

平成 26年度技術士第二次試験

**筆記試験問題・合格答案実例集**  
**[金属部門]**

**APEC-semi & SUKIYAKI 塾**

# 問題文と正答

(必須科目)

平成26年度技術士第二次試験問題〔金属部門〕

7 金属部門【必須科目 I】

I 次の20問題のうち15問題を選び解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

I-1 平成24年度における国内の高炉スラグの利用率に最も近いものはどれか。なお、高炉スラグの利用率は鉄鋼スラグ協会がまとめた平成24年度の高炉スラグ生産量に対する高炉スラグ使用量の割合とする。

- ① 0%    ② 25%    ③ 50%    ④ 75%    ⑤ 100%

I-2 平成24年度における国内のスチール缶のリサイクル率に最も近いものはどれか。なお、スチール缶のリサイクル率は、国内スチール缶回収・再資源化重量をスチール缶消費量で割ったものである。

- ① 60%    ② 70%    ③ 80%    ④ 90%    ⑤ 100%

I-3 日本鉄鋼連盟の集計データによると平成25年の日本全体の粗鋼の生産量は約1億1057万トンである。電炉鋼の比率に最も近いものはどれか。なお、電炉鋼の比率は日本鉄鋼連盟の粗鋼炉別構成比の少数点以下を四捨五入した値とする。

- ① 13%    ② 23%    ③ 58%    ④ 78%    ⑤ 88%

I-4 現在わかっている大陸性地殻の元素の存在度について、次の元素のうち、その重量濃度の値が最も小さいものはどれか。

- ① けい素    ② 鉄    ③ カルシウム    ④ 酸素    ⑤ アルミニウム

I-5 次のうち、アルミニウム製錬の主要な原料鉱石はどれか。

- ① ボーキサイト (Bauxite)    ② イルメナイト (Ilmenite)  
③ ドロマイト (Dolomite)    ④ カルコパイライト (Chalcopyrite)  
⑤ ヘマタイト (Hematite)

I-6 ゴールドシュミット博士 (Dr. Goldschmidt) によって分類された元素分類には、気体として存在する親気元素，硫酸塩に親近性を示す親銅元素，鉄に親近性を示す親鉄元素及びケイ酸塩に親近性を示す親石元素があるが，次のうち親銅元素でないものはどれか。

- ① 亜鉛    ② 銀    ③ ニッケル    ④ 鉛    ⑤ 硫黄

I-7 次の金属のうち，融点が最も低いものはどれか。

- ① 亜鉛    ② インジウム    ③ 鉛    ④ すず    ⑤ ナトリウム

I-8 次のうち，非鉄金属と製錬プロセスの組合せとして最も不適切なものはどれか。

- ① 銅 - 自溶炉法    ② ニッケル - ISP法    ③ チタン - Kroll法  
④ 鉛 - Betts法    ⑤ アルミニウム - 熔融塩電解法

I-9 オーステナイト系ステンレス鋼の熱処理において，一般に1,000℃以上の温度から急冷する操作は何という処理か。

- ① 固溶化熱処理    ② 焼ならし    ③ マルテンパ    ④ 焼入れ    ⑤ 焼戻し

I-10 次のうち，薄鋼板のストレッチャーストレインの防止方法として最も不適切なものはどれか。

- ① 鋼中の炭素，窒素含有量を下げる。  
② 製鋼時にアルミで脱酸し，鋼中の窒素を安定な窒化物にする。  
③ チタンを添加し，鋼中の炭素と窒素をそれぞれ安定な炭化物と窒化物にする。  
④ 数%の引張歪みを与えた後，歪み時効処理を行う。  
⑤ 焼なまし後に軽度の調質圧延を行う。

I-11 次のうち、共晶温度近傍でアルミニウムへの固溶度が最も高い元素はどれか。

- ① Mg ② Cr ③ Mn ④ Fe ⑤ Cu

I-12 次のうち、析出現象を強化（硬化）に用いている合金材料として最も不適切なものはどれか。

- ① マルエージング鋼 ② 超ジュラルミン  
③ 64チタン合金 (Ti-6Al-4V合金) ④ ニッケル基耐熱超合金  
⑤ ZK60マグネシウム合金 (Mg-Zn-Zr系合金)

I-13 次のうち、鉄鋼素材の浸炭処理において注意すべき現象として最も不適切なものはどれか。

- ① 網目状炭化物の析出 ②  $\zeta$ 相の形成 ③ 粒界酸化物の析出  
④  $\gamma$ 相の残留 ⑤  $\gamma$ 粒の粗大化

I-14 次のうち、表面改質と直接関係ないものはどれか。

- ① CVD ② ショットピーニング ③ イオンプレーティング  
④ CIP ⑤ 陽極酸化

I-15 次のめっきのうち、ぶりき板に使用されるものはどれか。

- ① 亜鉛めっき ② アルミニウムめっき ③ すずめっき  
④ 金めっき ⑤ クロムめっき

I-16 炭素鋼を大気中800 Kで酸化した。次のうち、炭素鋼表面から形成される酸化物の順番として、最も適切なものはどれか。

- ① 炭素鋼 / FeO / Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> / Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / 空気
- ② 炭素鋼 / Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> / FeO / 空気
- ③ 炭素鋼 / Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> / Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / 空気
- ④ 炭素鋼 / Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> / 空気
- ⑤ 炭素鋼 / FeO / Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> / 空気

