

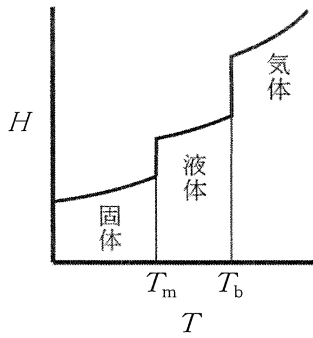
【07】 金属部門

IV 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

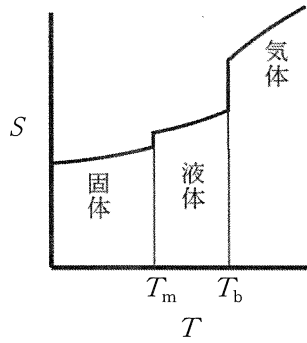
IV-1 純金属の結晶構造に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 面心立方格子は最密充填構造を有し、最密充填原子面の $\{111\}$ がABCABCの3層面周期構造を有している。
- ② 最近接原子間距離を d とすると、面心立方格子の格子定数は $\sqrt{2}d$ であり、体心立方格子の格子定数は $2d/\sqrt{3}$ である。 d が同じならば、面心立方格子の格子定数の方が大きい。
- ③ 単位格子中の原子数は、面心立方格子で4個、体心立方格子で2個である。
- ④ 面心立方格子の最密充填原子面は $\{111\}$ であり、この面内の $\langle 101 \rangle$ 方向がすべり方向となる。
- ⑤ 原子を剛体球と仮定したとき、体心立方格子の単位胞中に原子が占める体積百分率は、約74%である。

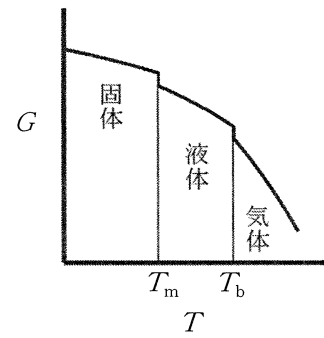
IV-2 物質の熱力学的諸量の関係を示した下図のうち、誤っているものはどれか。ただし、 T は温度、 T_m は融点、 T_b は沸点、 P は圧力、 H はエンタルピー、 G はギブズエネルギー、 S はエントロピー、 A, B は成分、 a_B はB成分の活量、 x_B はB成分のモル分率を表している。



