ	ク	し	て	常	に	設	計	資	料	を	最	新	に	す	る	。					
4. 技術者倫理と持続可能性																												
	公	衆	優	先	原	則	が	あ	る	。	C	F	R	T	P	の	強	度	ば	ら	つ	き	を	確	実			
に	抑	え	る	こ	と	で	公	衆	の	利	益	の	確	保	に	つ	と	め	る	。								
持	続	可	能	性	と	し	て	は	、	C	F	R	T	P	の	技	術	を	設	計	に	使	え	る	技			
術	の	確	保	を	し	て	後	輩	に	設	計	を	伝	承	す	る	。	持	続	可	能	な	開					
発	目	標	の	「	産	業	と	技	術	革	新	の	基	盤	を	作	ろ	う	」	と	「	質	の					
高	い	教	育	を	皆	に	」	に	つ	と	め	る	。															
以	上																											

模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	I-2

技術部門	機械部門
選択科目	熱・動力エネルギー機器
専門とする事項	火力発電プラント全般

※

○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. 省エネルギー社会実現に向けての課題</u>																								
省エネルギー社会実現に向けて、運輸部門および産業部門における課題を以下に示す。																								
<u>(1) 運輸部門における課題</u>																								
我が国の運輸部門において、最もエネルギー消費量が多いのは自動車分野である。自動車分野では、これまでハイブリッド車の開発等により燃費向上が図られてきた。最近では、電気自動車や燃料電池車のようなガソリンを用いない次世代自動車も普及しつつある。これら次世代自動車を含め、一層の省エネルギー化を図っていくことが課題となる。																								
<u>(2) 産業部門における課題</u>																								
我が国の産業部門において、最もエネルギー消費量が多いのは製造業である。製造業ではこれまでコージェネレーションシステムの導入により省エネルギー化が図られてきた。しかし、依然として高温の排ガスや排水が未利用のまま捨てられている場合がある。例えば、従来では利用できないと考えていた40℃程度の排水でも、空調ヒートポンプに利用できる。これら未利用エネルギーを有効利用するシステムの開発および導入を進めていくことが課題である。																								
<u>2. 最も重要な課題と解決策</u>																								
自動車産業は、我が国の主要産業の1つであり、次世代自動車の開発は、国際競争力を維持するためにも重要である。従い、運輸部門における課題が重要と考え																								

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。）

以下に解決策を示す。

(1) 自動車の軽量化

自動車の素材として、鉄鋼よりも軽量ながら高い強度をもつアルミニウム合金や炭素繊維強化プラスチックを用いる。これにより自動車が軽量化し、省エネルギー化が図れる。これら素材の加工技術、異材との接合技術を開発していく必要がある。

(2) 高性能な蓄電池および燃料電池の開発

電気自動車と燃料電池自動車の普及に向け、高性能な蓄電池と燃料電池の開発を行う。蓄電池においては、安全で蓄電密度の高い、全固体型リチウムイオン電池を開発する。燃料電池においては、繰り返し起動停止にも高い耐久性をもつ電池を開発する。

(3) 高効率ガソリンエンジンの開発

将来的には燃料電池自動車や電気自動車が普及すると考えられるが、充電スタンドや水素ステーションがない地域においては、依然としてガソリン車が必要である。そこで、高効率なスーパーリーバンエンジンを開発する。このエンジンは、理論空燃比の2倍の空気を供給することで低温燃焼を行う。これにより外部への熱放散量が減り、熱効率は約50%を達成できる。1サイクルで確実に燃料を燃焼しきるよう、燃焼技術の向上を図る必要がある。

3. 解決策の波及効果と懸念事項への対応策

(1) 解決策の波及効果

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。）

自動車の省エネルギー化を進めることでCO₂排出量を低減できる。また、電気自動車や燃料電池自動車においては将来的に再生可能エネルギーの電気や、その余剰電力で生成した水素を用いることで、脱炭素化することができる。

(2) 懸念事項への対応策

解決策で挙げた軽量素材や、蓄電池や燃料電池に用いられるレアメタルは、今後普及すると価格が高騰することが懸念される。代替材料の開発や、リサイクル技術の向上が必要である。

4. 業務遂行において必要な要件

(1) 技術者倫理の観点から必要な要件

社会の公益を考え、高齢者や運転に不慣れな人誰もが運転しやすい自動車を開発することを要件とする。そのために、ユニバーサルデザインの追及や、自動運転技術の導入を進める。

(2) 社会の持続性の観点から必要な要件

環境に配慮したライフサイクル設計を行うことを要件とする。自動車の廃棄時において、素材をリサイクルしやすいように部品点数を少なくする工夫をする。また、環境負荷の低い生分解性のある、セルロースナノファイバーの適用を検討する。

問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-1 機械設計～

令和2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 付加製造（Additive Manufacturing：AM）は，積層造形，3Dプリンティングなどとも呼ばれる一連の技術を包含した加工法を指す。AMの方式を2つ挙げ，それぞれの特徴と留意点について述べよ。

Ⅱ-1-2 機械部品の標準化に用いられている標準数の特徴と利点について述べよ。

Ⅱ-1-3 溶接構造物及び溶接継手を設計する際の留意点を説明せよ。

Ⅱ-1-4 環境配慮設計（DfE）について，設計段階における3Rの内容と具体的取り組み事例及び留意点を明確にして説明せよ。

技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II-1-4
答案使用枚数	枚目 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: 紙幣識別装置の機械設計	

<p>環境配慮設計 (DfE) は製品のライフサイクル全体で環境に配慮した設計を実施することである。図 1 に示す通り、製品のライフサイクルは設計段階で 80% 確定する。企画・構想段階で低影響材料の選択や環境調和型の材料の選定し環境負荷を可能な限り低減させる方策である。設計段階における 3R の内容と具体的な取り組み事例を以下に述べる。</p> <p>1) リデュース: 製品のライフサイクル全体で、廃棄する資源を可能な限り削減する。具体的には、製造工程の中で廃棄する材料を削減することに留意し設計を行う。また、製品の梱包材をワンユースではなく、通い箱にする。</p> <p>2) リユース: 再度活用可能な部品またはアッセンブリを使用し、リマニュファクチャリング可能な製品とする。部品やアッセンブリが容易に組み付け、取り外しが可能となることに留意し設計を実施する。使用するツールを最小限にするすることも必要である。</p> <p>3) リサイクル: 製品を設計する上で、可能な限りリサイクル可能な原材料を使用する。リサイクルに必要な費用などをあらかじめ算出する必要がある。また、製品の自主回収システムを構築するなどの仕組みづくりにも留意する。</p>	<p style="text-align: center;">図1 製品ライフサイクル概要</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------

技術士第二次試験 APEC-semi 答案用紙

受験番号	
問題番号	II-1-4

技術部門	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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

	環境配慮設計（DfE）とは、地球環境保全に配慮した設計を指す。例えば、製品の消費電力を低減したり、減量化や低容積化によって輸送時のCO2排出量を低減することなどである。
1.	設計段階における3Rの内容
1.1	リデュース 製品の省資源化を目的とし、小型化したり、梱包材を簡素化する。これにより廃棄物の削減を目指す。
1.2	リユース 製品全体を再使用可能にしたり、製品を解体しやすい構造にし、部品を再使用できるようにする。
1.3	リサイクル 製品の材料を再利用できるようにする。
2.	具体的取り組み事例
2.1	リデュースについては、梱包に発泡スチロールを用いず、段ボールのみとする。
2.2	リユースは、リプレイス時に筐体を再利用する。これによりゴミの引取り回収量が削減され、輸送費も削減できる。
2.3	リサイクルは、ペットボトルをチップ状に碎き、自動車のダッシュボードなどの内装素材に利用する。
3.	留意点
	よい事例や設計方法をDfE事例集や設計要覧として共有資産とし、形式知化することである。
	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	II-1-4						

技術部門	機械部門
選択科目	機械設計
専門とする事項	3DCAD/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	<p>3Rの内容と具体的な取組事例及び留意点</p> <p>以下に3Rの内容、取組事例と留意点を示す。</p> <p>① <u>リデュース (Reduce)</u></p> <p>製品廃棄時に発生する廃棄物を減らす取組である。</p> <p>[事例] ※何か記載をしたのですが、再現答案作成時に思い出せず…申し訳ございません。</p> <p>[留意点] 製品設計時に、特定化学物質の利用を避けて廃棄物を減らす。</p> <p>② <u>リユース (Reuse)</u></p> <p>製品間で共有のものを流用することで廃棄物を減らす取組である。</p> <p>[事例] プリンターのカートリッジにインクを再充填して再利用する。</p> <p>[留意点] 製品間で共通化することで、設計自由度を狭めてしまい、製品開発におけるイノベーションを阻害する可能性がある。</p> <p>③ <u>リサイクル (Recycle)</u></p> <p>製品廃棄時に廃棄物を分解・分類して、再加工して利用することである。</p> <p>[事例] 自動車部品を再利用できる材料を選択し、再利用する。</p> <p>[留意点] 再利用を考慮し、設計段階から分解性を考慮した設計を行うことが有効である。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>
---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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 あなたは新製品開発のリーダーとして開発全般を取りまとめることになった。開発を効率的で合理的なものとするため，コンカレントエンジニアリングを実施しようと考えている。新製品開発を進めるに当たって，下記の内容について記述せよ。

- (1) 開発製品を具体的に１つ示し，どのようにコンカレントエンジニアリングを実施するかを明確にして，調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) コンカレントエンジニアリング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 機械の軽量化をはじめとする合理的な設計のため，異種材料を適材適所に配置したマルチマテリアル設計の重要性が高まっている。あなたは新製品開発のリーダーとしてマルチマテリアル設計の推進を指揮することになった。業務を進めるに当たって，下記の内容について記述せよ。

- (1) 具体的な製品の例を１つ挙げ，マルチマテリアル設計の目的を明確にして，調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順とその際に留意すべき点，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。

技術士 第二次試験 再現答案用紙

受験番号		技術部門 機械	部門
問題番号	R2 II-2-1	選択科目 機械設計	科目
答案使用枚数	1 枚目 1枚中	専門とする事項 設計工学	

○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。

<u>1. コンカレントエンジニアリング 調査検討</u>												
<u>1.1 コンカレントエンジニアリングの内容</u>												
私が担当する 堅型射出成形機について、型締装置に												
使う可動盤を例に挙げる。可動盤の材料は FCD450 の												
鋳物である。製造方式は砂型を使った鋳造方式である。												
上可動盤の軽量化を行うために製造部門とコンカレン												
トエンジニアリング（以下 CE）を行う。												
<u>1.2 調査</u>												
設計で軽量化を行うために、CAE を活用して FEM 解												
析を行い可動盤の軽量化の設計を行う。すると、設計												
段階で軽量化の設計をしても、製造部門の製造設計段												
階で湯回りの不良を抑えるために薄肉部を厚くし押し												
湯を設ける設計をする。これにより、製造段階で可動												
盤の重量が減らないことが起こる。												
<u>1.3 検討</u>												
検討として、設計段階で生産部門が行う湯回りの情												
報を取り入れて、湯回りの対策を取り込んだ可動盤の												
軽量化の検討を行う。												
<u>2. 実施手順及び留意点</u>												
<u>(1) 製造部門の技術情報を取り入れる</u>												
上可動盤の軽量化の計画設計に入る前に、過去に設												
計部門が作成した 3D モデルをもとに、生産部門と一												
緒に製造時に発生する湯回りの不良が発生する箇所を												
洗い出す。しかし、生産部門と CE を行っって生産部門												
がおこなった湯回りの不良の対策を知っても、設計段												