I-17 次のうち、ダイカスト法が適用されない材料はどれか。

- ① マグネシウム合金      ② 亜鉛合金      ③ アルミニウム合金
- ④ 鋳鉄                      ⑤ 銅合金

I-18 次のうち、板材のせん断加工ではないものはどれか。

- ① スリッティング      ② ヘッディング      ③ ピアシング
- ④ トリミング            ⑤ シェービング

I-19 溶接・接合法に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 常温圧接は、外部から熱又は電流を加えることなく、母材を室温で強く圧縮して、局部的に塑性変形させて行う溶接方法である。
- ② 摩擦圧接は、母材を接触させ、加圧しながら接触面の相対運動によって摩擦熱を発生させ、アプセット推力を加えて行う圧接方法である。
- ③ 爆発圧接は、火薬の爆発による衝撃圧力を利用して行う固相接合法である。
- ④ スポット溶接は、重ね合わせた母材を、先端を適正に整形した電極の先端で挟み、比較的小さい部分に電流及び加圧力を集中して局部的に加熱し、同時に電極で加圧して行う抵抗溶接方法である。
- ⑤ 拡散接合は、母材を密着させて塑性変形を生じない程度に加圧して、母材の融点以上の温度条件で、接合面間に生じる原子の拡散を利用して接合する方法である。

I-20 次の切断法のうち、1つだけ分類が異なるものはどれか。

- ① ガス切断                      ② プラズマ切断                      ③ レーザー切断
- ④ ウォータージェット切断      ⑤ ワイヤカット放電切断

平成26年度技術士第二次試験筆記試験 択一式問題の正答

7. 金属部門

問題番号	正答番号
I-1	5
I-2	4
I-3	2
I-4	3
I-5	1
I-6	3
I-7	5
I-8	2
I-9	1
I-10	4

問題番号	正答番号
I-11	1
I-12	3
I-13	2
I-14	4
I-15	3
I-16	3
I-17	4
I-18	2
I-19	5
I-20	4

# 問 題 文

(選択科目)

～07-1 鉄鋼生産システム～

平成26年度技術士第二次試験問題〔金属部門〕

7-1 鉄鋼生産システム【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2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し，それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 鉄鉱石から鉄を得る工業プロセスを2つ以上挙げ，その特徴について述べよ。

Ⅱ-1-2 スラグの塩基度について説明せよ。

Ⅱ-1-3 電気炉による鉄鋼生産プロセスにおける代表的な省エネルギー技術を3つ挙げ，各々の原理を説明せよ。

Ⅱ-1-4 鉄鋼生産や研究開発において利用されている計測技術を2つ挙げ，それらの測定原理，特徴，適用例を説明するとともに，問題点についても述べよ。

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。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ あなたが担当者として，環境に対応した新しいスラグの利材化プロジェクトを進めるに当たり，下記の内容について記述せよ。

- （１）想定するプロジェクトの内容
- （２）計画するに当たって考慮すべき事項
- （３）業務を進める手順
- （４）業務を進める際に留意すべき事項

Ⅱ－２－２ あなたがプロセス改善の担当者として高炉-転炉-連続鑄造プロセスの省エネルギープロジェクトを進めるに当たり，下記の内容について記述せよ。

- （１）想定するプロジェクトの内容
- （２）計画するに当たって考慮すべき事項
- （３）業務を進める手順
- （４）業務を進める際に留意すべき事項

7-1 鉄鋼生産システム【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。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 鉄鋼製造プロセスにおいて，低品質の原料にも柔軟に対応して高効率で高品質な鋼を製造することは重要な課題である。以下の問いに答えよ。

- (1) 検討すべきプロセスを1つ挙げるとともに，それを挙げた理由を述べよ。
- (2) そのプロセスにおいて目的を達成するための技術的課題を示し，それを解決するための技術的提案を示せ。
- (3) あなたの技術的提案がもたらす効果を具体的に示すとともに，そこに潜むリスクについても論述せよ。

Ⅲ-2 鉄鋼製造プロセスにおいて，ダスト，スラグ等副生物の低減や利材化を進めることは，環境保全・省エネルギーの観点において重要な課題である。以下の問いに答えよ。

- (1) 検討すべき副生物発生量低減プロセス若しくは利材化プロセスを1つ挙げるとともに，それを挙げた理由を述べよ。
- (2) そのプロセスにおいて目的を達成するための技術的課題を示し，それを解決するための技術的提案を示せ。
- (3) あなたの技術的提案がもたらす効果を具体的に示すとともに，そこに潜むリスクについても論述せよ。

