

資格試験と例題による解説(11)

資格定委員会試験委員会 (監修) 委員長 中山勝矢

真空の利用についても、できるだけ出題することになっている。最終回は、真空利用に関連した例題をとりあげた。

9. 真空の利用

9.1 基盤となる現象と利用

ご承知の通り、真空の利用は多岐にわたり、さまざまなものがある。個々の利用について細かい点まで出題したら、かえって不公平になって好ましくない。しかし、真空技術とのかかわりを中心に出题するわけであるので、真空利用の実情も考慮して、基盤となる現象だけではなく、付随して起きる現象についても含めざるを得ない。

最近では真空包装されている食品が著しく増えた。これらの内容物を袋に入れて排気する場合、当然のことだが、食塩を含む煮汁の飛沫や内容物の一部が飛び出し、真空装置の内壁に付着するとか、排気系に吸い込まれるといったことが起きる。こうした予期しない異物のために、装置が劣化し、真空ポンプが運転不能になることが起こり得る。このようなことを前提にして、維持管理、修理からコストまで考えておかなければ実用上も役に立たない。このことは半導体製造装置においても大同小異である。こうした問題は、真空技術者としての理解の程度を確認するために出題される可能性がある。

真空を利用する際には、その基盤として何らかの化学的ないしは物理的な現象が存在している。プロの真空技術者としては、いかなる利用についても常にその点が明解であることが期待される。そのような考えに立って作られた問題を次に掲げる。

ここで2級となっているのは、日本真空工業会が主催する講習会、ウォーキングコースのテキストを参考にして作成されたものだからである。講習会のテキストとともに、参考書、配布資料の類にも入念に目を通し、知識を十分に補い、整理しておくことをお勧めしたい。

例題46 (2級)

真空の利用は多岐にわたるが、いずれも真空中の物理現象や化学現象を基礎にしたものである。次に文章において誤っている説明はどれか。

- (a) プラスチック容器の製造に用いられる真空成形は、大気圧による力を利用している。
- (b) 食品の真空包装による保存は、酸素の気体分子密度が減少することを利用している。
- (c) ネオンサインは、低圧下で起きる気体の放電現象を利用している。
- (d) 真空凍結乾燥は、真空中での断熱効果を利用している。
- (e) 電子顕微鏡は、高真空中で電子の平均自由行程が増大することを利用している。

真空凍結乾燥は真空中での水分の蒸発(気化)を利用したもので、加熱することなく乾燥できるところに特長がある。したがって、食品や医薬品に限らず生体そのものの乾燥にも広く利用されている。決して断熱効果の利用ではない。つまりこの例題では、(d)の文章が誤りであり、(d)を選べば正解となる。

なおこれに似た問題として

「真空ピンセットは、大気圧との圧力差を利用している」

「真空溶解や真空鋳造は、有害気体の除去と断熱とに真空が利用されている」

「分子蒸留は、冷却面に至るまでの経路で残留気体分子との衝突頻度が減ることを利用している」

といった問題も考えられる。少なくとも、真空利用に関する名称は承知していることが大切である。例えば分子蒸留というのは、蒸発面と凝縮面との距離を残留気体の平均自由行程以内に保って行う真空蒸留の一方式である。理論的には蒸発した蒸留物質は分子同士の衝突により蒸発面に戻ることがなく、高い蒸留効率が得られる。

9.2 現象の具体的な理解

真空利用に関しては、まず初めに真空環境のどのような現象を基盤に据えているのかについて知っていることが前提だが、同時にそれが具体的にどんな形で現れるのかも承知している必要がある。

いま仮に真空凍結乾燥を計画したとする。対象となるものが、濃厚な液状のものか、野菜や魚介類のような水分を含む生ものか等々によって、話は異なってくる。

一般に大気圧から減圧していくと、液体中に溶解している気体は外部に放出されるが、その勢いが激しい場合は沸騰と呼ばれる。沸点は液体のその温度での平衡蒸気圧に等しい。例えば、水の20℃における平衡蒸気圧は17 Torrと言われており、水を20℃に保ったままその圧力以下に減圧すると沸騰が始まる。またこのとき、水そのものが激しく気化するわけだから多量の気化熱が奪われ、温度は急速に低下し、多くの場合凍ってしまう。またいったん凍っても、氷の温度での平衡蒸気圧に相当した速度で水の分子は蒸発していく。例えば、0℃での水の蒸気圧は4.6 Torrである。実際に商業用の多くの真空凍結乾燥装置では、奪われる気化熱を補うために外部から積極的な加温を行い、生産性を上げているのである。

次の例題は、こうした利用を進める場合に関連して現れる事象について理解の程度を訊ねたものである。内容は、一見初歩的な感じかもしれない。しかし、真空での水の気化について具体的なイメージを持っていないために、装置の運転などに失敗することがあるし、そのリスクを避けるためにも出題が必要だと考えた。

例題45 (2級)