●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 再現答案用紙

受験番号		技術部門 機械	部門
問題番号	R2 II-2-1	選択科目 機械設計	科目
答案使用枚数	2 枚目	専門とする事項 設計工学	

○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。

階	で	漏	れ	を	起	こ	す	こ	と	が	起	こ	る	。	C	E	後	に	同	時	遂	行	し		
て	設	計	部	門	の	担	当	者	が	設	計	業	務	を	問	題	な	く	遂	行	さ	せ	る		
た	め	に	、	製	造	部	門	が	保	有	す	る	技	術	情	報	を	取	り	入	れ	る	設		
計	を	す	る	。	具	体	的	に	は	、	Q	F	D	を	作	成	す	る	と	き	に	C	E	で	
明	ら	か	に	な	っ	た	生	産	部	門	が	保	有	す	る	湯	回	り	の	不	良	対	策		
や	砂	型	情	報	を	取	り	込	む	。	設	計	品	質	に	砂	型	の	寸	法	、	鋳	抜		
き	の	寸	法	な	ど	を	取	り	入	れ	、	設	計	に	使	え	る	数	式	化	を	す	る		
(2) 円滑に DR を行う																									
	同	時	並	行	し	て	設	計	業	務	を	終	え	た	後	、	生	産	部	門	の	担	当		
者	と	3	D	C	A	D	を	使	っ	て	D	R	を	行	う	際	、	変	更	が	効	か	な	い	箇
所	を	指	摘	し	あ	う	こ	と	で	円	滑	に	D	R	が	で	き	な	い	こ	と	が	起		
こ	る	。	例	え	ば	設	計	で	応	力	解	析	を	行	っ	た	箇	所	で	許	容	応	力		
に	関	係	す	る	形	状	の	変	更	が	で	き	な	い	。	留	意	点	と	し	て	変	更		
箇	所	が	効	か	な	い	箇	所	の	見	え	る	化	を	す	る	。	具	体	的	に	は	、		
モ	デ	ル	で	変	更	で	き	な	い	箇	所	に	赤	色	で	識	別	す	る	。	こ	れ	に		
よ	り	、	誰	で	も	同	じ	よ	う	に	変	更	が	効	か	な	い	箇	所	を	認	識	で		
き	、	円	滑	に	D	R	が	行	え	る	。														
3. 関係部門とのやり取り																									
	設	計	部	門	が	生	産	部	門	の	担	当	者	と	C	E	を	行	う	と	、	生	産		
部	門	の	担	当	者	の	業	務	時	間	を	使	う	こ	と	で	日	ご	ろ	の	業	務	が		
圧	迫	す	る	こ	と	が	起	こ	る	。	そ	の	た	め	、	生	産	部	門	の	担	当	者		
と	ス	ケ	ジ	ュ	ー	ル	調	整	を	お	こ	な	い	、	C	E	で	使	う	資	料	と	一		
緒	に	日	程	表	を	配	布	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 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:	機械設計
答案使用枚数	枚目	枚中	

専門とする事項：紙幣識別装置の機械設計

1.	<u>新製品開発における調査、検討事項</u>
	<p>今回紙幣識別装置の開発リーダーとして、新製品を火発することになった。新製品の概要を図 1. に示す。</p> <p>特徴としては、紙幣の鑑別部以外をモジュール化し、顧客ごとにモジュールを入れ替えることで、製品のカスタマイズが可能なことである。</p> <p>まず、競合他社の動向の調査を行い、優位性を確保するための仕様の検討を行う。また、将来的なグローバル化を意識し、環境対応についても調査を行い、具体的な施策を検討する。これらの業務をコンカレントに進めるため、設計メンバーは QFD で業務展開を行い、業務の割り当てを行う。また、各担当者の業務計画は PERT でスケジューリングを実施する。</p>
	<p style="text-align: center;">図1 新製品の概要</p>
2.	<u>業務を進める手順</u>
2.1	<u>企画・構想段階</u>
	<p>この段階では市場調査を実施した結果から、何をモジュール化するかについて検討を行う。どのような仕様にすることで競合優位性を確保できるかについて、事実の事前検証に留意する。工夫する点は、業務をフロントローディング化し、前倒しすることで下流段階</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	II-2-1

技術部門	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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

(1) コンカレントエンジニアリング(CE)の実施方法

開発製品は、人工衛星とその地上管制システムとする。人工衛星は、以下のサブシステムから構成される。姿勢・軌道制御システム(AOCS)、通信システム(TLM)、電源管理システム(EPS)、熱管理システム(TCS)。

地上管制システムは、撮像要求に基づき計画を立てる「撮像計画立案システム」、衛星に送信する命令を作成する「衛星管制システム」、軌道計算を行う「軌道決定システム」、「運用管理システム」、各地地上局を管制する「地上局管制システム」からなる。

CEを実施するに当たって、デザインレビュー(DR)を効率的に実施するために3D-CADとCAEを活用する。また、若手をリーダーの補佐として、各サブシステムのCAEデータの連絡とりまとめ役とし、技術伝承も実施する。調査・検討事項は(2)に示す。

(2) CEを進める手順と留意・工夫点

まず第一にフィージビリティスタディ(実現可能性研究)を実施する。製造、品証、購買など各部門によって、顧客の要求事項と予算、予定期間に応じて、各サブシステムの設計代表者と共に検討し、実現する機能の優先順位をつける。コスト・納期に応じて優先順位の低い機能は削除するなどの対応を契約前に顧客の了承を得ておく点に留意する。第二に、各サブシステムの設計検討としてCAEを使ってシミュレーション

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II-2-1

技術部門	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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

(1)	産業用ロボットの開発
	減速機、モーター、アーム部材などで構成される垂直多関節産業用ロボットの開発全般を取りまとめるリーダーとして、コンカレントエンジニアリングを実施するにあたっての調査、検討すべき事項と内容を下に記す。
1-1,	品質機能展開の実施
	産業用ロボットを開発する上で、仕様決定と担当部署決定を行う必要がある。なぜなら、パラレルに複数担当者が開発に係る業務を進めるコンカレントエンジニアリングを実施するためには最初に全体像を共有する必要があるからである。品質機能展開を用いることで、必要な機能や性能に対し、評価項目を設定することが可能になる。例えば、産業用ロボットでは可搬重量やリーチなどに対しそれら評価項目を部署または担当者に割り振ることが可能になる。
1-2,	FMEA
	新製品開発にあたってFMEAは検討すべき事項である。複数の部品から構成される産業用ロボットはその故障モードも部品別で考えることが有効と考える。モーター、減速機、センタ、アーム部分、エンドエフェクタ、潤滑剤などそれぞれに対しFMEAを実施し、製品安全を事前に検討する。FMEAを実施した結果から品質機能展開の項目に付け加えることも有用である。
(2)	コンカレントエンジニアリングの留意点・工夫点

●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

○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。)

コ	ン	カ	レ	ン	ト	エ	ン	ジ	ニ	ア	リ	ン	グ	は	複	数	関	係	者	が	パ	ラ		
レ	ル	に	業	務	を	進	め	る	特	性	上	、	密	な	情	報	共	有	を	実	施	し	な	
け	れ	ば	成	立	が	難	し	い	。	例	え	ば	、	開	発	途	中	で	の	仕	様	変	更	
の	共	有	が	漏	れ	た	場	合	、	金	型	成	形	す	る	部	品	な	ど	は	最	悪	の	
場	合	修	正	が	不	可	能	に	な	り	再	作	成	を	余	儀	な	く	さ	れ	、	開	発	
全	体	が	遅	延	す	る	こ	と	が	想	定	で	き	る	。	こ	の	よ	う	な	後	戻	り	
を	防	ぐ	た	め	に	定	例	ミ	ー	テ	ィ	ン	グ	の	実	施	な	ど	密	な	情	報	共	
有	が	必	要	で	あ	る	。																	
(3)	業	務	を	効	率	的	に	進	め	る	た	め	の	関	係	者	と	の	調	整	方	法
3	-	1	、	ク	ロ	ス	フ	ァ	ン	ク	シ	ョ	ン	チ	ー	ム	の	設	置					
開	発	に	携	わ	る	全	部	署	か	ら	担	当	者	を	1	名	ず	つ	選	出	し	、		
ク	ロ	ス	フ	ァ	ン	ク	シ	ョ	ン	チ	ー	ム	を	設	置	す	る	こ	と	が	有	効	と	
考	え	る	。	コ	ン	カ	レ	ン	ト	エ	ン	ジ	ニ	ア	リ	ン	グ	を	実	施	す	る	上	
で	、	部	署	間	で	の	認	識	を	可	能	な	限	り	常	に	一	致	さ	せ	る	必	要	
が	あ	る	。	こ	れ	を	実	現	す	る	た	め	に	、	各	部	署	担	当	者	を	設	定	
し	、	部	署	間	で	の	連	絡	な	確	認	の	窓	口	を	固	定	す	る	こ	と	で	情	
報	の	発	散	を	防	ぎ	、	効	率	化	を	図	る	こ	と	が	可	能	と	な	る	。		
3	-	2	、	ガ	ン	ト	チ	ャ	ー	ト	の	作	成											
各	担	当	に	割	り	振	っ	た	業	務	の	進	捗	把	握	を	見	え	る	化	す	る		
た	め	に	、	ガ	ン	ト	チ	ャ	ー	ト	を	作	成	す	る	こ	と	は	有	効	で	あ	る	
る	。																							
産	業	用	ロ	ボ	ツ	ト	の	場	合	、	部	品	の	種	類	や	点	数	も	多	く	製	品	
開	発	工	程	の	多	く	を	並	列	処	理	す	る	必	要	が	あ	る	。	こ	こ	に	は	
社	内	業	務	の	み	な	ら	ず	サ	プ	ラ	イ	ヤ	含	む	協	力	企	業	の	進	捗	も	
記	載	す	る	こ	と	が	好	ま	し	い	。													
																							-	
																							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	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	3DCAD/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 . コンカレントエンジニアリングを実施するにあたり調査・検討すべき事項とその内容

1 . 1 . コンカレントエンジニアリングの実施方法

縦型洗濯機の開発を例として、コンカレントエンジニアリングの実施方法を以下に示す。

現状、縦型洗濯機の開発において、試作品を完成した後、電気配線の引き廻しの検討を行う。また、設計完了し、図面が全て完成してから製造部門に引き継ぎ、そこから治具設計や生産ライン設計などの生産準備に取り掛かっている。

これらの業務を同時並行に実施し、開発を効率的かつ合理的に実施するためにコンカレントエンジニアリングの適用を検討する。

まず以下に調査・検討すべき事項を述べ、次節に進め方を示す。

1 . 2 . 調査・検討すべき事項とその内容

コンカレントエンジニアリングを適用するにあたり、以下の内容を調査・検討する。

① 情報共有をする部門の検討

コンカレントエンジニアリングを実施するには、PDM等を利用した情報共有が有効である。まずは情報共有をする範囲を、企画・設計・製造・営業などのどの範囲とするかを明確にする。

② 情報共有をする内容

CADデータや設計情報、VOCなど、どのような情報

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 高齢化や過疎化が進む我が国におけるモビリティ（移動）サービスの向上を図るために，国土交通省では未来投資戦略2018に基づき，MaaS（Mobility as a Service）を実現するための取組を開始している。MaaSとは，ICTを活用して交通をクラウド化し，バス，電車，タクシーから，レンタカー，シェアサイクルといったすべての交通手段によるモビリティを1つのサービスとしてとらえ，シームレスにつなぐ新たな「移動」の概念である。また，モビリティサービスの向上を実現するに当たっては，最寄りの駅やバス停から最終目的地までの移動手段をどう整備していくかというラストワンマイルも同時に考えるべき問題である。

- (1) モビリティサービス向上のための機械製品及びその技術を想定し，その概要と，サービス向上を実現させる上での課題を，機械設計責任者としての立場で多面的な観点から抽出せよ。
- (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解決策を示せ。
- (3) 解決策を実行した結果，最終的に得られる成果と波及効果を分析し，専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

Ⅲ-2 開発コストの削減や設計サイクルが短期化し，CAEによるシミュレーションは設計開発においてはなくてはならないツールとなっている。複雑なシミュレーションは高度な技術を有する専門のCAE技術者に頼る必要があるが，ハードウェアとCAEソフトウェアの発達により，簡単な構造解析であれば設計者自身でも容易にCAEを実施することができるようになっている。このような状況を踏まえ，CAEのできる設計技術者を育成するリーダーとして，以下の問いに答えよ。

- (1) CAEの能力を備えた設計技術者を育成し，信頼性の高いシミュレーション結果を得るための課題を多面的な観点から抽出し，その内容を観点とともに示せ。
- (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解決策を示せ。
- (3) 解決策を実行した上で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。