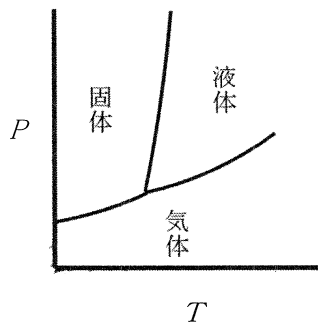
① 純物質のエンタルピーと温度の関係



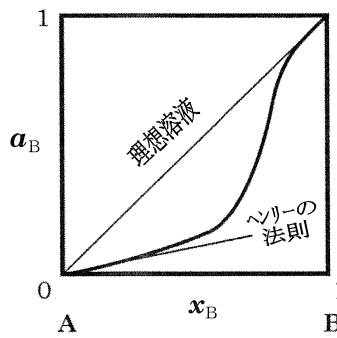
② 純物質のエントロピーと温度の関係



③ 純物質のギブズエネルギーと温度の関係



④ 純物質の圧力と温度の関係

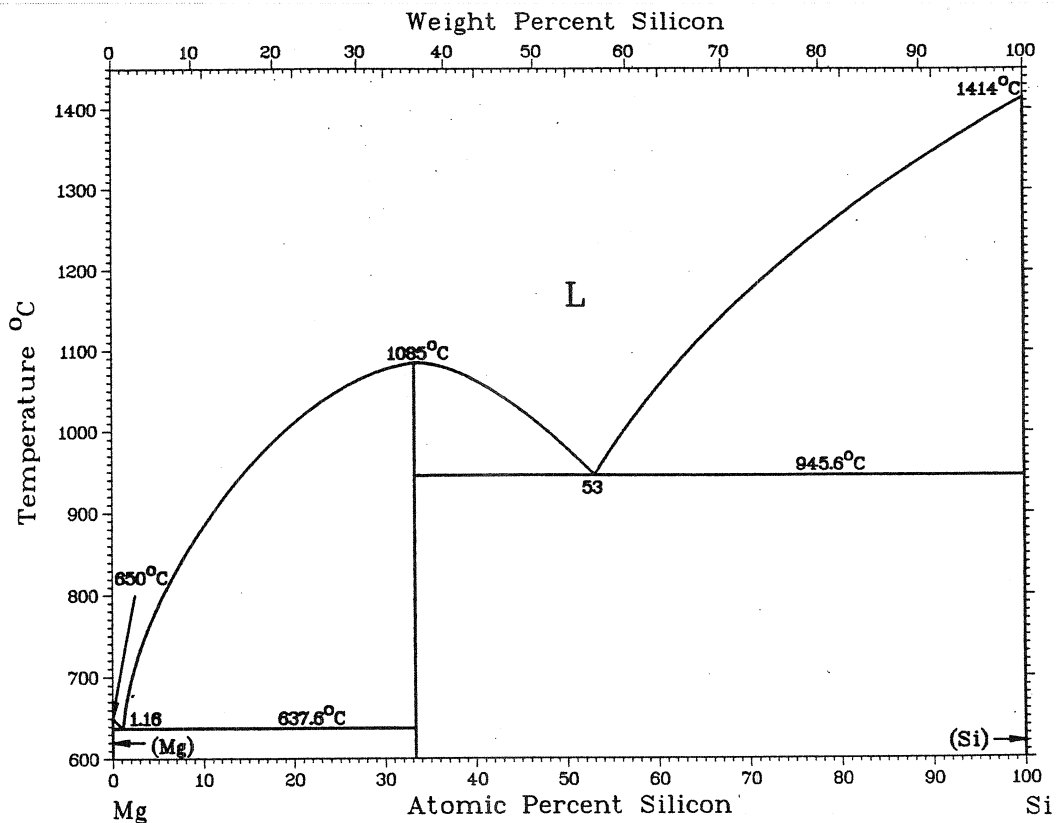


⑤ A-B二元系の非理想溶液の活量と組成の関係

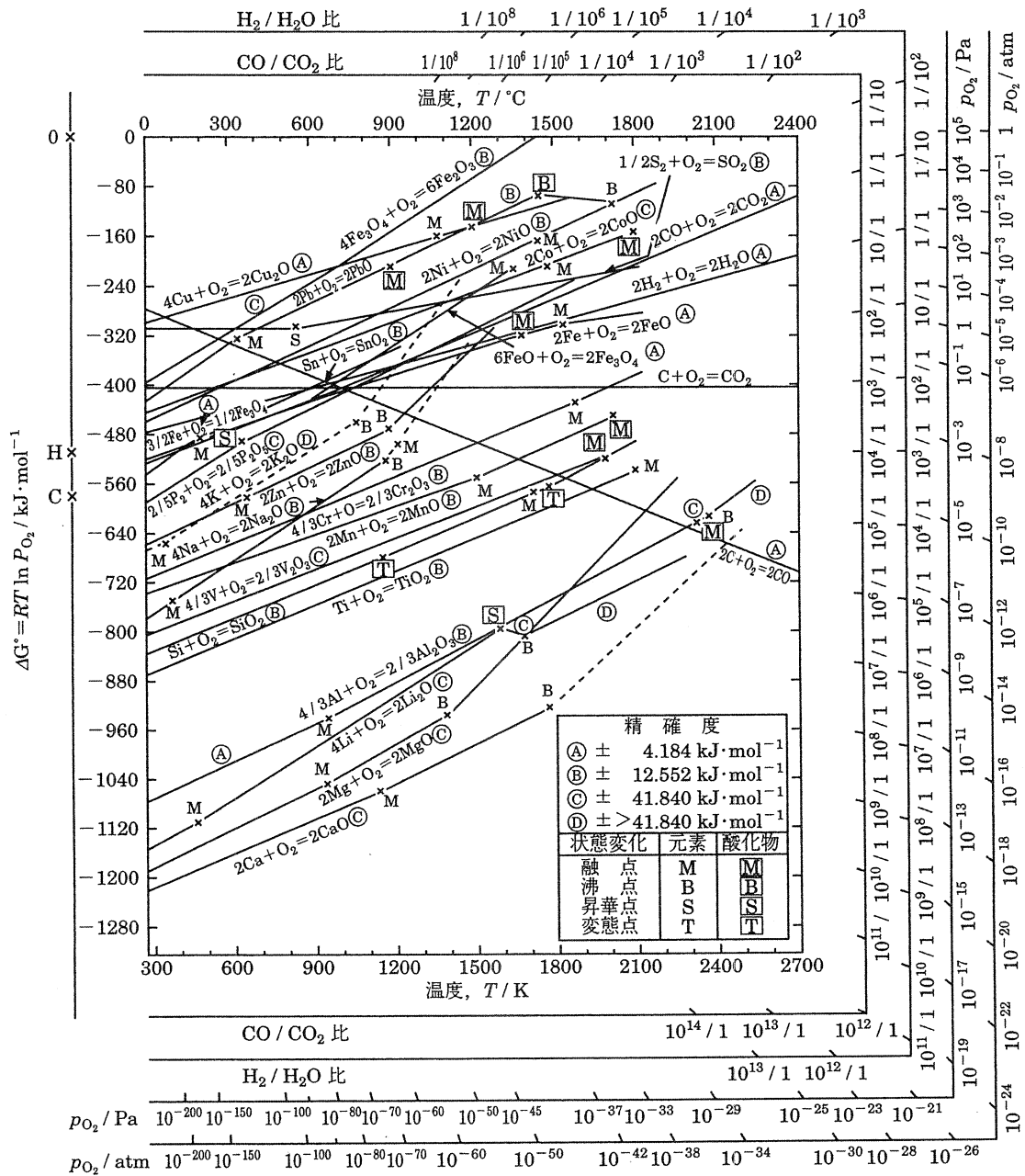
IV-3 マグネシウム (Mg) - シリコン (Si) 二元系状態図 (下図) に関する次の(1)~(3)の記述について、正しいものの組合せはどれか。

- (1) Mg-Si系には Mg_2Si という金属間化合物が存在する。
- (2) Mg-Si系では、固体のマグネシウム、固体のシリコン、液体の3相が平衡することはない。
- (3) 30 mol%Mg-70 mol%Siの合金を1273 K (1000 °C) で平衡させたとき、液体と固体シリコンがモル比でほぼ1 : 1の割合で存在した。

- ① (1) のみ
- ② (2) のみ
- ③ (3) のみ
- ④ (1) と (2)
- ⑤ (1) と (3)



IV-4 下図は、酸素ガス1モル当たりの酸化物の標準生成ギブズエネルギーを温度の関数として表した図（エリンガム図）である。次頁に示した、エリンガム図に関する記述のうち、誤っているものはどれか。