# 問 題 文

(選択科目)

～07-2 非鉄生産システム～

平成26年度技術士第二次試験問題〔金属部門〕

7-2 非鉄生産システム【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2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 日本国内で稼働している亜鉛製錬には、乾式製錬法と湿式製錬法がある。両方の製錬法の概要を説明し、その特徴を述べよ。

Ⅱ-1-2 近年、廃棄物や使用済み製品に含まれる非鉄金属についても、新たな資源としてリサイクルされるようになってきている。都市鉱山の概念を説明し、使用済み鉛蓄電池から鉛を回収するリサイクル方法とその課題を述べよ。

Ⅱ-1-3 代表的なレアメタルの1つであるチタンの製錬法の概要を説明し、プロセスの技術課題を述べよ。

Ⅱ-1-4 電解精製と電解採取の技術的な相違点を説明し、両技術が製錬に使用されている非鉄金属名を挙げ、その使用例を述べよ。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 非鉄金属の需要は経済環境や産業活動の影響を受けて変動している。需要が大幅に変動した場合には，非鉄金属の生産計画を新たに立案することが必要となる。非鉄金属製錬所の生産計画の担当者として業務を推進するに当たり，下記の内容について記述せよ。

- (1) 生産計画の策定に当たって収集すべき事項
- (2) 生産計画立案の手順
- (3) 計画立案業務を進めるに当たって留意すべき事項

Ⅱ－２－２ 日本国内の産業で使用する非鉄金属資源は輸入に依存している。そのため，廃棄物や使用済み製品に含まれる非鉄金属についても，資源としてリサイクルされるようになってきている。新たなリサイクル原料を非鉄金属生産の資源として使用する場合に，処理計画の担当者として業務を推進するに当たり，下記の内容について記述せよ。

- (1) 処理計画の策定に当たって収集すべき事項
- (2) 処理計画立案の手順
- (3) 計画立案業務を進めるに当たって留意すべき事項

7-2 非鉄生産システム【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。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 日本円の為替の下落や原子力発電の停止によって，国内の燃料及び電気の価格が上昇して製錬コストは増加する傾向にあり，国内の非鉄製錬事業は国際的な競争力を維持することが急務となっている。このような非鉄製錬事業を取り巻く経済情勢を念頭において，国際的な競争力を維持するための方策について，以下の問いに答えよ。

- (1) 原料の観点から，その方策を述べよ。
- (2) 副産物及びリサイクルの観点から，その方策を述べよ。
- (3) 製錬技術の観点から，その方策を述べよ。

Ⅲ-2 リサイクルに対する社会ニーズが増大しており，非鉄金属についてもリサイクルが促進される傾向にあるが，使用済み製品中の非鉄金属濃度が低い場合には，廃棄されることが多い。資源の乏しい日本の産業界においては，廃棄されている非鉄金属をリサイクルするニーズは高まってきている。このようなリサイクルの情勢を考慮して，以下の問いに答えよ。

- (1) スクラップ中の非鉄金属濃度が低い場合には廃棄されることが多いが，その原因を述べよ。
- (2) 廃棄されている非鉄金属をリサイクルするために必要な技術課題を述べよ。
- (3) 非鉄金属のリサイクルを促進するための方策を述べよ。

# 問 題 文

(選択科目)

～07-3 金属材料～

7-3 金属材料【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2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて**解答設問番号**を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 鋼の高強度化について以下の問いに答えよ。

- (1) ① 結晶粒微細化，② 加工強化，③ 変態強化 それぞれの原理を，転位論に基づいて簡潔に説明せよ。
- (2) 車両，船舶，橋梁などに多く用いられる非調質型低合金高張力鋼の製造においては，高強度化と同時に低温靱性を確保することが重要である。低温靱性を確保するための組織制御指針と，それを工業的に達成する手法をそれぞれ簡潔に説明せよ。
- (3) 高温で使用される耐熱鋼のクリープ破断強さの向上に対して，固溶強化，析出強化以外で有効な金属学的手法を1つ挙げ，その原理を簡潔に説明せよ。

Ⅱ-1-2 非鉄金属及び合金の変形に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 典型的なアルミニウム合金の応力-歪み線図を模式的に描け。図を用いて，  
① 0.2%耐力，② 加工硬化指数，③ 靱性 について簡潔に述べよ。
- (2) 時効析出強化型アルミニウム合金における，以下の現象をそれぞれ簡潔に説明せよ。  
① 過飽和固溶体，② 過時効，③ 復元
- (3) アルミニウム合金と比較して，マグネシウム合金は一般に加工性に乏しく，析出強化による強度改善が図りにくい。その理由を，結晶構造，及び転位論の観点から簡潔に述べよ。必要に応じて図を用いてもよい。