技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	III-1
答案使用枚数	枚目 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:	紙幣識別装置の機械設計

1. モビリティサービス向上のための課題	
1.1 スマートシティによる運用テスト	
モビリティサービスの向上のため、自治体の協力したスマートシティの実現により、運用テストを実施するという課題がある。交通機関の持つシステムや様々な機器の接続のテストを実施するために、官民一体で技術基盤を構築する必要がある。	
1.2 運賃の決済手段	
交通手段を一つのサービスとしてまとめる上で、運賃の決済手段という課題がある。専門である紙幣識別装置は券売機に搭載されるが、通常交通機関ごとに使	<p>乗車始点 目的地</p> <p>現状 ● A鉄道 → Bバス → Cタクシー ●</p> <p>それぞれをそれぞれ支払う</p> <p>案 ● A鉄道+Bバス+Cタクシー ●</p> <p>まとめて支払いが可能となる決済手段が必要 →この時現状より安価となることが望ましい</p> <p>図1 決済手段の概要</p>
用される。このため、使用者は交通機関ごとに運賃を支払う必要があり不便が生ずる。図1に決済手段の概要について示しているが、乗車地点から目的地まで、運賃をまとめて決済可能にする必要がある。	
1.3 安全性検証と信頼性の向上	
過疎地では、最終目的地までのラストワンマイルがモビリティサービス向上のために非常に重要である。この手段として自動運転技術による送迎があり、これにより運転手の人手不足の解消が可能である。しかし、乗り物を自動で運転させるために、安全性検証と信頼	

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:	機械設計
答案使用枚数	枚目 枚中	専門とする事項:	紙幣識別装置の機械設計

<p>性の向上が課題である。</p> <p>2. 最も重要な課題とその解決策</p> <p>前項で挙げた3つの課題を比較分析した結果、安全性検証と信頼性の向上は、機械設計責任者として最も重要な課題である。上記を最も重要な課題とし、その解決法について、次の2点を挙げる。</p> <p>2.1 リスクアセスメントの実施</p> <p>製品の安全性を定量的に評価するため、リスクアセスメントを実施する。図2.にリスクアセスメントの概要を示す。危険源の特定からリスクの評価は、設計者個人で実施せず関連部門を含めて議論を行う。リスクアセスメントにより、リスクが十分に低減できていない場合は、3ステップメソッドの手順を実施し設計を最適化する。3ステップメソッドは、危険源に対し、本質的安全設計の実施、カバーなどによる保護手段、ラベルなどで注意を促すことである。</p> <p>2.2 FMEAによる信頼性評価</p> <p>製品の信頼性を定量的に評価するため、FMEAを実施する。発生が予測される故障モードに対し、「何が悪いか」「何が原因か」「どのように改善するか」の3点を挙げる。具体的には、故障モードに対し、発生</p>	<pre> graph TD Start[開始] --> IntendedUse[意図する使用] IntendedUse --> HazardIdent[危険源の特定] HazardIdent --> RiskEst[リスクの見積り] RiskEst --> RiskEval[リスクの評価] RiskEval --> Decision{十分に改善 できているか?} Decision -- Yes --> End[終了] Decision -- No --> ThreeStep[3ステップ メソッド] ThreeStep --> RiskEst </pre> <p style="text-align: center;">図2.リスクアセスメントの概要</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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:	機械設計
答案使用枚数	枚目 枚中	専門とする事項:	紙幣識別装置の機械設計

頻度、発生した時に影響度、検出度を点数化し、これらの積でリスクを定量化する。リスクが高いものから優先して対策を行い、目標を下回るまで繰り返し実施する。この時目標値は、関連部門を含めた DR で議論し決定する。
3. 最終成果と波及効果及び懸念事項
3.1 新興国のインフラ整備への貢献
解決策の実施により、安全性と信頼性を確保したモビリティサービスが向上し、高齢化社会へ支援とつながる成果をあげることができ。さらに、この技術をインフラ整備が不十分な新興国へ輸出すること、新興国のインフラ整備への貢献という波及効果が生まれる。このインフラ整備により、経済活動が活発になることが期待される。これらは技術者として、社会の持続可能性の観点から実現する必要がある。
3.2 類似製品により市場を奪われる
新興国に製品や技術を輸出することにより、技術が盗用され後発の類似製品に市場を奪われるという懸念事項がある。この対策として、一つ目は徹底した特許戦略を実施する。特許戦略チームを構成し、企画・構想の段階から国際特許の取得を行う。二つ目に、モビリティサービスの技術に対する規格を、国際標準化するため強制的に国際基準として法制化することである。これにより、後発の製品の市場参入への障壁となり、技術を守ることが可能となる。

技術士 第二次試験 再現答案用紙

受験番号		技術部門 機械	部門
問題番号	R2 III-2	選択科目 機械設計	科目
答案使用枚数	1 枚目 1枚中	専門とする事項 設計工学	

○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。

<u>1. CAE の教育の多面的な課題</u>																								
CAE が使える設計技術者を育てる為、①解析条件設定時、②解析時、③解析の妥当性確認時をあげて課題を抽出する。ここでは、CAE を使って構造物の FEM 解析を行う例をあげる。																								
<u>(1) 解析条件設定時の課題</u>																								
CAE を使って解析設計条件の教育をする際、解析条件設定をどのように設定したらよいか分からない問題がある。分析すると、荷重条件をどのように設定したらよいか、境界条件について完全に拘束する設定をしたら良いのか、ハネ乗数を与える設定をして良いのか判断できない。そのため、解析条件の設定の手順化の教育が課題である。																								
<u>(2) 解析時の課題</u>																								
CAE を使って解析する教育をする際、応力解析を行った後、どのように応力緩和をしてよいか分からない問題がある。分析すると、弊社調査ではあるが初心者が脆弱部の応力を緩和すると、脆弱部のモデルに追加のフィーチャモデルを与えて緩和する方法を取る。そのため、厚肉なモデルになると同時に、他の箇所が脆弱部になることが起こる。このため、技術課題として、CAE を使った形状最適化の設計の教育が課題である。																								
<u>(3) 解析の妥当性確認時の課題</u>																								
CAE を使って解析の妥当性確認の教育をする際、ど																								

●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 再現答案用紙

受験番号		技術部門 機械	部門
問題番号	R2 III-2	選択科目 機械設計	科目
答案使用枚数	2 枚目 1枚中	専門とする事項 設計工学	

○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。

の よう に 妥 当 性 確 認 を し た ら 良 い か が 分 か ら な い 問 題
 が あ る 。 分 析 す る と 、 弊 社 調 査 で は あ る が 、 リ グ 装 置
 を 用 い て 実 測 値 を と っ た デ ー タ と F E M 解 析 値 を 比 較 す
 る 際 、 実 測 値 と 応 力 値 が 合 わ な い 事 実 の み を 確 認 す る
 傾 向 で あ る 。 そ の た め 、 応 力 の 傾 向 の 評 価 が で き な い 。
 こ の た め 、 技 術 課 題 と し て 解 析 値 と 実 測 値 を 使 っ て 応
 力 の 傾 向 評 価 を 行 う 教 育 を あ げ る 。

2. 重要課題と解決策

重 要 課 題 と し て 、 ② の 解 析 の 課 題 が 最 も 重 要 と 考 え
 る 。 理 由 は 、 モ グ ラ た た き の 設 計 に な り 、 他 の 箇 所 が
 脆 弱 部 に な る か ら で あ る 。 ど の よ う に C A E を 活 用 し て
 形 状 の 最 適 化 を し た ら 良 い か の 教 育 を 示 す 。

(1) タグチメソッドを使った形状最適設計の教育

教 育 方 針 と し て 、 統 計 的 に 形 状 の 最 適 設 計 が で き る
 設 計 教 育 を 行 う 。 具 体 的 に は 、 タ グ チ メ ソ ッ ド の 直 行
 表 を 使 っ て 実 験 を 行 い 、 要 因 効 果 図 を 作 成 し て 許 容 応
 力 を 満 た す 制 御 因 子 を 見 出 す 。 設 計 に 使 え る 数 式 化 す
 る 。 教 育 レ ポ ー ト と し て ま と め る 。

(2) 誤差因子の妥当性確認を行うCAEの教育

教 育 方 針 と し て 、 誤 差 因 子 が 変 わ っ て も ロ バ ス ト 性
 を 満 た す 設 計 教 育 を 行 う 。 具 体 的 に は 、 ① で き め た 制
 御 因 子 は 変 更 せ ず 、 誤 差 因 子 に 寸 法 公 差 、 幾 何 公 差 の
 姿 勢 公 差 を 範 囲 設 定 し て 割 り 当 て る 。 実 験 番 号 に 沿 っ
 て 実 験 を 行 い 、 誤 差 因 子 が か わ る こ と に よ る 制 御 因 子
 の S N 比 が 大 き く 変 わ る か チェックする。制御因子が

技術士第二次試験 APEC-semi 答案用紙

受験番号							
問題番号	Ⅲ-2						

技術部門	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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

<u>(1) CAE 技術者育成の問題点と課題</u>																								
<u>(1)-1 働き方改革による時短～時間制約の観点～</u>																								
働き方改革は本来、業務を効率化し、残業を減少させることにより、子育て・介護などを充実させる、といったワークライフバランスを改善することを目標としているはずであった。しかし、実際には、まず業務時間の短縮ありきで、本業の設計業務と技術者育成の両方を実施することが困難になっている。よって、課題は、設計業務と指導業務を効率化して、技術者育成の時間を確保することにある。																								
<u>(1)-2 シミュレーションモデルの正確性～品質の観点</u>																								
シミュレーションモデルが正確でないと、計算結果が実際の製品や部品と一致していない可能性がある。CAEにおける信頼性の向上にはモデルが正確であるかの検証が重要な課題となる。																								
<u>(1)-3 製品設計の複雑化～製品の観点～</u>																								
顧客の要求から多機能化が進み、設計には機械設計者のみならず、電気設計やソフトウェア設計、そして、顧客情報を管理している保守部門や品質保証部門、製造部門、資材部門などの多数の部門の情報やデータを総合したシミュレーション計算を期間内に行う必要がある。よって、課題は、短い期間による多くの部門の情報を総合した信頼性の高いデータを反映した設計能力の育成である。																								
<u>(2) 最も重要な課題と解決策</u>																								

●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。

最も重要な課題は、短時間に多部門のデータを反映した正確なシミュレーションを実施する設計力の育成である。

(2)-1 解決策 1: CE による短い期間での総合設計

コンカレントエンジニアリング (CE) の導入によって、短期間に多くの部門のデータを総合することができ。CE においては、多くの部門が同時並行して設計などの業務を実施する。このため、適宜情報を交換し、総合していく必要がある。このシステム設計のまとめ役の補助役に育成対象者を配置するのである。

さらに、CAE による解析結果をデザインレビュー (DR) の際、各部門に強度解析や熱解析結果などをグラフ表示して見える化し、事前に渡しておくことにより、その分野の専門でなくとも判断が容易になる。

(2)-2 解決策 2: ラピッドプロトタイピングによる検証

3D プリンタのようなラピッドプロトタイピングによりモデルを反映したモックを作成し、実験をすることによって、シミュレーション計算と実験データが一致しているかを適宜検証し、モデルにフィードバックする。例えば、エポキシ材やアクリル材などの透明性の高い材料でモデルのモックを作成し、光弾性実験による干渉波の観察によってモックの部分ごとの応力解析ができる (内部応力の見える化)。これにより、構造設計計算の正確性が担保される。

(3) 波及効果と懸案事項の対応策

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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

(3)-1 波及効果

波及効果としては、手戻りの減少による設計期間の短縮がある。CAEのシミュレーションが正確ならば、製造後に設計をやり直す回数が減少する。

また、CEによって、多くの情報とデータを集約する役割を担うことによって、設計は総合力が必要であると育成対象者は実感する。

さらに、モデルやデータは形式知として組織のナレッジ資産となる。

(3)-2 懸案事項と対応策

懸案事項は、実際のユーザーの使用状況がモデル作成時の想定を外れ、製品が市場に出荷された後に故障などの不具合を起こすことである。想定していない故障で安全にも影響を及ぼす可能性もある。