【次頁へ続く】

- ① 銅の線 ($4\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{Cu}_2\text{O}$) は鉄の線 ($2\text{Fe} + \text{O}_2 = 2\text{FeO}$) より上にあるので、スクラップなどで鉄に混入した銅は酸化精錬で容易に除去できることが予測できる。
- ② それぞれの線 ($2m/n\text{M} + \text{O}_2 = 2/n\text{M}_m\text{O}_n$) より上の領域の条件では酸化物が、下の領域では金属が安定である。
- ③ 各線の $T=0$ (K) 軸 (絶対零度軸) における切片の値から、酸化反応の標準エンタルピー変化 (生成熱) が求められる。
- ④ これらの線のほとんどはほぼ同じ傾きをもち、右上がりになっている。これは、それぞれの酸化反応 ($2m/n\text{M} + \text{O}_2 = 2/n\text{M}_m\text{O}_n$) において気体1モルが消失するため、反応のエントロピー減少量がほぼ同じであることを示している。
- ⑤ $\text{H}_2\text{-H}_2\text{O}$ 混合ガスの酸素ポテンシャルは左縦軸上のH点を起点とする直線群で示され、 CO-CO_2 混合ガスの酸素ポテンシャルはC点を起点とする直線群で示される。

IV-5 高炉 (溶鉱炉) 製鉄プロセスに関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 高炉は炉上部から装入された鉱石類とコークスが、炉下部から吹き込まれた高温の空気と反応する向流型の反応装置である。
- ② 高炉の炉頂から排出されるガス (高炉ガス) は25~30 % H_2 を含み、回収されて製鉄所内の加熱炉や火力発電などに燃料として使用される。
- ③ 原料炭をコークス炉で乾留して製造されるコークスは、高炉中で、鉄鉱石の還元剤、反応や溶融に必要な熱源のほかに、高炉の通気性保持などの役割を果たしている。
- ④ 高炉ガスを炉外に排出する際、炉頂圧回収タービンを用いて、電力の形でエネルギー回収を行っている。
- ⑤ 高炉内は強還元雰囲気であるため、鉄とともに、ほとんどのリンは還元されて溶銑中に混入する。

IV-6 現在の製鋼プロセスに関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 溶銑中のリンは、溶銑中のシリコンのほとんどが酸化除去された後に急速に酸化除去されるので、溶銑予備処理プロセスでは、通常脱リン処理の前に脱ケイ処理が行われる。
- ② 転炉プロセスでの脱炭反応では、溶銑に吹き付けられる酸素により溶銑中の炭素は二酸化炭素として除去されるので、転炉から排出されるガスの主成分は二酸化炭素である。
- ③ 脱酸プロセスでは、酸素との親和力の大きい金属元素であるシリコン、マンガン、アルミニウムなどが溶鋼に添加される。
- ④ 溶鋼の炉外精錬法である二次精錬プロセスでの主要な操作には、アルゴンバブリングによる溶鋼の攪拌、脱硫剤や脱酸剤のインジェクション、真空処理、溶鋼加熱による温度制御などが挙げられる。
- ⑤ 連続 casting プロセスにおいて、連铸パウダーは、铸型と铸片間の潤滑、溶鋼表面の酸化防止、介在物の捕捉、溶鋼表面の保温などを目的として、铸型に添加される。

IV-7 アルミニウム缶のリサイクルに関する次の(1)～(3)の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- (1) 平成21年度における我が国のアルミニウム缶のリサイクル率は、約75%であり、更なるリサイクル率向上への努力が望まれる。
- (2) 平成21年度における我が国のアルミニウム缶の再生利用量は、約27万トンであり、約63%がアルミニウム缶材に、残りが铸物・脱酸剤などに利用されている。
- (3) 再生地金とされたアルミニウム缶1トンの製造に必要なエネルギーは、ボーキサイトから新たに地金を造る場合に比べて、約33分の1であるため、リサイクルによる省エネルギー効果は大きい。

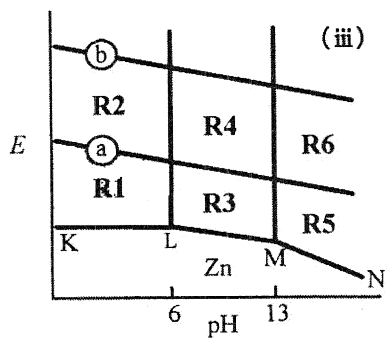
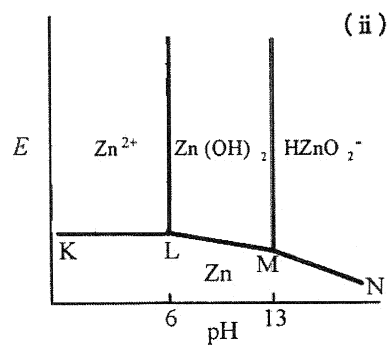
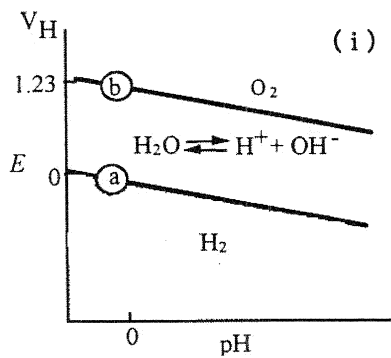
- ① (1)のみ
- ② (2)のみ
- ③ (1)と(2)
- ④ (1)と(3)
- ⑤ (2)と(3)