Ⅱ-1-3 大型構造物，輸送機器，圧力容器などの信頼性を長期間にわたって確保するためには，① 疲労破壊，② 遅れ破壊，③ 応力腐食割れ 等の損傷を未然に防止することが極めて重要である。以下の問いに答えよ。

- (1) ①，②，③の破壊機構について，それぞれ簡潔に説明せよ。
- (2) ①，②，③の破壊現象に対する対策について，それぞれ簡潔に述べよ。

Ⅱ－１－４ 二元系合金状態図における以下の４つの基本型を図示するとともに、それぞれの反応で形成される典型的な微細組織も模式的に図示せよ。

- ① 共晶型，② 全率固溶型，③ 偏晶反応型，④ 包晶反応型

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。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 海外の鉄鋼メーカーへ，高強度鋼板の製造技術を有償で供与することになった。本契約の締結に当たり，技術系の担当責任者として留意すべき以下の内容について述べよ。

- (1) 現地の工場ラインで製品を製造するに当たって，予測される問題点
- (2) 必要となる具体的な技術的調査項目
- (3) 海外へ技術譲渡することで発生しうるメリット，及びデメリット

Ⅱ－２－２ 近年の計算機が目覚ましい性能向上によって，大規模なシミュレーションをベースとする新機能物質，新材料の予測・開発が望まれている。そのようなプロジェクトを，担当責任者として以下に沿って企画・立案せよ。

- (1) 具体的なターゲット物質と，その開発へ向けて必要とされる特性
- (2) シミュレーションの具体的な内容・計画と，プロジェクトに要する期間の設定
- (3) プロジェクトの独創性と，将来期待される付加的効果

7-3 金属材料【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。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 CO<sub>2</sub>ガス排出量削減は、国際的な重要課題である。我が国においては、CO<sub>2</sub>ガス排出量の約20%が自動車からの排出であることから、自動車の燃費改善に係る技術開発は特に重要となる。燃費改善は主にハイブリッド車や電気自動車等、動力機関の効率向上により進められているが、車両の軽量化も燃費改善に大きく寄与する。それゆえ我が国では、平成25年度から政府主導のもと「革新的新構造材料等技術開発」プロジェクトが実施され、自動車を中心とした車両の軽量化に向けたマルチマテリアル化の取組みが進められている。そういった状況を考慮して、金属材料分野の技術者として以下の問いに答えよ。

- (1) 自動車等輸送機器の軽量化を目的に使用されている金属材料（鉄鋼系，非鉄系いずれでもよい）を1つ挙げ、それによって得られる軽量化効果と、さらなる軽量化を実現するための技術的課題についてそれぞれ述べよ。
- (2) (1) で挙げた課題を解決するための技術的提案を具体的に述べよ。
- (3) あなたの技術的提案を実施した場合に生じうる問題点や、残された課題についても論述せよ。

Ⅲ-2 資源に乏しい我が国においては、生活基盤を支える金属元素を持続的に確保していくための施策が不可欠である。金属材料分野の技術者が貢献すべき役割は、都市鉱山に代表される使用済み機材からの効率的リサイクル法の確立，希少金属を代替する新物質の研究・開発，さらには海底資源までも着目した採取法検討など，非常に多岐にわたると言えよう。そういった状況を考慮して，以下の問いに答えよ。

- (1) 基盤元素の持続的確保へ向けて，検討すべき項目の具体例を1つ挙げ，その内容を包括的に述べよ。
- (2) 上述した検討項目に対して，あなたが重要と考える技術的課題を複数挙げ，それらの解決へ向けた技術的提案について述べよ。
- (3) あなたの技術的提案がもたらす効果を具体的に示すとともに，それを実施した場合に生じうる問題点についても論述せよ。

# 問題文とA評価答案例

(選択科目)

～07-4 表面技術～

平成26年度技術士第二次試験問題〔金属部門〕

7-4 表面技術【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2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 アルミニウム材料表面を陽極酸化することにより形成するアルマイト皮膜について、特徴並びに実用上の注意点について述べよ。

Ⅱ-1-2 プラズマプロセスによる金属材料の表面処理において、基材にバイアス電圧を印加することの技術的特徴を述べよ。

Ⅱ-1-3 油・ガス田用の腐食抑制剤は一般的にインヒビターと呼ばれている。このインヒビターについて述べよ。

Ⅱ-1-4 金属材料の大気腐食挙動評価のために、塩水噴霧試験（SST）や複合サイクル試験（CCT）が行われる。両者を、その特徴を考慮しつつ比較せよ。

技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	金属	部門
問題番号	Ⅱ-1-1	選択科目	表面技術	科目
答案使用枚数	1 枚目 / 枚中	専門とする事項	腐食診断	

○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。

アルマイト皮膜の特徴と実用上の注意点について述べる。

1 特徴

アルマイト皮膜は、電解液に浸漬した二本の電極間に直流電圧を印加し、陽極側の金属表面に生じる酸化皮膜を利用するものである。

図1にアルマイト皮膜の断面模式図を示す。アルマイト皮膜の表面には、 $\phi 10\text{nm}$ の細孔がある。細孔があると腐食が生じやすいため、封孔処理を行う。その後、使用する。