対応策として、IoT技術にて製品をインターネットに接続することにより、内部状態や操作状況などをモニターすることである。取得したデータで状況を解析し、故障対応に用いる。また、取得したデータをモデルの改善などのCAE設計技術向上や製品改良に用いるほか、故障前に交換を提案するなどのマーケティングに利用することも可能となる。

取得したデータと解析結果は、組織のプロセス資産として活用できるため、対象者育成だけでなく、組織学習にも発展する。さらに、予期せぬ故障を予防し、安全性を向上することにより、公益にも貢献できる。

技術士第二次試験 APEC-semi 答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅲ-2

技術部門	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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

(1) CAE人材育成と高信頼性結果を得るための課題																								
1-1, 育成プログラムの策定																								
CAE人材育成のためには、目指すCAE人材像を決定した上で育成プログラムの策定が課題となる。簡単なモデルの作成方法から解析実施までをレベル1として、徐々に難易度を上げながら業務との関連度を高めていくなど工夫を必要とすると考える。																								
1-2, 育成コストの削減																								
CAEのできる設計技術者を育成する方法として、例えば外部講習への参加などが考えられる。ただし、場合によっては長期間の講習参加による時間、金銭面でのコストが大きくなることも考えられる。業務遂行のためのリソースを確保しつつ育成するためのコスト削減が課題である。																								
1-3, 信頼性確認方法の確立																								
簡単なCAEによる解析であっても設定するパラメータは多岐に渡る。業務での利用を考えれば膨大なパラメータが必要になる。例えば習熟度が高くても1つのパラメータ設定ミスによって解析結果が大いに変わることもあるため、解析モデルに対し、信頼性を確認する方法を確立することが課題である。																								
(2) 最も重要と考える課題と対策																								
継続的な人材育成のために「1-1, 育成プログラムの策定」を最も重要な課題と考える。なぜなら、人材育成は単発的なものでなく対象は複数人、複数年を費や																								

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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

すものである、効果が定量化し難しいものと考えるから
である。以下に対策を3つ挙げる。

2-1, 実現象の理解

CAEのできる人材を育成するにあたり、教育プログラムには実現象を理解し、モデル化して落とし込むプロセスを盛り込む必要がある。CAE上では膨大なパラメータ設定をすることが多いが、それぞれがどんな意味を持つのかを実現象と紐づけながら考慮しなければならぬ。例えば、解析モデルをどこまで現物寸法に合わせこむかは一考すべき点である。求めたいものによつては、細部を作りこみすぎること、解析時間が大幅に長くなることもある。よつて、実現象を理解し、モデル化していく過程を教育プログラムに盛り込むべきである。

2-2, 品質工学を用いた相対比較

CAEのできる人材育成のために、CAE解析の結果を品質工学を用いて相対比較することは育成プログラムに盛り込むべきである。CAEのデメリットとして、解析結果の絶対値を信用できるかを検証することが難しい点が挙げられる。例えば複雑形状の応力解析に於いて、発生している応力の絶対値が正しいかを検証するには現物での疲労破壊試験を通してSN線図を作成し比較することが挙げられる。しかし、これには時間的、人的、金銭的コストが大きくかかる。よつて、品質工学を利用し、解析結果の相対比較を実施すること

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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

で傾向を把握することは解析のみで完結する有効な手段と考える。

2-3, 解析モデルと検証

CAEにおける解析は多少のパラメータにミスがあったとしても、それらしい結果が得られることがある。育成プログラムの中に解析モデルの定義書と結果分析方法を盛り込むことが有効と考える。

(3)波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対策

3-1, 波及効果

(2)で示した解決策を実行した際の波及効果として、解析結果と実試験の相関確認が体系的に整理されることが期待できる。例えばCAEのモデル、解析結果の要点をまとめるフォーマットを教育段階から使用することで、結果とモデルの妥当性を後から別の人間が精査することができ、解得られた数値だけが独り歩きするケースがあり、その解析目的やモデルが時間経過によって確認できなくなることを防止できることが波及効果として挙げられる。

3-2, 専門技術を踏まえた懸念事項への対応策

解析条件の設定によって得られる結果は大きく変わる。例えば部品を締結するボルトを完全拘束するか、軸力を与えるかで大きく影響する。また、静解析の場合、ソリッドモデルかシェルモデルかの違いがある。これらは解析目的によって適宜選択することになるが、なぜそれを選んだかを残すことが対策となる。

技術士第二次試験 APEC-semi 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	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	3DCAD/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 . 設 計 者 C A E に お け る 課 題 抽 出
ハ ー ド ウ ェ ア や C A E ソ フ ト ウ ェ ア の 発 達 に よ り 、 設 計 者 が C A E を 行 う 機 会 が 増 え て い る 。 設 計 者 の 行 う C A E を 、 専 任 者 の 行 う C A E と 区 別 し 、 設 計 者 C A E と 呼 び 、 そ の 課 題 を 以 下 に 抽 出 す る 。
課 題 1 . 結 果 評 価 ス キ ル の 向 上
C A E 結 果 評 価 の 観 点 で 、 結 果 評 価 の ス キ ル 向 上 が 課 題 で あ る 。 C A E ソ フ ト ウ ェ ア の 発 展 に よ り 、 容 易 に 結 果 を 得 る こ と が で き る よ う に な っ た が 、 結 果 の 妥 当 性 を 評 価 で き な い 技 術 者 も 多 い 。 そ の た め 、 結 果 評 価 ス キ ル の 向 上 が 課 題 で あ る 。
課 題 2 . 実 験 結 果 と の 擦 り 合 わ せ
C A E の 適 用 範 囲 の 観 点 で 、 実 験 と の 擦 り 合 わ せ が 課 題 で あ る 。 C A E を 活 用 す る こ と で 、 試 作 回 数 を 減 ら し 、 開 発 コ ス ト 削 減 お よ び 開 発 期 間 短 縮 に 有 効 で あ る 。 そ の 一 方 で 、 現 物 は 鋳 や へ タ リ な ど が 発 生 す る こ と が あ り 、 こ れ ら を 考 慮 し た C A E を 行 う こ と は 難 し い 。 そ の た め C A E 偏 重 に な る の で は な く 、 実 験 と の す み 分 け を 行 う こ と が 課 題 で あ る 。
課 題 3 . 過 剰 設 計 の 回 避
開 発 コ ス ト の 観 点 で 、 過 剰 設 計 の 回 避 が 課 題 で あ る 。 誰 で も C A E の 結 果 を 容 易 に 得 ら れ る よ う に な っ た が 、 構 造 解 析 時 の 強 度 な ど を 十 分 に 得 た い た め に 、 高 級 な 材 料 や リ ブ の 追 加 な ど 、 過 剰 な 設 計 と な る 傾 向 が あ る 。 こ れ ら を 回 避 し 、 最 適 な 設 計 を 行 う こ と が 課 題 で あ 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

問 題 文

(選択科目)

～01-2 材料強度・信頼性～

令和2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 溶接継手の疲労強度に影響を及ぼす主要な因子を2つ挙げ，それぞれの要因と対策を説明せよ。

Ⅱ-1-2 等方均質な金属材料における塑性拘束について，例を挙げて材料強度評価の観点で留意すべき点を説明せよ。

Ⅱ-1-3 機械製品の安全に関わる用語としての「リスク」の定義を説明し，製品の「信頼性」を高めることが必ずしも「安全性」の向上に結びつかない場合があること，若しくは「安全性」を向上するには「信頼性」を犠牲にせざるを得ない場合があることについて具体的な事例を挙げて説明せよ。

Ⅱ-1-4 金属積層造形技術の特徴を説明し，強度部材へ適用する場合の留意点を説明せよ。

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 材料強度・信頼性の技術責任者として担当している機械構造物の構造設計において，流体に起因する機械的荷重を考慮する必要があることが明らかになった。このとき，下記の内容について具体例を想定して記述せよ。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める上で，留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (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 大規模なプラントの付帯設備などでは平常運転時のみならず，極めて稀な非常に強い地震による非常事態での事故防止及び非常時の緊急作業を念頭において設計する必要がある。毒性ガスを扱う設備の強度設計を担当する技術者として，下記の内容について記述せよ。

- (1) 平常運転時及び非常事態における強度を担保するために調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 非常時の緊急作業としてガスの大気放出を行う機能を付加する場合に留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。
- (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。

令和2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 我々が日常的に使用する携帯電話・スマートフォンやカメラ，スポーツ用具をはじめ，鉄道，自動車，航空機などの輸送機器から，産業用ロボット，物流機器やプレス・加工機などの動きを伴う産業用機器・設備に至るまで，幅広い製品分野において，軽量化はものづくり技術の主要なテーマとして世界中で研究開発が継続的に進められている。

- (1) 具体的な機器・装置若しくは部品・機械要素などを想定して，その概要と軽量化の目的を示し，軽量化する上での課題を，技術者としての立場で多面的な観点から抽出し分析せよ。
- (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，その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) (2)で示した解決策を実行した結果，最終的に得られる成果と波及効果を分析し，専門技術を踏まえた懸念事項と対応策を示せ。

Ⅲ-2 機械構造物の設計・維持に関連して，あなたが材料強度部門の技術責任者であったとして，下記の問いに答えよ。

- (1) 機械構造物を選定，その概要を示すとともに設計寿命を設定し，その考え方を述べよ。
また，当初設定した設計寿命を超えて使用することになった場合，機能又は健全性を維持するために，技術者としての立場で考慮しなくてはならない課題を多面的な観点から抽出し，その内容について具体的に述べよ。
- (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解決策を示せ。
- (3) (2)で示した解決策を実行した結果，最終的に得られる成果と波及効果を分析し，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)

～01-3 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 構造物の振動特性を把握するために，汎用の有限要素法解析プログラムを用いて固有値解析を行った時に出力される，固有振動数・モードベクトル・モード質量・刺激係数・有効質量の中から3つの項目を選択し，その概要と振動特性を把握するための利用方法を述べよ。

Ⅱ-1-2 一定振動数の応答を生じている系への振動対策として能動型動吸振器を設置する場合，その適用方法と適用する利点について述べよ。

Ⅱ-1-3 ステッピングモーターの動作原理を述べ，ローレンツ力に基づく一般的なモーターに対する長所と出力特性上留意すべき点を述べよ。

Ⅱ-1-4 電子装置を含む装置の機能安全の意味と，その具体的な要求事項の決定方法を製造者の観点から述べよ。

R02 技術士筆記試験回答(WEB 登録用)

II-1-3

- ステッピングモーターの動作原理
 - 回転子が磁石となっており、固定子側にパルス波形によるステップ応答により電位差が生じることによってモーターが回転する。
 - 入力のステップ波形に対し、一定角度でモーターが回転する。
- 長所
 - 一般的なモータを高精度に制御するためには、回転角をフィードバックするための機構が必要であり構成部品が多く必要となる。一方、ステッピングモータは入力に対する出力が一定であり、フィードバック用センサが不要になるなど、制御系・システムが簡易である。
- 出力特性上留意すべき点
 - サーボモータなどに比べて精度が悪くなる（オープンループであることに起因する）。

受験番号	
問題番号	II-1-4

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. 機能安全の意味

安全柵で仕切られた加工装置を例にとり述べる。この加工装置はサーボモータで駆動されており、制御装置で動作を制御されている。ここで、この装置へのワークの投入/排出は人手で行っている。そのため、安全柵には投入/排出のための開口部がある。この開口部にはライトカーテンが設置してあり、人体がこのライトカーテンを通過したときに加工装置が人体に接近して受傷する可能性があるときに制御装置が加工装置のサーボモータを停止して出力を遮断する。このように安全のための制御を行うものが機能安全である。

2. 機能安全の要求事項の決定方法

①リスクアセスメント

人体が受傷するリスクをリスクの程度、リスクにさらされる可能性でランク分けする。

②3ステップメソッド

リスクに対して、本質的防護策、二次的防護策、残留リスクの表示の対策を行う。この二次的防護策が機能安全である。

③安全要求レベル

リスクアセスメントでランク分けしたリスクの程度が機能安全に対する安全要求レベルであり、SIL(IEC61508)、PL(ISO13849-1)で実現すべき安全レベルが規定されている。