IV-8 非鉄金属製錬に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 銅の乾式製錬は、マットを製造する溶錬、マットから粗銅を得る製銅、粗銅を精製する電解精製の3つの工程からなっているが、溶錬では、溶鉱炉、反射炉、自溶炉、電気炉などが用いられる。
- ② 亜鉛の乾式製錬では、精鉱を酸化焙焼した後、溶鉱炉でコークスにより還元し、発生した亜鉛蒸気を溶融鉛中に溶解した後に鉛を冷却し、温度による溶解度差から亜鉛を析出させる。この方法が溶鉱炉法（ISP）であり、結果として鉛の製錬も行われる。
- ③ マグネシウム製錬は、鉱石から塩化マグネシウムを製造して、これを溶融塩電解法により金属マグネシウムを製造する方法と、鉱石をシリコンなどの還元剤を用いて直接還元する金属熱還元法などがある。
- ④ チタンの製錬では、酸化チタンを塩化して塩化チタンを得て、それをナトリウムにより還元して金属チタンを得るクロール法が主流である。
- ⑤ シリコンは珪石の炭素熱還元により得られるが、鉄などの不純物は原理的に除去することが難しいため、半導体級の高純度シリコンを得るためには、シランガスなどの超高純度のシリコン化合物ガスを出発原料にするのが最も普通である。

IV-9 水の電位-pH図を図(i), 亜鉛の電位-pH図を図(ii)に示す。さらに, 図(i)と図(ii)を合成すると図(iii)となり, 各領域をR1~R6の記号で表す。図に関する次の説明のうち, 誤っているものはどれか。

- ① 図(i)において, 線aより下側の領域では電極上で水素発生が起こりうる。
- ② 図(i)において, 線bより下側の領域では電極上で溶存酸素の還元が起こりうる。
- ③ 図(iii)において, R1とR2の領域では $\text{Zn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$ の反応が起こりうる。
- ④ 図(iii)において, R3とR4の領域では水溶液中に溶存酸素が存在すると $\text{Zn}(\text{OH})_2$ が生成し, 亜鉛の腐食速度は小さい。
- ⑤ 図(iii)において, R5とR6の領域では HZnO_2^- が安定であり, 水溶液中に溶存酸素が存在すると亜鉛は腐食しやすい。



IV-10 金属の局部腐食に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

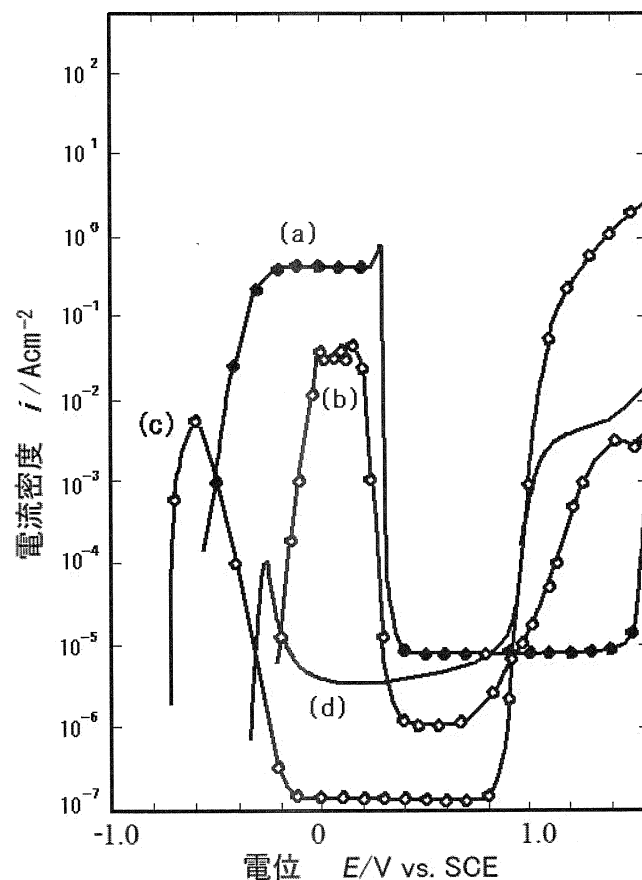
- ① 孔食とは、金属表面の一部でくぼみ状の金属溶解箇所が拡大していく腐食形態である。
- ② すきま腐食とは、外部との物質移動を制約された狭いすきまの内部又はごく近傍における局部腐食である。
- ③ 異種金属接触腐食とは、異なる種類の金属材料が電氣的に接触して生じる腐食現象で、電極電位の高い金属が腐食しやすい。
- ④ 脱亜鉛腐食とは、真ちゅうのような銅-亜鉛合金に起こり、合金中の亜鉛が選択的に溶解する腐食現象である。
- ⑤ 粒界腐食とは、結晶粒界に沿った選択的腐食であり、熱処理が不適当なステンレス鋼で起こりやすい。

IV-11 金属の防食法に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 化学化成処理とは、化学反応を利用して金属表面に無機質皮膜を形成する防食法である。代表的な化成処理には、りん酸塩化成処理とクロメート処理がある。
- ② 淡水中における鉄・鉄合金に有効な腐食抑制剤の代表例は、ベンゾトリアゾール、トリルトリアゾール、メルカプトベンゾチアゾールである。
- ③ カソード防食法とは、カソード電流を流すことで防食対象物の電位を低く保つ防食法で、孔食、すきま腐食及び応力腐食割れの防止にも有効である。
- ④ 犠牲陽極法とは、マグネシウム等のイオン化傾向の大きい金属をとりつけることで、防食対象物の電位を低く保つ防食法である。
- ⑤ 亜鉛めっきを施した鋼板では、欠陥箇所では局部電池が形成されると、亜鉛がアノードとなり、鉄に対して犠牲陽極作用を示す。