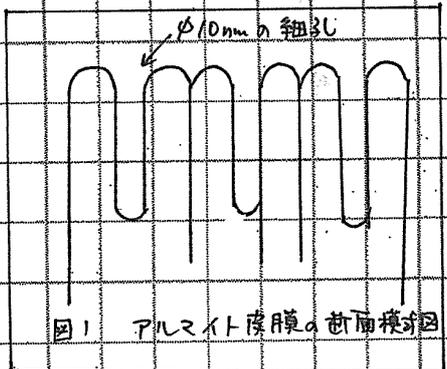
アルマイト皮膜を形成することによって、硬さと耐摩耗性などを得ることができ、2000系展伸材の場合、ビッカース硬さHV250以上となる。

さらに、硬質アルマイト皮膜では、ビッカース硬さHV350以上を得ることができ、アルマイト皮膜は封孔処理することによって、緻密で硬い皮膜を得ることができ、耐摩耗性に優れる。このため、摺動部品の軽量化を目的として、アルマイト皮膜が用いられる。

2 実用上の注意点

アルマイト皮膜は、母材に含まれるケイ素などの介在物により、皮膜厚さが不均一となる。また、エッジ部では、クラックが入ることがあるため、孔食が突生する可能性がある。

以上



## Ⅱ－１－２（プラズマプロセスによる金属材料の表面処理において、基材にバイアス電圧を印可することの技術的特徴を述べよ）

プラズマを利用した金属材料の表面処理プロセスにおいて、基材にバイアスの電荷を印可することの意味としては、以下のようなことが考えられる。

①放電により、プラズマを発生させる。

②プラズマによって励起されたイオン種、あるいはターゲットから飛び出した荷電粒子を、静電気力でひきつける。

①については、例えば、減圧下、窒素ガス中で基材に高電圧を印可することで、基材周辺にプラズマが発生して窒素ガス分子が励起され、発生したイオンやラジカル分子が基材に侵入することで、表面が窒化される。プラズマ窒化、プラズマ浸炭として実用化されている。

②については、別な場所で励起生成されたイオン種や、ターゲットから飛び出した荷電粒子を、静電気力で引き寄せ基材表面に堆積させることができる。スパッタリングとして応用されている。

なお、最近、プラズマイオン注入（PSII）という、処理物に高い電圧を印可して、全方位からつき周りの良いイオン注入や表面処理を行う技術が開発され注目されている。

技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	金属	部門
問題番号	II-1-4	選択科目	表面技術	科目
答案使用枚数	1 枚目 / 枚中	専門とする事項	腐食診断	

○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。

塩水噴霧試験（以下、SST）と複合サイクル試験（以下、CCT）について述べる。

1 SST

5% NaCl 水溶液を連続的に噴霧する試験がある。pH は 6.5、試験槽内温度は 35℃ の一定温度で試験を実施する。

試験の再現性に優れているため、製品の性能試験に用いられる。しかし、実環境との相関性は、ほとんどない。このため、SST の試験時間が、屋外暴露何年相当とはいえない。

促進性を高めるために、酢酸を追加した酢酸酸性塩水噴霧試験や、酢酸と塩化銅を加えたキヤス試験などがある。

2 CCT

塩水噴霧、乾燥、湿潤や低温などの工程を任意の時間、温度、湿度に設定することができ、そして、設定した工程を 1 サイクルとして、一定サイクル試験を行う。

試験条件を自由に変更できるため、設定サイクルによ、ては、実環境との相関性に優れた試験方法となる。例えば、JASO サイクルでは、45 サイクルで沖縄暴露 1 年に相当する。ただし、この数値は、裸鋼板の場合であり、その他の金属材料では、これらの数値は変化する。実際の使用環境や使用材料を十分に把握した上で、サイクル条件を設定することが重要となる。以上

II-1-4 (金属材料の大気腐食挙動評価のために、塩水噴霧試験 (SST) や複合サイクル試験 (CCT) が行われる。両者を、その特徴を考慮しつつ比較せよ。

①SST について；

- ・ SST は、5wt%の中性塩化ナトリウム水溶液を 35℃で常時試験片に噴霧する。
- ・ 試験体は、常時濡れた状態にあるため、実環境とはかけ離れた腐食環境となる。
- ・ 特に、亜鉛めっきについては、インヒビターとなる亜鉛の腐食生成物が洗い流されてしまうため、寿命評価などは不可能である。
- ・ しかし、試験が簡便であり、またこれまでに多くの実績があり蓄積データも多いため、主にめっきや塗装などの耐食性能の判定や評価にいまだ広く使われている。