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 自社製の高回転高出力モーターに，歯車列を用いた動力伝達装置を新たに導入して「高トルク化したコンパクトなアクチュエータ」を開発することになった。この業務の担当責任者として開発を進めるに当たり，下記内容について記述せよ。

- (1) アクチュエータの動力伝達装置に用いる歯車について，その代表的な種類と特徴を述べ，検討すべき項目とその内容（課題）を説明せよ。
- (2) 動力伝達装置の構造を決定する手順について，留意・工夫する点を含めて述べよ。
- (3) アクチュエータの初ロット製作過程で，製造現場から問題が持ち上がった。予想される問題点をいくつか挙げ，解決に向けて効率的，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 鉄道車両，自動車などの車内の静粛性は利用者の快適性に直接関わる重要な開発項目である。あなたが新製品の車内騒音低減プロジェクトのリーダー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) 車内騒音の主な原因を２つ以上挙げ，それぞれに対してその内容と低減対策方針について説明せよ。
- (2) (1)に基づいて原因ごとに担当を決めて開発を進めたが，車内騒音の全体目標に対して大幅に性能未達となることが判明した。対策を進める手順とその際に留意すべき点，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。

○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。)

仕様検討など設計の初期段階から営業、製造、品証、サービスなど関係部門に参画してもらおう。様々な観点から意見を出して手戻りが発生しないに進める。

②デザインレビュー (DR)の活用

開発の各フェーズの最後でDRを実施する。営業、製造、品証の各部門から参加して検討事項に漏れ、抜けがないか確認して開発を進める。

3. 予想される問題と解決のための関係者との調整方策

(1) 予想される問題

- ① 図面通りに作れない
- ② 要求の精度・性能が達成できない
- ③ 工作性が悪くて工数がかかりすぎる

(2) 関係者との調整方策

① ワークキンググループ (WG)

関係者でWGを発足して集中的に対策を検討し、早期に問題解決を図る。

② 進捗報告会議

定期的に進捗報告会議を行い会議資料、議事録、アクションアイテムリストで情報を共有する。重要な事項については経営層に参加してもらい、判断してもらおう。

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	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) 車内騒音の原因と低減対策方針</u>														
私の専門とする建設機械から油圧ブレーカを想定して以下に述べる。														
<u>1) エンジン音</u>														
油圧ブレーカ(削岩機)は、作業負荷が大きくなると油圧の出力を上げるためにエンジン回転数を大きくする。このエンジン音が車内騒音となる。														
低減対策方針は以下の2つである。														
① エンジンカバーに吸音材を取り付ける														
② 無駄にエンジン回転数を大きくしないように油圧の状況を表示するモニターを運転席に設置する														
<u>2) 油圧ブレーカの動作音</u>														
油圧ブレーカは高速で油圧を切替えて、ノミを往復運動させることで衝撃力を得ている。特に岩盤に当たらずに空運転をした場合に、高周波数の騒音が発生し、社内騒音となる。														
低減対策は以下の2つである。														
① ノミにショックアブソーバを取付ける														
② 空運転をしないようにマシンガイダンスを追加する														
<u>(2) 対策を進める手順</u>														
<u>① 計測装置の選定・取付</u>														
現状を把握するために、騒音の原因となる部分に騒音計と振動計を取付ける。騒音・振動特性に対して適切な仕様の計測装置を選定するよう留意する。油圧ブレーカは、振動や雨・土砂・粉塵等を受けるため、装														

○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。）

置	が	故	障	し	た	り	、	外	れ	な	い	よ	う	取	付	方	法	を	工	夫	す	る	。
②	振	動	の	計	測																		
	現	状	の	騒	音	と	振	動	を	計	測	す	る	。	分	析	の	際	に	必	要	な	情
報	に	抜	け	漏	れ	が	な	い	よ	う	留	意	す	る	。	で	き	る	だ	け	多	く	の
条	件	（	停	止	、	定	格	運	転	、	高	負	荷	運	転	な	ど	）	で	計	測	す	る
よ	う	工	夫	す	る	。																	
③	振	動	の	分	析																		
	計	測	条	件	を	整	理	し	て	計	測	結	果	を	分	析	す	る	。	窓	関	数	や
フ	ィ	ル	タ	が	適	切	な	設	定	と	な	る	よ	う	留	意	す	る	。	多	面	的	な
観	点	で	考	え	ら	れ	る	よ	う	、	様	々	な	設	定	に	変	更	し	な	が	ら	分
析	す	る	よ	う	工	夫	す	る	。														
④	対	策																					
	分	析	結	果	よ	り	最	適	な	対	策	を	実	行	す	る	。	コ	ス	ト	や	納	期
を	考	慮	し	て	現	実	的	な	提	案	を	す	る	よ	う	留	意	す	る	。	対	策	に
対	し	て	関	係	者	が	納	得	す	る	よ	う	、	明	確	で	分	か	り	や	す	い	説
明	方	法	と	な	る	よ	う	工	夫	す	る	。											
(	3	)	関	係	者	と	の	調	整	方	法												
●	情	報	の	一	元	管	理																
	人	員	、	設	備	、	費	用	、	情	報	等	の	資	源	を	配	分	し	、	適	切	な
マ	ネ	ジ	メ	ン	ト	を	行	う	た	め	に	、	情	報	を	一	元	管	理	す	る	。	作
業	の	重	複	・	抜	け	漏	れ	・	手	戻	り	を	防	止	で	き	る	。				
●	指	揮	命	令	系	統	の	一	本	化													
	責	任	者	の	リ	ー	ダ	ー	シ	ッ	プ	を	発	揮	す	る	た	め	に	、	指	揮	命
令	系	統	を	一	本	化	す	る	。	業	務	の	デ	ザ	イ	ン	を	明	確	に	示	し	、
関	係	者	の	利	害	を	調	整	す	る	こ	と	で	信	頼	を	得	る	。	以	上		

R02 技術士筆記試験回答(WEB 登録用)

II-2-2

(1) 検討する新製品として、高速鉄道車両を対象とする。車内騒音の主な原因として下記が考えられる。

1 床下の台車からの振動

高速移動・車輪の転動によって台車からの振動が車体へ伝播し、車内騒音が発生する。低減対策として振動が伝播する経路で振動を低減させる。軸バネ・空気バネなどのサスペンションのバネ定数を最適化する。

2 パンタグラフの風切音

高速車両のパンタグラフは支持フレーム・集電体が流体を移動するため、流体音である風切音が発生する。パンタグラフの形状を最適化することで風切音の発生を抑制し、車内へ伝播する騒音を軽減する。

3 トンネルの微気圧波

高速車両がトンネルに侵入する際、トンネル内の空気が圧縮され微気圧波が発生し、車内へ伝播する。微気圧波は車両侵入時の先頭断面の変化率に大きく影響されるため、先頭を長くかつ断面形状を最適化する。

(2) 上記に基づいて対策を進めたが、大幅な性能未達となっている以上、原因は他にある。大幅な性能未達であるので、車両全体に関係する要因が主原因であるため、大幅な振動となりうる現象を当てる。具体的には、①車体全体の振動、②地上側設備とのインターフェースに起因する騒音、である。対策手順を以下に述べる。

A) 原因の調査

①：大振動発生の一因の可能性のある、各機器の発生振動数と車体構体の固有振動数について調査する。振動数が一致又は近傍である場合、共振が疑われる。

②：車輪? レール間、架線? パンタグラフ間の境界問題について、車輪形状による振動・蛇行動による自励振動の調査や、車両速度と架線の伝搬速度の近似による離線などについて騒音源の調査する。

B) 対策・実施

原因に対する対策を立案し、実施する。

①：各機器の支持方法変更による振動伝播経路の遮断、又は車体剛性の向上による振動の抑止

②：車輪踏面フラットや蛇行動解析（ヨーダンパの調整）、パンタグラフ 押上力・架線張力の再設定

C) 評価：B) における調査・対策を実施し、その結果分析することで、主原因を特定する。得られた結果や対策方については、車両単体では対策できないことが見込まれるため、軌道・電気部門の各部署と情報を共有し、総合的な対策を実行する。

(3) 調整方策

- 関係者との円滑なコミュニケーション：相手の技術領域・対策への技術的ハードル等を尊重しつつ、鉄道というトータルのシステムを最適化する対策を実施できるよう、円滑なコミュニケーションを取る。
- 試験スケジューリング：事前に試験スケジュールを詰め、列車運営・電気・軌道の各部署と擦り合わせ調整する。昼間に試験走行できない場合は、夜間試験列車を計画するなど柔軟な試験方策を整える。

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 ある製品組み立て工場において，既設の自動組み立て機に対して2倍の高速化を目指した自動組み立て機を開発することとなった。なお，今回の開発においては，他の要求性能を維持することも開発目標とした。このような状況において，具体的な自動組み立て機を想定して，あなたがこのプロジェクトを取り纏める責任者の立場から，以下の問いに答えよ。

- (1) 想定した自動組み立て機の概要を示した上で，高速化と相反する要求性能を，機構ダイナミクス・制御分野の技術者として多面的な観点から複数抽出し，高速化に対するそれぞれの相反理由と，それを解決する上での課題を示せ。
- (2) 抽出した相反性能のうち最も重要と考える要求性能を1つ挙げ，その課題を解決するための技術的提案を機構ダイナミクス・制御分野の技術者の立場から3つ示せ。
- (3) すべての技術的提案を実行した上で生じる波及効果と，新たに生じる懸念事項への対応策を機構ダイナミクス・制御分野の技術者の立場から示せ。

Ⅲ-2 制御系を備えた機械システムでは，システムの異常動作時あるいは作業者の誤操作時に，安全性を確保するために自律的に緊急停止させる機能，あるいは作業者が容易に緊急停止させる機能を実装していることが必須である。機構ダイナミクス・制御の技術分野に係る機械システムを想定し，このような機能を機械系及び制御系で実現するための手段について，以下の問いに答えよ。

- (1) 想定した機械システムの概要を示せ。また，その機械システムを緊急停止させる必要があると判断される危険事象を，機構ダイナミクス・制御分野の技術者としての立場で多面的な観点から複数抽出し，その内容を観点とともに示せ。
- (2) 前問（1）で抽出した危険事象のうち最も重要と考える事象を1つ挙げ，その事象を回避するために要求される機能とその技術的な実現手段を複数示せ。
- (3) 前問（2）で提示した複数の実現手段に共通して新たに生じるリスクとそれへの対策について，機構ダイナミクス・制御分野の専門技術を踏まえた考えを示せ。

受験番号	
問題番号	Ⅲ-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. 想定するシステムと危険事象

1.1 想定するシステム

コンベアから加工装置にワークを搬送する搬送装置を考える。この搬送装置はサーボモータで駆動され、サーボドライブは指令装置で制御される。ワークの種類は様々であり、作業者がワーク種類ごとに目標位置、速度を操作パネルで設定する。

1.2 危険事象

①衝突

作業者の設定ミスによりワークと加工装置が衝突する可能性がある。衝突によりワークの破損、加工装置の故障が発生する可能性がある。

②オーバースピード

作業者の設定ミスによりオーバースピードとなる可能性がある。また、サーボの速度ゲイン設定が不正な場合に、モータの速度制御が正常に行われず、モータの速度がオーバershootしてオーバースピードとなる可能性がある。

③自励振動

装置に内在する何らかの振動要因により、自励振動が発生することがある。この振動の発生は突然であり、振動が発生した場合には振動が指数関数的に大きくなる。

④制御装置の不正動作・故障

制御装置の不正動作や故障によりサーボドライブへの

○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。）

指令が不正なものとなり、思わぬ動作を行う可能性がある。
ある。

2. 最重要な事象と回避手段

2.1 最重要な事象

事象：自励振動

理由：自励振動は運転中、停止中いずれの場合でも発生する。発生すると指数関数的に振動が大きくなり、ワークの破損や機械の故障につながる可能性がある。

2.2 回避手段

①出力遮断

要求される機能：振動の検出と出力遮断

実現手段：サーボドライブはモータを制御するためにモータ電流をモニタしている。この電流の値から振動の発生を検出する。振動を検出した場合には、サーボドライブがモータ駆動出力を遮断する。