IV-12 SUS304ステンレス鋼, Fe, Cr, Niの希硫酸溶液中におけるアノード分極曲線を下図に示す。アノード分極曲線は浸漬電位から貴な電位方向に電位走査をすることで測定した。図中, (a)~(c)で示したアノード分極曲線はFe, Cr, Niのいずれかのものである。また, アノード分極曲線(d)はSUS304ステンレス鋼のものである。次の説明のうち, 誤っているものはどれか。

- ① アノード分極曲線(a)では, 低い電位から活性溶解, 不動態, 酸素発生に対応する電位域が見られる。
- ② 活性溶解域におけるピーク電流を不動態化臨界電流と呼ぶ。不動態化臨界電流の最も大きいアノード分極曲線(a)の金属はNiである。
- ③ 不動態域の電流密度を不動態維持電流密度と呼び, アノード分極曲線(c)で最も小さい。
- ④ アノード分極曲線(c)における不動態域の電位範囲はアノード分極曲線(d)のものとはほぼ一致している。これはSUS304の不動態皮膜はCrを主成分とすることによる。
- ⑤ 溶液中に塩化物イオンが含まれると, アノード分極曲線(d)の不動態域の特定の電位において, 不動態皮膜の破壊が生じて孔食が発生する。



IV-13 電池に用いられる金属材料に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① マンガン乾電池とアルカリマンガン乾電池では、電極電位が低く水素過電圧が大きい Mn が負極活物質に用いられる。
- ② 鉛蓄電池の正極活物質は多孔性の PbO_2 であり、負極活物質はスポンジ状の Pb である。
- ③ ニッケル-カドミウム電池の正極活物質である NiOOH は、放電により Ni(OH)_2 に還元される。
- ④ ニッケル水素二次電池の負極活物質、正極活物質には、それぞれ金属水素化物、 NiOOH が用いられる。ここでの金属水素化物とは水素吸蔵合金が水素を吸蔵したものである。
- ⑤ リチウムイオン二次電池の負極集電体、正極集電体には、それぞれ銅箔、アルミニウム箔が用いられる。

IV-14 Fe-C 系状態図及び Fe-合金元素二元系状態図に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① α 固溶体（フェライト）には、炭素がごくわずかしか固溶せず、最大固溶度は A_1 点温度で約 0.02 mass% である。
- ② セメンタイト (Fe_3C) の結晶構造は斜方晶で、 213°C (486K) に磁気変態点 (A_0 点) をもち、それ以下の温度で強磁性を示す。
- ③ 炭素鋼の γ 固溶体（オーステナイト）は高温領域に存在し、炭素を最大約 2.1 mass% まで固溶する。
- ④ 共析（パーライト）変態は、オーステナイトが冷却によってフェライトとセメンタイトに分解する変態であり、共析温度である A_1 点は炭素量により変化する。
- ⑤ 鉄と合金元素の二元系状態図において、Mn や Ni はその量が増えるにつれて A_3 点が低下し、ついには室温でもオーステナイトが安定になる、 γ 域開放型の合金元素である。

IV-15 次の記述の、下線を付した箇所のうち、誤っているものはどれか。

金属材料の引張試験を始めると、まず① 変形の初期段階では応力とひずみの間には比例関係が成り立つ。この範囲を弾性変形範囲と呼び、② かけている荷重を除けば変形はゼロに戻る。弾性変形範囲を超えてさらに荷重を増加させると、材料は塑性変形範囲に入り、③ もはやかけている力をゼロにしても変形はゼロには戻らず、永久変形である塑性変形が残る。さらに力を加えると、ある変形量（最大荷重点）で試験片にくびれが生じ、引張荷重は減少を始める。④ 最大引張荷重を試験片の初期断面積で割った応力が、引張強さである。十分に変形量が大きく弾性変形量が無視できる場合に、真応力（ σ ）－真ひずみ（ ε ）関係を $\sigma = F\varepsilon^n$ と表したとする。Fは塑性係数、nは加工硬化指数と呼ばれる。⑤ 加工硬化指数 n は試験片にくびれが生じる点の真応力に等しい。

IV-16 鋼の等温（恒温）変態に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 亜共析鋼をオーステナイト単相から700℃（973K）に急冷した過冷オーステナイトを等温保持したとき、はじめにフェライトが析出する。
- ② 共析鋼を種々の温度で等温保持してベイナイト変態させる場合、高温側では針状の上部ベイナイトが、低温側では羽毛状の下部ベイナイトが得られる。
- ③ 共析鋼をオーステナイト単相から600℃（873K）に急冷して等温保持すると、パーライトが生成する。
- ④ 亜共析鋼にNi, Si, Cuなどの合金元素を添加すると、等温変態（TTT）線図の形そのものは変わらず、全体が長時間側へ移動し、焼入性（硬化能）が大きくなる。
- ⑤ 共析鋼の等温変態（TTT）線図は550℃（823K）付近で最も潜伏期が短くなるC型の曲線になり、550℃（823K）付近の最も変態の速いところを鼻（nose）という。

IV-17 鋼の連続冷却変態に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 連続冷却変態 (CCT) 線図は、オーステナイト単相から種々の一定速度で冷却したときの変態挙動を知るために必要である。
- ② 変態の潜伏期の加算則を用いることにより、等温変態 (TTT) 線図における変態開始時間から連続冷却変態 (CCT) 線図における変態開始時間をおおよそ予測できる。
- ③ 共析鋼を上部臨界冷却速度と下部臨界冷却速度との間の速度で連続冷却した場合、パーライトとマルテンサイトが混在した組織になる。
- ④ 等温変態 (TTT) 線図におけるパーライト変態とベイナイト変態とが別々のC曲線で表される合金鋼では、連続冷却してもベイナイトが形成される場合がある。
- ⑤ 共析鋼を冷却するとき、冷却速度が遅いほど細かいパーライトが生成する。