②CCT について；

- ・ CCT は、塩水の噴霧→乾燥→湿潤というサイクルで腐食促進が行われる。
- ・ このような塩分の供給と乾湿繰り返しサイクルは、実際の大气腐食環境により近く、実環境により近い腐食挙動を再現できる。
- ・ そのため、自動車部品などの耐食性評価に用いられており、JASO (日本自動車技術会規格) などで試験法が規定されている。

③さいごに；

- ・ 最近 ACTE という、より、実環境の腐食挙動に近い試験結果が得られる腐食試験方法が、日立と JFE スチールにより開発され、ISO 化された。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ ゴミ焼却炉壁の損傷原因を特定し，損傷軽減策を立案するに当たり，下記の内容に関し，必要とされることを記述せよ。

- （１）物理分析方法を含めた調査すべき事項
- （２）対策を進める手順と留意事項
- （３）表面処理技術，材料選定の観点からの工夫

Ⅱ－２－２ これまで，快削黄銅製品の表面装飾用に，黒クロメート処理を行ってきたが，2006年より欧州連合において施行されたRoHS指令に準拠することが必要となった。そこで，下記の内容に関し，必要とされる事項を論述せよ。

- （１）従来製品と同等の特性が得られる湿式・乾式表面処理法の選定
- （２）上記表面処理法を適用するに当たり，工夫すべき点
- （３）RoHS指令に準拠していることを確認する方法

技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門	金属	部門
問題番号	Ⅱ-2-1	選択科目	表面技術	科目
答案使用枚数	1枚目 2枚中	専門とする事項	腐食診断	

○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。

ごみ焼却炉壁の損傷原因を特定し、損傷軽減策の立案に関して、以下に述べる。
1 調査すべき事項
(1) 燃焼灰の組成
ごみ焼却炉で焼却されるごみには、木材、紙やプラスチックなど様々な物質が含まれている。このため、燃焼時に発生するガスや燃焼灰の種類は、ごみ焼却炉ごとに異なる。したがって、燃焼灰の組成を明らかにすることは、損傷原因の特定と、その対策を行う上で重要である。
燃焼灰の組成を調べる方法としては、X線回折がある。元素成分は、EDXやEPMAにより知ることができると述べている。
(2) 使用期間
どの程度、ごみ焼却炉を使用した時に、損傷が発生したのかを明確にしておく必要がある。なぜなら、ごみ焼却炉の使用期間によっても、その後の対策方法が異なるためである。短期間で損傷が発生したのであれば、現状の表面処理よりも大幅に性能を向上させた技術の適用を検討しなければならぬ。
(3) 損傷の深さ
損傷原因特定のためには、損傷箇所の状態を明らかにする必要がある。損傷がどの程度の深さまで進行しているかを調査することによって、現在の適用材料の耐用年数を推定できる。損傷深さの測定には、超音波探傷などが有効である。

◎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。



Ⅱ－２－１（ゴミ焼却炉の損傷原因を特定し、損傷軽減策を立案するに当たり、下記の内容に関し、必要とされることを記述せよ）

（１）物理分析手法を含めた調査すべき事項

調査すべき事項を、以下に列記する

- ・ 焼却炉の構造と、損傷位置
- ・ 損傷位置の表面温度、ガス温度、ガスの流速
- ・ 損傷部の堆積物の収集と分析・同定（XRD,EPMA）
- ・ 損傷部の表面状態、肉厚、スケール厚さ、断面組織写真
- ・ 焼却炉の運転形態（24時間連続か間欠運転か）
- ・ 燃焼灰や、ごみの性状の分析（塩素量など）

（２）対策を進める手順と留意事項

（２．１）対策を進める手順

①損傷メカニズムの推定；損傷位置の温度、堆積物（スケール）から、損傷メカニズムを推定する。

たとえば、温度が300℃～500℃であれば、NaSO<sub>4</sub> 溶融塩付着による腐食が考えられる。また、それ以上の温度であれば、堆積飛灰と、燃焼ガス中の塩素の相互作用によるクロリネーション反応による腐食が考えられる。

②対策；

- ・ 燃焼ガス流の水平化と、つりさげ式過熱管の採用、つまりテールエンド型ボイラへの変更。
- ・ 大口径煙道による燃焼ガスの流速低下
- ・ 燃焼ガスと過熱蒸気管の熱交換温度の適正化
- ・ ストローブローやハンマリングによる付着灰の除去

（２．２）留意事項；

・ 間欠運転している場合、温度サイクルによる熱膨張と収縮によって表面酸化スケールが剥離し、減肉して損傷することがあるため、焼却炉の運転状況も詳細に調査し、可能ならば24時間連続運転に変更すべきである。

（３）表面処理技術、材料選定の観点からの工夫

（3.1）表面処理技術の観点からの工夫

- ・ 炭化クロム溶射などにより、溶融塩や飛灰の付着を防ぐことができる。

（3.2）材料選定の観点からの工夫

・ 間欠運転が避けられない場合、大径管にオーステナイト系の材料でなく、フェライト系の材料を使う方が、膨張係数が小さいため、スケール剥離などを避けることができる。

7-4 表面技術【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。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 近年，新興国の技術レベルの向上に伴い，日本の技術的優位性が失われ，国際競争力が低下しつつあることから，我が国のモノづくり産業は，いかに低コストで高付加価値の製品を製造できるか，ということについて，一層の努力が求められている。その一方で，世界的に環境負荷低減の動きが高まるとともに，元素戦略として政治的な資源不安が高まっている。このような情勢を考慮して，以下の問いに答えよ。