②アクティブフィルタ

要求される機能：振動周波数の検出と出力フィルタ

実現手段：サーボドライブによりM系列のランダムな周波数で装置に加振を行い、装置の固有振動数を検出する。固有振動数を中心としたBEFを設定しておく。振動を検出した場合、BEFを有効として該当周波指数の出力を遮断して振動を取り除く。

③作業による緊急停止

要求される機能：振動の検出と通知、出力遮断

実現手段：装置に加速度センサを設置して振動を検出

○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。）

する。振動を検出したら操作パネルもしくはパトライトで作業者に通知する。作業者は非常停止ボタンを押下してモータの駆動電源を遮断する。

3. 新たに生じるリスクと対策

リスク1：振動周波数の変化

リスク：装置の経年変化、ワークの種類によって固有振動数が変化する。

対策：振動が発生した場合は前述の出力遮断機能でモータ出力を遮断する。変化した周波数はサーボドライブの振動周波数検出機能で検出し、BEFの設定周波数、振動検出器のを検出周波数を再設定する。

リスク2：別要因の振動

リスク：モータの芯ずれ、ベアリングの摩耗、ベルトの振動など自励振動と別の原因による振動が発生する。

対策：振動が発生した場合は出力遮断機能でモータ出力を遮断する。モータの芯ずれはモータ回転数、ベアリングの摩耗はベアリング系とモータ回転数に依存した振動周波数となり、自励振動と特性が異なる。従って、振動の特性から原因を追究して適切な処置を実施する。

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	Ⅲ-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) 機械システムの概要と危険事象の抽出</u>																								
● <u>機械システム：ダンプトラックの遠隔操縦</u>																								
工事現場内でダンプトラックを走行させ、一方で土砂を積込み、工事用道路を走行させ、別の場所で土砂を排出する。これを別の場所に設置した操作室で行う。																								
● <u>危険事象①：人間や他の建設機械との接触</u>																								
工事現場では、毎日、違う作業員が作業を行う。不慣れた作業員が急に飛び出すことが考えられる。また、建設機械は死角が多い。他の建設機械がダンプトラックに気付かずに接触することが考えられる。																								
● <u>危険事象②：ルートを外れる</u>																								
工事用道路は天候等の条件により状態が悪くなる。スリップや操縦ミスによりダンプトラックがルートを外れることが考えられる。																								
● <u>危険事象③：姿勢がくずれ</u>																								
工事用道路がくずれたり、強風の影響を受けたり、積荷が落下することなどでダンプトラックの姿勢がくずれることが考えられる。																								
<u>(2) 要求される機能と実現手段</u>																								
最も重要な危険事象として、「人間や他の建設機械との接触」を挙げる。																								

●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

○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。）

する。4Gと5Gの比較を表1に示す。解像度の大きいカメラを使用できたり、遅延が軽減できたり、同時に多くのセンサと接続することが可能となり、人間や他の建設機械を検知することが可能となる。

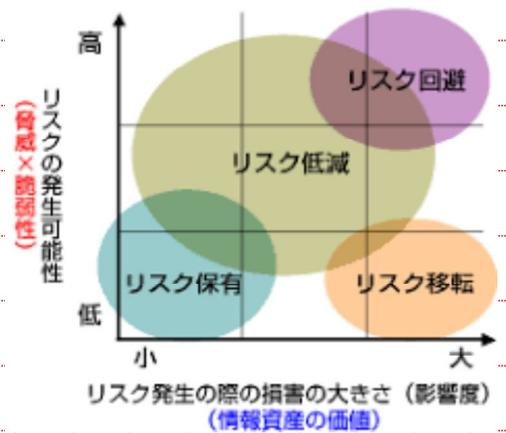
(3) 新たに生じるリスクとその対策

● リスク：サイバー攻撃

上記で示した実現手段は、いずれもデジタルデータを使用し、通信装置を利用する。その場合、サイバー攻撃を受けるリスクが生じる。

● 対策：情報リスクマネジメントの実施

平常時よりリスクの抽出・分析、対策の決定・実行、評価を繰り返す。対策は、図2に示すように、頻度と影響度を考慮して、保有・低減・移転・回避の4つより選定する。関係者と情報を共有し、平常時より訓練を行うことが重要である。



おわりに

上記により効果的な解決策を提案できたと評価する。今後の業務に水平展開し、技術向上に貢献する。以上

R02 技術士筆記試験回答(WEB 登録用)

III-2

(1)

機械システムとして「部品搬送 AGV システム」を想定する。立体格納装置と連動し、部品・パレットを立体格納装置と作業場の間で運搬する。AGV は自動搬送装置であり、パレットをコンベアで自動的に搬送装置に取り込み、搬送装置は自動（無人）で走行し、荷を目的地のコンベアまで搬送する。荷物の搬入・搬出要求は、システムの PC 端末で作業者が行う。

緊急停止させる危険現象として、下記を考える。

- 1 人・障害物・他 AGV との衝突：搬送装置が走行するにあたり、他と衝突するケース。搬送装置自身に故障危険があると同時に、相手（人・他装置など）へ危害を加える可能性がある。
- 2 システムエラーによる荷物授受時の荷物落下：地上側パレット⇔搬送装置間での荷の受け渡し時に、信号授受エラーや物理的な停止位置不良などによる荷が落下するケース。荷の落下による周囲の人への衝突、装置の故障が想定される。
- 3 地震時の荷物落下：搬送装置の荷の落下や、立体格納装置の棚からの荷が落下するケース。周囲の人への衝突や装置自身の故障が想定される。
- 4 保守時の不用意なシステム稼働による労災：保守時に安全装置を解除した際や、混線などによる予測し得ない動作などが発生した際に、保守員へ衝突することが想定されるので緊急停止させる。

(2) 上記①を最も重要とする。発生確率が最も高く、人へ衝撃する可能性が最も高いため。

回避のための要求機能として下記 A)~C) を挙げる。

- A) 衝突しないようにする：外界センサであるエリアセンサーや画像センサを使用し、障害物や人を検知して搬送装置を停止させる。
- B) 衝突したら止まる：内界センサであるバンパセンサを用いる。A) で障害物を検知できなかった場合や、センサ・システムの不具合などの際、衝突した事を検知し搬送装置を停止し、被害を最小化する。
- C) 衝突されたら止まる：地上側に設置した非常停止ボタン押下や、ルート逸脱検知などにより、A、B) で検知できない想定外の方向・物からの衝突又は危険予測に対し、搬送装置を停止させる。

(3) 共通リスクと対策

α) 停止後の再稼働時の衝突リスク：緊急停止した後は操舵輪を制御するサーボの回転角情報が失われるなど、再稼働時に衝突するリスクが高い。セーフティエリアを設け、再稼働時に人が巻き込まれないように対策する。

β) 急停止時の荷の落下リスク：緊急停止時は減速する加速度が高くなり、荷が搬送装置から落下することが考えられる。パレットや荷の固定方法につきより拘束力のある方式をとる。また場合によっては停止減速度を緩める工夫もあるが、制動距離が長くなり危険が増すトレードオフであるため、慎重に検討する。

問題文とA評価答案例

(選択科目)

～01-4 熱・動力エネルギー機器～

令和2年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

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 蒸気圧縮式冷凍サイクルの単段冷凍サイクルの各機器の構成と作動原理を説明するとともに，理論冷凍成績係数を比エンタルピー h を用いて示せ。

Ⅱ-1-2 無次元数であるヌセルト数とピオ数の式を示し，その物理的意味を説明せよ。また，各無次元数について数値領域ごとの状態を説明せよ。

Ⅱ-1-3 発電で用いられる固体燃料の燃焼過程についてその詳細を述べよ。また，代表的な燃焼方式を3つ挙げ，それぞれの特徴を述べよ。

Ⅱ-1-4 蒸気タービンの最終段落動翼の長翼化によって，蒸気タービン効率が向上する原理を述べよ。また，発電用復水タービンの最終段落動翼の長翼化により，機械構造上の信頼性に関わる条件が特に厳しくなる。信頼性に関わる条件として代表的な項目を，遠心力以外に2項目挙げ，厳しくなる理由とその対策技術の1例をそれぞれ述べよ。

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 近年，非常時のエネルギー供給の確保やエネルギーの効率的利用の観点から，分散型エネルギーの導入が求められている。あなたが，地域に賦存する再生可能エネルギー及びコージェネレーションシステムを活用した，分散型エネルギーシステムによる地域向け熱電供給事業を検討する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。

- (1) 分散型エネルギーの概念及び代表的機器構成を述べた上で，導入に当たって検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順とその際に留意すべき点，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 既設微粉炭焚火力発電所がCO₂排出量の削減を目的に，木質バイオマス燃料の混焼化を計画している。本計画を進める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。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 本計画を進める手順とその際に留意すべき点，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。

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 一般に動力エネルギー設備は，産業やライフラインを支えるなど重要な役割を担っており，高い信頼性が求められているが，その一方で，設置から長期間が経過し，老朽化対策が必要な設備が存在する。そこで，あなたが知る分野の動力エネルギー設備を1つ想定し，当該設備の信頼性を長期に亘って維持することを目的に，老朽化対策を立案する責任者に任命されたとして，以下の問いに答えよ。

- (1) 既に老朽化した，あるいは将来老朽化が予測される動力エネルギー設備を具体的に想定して，設備の概要（主要構成機器名，代表的仕様，経過年数）を示すとともに，老朽化対策の立案に先立って，技術者としての立場で，あなたが重要と考える調査・評価項目を含む課題を多面的な観点から抽出し分析せよ。
- (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上で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 情報化社会の進展に伴い，日本をはじめ世界ではIoT，AI，5G通信やスマートフォンに代表されるデジタル技術，高速データ通信技術やデジタル利用機器による新しいサービスが次々と生まれ，自動運転技術を用いたモビリティサービスなど，更なる拡大が期待されている。これらの技術やサービスを支える社会インフラの1つがデータセンタであり，温度管理を必要とするデバイスが大量の電力を消費することから，その冷却技術とシステム全体の省エネ技術も重要な技術要素となっている。また，扱うデータ量の増加とともにサーバー1台当たりのデータ処理量も増加している。このような社会状況と背景を踏まえ，技術者として以下の問いに答えよ。

- (1) 今後のデータセンタ設計に当たって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，多面的な観点から課題を抽出し，その内容を観点とともに示せ。
- (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上で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。

模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅲ－１

技術部門	機械部門
選択科目	熱・動力エネルギー機器
専門とする事項	火力発電プラント全般

※

○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>想定する動力エネルギー設備</u>
老朽化対策を行う動力エネルギー設備として、以下を想定する。	
①	設備：超々臨界圧火力発電所
②	燃料：石炭
③	出力：1000MW
④	経過年数：20年
2.	<u>重要と考える調査・評価項目を含む課題</u>
老朽化対策の立案に先立って、重要と考える調査・評価項目を含む課題を以下に挙げる。	
<u>(1) ボイラ設備の腐食</u>	
ボイラ給水の水質管理の問題や、復水器海水リークが原因で、ボイラ管の腐食が進行していることが懸念される。また、排ガスダクトにおいては排ガス中に含まれるSOxがダクト低温部で凝縮し、硫酸腐食していることも懸念される。ボイラ管に対しては超音波測定により減肉が発生していないか確認し、排ガスダクトにおいてはダクト内壁の点検を行う。これら腐食の進行状況を把握し、適切な対策を取ることが課題である。	
<u>(2) ボイラ管のエロージョン</u>	
ボイラ管は、ボイラ内の燃焼ガスに含まれる灰や、ストブロワ（除塵装置）の噴射蒸気が原因で、エロージョンが発生していることが懸念される。エロージョンが懸念されるボイラ管外面に対して浸透探傷試験を行うことで、エロージョンの状況を把握することが課題	

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。）

となる。

(3) タービン翼の変形

タービン翼は長年運転すると、クリープや熱疲労により変形することが懸念される。タービンの解放点検を行い、各タービン翼の変形状況を確認して、必要に応じて新しいタービン翼に交換する。適切なタービン翼交換計画を立てることが課題となる。