IV-18 マルテンサイト変態の特徴に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 単相から単相への変態で組成の変化がない。
- ② 体積変化を伴わないので、変態前に試料表面を平滑に研磨していると、マルテンサイト変態後も表面は平滑である。
- ③ 母相とマルテンサイト相の間には一定の結晶方位関係が存在する。
- ④ マルテンサイト相は母相の一定の結晶面 (晶へき面) に沿って生成する。
- ⑤ マルテンサイト相内には高密度の格子欠陥 (転位あるいは双晶) が存在する。

IV-19 鋼の焼入れ・焼戻しに関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 鋼材の大きさによって冷却速度が変化し、焼入れの効果が変化することを質量効果という。
- ② 高炭素鋼や合金鋼を対象として焼入れ後に実施されることが多いサブゼロ処理は、残留オーステナイトのマルテンサイト変態を促進し、経年変化を抑制するのに有効である。
- ③ 鋼は一般に焼入れ温度が高いほど、また、焼入れ時のオーステナイト粒径が微細なほど焼きは入りやすい。
- ④ Moを添加した鋼では、450~650℃において焼戻すと硬さが大きく増加することがある。これを二次硬化と呼ぶ。
- ⑤ 焼入れ炭素鋼を焼戻すと、温度上昇とともに体積の膨張が生じるが、100℃前後で収縮し、その後膨張して270~400℃の範囲において再び収縮する。

IV-20 回復・再結晶に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 回復は、加工によって導入された種々の格子欠陥が一部消滅し、蓄積されたエネルギーの一部が解放される過程であるため、回復過程において電気抵抗は緩やかに減少する。
- ② 再結晶粒は加工度が大きいほど小さくなるが、再結晶が生じるためにはある臨界の加工度以上の変形が必要である。
- ③ 一般に、再結晶温度は絶対温度で表した金属の融点の半分程度の温度が目安である。
- ④ 特定の大きな再結晶粒が他の小さい再結晶粒を食って異常に成長する結晶粒成長現象を2次再結晶と呼ぶ。
- ⑤ 結晶粒の成長速度は、微量元素の固溶によって遅くなる。その理由は固溶原子が粒界に偏析して粒界に引き摺られる際に、余分のエネルギーを消費するためであり、これをピンニング効果とよぶ。

IV-21 金属の塑性変形に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 面心立方金属には12のすべり系が存在する。それぞれのすべり系のシュミット因子は等しく、よって均質的な塑性変形が生じる。
- ② 結晶のすべりは転位の運動によって生じ、すべり変位をバーガースベクトルという。
- ③ 積層欠陥エネルギーが低い材料ほど交差すべりを起こし難くなる。
- ④ 刃状転位ではすべりの方向と転位線は直交するが、らせん転位ではすべりの方向と転位線は平行である。
- ⑤ 双晶変形は結晶学的に特定の面と方向で生じ、一般に低温で、また、変形速度が大きい時に起こりやすい。

IV-22 鉄鋼材料組織に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 鉄鋼材料の溶接部は急熱、急冷を受け、その熱影響部をHAZと呼ぶ。HAZ部は硬化して、これによる脆化あるいは溶接により発生した内部応力などが原因となって溶接船などで脆性破壊のごとき大きな事故を生じることがある。
- ② フェライト変態の開始温度 (A_{r1}) は平衡変態温度 A_1 点よりも低く、マルテンサイト変態の開始温度 (M_s 点) はオーステナイトとマルテンサイトの自由エネルギーが等しくなる温度 T_0 点よりも低い。
- ③ パーライト組織はフェライトとセメンタイトが積層したラメラ組織を有する。パーライト組織は共析組成でのみ実現する。
- ④ 炭素工具鋼などのパーライト組織は、オーステナイトとセメンタイトの二相域で熱処理し徐冷することによって、フェライト素地中に球状のセメンタイトが均一分散した組織となる。この球状化セメンタイト組織は、パーライト組織に比べて被削性、延性に優れている。
- ⑤ マルテンサイトは合金の種類や組成によって、ラス状、レンズ状、薄板状などの種々の形態をとる。ラスマルテンサイトは厚さが $0.2\mu\text{m}$ 程度の細かいマルテンサイト晶が平行に集団をなして生成する。

IV-23 金属材料の拡散に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 高温で起こる金属・合金中の反応過程の多くに、拡散が重要な役割を果たしており、拡散によって生じる合金の変態を拡散変態という。
- ② 融点の高い金属ほど、自己拡散の活性化エネルギーは大きくなる。
- ③ 多結晶金属における拡散は、表面、粒界、粒内で起こり、それぞれの活性化エネルギーを Q_{surf} 、 Q_{gb} 、 Q_{vol} とすると、その大小関係は $Q_{\text{surf}} < Q_{\text{gb}} < Q_{\text{vol}}$ となる。
- ④ ある点における単位断面を通過して単位時間に流れる溶質の量は、その点での溶質の濃度勾配に比例する。これをフィックの第1法則という。
- ⑤ 低炭素鋼の浸炭処理は、鋼の中に入った炭素原子が置換型原子として鉄原子のすき間を通過して拡散することを利用したものである。

