

はじめに

本書は、公害防止管理者等国家試験(大気関係、特定粉じん関係、一般粉じん関係)を受験する方を対象に、大気特論、ばいじん・粉じん特論、大気有害物質特論、大規模大気特論の4科目について、基礎的な知識を含む試験の重点ポイントを理解していただくことを目的としています。

公害防止管理者等国家試験は、「公害防止管理者等資格認定講習用」に使用されているテキスト『新・公害防止の技術と法規 大気編』(発行・産業環境管理協会)からの出題がほとんどですが、当テキストは非常にページ数が多く、記述内容も幅広いため、学習のポイントがつかめないという難点があることは否めません。また、記述されている内容と実際の試験問題がどのようにかわり合っているかを読み解くにはかなりの労力と時間が必要になると思われます。

そこで本書は、各試験科目の出題されるポイントを厳選し、それに関連する過去問を解くことで国家試験対策に必要な知識を身につけられるように構成されています。

『新・公害防止の技術と法規』を読み込むのに時間的余裕がない場合、予備知識なく化学や計算問題などに取り組むことに自信がない場合など、なるべく労力と時間をかけずに受験対策を行いたい方を対象としています。本書が、公害防止管理者等国家試験の受験を目指している方々の必携書になれば幸いです。

2020年8月
一般社団法人 産業環境管理協会



各節の構成 各章はいくつかの節に分かれています。各節には次のような要素があります。

燃料 第1章

1-3 液体燃料

液体燃料について解説します。液体燃料とは、ガソリン、灯油、軽油、重油などのことです。気体燃料や固体燃料と比較したときの特徴、JISでの分類について理解しておきましょう。

1 液体燃料の特徴

液体燃料は、次のような特徴を持っています。

- ①発熱量は高くほぼ一定であり、貯蔵、運搬が容易である。
- ②石炭の燃焼に比べてばいじんの発生量は少ないが、**重質油**の燃焼では燃焼方式によるものの、比較的多くの**ばいじん**を発生することがある。
- ③重質油は**硫黄分**を多く含み、燃焼時に発生する**二酸化硫黄(SO₂)**の原因となる。
- ④灰分はほとんど含まないが、灰中の**金属硫化物**が様々な障害の原因となることがある。
- ⑤液体燃料の種類により組成は異なるものの、それぞれの燃料においては変動が少ない。

2 液体燃料の種類と性状

液体燃料の主なものには**石油類**です。天然に存在し、地下からみ上げたままの鉱油を**原油**といいます。原油は沸点の差を利用して精製され、**ガソリン、灯油、軽油、重油**などの製品がつくられます。工業用燃料として使用量が最も多いのは**重油**です。灯油、軽油、重油の主な性状を比較すると次のようになります。

- ・引火点：灯油 < 軽油 < 重油(高温)
- ・動粘度：灯油 < 軽油 < 重油
- ・燃料中の硫黄分：灯油・軽油より重油の方が多い

よく出る! ④

燃料 第1章

スルでの炭化物の生成、重油のガス化のときのコークス化の程度に相関性がある。

④**灰分及び不純物**：重油中の不純分のうち、燃焼後に**金属硫化物の固体**として残るものが**灰分**である。主に鉄、マグネシウム、カルシウム、けい素、カリウム、パラジムの硫化物から成る。

⑤**水分**：ろ過機で分離されたものが水分である。原油中にある程度の水分や泥分が混入し、これが重油中にそのまま残ったものを**水混分**という。

⑥**硫黄分**：重油の中には**硫黄化合物**が含まれており、その量及び存在の状態は石油製品の製造法や原油の性状で異なる。硫黄化合物は燃焼すれば**SO₂**を生成する。

●**重油の脱硫**

原油を蒸留して得られる各留分の**硫黄分**は、**沸点の高い留分**ほど多くなります。

残油の脱硫(重油の脱硫)は、石油系燃料油全体の低硫黄化の視点では最も効果的な手段です。残油の脱硫には、**水素化脱硫法**が広く用いられています。

よく出る! ④

④ **ポイント**

- ①液体燃料のガソリン、灯油、軽油、重油のうち、工業用燃料として使用量が最も多いのは重油。
- ②JISでの灯油、軽油、重油の分類を押さえておく。主な燃焼機の小規模形式は以下の通り。
- ・引火点：灯油 < 軽油 < 重油
- ・動粘度：灯油 < 軽油 < 重油
- ・硫黄分：灯油・軽油 < 重油

③ 水素化脱硫法
原油・高圧下で、石油類成分を単一系に溶解し通すことにより、硫酸、水素、酸素、金属などの不純物を硫化化合物など分解する方法。

平成28・開1

練習問題

問1 各種液体燃料の性状に関係する値の大小の比較として、誤っているものはどれか。

(1) ガソリンの密度	<	軽油の密度
(2) 軽油の沸点範囲の上限	<	灯油の沸点範囲の上限
(3) JIS 2号ガソリンのオクタン価	<	JIS 1号ガソリンのオクタン価
(4) JIS 1種重油の動粘度	<	JIS 3種重油の動粘度
(5) 軽油の硫黄分(質量%)	<	重油の硫黄分(質量%)

③

よく出る!