3. 最も重要な課題とその解決策

ボイラ管のリークは、腐食が原因となっていることが多い。一度ボイラ管のリークが発生すると、発電所の運転を停止し、補修工事を行う必要があるため、発電所稼働率への影響が大きい。そのため、ボイラ設備の腐食が最も重要な課題と考え、以下に解決策を示す。

(1) ボイラ給水の水質の改善

ボイラ給水の水質管理について調査を行い、薬液注入量などで問題があれば改善する。また、旧式の水処理方式を採用している場合は、最新の酸素処理方式に転換する。酸素処理方式は、ボイラ給水に酸素を注入することで、ボイラ管内面にヘマタイト（鉄の酸化被膜）を形成する。これにより、ボイラ給水の水質がより安定し、腐食のリスクを低減することができる。

(2) 復水器海水リークの早期検知

復水器のチューブで海水リークが発生した場合、早期に検知できるように、復水に電気伝導度分析計を設置する。もし復水器で海水リークが発生したとしても、

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。）

発電所運転を停止することで、ボイラ管の腐食を防ぐことができる。

(3) 硫黄分の少ない石炭の使用

排ガスダクトで硫酸腐食が問題となり、脱硫設備でも対応できない場合は、燃料を硫黄分の少ない石炭に変更する。

4. 解決策の波及効果と懸念事項への対応策

(1) 解決策の波及効果

ボイラ給水の水質管理を改善することにより、ボイラを適切な状態に保つことができるため、ボイラ化学洗浄の頻度を低減できる。また、ボイラ管リークのようないきなトラブルを防ぐことができるため、補修工事も不要となる。結果としてメンテナンス費用を低減できる。

(2) 懸念事項への対応策

ボイラ給水の酸素処理方式は、ボイラ入口給水の酸素濃度分析計をもとに酸素注入量を制御している。もし酸素濃度分析計で異常が発生したら、酸素の過注入や酸素不足といった問題が発生する。また、復水器の電気伝導度分析計においても異常が発生するリスクがある。これら分析計においては、信頼性が高いものを選ぶこと、多重化して冗長性を持たせること、異常が発生した場合は制御システムで検知しアラームを出すようにすること等が必要である。

問題文とA評価答案例

(選択科目)

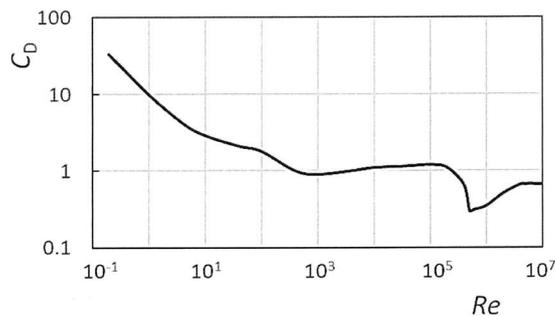
～01-5 流体機器～

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 平行流中に軸が流れと垂直になるように置かれた，円柱の抗力係数 C_D のレイノルズ数 Re に対する変化を下図に示す。ここで， $Re = Ud/\nu$ ， $C_D = 2F/(\rho U^2 d)$ であり， U ：平行流の流速， d ：円柱の直径， ν ：動粘度， F ：円柱の単位長さ当たりの抗力である。 Re が 5×10^5 付近で C_D が急減する理由を，流れの様子とともに説明せよ。説明には図を用いてもよい。



Wieselsbergerによる実験結果

Ⅱ-1-2 PTV (Particle Tracking Velocimetry) は一時刻目の画像の粒子に対応する粒子を二時刻目の画像から探し出して速度ベクトルを推定する方法であるが，これに対して，PIV (Particle Image Velocimetry) は相関法に基づいて速度ベクトルを推定する方法である。PIVの直接相互相関法により速度ベクトルを推定する方法について説明せよ。また，直接相互相関法による解析が苦手とする流れ場を挙げ，その理由を説明せよ。説明には図を用いてもよい。

Ⅱ－１－３ 製品開発に当たり、乱流となる流れを対象に数値流体解析を行い、期限内に結果を示すこととなった。解析実施担当者として、計算格子を作成する上で留意すべき点について述べよ。ただし、用いる計算機の数・記憶容量には上限があり、数値流体解析手法は、有限体積法あるいは有限要素法によりナビエ・ストークス方程式あるいはナビエ・ストークス方程式に時間平均や空間フィルタ操作等を施した方程式を解く手法であるとする。

Ⅱ－１－４ ターボ機械において、回転する羽根車により流体に与えられる比エネルギー ΔE は次のように表すことができる。

$$\Delta E = \frac{1}{2}(u_2^2 - u_1^2) + \frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) + \frac{1}{2}(w_1^2 - w_2^2)$$

ここで、 u は羽根車の周速度、 v は静止座標系から見た流体の絶対速度、 w は回転する羽根車におかれた相対座標系から見た流体の相対速度、添字 1 と 2 はそれぞれ羽根車の入口と出口を示す。角運動量の保存則と羽根車における流体の速度三角形（速度線図）から上式を導け。また、上式右辺の 3 つの項の物理的意味を述べよ。これらの導出、説明には図を用いてもよい。

令和 2 年度 技術士第二次試験 答案用紙

受験番号	
問題番号	II-1-1

技術部門	機械 部門
選択科目	流体機器
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. Re 数の意味

Re 数は、慣性力 $\rho d^2 U^2$ と粘性力 $\mu U / d$ の比である。ここで、 ρ : 流体の密度、 μ : 流体の粘性係数である。

2. Re 数による流れ場の変化

① $Re < 10^3$

Re 数が大きいほど粘性の影響が小さくなり、CD が減少する。流れは全域で層流である。流れの概要を図 1 に示す。

② $10^3 < Re < 10^5$

① に加え、流れが層流から遷移領域を含むようになる。これにより、円柱壁面近傍の速度勾配が増加する。結果として CD はほとんど変わらない。

③ $10^5 < Re$

流れが乱流遷移する。これにより流れの剥離点が後方化する。剥離点が後方化することにより、後流の抵抗が減少する。概要を図 2 に示す。また、流れ方向の圧力分布を図 3 に示す。

$Re > 10^5$ では、剥離点が後方化し、低圧部の領域が小さくなる。これにより、円柱には圧力抵抗が減少する。

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 社会インフラの老朽化が深刻な問題となる中で，流体機器の更新時には既存の設備に合わせた提案を要求される場合が多い。あなたは1980年以前に作られた流体機器更新の担当責任者として，既存の設備を有効利用することによりコストを抑えて作業を進めることになった。対象とする流体機器を挙げ，下記の内容について説明せよ。ただし，原動機，電動機については考えなくてよい。

- (1) 対象とする機器について簡潔に説明するとともに，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 これまで流体機器設計開発のため，小スケールの模型試験やCFDを用いるものの，最終的にはスケールや運転環境を模擬した実機試験により性能確認を実施していた。しかし，実機試験はコストがかかる上に，試験設備は老朽化して設備更新もコスト的に困難な状況である。そのため，近いうちに実機試験設備は使えなくなることを想定し，今後はCFD解析をメインとする設計開発に移行する方針となった。移行に際してCFD解析の結果から得られる性能指標の確かさを問われることが想定される。あなたが流体機器の設計・開発の担当責任者として業務を進めるに当たり，CFD解析をメインとする設計開発手法への移行に向けて下記の内容について記述せよ。

- (1) 対象とする流体機器を特定し，調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 業務を進める手順とその際に留意すべき点，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。

令和 2 年度 技術士第二次試験 答案用紙

受験番号	
問題番号	II-2-2

技術部門	機械	部門
選択科目	流体機器	
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.	対象とする機器及び調査検討すべきこと
	対象とする流体機器は、航空機とする。この場合の調査・検討すべきことを以下に挙げる。
①	CFDの精度確認
	小スケールの試験結果とCFDが整合することを確認したうえで、実機のCFDを行う。小スケールと実機ではRe数が異なるため、Re数の違いを評価することが重要である。
②	機体形状の模擬度の影響評価
	実機形状と形状データは、舵面と母機とのすき間や、左右非対称性が異なる。これらの中には、実機で計測できないものがある。特に空力的な影響が生じると考える、舵面と母機とのすき間については、実機測定結果をCFDに反映する必要がある。
③	実機飛行時には計測できないデータによる影響評価
	実機飛行時に直接計測できない、推力等のデータが存在する。これらによる影響は、機体にとって大きく、無視できない。
2.	業務手順と留意すべき点、工夫を要する点
ア)	CFDの妥当性確認
	既存の試験結果や、公刊文献による結果と比較し妥当性を確認する。また、格子刻みを細かくした場合の影響や、乱流モデルの選択の違いによる影響を評価する。
	留意すべき点は、様々な条件で解析することである。

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。)

C F D に よ っ て は 、 精 度 が 低 い 解 析 条 件 が 存 在 す る た め
で あ る 。
イ) 機 体 形 状 の 影 響 の 評 価
機 体 の 空 力 デ ー タ を 取 得 す る た め に は 、 機 体 形 状 を
実 機 と 合 わ せ る こ と が 重 要 で あ る 。 こ の 場 合 に 、 空 力
デ ー タ へ の 影 響 が 大 き い 舵 面 と 母 機 の す き 間 、 左 右 非
対 称 性 に つ い て 、 評 価 す る 。
留 意 す べ き 点 は 、 実 機 で は 、 動 圧 に よ り 機 体 形 状 が
変 化 し 、 そ れ に よ り 空 力 デ ー タ も 変 化 す る た め 、 こ の
影 響 を 正 確 に 見 積 も る こ と で あ る 。 こ の た め に は 、 構
造 変 形 解 析 と 連 成 す る 必 要 が あ る 。 つ ま り 、 C F D と 並
行 し て 構 造 変 形 解 析 を 実 施 す る 必 要 が あ る 。
3 . 関 係 者 と の 調 整 方 策
a) 製 造 担 当 と の 調 整
空 力 デ ー タ に 大 き く 影 響 す る 可 能 性 が あ る 部 位 の 、
許 容 誤 差 を 小 さ く す る 、 ま た は 、 実 機 の 値 を 精 度 よ く
計 測 す る よ う 、 依 頼 す る 。 こ の た め に は 、 設 計 担 当 か
ら 、 空 力 デ ー タ に 大 き く 影 響 す る 部 位 を 連 絡 す る 。
b) 構 造 強 度 担 当 と の 調 整
C F D と 構 造 変 形 解 析 を 同 時 に 実 施 す る こ と に な る た
め 、 空 気 力 や 変 形 量 の デ ー タ の や り 取 り 方 法 や 、 空 気
力 デ ー タ の 提 示 、 変 形 量 の 入 手 に 関 す る 方 法 を 検 討 す
る 必 要 が あ る 。 以 上

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 近年AM（Additive Manufacturing）として使用されている3Dプリンタは低価格化が進み，特性の異なる多種の方式が実用化されている。流体機器の開発，設計，製造の各フェーズにおいても，メリットが得られる3Dプリンタの活用方法が考えられる。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）流体機器を1種類挙げ，これを開発・設計・製造する際に，いずれかのフェーズにおける流体機器特有の3Dプリンタの活用方法を，用いる3Dプリンタの特性とともに示せ。また，そのように3Dプリンタを活用する上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，その課題の解決策を3つ示せ。
- （3）前問（2）で示したすべての解決策を実行した上で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 流体機器は、ポンプや圧縮機、タービンなどが「産業の心臓」といわれるように、高度に機械化された現代社会を支えるために必要なものである。それゆえ故障や破損に伴う停止や運転不能は大きな問題となり、効率的で適切な「運用」と「維持管理」による健全性が常に求められる。我が国においては、熟練技術者や操作者の高齢化や労働力人口の減少に伴い、ノウハウや経験に裏打ちされた「運用」と「維持管理」の継続が難しい状況になりつつある。一方、近年のデジタル技術の急速な発展により、IoTや5G技術をはじめとする多くの情報通信技術（ICT）が他の技術分野に導入されはじめ、機械においても幅広い領域にその技術の導入、利用が始まっている。特に、機械の効率的で適切な「運用」や「維持管理」の技術はICT・IoTの利用により高度化され発展し続けている。このような状況を踏まえて、流体機器を専門に扱う技術者として、以下の問いに答えよ。