IV-24 金属複相組織の観察・分析に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 複数の観察面上から求めた第二相の平均面積率 (\overline{A}_A) と体積率 (V_V) の間には $\overline{A}_A = V_V$ なる関係式が成立する。また、ある観察面上に複数の試験線を引いたときに、第二相の平均線分率 (\overline{L}_L) と面積率 (A_A) の間には $\overline{L}_L = A_A$ の関係式が成立する。
- ② 単位体積当たりの表面積 (S_V) は、単位長さ当たりで切られた界面の数 (\overline{N}_L) を用いて $S_V = 3 \overline{N}_L$ といった式で求めることができる。
- ③ 単位面積当たりの粒子数や単位体積当たりの粒子数から、単位体積当たりの表面積を求めることができる。
- ④ 低炭素鋼の組織観察用エッチング液として、アルコール100ccに対し HNO_3 1～5 ccの割合で混合した溶液がよく用いられ、ナイタールといわれている。
- ⑤ パーライト組織のセメンタイトの真の平均間隔 ($\overline{\sigma}_0$) は、観察面上で長さ L の試験線と交差するセメンタイトの数 (n) から求められる平均切片間隔 (\overline{l}) と次式の関係がある。 $\overline{l} = L/n = 2 \overline{\sigma}_0$

IV-25 金属の時効に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 時効とは、材料を室温あるいは特定の温度に保持する間に性質が変化することをいい、時効により硬さが向上することを時効硬化という。
- ② 冷間加工によって形成された転位に溶質原子が集まってきて転位を固着すると、降伏点が上昇する。この現象をひずみ時効という。
- ③ Al-4 mass%Cu合金における時効析出の初期段階では、GPゾーンと呼ばれる母相に非整合な析出物が生成する。
- ④ 過度に時効をすれば粒子は粗大化して軟化する。これを過時効という。
- ⑤ ジュラルミンは標準組成がAl-4 Cu-0.5Mg-0.5Mn (mass%) で、溶体化処理後急冷し常温で放置すると時効硬化を示す。

IV-26 ステンレス鋼に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 鉄にCrを添加していくと、Cr量の増加とともに耐食性は改善されていく。Crを約11 mass%以上含む鋼をステンレス鋼と呼ぶ。
- ② 高Crステンレス鋼では700°C (973K) 付近で加熱することにより σ 相が析出して硬化する。脆化が著しいので σ 脆性と呼ばれる。
- ③ ステンレス鋼では、オーステナイト系で低温脆性が生ずる。
- ④ 18-8 ステンレス鋼はオーステナイト系ステンレス鋼の代表的なもので非磁性であるが、常温あるいは少し高い温度で塑性加工すると一部がマルテンサイト変態して硬化するとともに磁性を示すようになる。
- ⑤ 約17%Cr以上のCr系ステンレス鋼は、475°C (748K) 付近で長時間加熱すると著しく脆化する。

IV-27 鉄鋼の加工熱処理に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① オースフォームとは、鋼をオーステナイト化し、オーステナイトの準安定領域で加工した後、焼入れてマルテンサイト組織を得る処理のことである。
- ② ピアノ線材はパテンティングという等温変態処理によって微細パーライト組織を作り、これらを冷間引抜き加工することにより製造される。
- ③ 加工誘起によりマルテンサイト変態させ、大きな伸びが現れることを利用した鋼をTRIP鋼と呼ぶ。
- ④ 金属材料を特殊な条件下で引張試験すると、くびれが起らず鉛細工のように伸びて異常に大きな延性を示すことがある。このような現象を超塑性と呼ぶ。
- ⑤ 熱間加工時に起こる再結晶には動的再結晶と静的再結晶の2種類がある。動的再結晶は、高温でひずみ速度が小さいときよりは、低温でひずみ速度が大きいときに生じやすい。

IV-28 鑄造に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 鑄型内ではまず型に接した部分が凝固してチル晶が形成され、ついで凝固が中心部まで進行する。
- ② 押湯は、鑄物の凝固収縮に見合う溶湯を補給することを目的としている。
- ③ 鑄造方案は、ニアネットシェイプに鑄造して、仕上げ加工や熱処理を行わないように決定される必要がある。
- ④ 白鑄鉄鑄物は、Crなどの炭化物形成元素を添加した鑄鉄であり、耐摩耗性に優れている。
- ⑤ 球状黒鉛鑄鉄は、鑄鉄の溶湯にマグネシウム、セリウム、あるいはカルシウムといった黒鉛球状化能を持つ元素を微量添加することで得られる。

IV-29 板材の成形性や成形性試験法に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 深絞り試験では、破断することなく絞ることができる最大の素板の径とパンチの径の比から、限界絞り比LDRを求める。
- ② 張出し試験では、円すい工具を利用して板を張り出し、破断するまでの最大張出し高さをエリクセン値と呼ぶ。
- ③ 穴広げ試験では、穴あき素板を円すい工具で成形し、穴縁に破断が生じたときの穴径と初期穴径との比から穴広げ率を求める。
- ④ スクライブドサークルテストでは、素板に円形の模様を描いておき、成形後の円の変形からひずみ量を調べる。
- ⑤ 成形中に板材の面内に発生するひずみの比率が一定の変形経路において、破断に至った点を結んだものが、板材の成形限界を表す破断限界線 (Forming Limit Curve) である。