- (1) 工業製品の付加価値を高めつつ，持続可能型社会へ貢献できるような，表面処理技術のあり方として，重要な因子のうち1つを挙げよ。
- (2) 上記の因子について，現状の技術的課題を挙げ，それに対処するための技術的提案について述べよ。
- (3) あなたの技術的提案の効果及び潜在的に持っている不確実性あるいはリスクについて，具体的に論述せよ。

Ⅲ-2 構造物や装置においては，それに使われる材料の性能を有効に発現させるため，種々の表面技術や評価法が適用されている。次の4項目（① 湿式・乾式表面処理，② 腐食・防食技術，③ 表面改質，④ 機器分析）の中から2項目を選択し，それぞれの技術が使われている実用例（製品や構造物）を挙げて，以下の問いに答えよ。

- (1) 実用例（製品や構造物）が持つ機能をさらに高めるために必要な項目を多面的に検討し，特に重要と思われるものについて技術的提案を示せ。
- (2) あなたの技術的提案がもたらす効果を，そこに潜むリスクを考慮しつつ，具体的に示せ。

(Ⅲ-1) 近年新興国の技術レベルの向上に伴い、日本の技術的郵政が失われ、国際競争力が低下しつつあることから、我が国のモノづくり産業は、いかに低コストで高付加価値の製品を製造できるか、ということについて、一層の努力が求められている。その一方で、世界的に環境負荷低減の動きが高まるとともに、元素戦略として政治的な資源不安が高まっている。このような情勢を考慮して、以下の問に答えよ。

(1) 工業製品の付加価値を高めつつ、持続可能社会へ貢献できるような、表面処理技術のあり方として、重要な因子のうち一つを挙げよ。

(2) 上記の因子について、現状の技術的課題を挙げ、それに対処するための技術的提案について述べよ。

(3) あなたの技術的提案の効果及び潜在的に持っている不確実性あるいはリスクについて具体的に論述せよ。

### (1) 重要な因子

重要な因子として、「ユビキタス元素による代替と活用の技術開発」を挙げる。

ユビキタス元素とは、クラーク数が大きく、資源枯渇や地域偏在のない元素である。たとえば酸素、シリコン、アルミニウム、鉄、カルシウム等である。

### (2) 技術的課題と提案

#### (2.1) 現状の技術的課題

溶融亜鉛めっき鋼板は、自動車や建築物等に大量に使用されており、今後、新興国の社会インフラ整備にともない、更に大量に使用されると予想されるが、亜鉛は資源量に限りがあり、枯渇する可能性がある。

#### (2.2) 技術的提案

溶融亜鉛めっき鋼板を、溶融 Zn-5%Al めっき、Al55%-Zn めっき、溶融 Al めっきで代替し、亜鉛の使用量を削減する。(以下「溶融」という言葉を省略する)

### (3) 効果・不確実性・リスク

#### (3.1) 提案の効果

①Al はクラーク数が大きく、資源枯渇の心配がない。

②Al めっき鋼板は Zn めっき鋼板よりも長寿命であり、特に海塩粒子の影響を受ける環境で顕著である。

③材料が長持ちするということはその材料で作られた構造物もまた長持ちするということである。

#### (3.2) 不確実性とリスク (技術的な視点から)

①Al めっき鋼板は高価である。また Zn がいつ枯渇するのかは不確実である。

②Al めっき鋼板は加工性や溶接性が低下するので、加工には工夫が必要である。

③Zn めっき鋼板は、亜鉛の犠牲防食効果と、腐食生成物のインヒビター作用で素地鋼を防食する。しかし Al めっき鋼板は、めっき表面に形成される不動態皮膜によって防食されるので、ピンホールなどの欠陥部や端面において発錆することがある。

### (3.3) 不確実性とリスク（マクロな視点から）

- ①Al は酸素との結合力が強く、還元するには大量の電力が必要。その電力を、化石燃料の発電でまかなうと、大量の CO<sub>2</sub> が発生する。
- ②Al のクラーク数は大きいですが、実用的な鋳石は現在のところボーキサイトしかない。ボーキサイトは地域偏在があり、真のユビキタス元素とはいえないのが現状である。
- ④実際に Al めっき鋼板が普及しても、そのリサイクルもまた問題となる。亜鉛めっき鋼板の Zn は電炉ダストから回収されているが、Al めっき鋼板は融解しても Al は蒸発せず、O<sub>2</sub> を吹き込んでスラグ（酸化物）として回収すると、還元にまた電力が必要になる。