- (1) 流体機器又はそれを主機とするシステムを具体的に1つ挙げ、ICT・IoTを利用する「運用」や「維持管理」のシステムをそれに構築する上での課題を多面的な観点から抽出し、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、その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) 前問(2)で提示した解決策に共通して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。

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 金属等の板材に対して精密に穴あけや切断加工などを行う板金加工業界において、従来から広く用いられているタレットパンチプレス（通称タレパン）に対し、最近ではレーザー加工機が急速に普及してきている。これら2つの機械の加工方法の違いについて記述し、加工の観点からレーザー加工機のタレットパンチプレスに対する有利な点と不利な点を説明せよ。

Ⅱ-1-2 工作機械における工具・工作物間の運動精度は最終製品の精度、ひいては性能を左右するため重要である。一般的な工作機械では、多軸の運動を実現するために回転運動や直線運動を支持する機構が複数組み合わせられ、さらに、加工に伴う力を支持しながら高精度な運動を実現することが求められる。各部の運動精度を悪化させる要因を3つ以上挙げ、精度を向上するための方策を説明せよ。

Ⅱ-1-3 人が作業を行う多工程の組立ラインに要求される年間生産量 Q とサイクルタイム（タクトタイム，ピッチタイムともいう） C との関係を表す式を示せ。また，サイクルタイム C からライン編成効率 η を求める式を示せ。ただし， Q と C 以外の定数又は変数を使用する場合は，その意味又は定義を記述せよ。この組立ラインの要求生産量が10%程度増加する場合の対応方法を4つ以上挙げ，上記の2つの式と関連付けて説明せよ。

Ⅱ-1-4 製品の外観検査ではキズ，欠け，余肉，打痕などの欠陥について良品と不良品を人の目で判定する場合が多い。検査人員の削減と，検査員による判定の個人差の解消のため，外観検査の自動化が進められている。目視による外観検査の自動化には大きく分けて二次元の画像処理技術を利用した方法と三次元の形状計測技術を活用した方法との2種類がある。それぞれの方法の技術的な特徴と，生産ラインでの全数検査に適用する場合の課題について述べよ。

技術士第二次試験 APEC-semi 答案用紙

受験番号	
問題番号	II-1-1

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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

(1) タレパンとレーザー加工機の違いについて	
① 金型の要否	タレパンには専用の金型（通称：ダイ）が必要であるが、レーザー加工機には不要である。
② NCプログラムの要否	レーザー加工機にはNCプログラムが必須であるが、タレパンには必須条件ではない。
③ 生産ロット数と効率	タレパンはプレスによる形成、切断を行うため、多ロットを短いリードタイムで生産することに適している。レーザー加工機は、各々の形状をレーザーで加工するため、製作リードタイムがタレパンと比較して長い。
(2) レーザー加工機の有利な点	
① CAD 図面データ、座標データからダイレクトにNCプログラムを作成できるため、CAM/CAD、ラピッドプロトタイプングとの親和性が高い。	
② ダイが不要であるため、製作準備、段取り替えにかかわる時間が短縮できる。結果として、小ロットであれば総リードタイムが短いことがある。	
③ ダイが不要なので、小ロットの生産であれば、総生産コストが安いことがある。	

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 小物の試作品や単発品の高精度加工を専門としている金属プレス加工業者が，老朽化したプレス加工機の更新を検討している。そこでは能力3,000kN相当の昔ながらの単動クランクプレスとベテラン職人の技能で，今まで高品位高精度の製品加工が行われてきた。今後，従来からの強みを残しながら，さらに新しい素材や新しい加工方法への対応，また積極的な技術提案営業を展開しようとした場合，設備の更新を担当する機械技術者の立場から以下の内容について記述せよ。

- (1) 目的を満たすための設備を導入する上で調査，検討すべき事項とその内容について記述せよ。
- (2) 業務を進める手順とその際に留意すべき点，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 機械部品の生産準備における重要な業務として工程設計がある。NC工作機械による切削加工を対象とする工程設計は，①加工部位と加工仕様の理解（形状特徴の認識），②加工工程の設定（工作機械や保持方法の選択を含む），③工程ごとの加工作業の設定（工具の選択や加工条件の設定を含む），④NCプログラムの作成，の４つの業務を含む。CAD/CAM（Computer Aided Design/Manufacturing）の一貫処理を目的として，三次元CADの機能を利用して，切削加工で創成される平面，穴，ポケット，曲面等の形状特徴（Feature）を定義し，CAMにおけるNCデータの作成までの業務に利用する方法が広く適用されている。高い精度が要求される小ロットサイズの切削加工部品の工程設計について，以下の問いに答えよ。

- (1) 切削加工における工程設計を行う場合に，加工対象部品に関して調査，検討すべき事項を挙げて，その内容について説明せよ。
- (2) 三次元CADモデルの形状特徴のデータを利用して，工程設計の省力化及び自動化の業務を進める手順を記述し，その際に留意すべき点，工夫を要する点を，３つ以上挙げて説明せよ。
- (3) CAMにおける工程設計の省力化及び自動化の業務を効率的，効果的に進めるための，関係者との調整方策について説明せよ。

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	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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

<p>(1) 加工対象部品について検討すべき事項</p> <p>以下に検討すべき事項を2点示し、説明する。</p> <p>① 要求される寸法精度</p> <p>3D CADのデータは、寸法公差や幾何公差のデータを持っていないケースが多い。この状態では、どんな工法で切削加工を行うかが決定できない。製品機能上要求される精度を明確化するべきである</p> <p>② 表面処理・塗装等の有無</p> <p>後工程に表面処理（溶射、メッキ、熱処理）や塗装がある場合、切削加工時に余分な取り代が必要であったり、逆に完成寸法に対して小さめに加工することが必要だったりするケースがある。このため事前に後工程における表面処理等の有無を確認しておく必要がある。</p> <p>(2) 工程設計の省力化・自動化を進めるうえで留意・工夫すべきこと</p> <p>① 使用するCADデータの種類を統一する</p> <p>CADシステムによって、データの形式が異なることがある。異なるCADシステムを複数使用しており、データ形式が異なる場合、データの互換性がなかったり、データ形式変換に手間がかかったりする。また、変換した後も正しく表示されないことがある。</p> <p>② 適切なデータ形式を採用すること</p> <p>ラピッドプロトタイプングにおいて3DデータからAM（付加製造）の利用が進められている。3次元のCADのデータにはサーフェースモデル、ソリッドモ</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。

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。(英数字及び図表を除く。)

デル、また AM に適した STL 方式などがある。例えば、サーフェースモデルは複雑な表面形状を表現するには適しているが、内部のデータを持っておらず、重量・重心・体積のデータがない。ソリッドモデルは複雑な表面形状を表現できないが、重量・重心・体積のデータが容易に計算でき、部品同士の干渉チェックも容易である。

(3) 効率的に業務を行うための関係者との調整方法

① 各工程での形状寸法を明確化する

機械加工の工程の場合、一般的に荒加工工程、仕上げ加工工程、研削(研磨)工程など数ステップに分けて加工が進められる。それぞれに適した加工代を設定することで、全体の加工時間や費用を削減できる。関係者と全体最適が実現される加工代や加工方法を明確化し、全員が納得した上で工程設計をしていく必要がある。

③ 各工程での部品保持方法(治具の利用・チャッキング方法)を明確化する

製造工程では、加工中の部品の固定が必要なケースが多い。このため、製品上は必要がないが製造上、必要な部位や加工を追加する必要がある。また、治具やチャッキング方法の検討も必要であり、各々加工方法や工程によって考え方が異なる。工程全体で全体最適となる方法を検討し、関係者に納得いただき周知しておく必要がある。

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 工作機械による除去加工技術に加えて多様な技術が進展し，機械部品の製作技術は多様化してきている。例えばアディティブ・マニファクチャリング（3Dプリンタ）は複雑な構造を持つ部品の製作を可能にするものの，活用に際してはその特徴をよく理解する必要がある。1辺が100mm角程度の大きさの中空金属部品の製作を想定し，以下の問いに答えよ。

- (1) 上記の仕様の中空部品を製作できる従来の製作プロセスを2つ挙げよ。そして，これらのプロセスと比較しながら，アディティブ・マニファクチャリングを活用する際の課題を，技術者として多面的な観点から抽出し，その内容を観点とともに示せ。
- (2) 抽出した課題のうち，最も重要と考えるものを1つ挙げ，その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) 解決策に共通して新たに生じうるリスクを2つ以上挙げ，それらへの対策について専門技術を踏まえた考えを示せ。

Ⅲ-2 大地震，津波，台風などの自然災害，大規模な火災，感染症の流行，紛争などにより，ある生産システムにおいて，必要な材料や購入部品，又は必要な操業用材，エネルギーなどが確保できなくなり，製品を造ることができなくなるリスクがある。これに対し操業を継続するための計画，すなわちBCP（Business Continuity Plan）を平常時に準備しておくことが重要となる。BCPへの対応に関して，以下の質問に答えよ。

- (1) 具体的な機械製品の生産システムの事例を挙げ，BCPへの対応に関する課題を，生産技術者の立場から多面的に抽出し分析せよ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と思われる課題を1つ取り上げ，平常時に必要な解決策を複数挙げよ。
- (3) 提案する解決策に共通して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。

技術士第二次試験 APEC-semi 答案用紙

受験番号							
問題番号	Ⅲ-2						

技術部門	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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

(1) 機械製品のBCPにかかわる課題について																								
自動車製造業界の事例を取り上げる。自動車業界では2019年年末頃より新型コロナウイルスの感染拡大に伴い大きな影響を受けた。その影響について代表的なものを以下に示す。																								
① サプライチェーンへ影響 中国の武漢を中心に新型新型コロナウイルスの感染は拡大した。自動車業界では、1980年代頃からグローバルサプライチェーンを構築してきており、部品や完成車生産を中国の製造拠点でおこなっている会社が多い。このため、業界ではサプライチェーンに大きな打撃を受けた、その結果、国内の生産拠点においても部品の入手が困難などの理由で生産調整が発生した。																								
② 設備投資の縮小 世界的な景気の後退のため、需要が減少し計画していた設備投資が継続できないという会社が増えた。このため、更新を控えていた既存の設備を継続的に使用しなければならぬというケースが増えた。																								
③ 企業変革力（ダイナミックケイパビリティ）がより求められるようになった 急速な市場、サプライチェーンの変化に柔軟に対応できる力（ダイナミックケイパビリティ）が求められるようになってきた、例えば、需要変動に対応可能なグローバルチェーンの構築、柔軟な工程変更は自動車業化にとって急務である。																								

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。なお、英字・数字は1マスに2文字を目安とする。

(2) 設備投資の縮小に伴う解決策について																								
設備投資の縮小に伴い、既存の設備をより長く、良い																								
状態で使用することが求められるようになってきた。																								
このために、以下の解決策が考えられる。																								
① IoTを活用したスマートファクトリ化によって設備																								
保全を効率よく行う																								
IoT技術を利用すれば、生産設備の状態を逐次監視す																								
ることが出来る。これにより、設備の異常をいち早く																								
発見することが出来、結果として生産の停止につなが																								
るような重大設備不具合を防ぐことが出来る。																								
② 予知保全を取り入れることにより、設備故障を未然																								
に防ぐ																								
従来、「事後保全」や「定期保全」をしていた設備を																								
「予知保全」に切り替えることにより																								
効率よく、最適な保全活動を行う。故障が発生してか																								
ら修理を行う事後保全では、重大な設備異常が発生し、																								
復旧まで時間がかかったり、生産そのものが長期停止																								
してしまったりすることがある。また、定期保全はその																								
の間隔(保全周期)の決定が難しく、短すぎたり長す																								
ぎたりすれば効率的な保全が行えない。一方で、予知																								
保全は設備の状態を温度、音および振動などの因子か																								
ら推定し適切なタイミングで保全活動を行うことが出																								
来る。また上述したIoTによる設備監視とも親和性が																								
高い。よって、予知保全に切り替えることにより																								