凍結乾燥の予備実験として、ガラスの器に水を入れて真空容器の中に置き、急速に排気して観察した。このとき起らない現象は、次のうちのどれか。

- (a) 水は瞬時に蒸発してしまった。
- (b) 水は激しく沸騰してビーカーから飛び出してしまった。
- (c) 飛び散った水も残った水も凍ってしまった。
- (d) 凍ることなく水のままで静かに蒸発が進み、消滅した。
- (e) 真空容器に付着した氷の小片はたちまち小さくなって消滅した。

真空凍結乾燥に携わるのであれば、少なくともこれくらいの知識を持っている必要がある。(b)は先に述べた沸騰であり、凍結乾燥をするのでなくても液状のものを減圧下に置けば必ず起きる現象である。油脂類でも金属でも例外ではない。ときには爆発的に液体が飛散する。この有様は、経験してはじめて理解できる。

また、水のまま静かに気化していくこともない。気化熱が奪われるためにたちまち凍ってしまうので、普通は(d)のようなことは起きない。正解は(d)である。

9.3 利用に関連した技術

利用を中心にして真空を考えると、類似の技術が存在することに気がつく。その優劣、長短を総合的に検討した上で、最適なものを選択するのが専門技術者の役割であり、工学的なのである。

この資格認定試験では、真空利用のすべてを対象にするわけにはいかないから、真空技術者の常識になっていることを取り上げて、理解の程度を訊ねることとしている。次の例題はその一例であり、2級に出題されたが、内容を高度化すれば1級用に作りなおすことが可能である。

例題47 (2級)

プラズマは薄膜作成に広く利用されている。次の薄膜作成装置のうち、プラズマを積極的に利用しているのはどれか。

- (1) 電子ビーム蒸着装置
 - (2) イオンプレーティング装置
 - (3) 熱 CVD (化学気相堆積) 装置
 - (4) MBE (分子線エピタキシー) 装置
 - (5) RF (高周波) スパッタ装置
- (a) (1)と(4)
 - (b) (2)と(5)
 - (c) (3)と(4)
 - (d) (1)と(3)
 - (e) (4)と(5)

ここでは正しいものが2つある。したがって組み合わせ型になっている。正しいものを1つ選ぶよりも、間違いなく2つを選ぶ方が難しい。まず正しいものとして(2)、(5)を探すか、逆にプラズマを使うことなどあり得ないものとして(1)、(3)、(4)を拾って、相応しい組み合わせがあるか否かを回

答選択肢の中から見つけるとよい。正解は(b)である。

9.4 真空利用におけるプラズマ

大気圧以上の圧力領域でもプラズマがないわけではないが、中真空領域ではプラズマは容易に作る事ができるし、利用もし易い。加熱によっては蒸発させられない誘電体材料も、プラズマを利用したスパッタリングで気相中へ飛び出させることができるので、利用は盛んである。

そこでプラズマに関連して、次に示すような例題が1級用に作られた。例題47(2級)よりも内容に立ち入っていて、用語を理解していないと難しいと思われる。単なる知識だけでなく判断力も訊ねているので、1級に出題された。

例題48 (1級)

プラズマは薄膜作成に多く使われている。次の薄膜作成に関するプラズマの記述で間違っているものはどれか。

- (a) プラズマ CVD 法は、数 Pa 程度の圧力のガスを成膜室に導入し、それを加熱することによりプラズマを発生させ、化学反応によって薄膜を生成する手法である。
- (b) イオンプレーティング法は、アルゴンガス等のプラズマを発生させ、その中で抵抗加熱法や電子ビーム等で蒸発させた粒子の一部をイオン化させて成膜する。
- (c) RF (高周波) スパッタリング法では、プラズマを発生させるとターゲットに自動的に自己バイアスが印加されるので絶縁物でもスパッタできる。
- (d) ECR (電子サイクロトロン共鳴) スパッタリング法では、マイクロ波を用いてプラズマを発生させている。
- (e) RF (高周波) 電力を用いるとプラズマの中に直接電極を導入しなくても、外部からプラズマを発生させることができる。

(a)のように単に加熱のみによりプラズマを発生させることはできないので、この例題の正解は(a)である。

9.5 終わりにあたって

これまで11回にわたり、例題を使って資格試験の解説を試みた。真空の分野では、これまで問題の形にした知識の集積は、真空夏季大学における演習問題くらいで、全体に貧弱だったように思う。今年度までに、予備問題まで含めて、総数で400問余り作られた。この事業の性格上、その内容をすべて発表できないことはまことに残念だが、今回はその中の約50問を紹介した。

これらが受験を考えておられる方々の準備に幅広く活用されることを期待したい。また問題作成に努力を傾けられた委員の方々に、ここで改めて敬意を捧げたい。

2008年度から解答にマークシートを使っている。これは正答率など、分析のための各種統計が作りやすいからである。受験者は、機械の誤読がないように必ずHBの鉛筆で正しくマークし、プラスチック字消しを使っていただきたい。(完)