IV-30 鍛造加工に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 鍛造加工は、基本的に圧縮応力場での加工であるため、材料に大きな変形を与えることができ、鑄造時に生じた空洞の圧着や組織の微細化に利用される。
- ② 型鍛造加工では鍛流線を切断することで、鍛流線を利用した製品の軟質化をはかることができる。
- ③ 冷間での型鍛造加工においては、金型寿命を長くするために、金型に過大な負荷をかけるための工程設計が重要とされている。
- ④ 熱間鍛造加工では、再結晶温度以上に加熱した素材を鍛造するので、製品の寸法精度は悪く、後加工が必要である。
- ⑤ 熱間及び冷間型鍛造加工による大量生産には、主に、クランクプレス、リンクプレスといった機械プレスが利用されている。

IV-31 圧延加工に関する次の記述の、に入る語句として最も適切な組合せはどれか。

熱間温度域では低温側の、未再結晶域圧延により加工硬化状態にあるオーステナイトを、熱間圧延終了後冷却し、フェライト変態を通じて、微細なフェライト主体の組織とすることを制御圧延という。制御圧延は、変態生成組織の微細化、並びに微細化に起因する ア の向上に極めて効果的である。Nbなどのマイクロアロイはごく微量の添加でも未再結晶域を効果的に高温側に拡大し、制御圧延を容易にする。未再結晶域圧延によりオーステナイト粒が イ すると、等軸粒の場合と比較して、単位体積当りの粒界面積が増加するうえに、粒内に変形帯（せん断帯）が生じ、フェライトの有効な核生成サイトとなるため、さらに効果的にフェライトが均一微細に生成して、変態生成組織が微細化する。

- | | ア | イ |
|---|-----|-------|
| ① | じん性 | 展伸 |
| ② | 延性 | 球状化 |
| ③ | 粘性 | ガラス転移 |
| ④ | 密度 | 微細化 |
| ⑤ | 空隙率 | 粗大化 |

IV-32 粉末冶金に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 粉末冶金は、溶製材からの製造が困難なタングステン等の高融点金属や、金属と非金属の組合せである超硬合金、サーメットの製造に広く利用されている。
- ② 各種金属粉末の製造方法としては、主に機械的粉碎法、噴霧法（アトマイズ法）、還元法、電気分解法が利用されている。
- ③ 粉末冶金では、固化成形によって最終製品に近い複雑な形状に成形する。固化成形法としては、主に金型成形、粉末鍛造、冷間等方圧成形（CIP）、熱間等方圧成形（HIP）、射出成形、鑄込み成形、熱間押し出しがある。
- ④ 固化成形後の部品を加熱、焼結することによって製品を製造する。焼結を行うためには、粉末を必ず融点以上の温度に加熱する必要がある。
- ⑤ 硬質フェライト永久磁石、希土類系永久磁石の製造には、粉末冶金・焼結が利用される。

IV-33 引抜き加工に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 引抜き加工は冷間で行われるため、素材とダイスとの摩擦、摩耗を減らし、製品の表面品質を向上させるためには、ダイスあるいはロールと素材の間での潤滑が重要である。
- ② 引抜き加工のうち穴ダイス伸線用のダイスとしては、ダイヤモンドダイスや超硬ダイスが利用される。
- ③ 穴ダイス伸線では素材外周部が大きなせん断変形を受けるため、素材とダイスとの間での滑りが小さいロール伸線が利用される。ロール伸線ではロールとロールの間に隙間があるため、穴ダイス伸線と比較して製品の寸法精度は劣る。
- ④ 銅は銀に次いで導電率が高く加工性にも優れるため、導電性材料として広く利用されており、特に細径の銅電線の製造には、引抜き加工が利用されている。
- ⑤ 穴ダイス伸線でのダイス半角が小さいほど素材を引き抜くのに必要な力は小さくなるため、できるだけ小さなダイス半角を利用する方が望ましい。

IV-34 めっきに関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 鉄鋼材料に施す亜鉛めっきは、光沢を空气中で失うことがなく、さらにピッカース硬度が大きく耐摩耗性に優れている。
- ② スズめっきははんだめっきとして電子工業用に用いられる。酸性浴でのスズめっきは2価のスズイオンから析出させる。
- ③ 硫酸銅めっき浴には様々な添加剤が含まれる。例えば、硫黄系有機化合物の添加により、鏡面光沢を持つ銅めっきが行える。
- ④ 工業的に実用されている無電解銅めっきでは、ホルムアルデヒドが還元剤として使用され、銅イオンの還元により基板上に銅が析出する。
- ⑤ 卑な金属であるアルミニウムのめっきは、水に比較して安定な電位窓が広いイオン性液体を用いて行うことが可能である。

IV-35 表面処理に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 金属をアノードとして適当な電解液中で電解を行うと、金属が酸化され、金属表面に酸化皮膜が生成する。この処理をアノード酸化と呼ぶ。アノード酸化皮膜が持つ干渉色の特性を意匠性に生かしたものが、カラーステンレス、カラーチタンである。
- ② 電解研磨とは、適当な電解液中で金属をアノード溶解させる表面処理で、アルミニウム、ステンレス鋼、銅合金などの光沢鏡面を得る方法である。
- ③ 電着塗装とは、電着塗料を分散・懸濁させた電解液を用いて電気化学的に塗膜を金属表面に析出させた後に、乾燥及び焼付けを行う塗装法である。複雑な形状の表面に対して均一な膜厚の塗装が行える特長がある。
- ④ PVDとは、熔融あるいは熔融に近い状態にした粉末状あるいは線状の材料を高速度で基板に衝突させ、厚膜のコーティングを行う表面処理技術である。
- ⑤ CVDとは、コーティングしたい材料の構成元素を含む単体又は化合物の原料ガスを基板上に供給し、気相あるいは基板表面での化学反応により膜を作製する技術である。