### (4) おわりに

Al は Al めっき鋼板としてだけでなく、その軽量さから、今後、自動車、航空機、高速鉄道車両等に更に大量に使用されると予想されるが、その精錬には大量の電力が必要である。また、実用的な鋳石はボーキサイトしかなく、真のユビキタス元素とは言えないのが現状である。CO<sub>2</sub> の発生を抑えながら、アルミノケイ酸塩を含む「砂」や「石ころ」から、金属 Al を取り出すような、超絶的な資源開発テクノロジーの開発が、素材輸出大国ニッポンが生き残る道の一つではないかと考えている

# 問 題 文

(選択科目)

～07-5 金属加工～

7-5 金属加工【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2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて**解答設問番号**を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 金属材料は様々な熱処理を施すことで目的の特性を付与する。そこで、代表的な熱処理である①焼入れ、②焼ならし、③溶体化処理、④浸炭の中から2つを選択し、各熱処理において、①その目的、②具体的な方法、③得られる特性に関して簡潔に説明せよ。

Ⅱ-1-2 鋳造は複雑な目的形状に金属を成形する金属加工方法の1つである。代表的な鋳造法である①ダイキャスト法、②シェルモールド法、③遠心鋳造法、④低圧鋳造法の中から2つを選択し、各鋳造方法の①具体的な方法、②特徴を簡潔に述べよ。

Ⅱ-1-3 熱間鍛造と板成形における被加工材の変形機構を対比して説明せよ。また、各々の加工法を用いて鋼材から製品をつくる場合の品質上の留意点を述べよ。

Ⅱ-1-4 アーク溶接を行うと溶接変形が発生することがある。溶接変形について、以下の問いに答えよ。

(1) 溶接変形にはどのような種類があるか、その種類を5つ述べよ。

(2) 溶接変形の発生量を低減する手法としてはどのようなものがあるか述べよ。

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。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 機械部品の強度不足を解決するため，より高強度な鋼種を用いて機械部品を製造することとなった。しかし，部品の最終段階で施す焼入れ処理において著しく寸法精度が低下することが判明し，あなたが製造業務の管理者としてこの問題に取り組むこととなった。この様な状況において，下記の内容について記述せよ。

- (1) 着手時に調査すべき内容
- (2) 業務を進める手順
- (3) 業務を進める際に留意すべき事項

Ⅱ－２－２ 1960年代に建造された大型溶接鋼構造物について，老朽化の程度を調査し，必要に応じて補修するプロジェクトに溶接管理技術者の立場で参画することとなった。業務内容を計画するに当たり，下記の内容について記述せよ。

- (1) 想定する老朽化，調査方法と補修の内容
- (2) 計画に当たって考慮する事項
- (3) 業務の手順
- (4) 業務を進める際に留意すべき事項

7-5 金属加工【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。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 熱処理産業は，大量に電気，ガス，油などのエネルギー資源を消費すると同時に多量の温室効果ガスを排出する産業であるため，昨今の低炭素社会の実現という社会的制約による経営圧迫は厳しい。また，自動車産業が海外進出を進める中，自動車産業に依存する熱処理業界は国際的な価格競争に曝されている。以上の背景を踏まえ，以下の問いに答えよ。

- (1) 熱処理産業を取り巻く環境の変化と課題を踏まえ，熱処理技術の将来像を述べよ。
- (2) 将来の熱処理産業の発展のために解決すべき技術的課題を幅広い視点から列挙せよ。
- (3) (2) で挙げた技術的課題から2つを選択し，最新の技術動向に沿って，それぞれの概要を記せ。

Ⅲ-2 日本の2013年の経常黒字は，過去最少だった2012年からさらに3割以上も減少した。この背景には，日本の産業構造が変化し，円安でも貿易赤字に歯止めがかからなくなってきたことがある。すなわち，大震災や円安により原油などの輸入額が膨張したのに対し，日本企業の現地生産が進んだことや，新興国製品との競争激化により輸出数量が伸び悩んだためと考えられている。一方，こうした状況に対して次のような基本施策が提案されている。1つは，自動車・電気機器などの主要製造業が「日本の輸出企業」から脱皮して「グローバル企業」になることである。もう1つは，国内の雇用を維持・増加させるため，輸入では代替できない非貿易財である高級な財・サービスの国内生産や，経済の活力維持の源泉であるモノづくりを支える最先端技術の開発部門への投資である。提案された基本施策に関して，以下の問いに答えよ。

- (1) 主要製造業が「日本の輸出企業」から脱皮して「グローバル企業」になるために，企業経営上の背景と問題点，克服すべき課題等を幅広い視点から概説せよ。
- (2) 上述した課題に対し，あなたが最も重要な技術的課題と考えるものを2つ挙げ，それぞれについて解決するための技術的提案を示せ。
- (3) あなたの技術的提案それぞれについて，それらがもたらす効果を具体的に示すとともに，実行する際のリスクや課題について論ぜよ。