各種液体燃料の細かい特徴を比較する問題です。すべてを記憶しておくことは難しいとあきらめてしまいがちですが、基本的な特徴を記憶しておけば、意外と簡単に正解が見付かることが少なくありません。本問はその典型です。

すなわち、重油の精製で、流出してくる順番は、ナフサーガソリン→灯油→軽油→A重油→C重油です。蒸留で先に出てくるものほど低い温度で蒸発してくる(沸点が低い)ので、灯油の沸点の方が軽油より低くなります。よって、(1)(3)(4)(5)の正誤が不明であっても、誤っているものは(2)であることがわかります。

なお、蒸留で先に出てくる(低い温度で蒸発する)ものは、一般的には分子量大(炭素数)も小さいので、(1)のガソリンの方が軽油よりも密度が小さいことが推測できます。

また、JISでは品質(性能)が悪くなるほど種類の番号(例：1種(優)→3種(劣))が大きくなります。このことから、(3)はオクタン価が大きいほど、エンジンのクッキング防止効果が高くなるので、(3)は正しいと推測できます。また、(4)重油の粘度は、小さいほど燃焼として使用しやすいので、JIS 1種重油の方が3種重油よりも粘度(動粘度)も小さいことが推測できます。

さらに、原油の蒸留において硫黄分は高炭(蒸留残渣)に濃縮されます。軽油の方が重油より先に蒸留して出てくるので、(5)は軽油の硫黄分の方が重油よりも小さいことが推測できます。

正解 >> (2)

よく出る!

よく出題される項目です。確実に点数を重ねるためには、出題頻度が高い項目を重点的に学習しましょう。

練習問題

実際に出題された過去問で知識のチェックを行います。右上に出題年度と問番号が記されています。

太い文字

重要な語句は太字になっています。

ポイント

押さえておきたい重点ポイントです。受験にあたって、どこを中心に覚えておけばよいかを示しています。

▶ 公害防止管理者の試験について

公害発生施設には有資格者である公害防止管理者の選任が義務づけられています。この資格は年1回(10月の第一日曜日)全国で行われる国家試験に合格することで得られます[※]。また合格率はおおむね20%前後で、難易度の高い国家試験といえます。

[※]書類審査を経て規定の講習を受講し、かつ、修了試験に合格することで、国家試験に合格した場合と同等の資格が付与される制度もあります。

国家試験の詳細：<http://www.jemai.or.jp/polconman/examination/index.html>

▶ 試験区分・試験科目

大気関係(第1種～第4種)、特定粉じん関係、一般粉じん関係の公害防止管理の試験科目は下表のとおりです。本書はこのうち「大気特論」「ばいじん・粉じん特論」「大気有害物質特論」「大規模大気特論」の4科目の内容について解説しています(その他の科目は本シリーズの『公害総論』(別売)、『大気概論』(未刊)を参照)。

試験科目	試験区分		大気関係				特定粉じん関係	一般粉じん関係 [※]
	第1種	第2種	第3種	第4種	第1種	第2種		
公害総論	○	○	○	○	○	○	○	
大気概論	○	○	○	○	○	○	○	
大気特論	○	○	○	○	○	—	—	
ばいじん・粉じん特論	○	○	○	○	○	○	—	
ばいじん・一般粉じん特論 [※]	—	—	—	—	—	—	○	
大気有害物質特論	○	○	—	—	—	—	—	
大規模大気特論	○	—	○	—	—	—	—	
試験科目の数	6科目	5科目	5科目	4科目	3科目	3科目	3科目	

[※]一般粉じん関係公害防止管理者の試験科目のひとつ「ばいじん・一般粉じん特論」は、「ばいじん・粉じん特論」の一部(特定粉じん(石綿))を除く範囲が試験対象となります。本書ではII「ばいじん・粉じん特論」の第5章「特定粉じん対策と測定」が、一般粉じん関係公害防止管理者の試験対象から除かれます。

▶ 問題数・試験時間・合格基準

1問につき約3分の試験時間が割り当てられ、合格基準は各科目60%以上とされています。

試験科目	問題数	試験時間	合格基準
公害総論	15問	50分	各科目 60%以上
大気概論	10問	35分	
大気特論	15問	50分	
ばいじん・粉じん特論	15問	50分	
ばいじん・一般粉じん特論	10問	35分	
大気有害物質特論	10問	35分	
大規模大気特論	10問	35分	

※合格基準は年度によって変動することがあります。

▶ 学習のための関連資料

- 「新・公害防止の技術と法規」(毎年1月発行/産業環境管理協会)
公害防止管理者等資格認定講習用テキスト
- 「正解とヒント」(毎年4月発行/産業環境管理協会)
過去5年分の国家試験の正解と解答のポイントを解説
- 「環境・循環型社会・生物多様性白書」(毎年発行/環境省)
環境省が発行する白書で最新の情報を確認。インターネットで公開されている。
- 国家試験 問題と正解(解説はありません)
過去の問題と正解がインターネットで公開されている。
<http://www.jemai.or.jp/polconman/examination/past.html>

目次

はじめに	i
本書の読み方	iii

I 大気特論

第1章 燃料

1-1 燃料の概要	4
1-2 気体燃料	6
1-3 液体燃料	11
1-4 固体燃料	18

第2章 燃焼計算

2-1 燃焼計算の基礎	24
2-2 気体燃料の燃焼計算	28
2-3 液体燃料・固体燃料の燃焼計算	47
2-4 発熱量	67

第3章 燃焼方法及び装置

3-1 燃焼管理	70
3-2 燃焼の条件	71
3-3 ガス燃焼とその装置	73
3-4 油燃焼とその装置	78
3-5 石炭燃焼とその装置	86
3-6 ディーゼル機関、ガスタービン、 コージェネレーション等	92
3-7 すずの発生とその防止	96
3-8 伝熱面の腐食とその防止対策	102
3-9 通風及び通風装置	104
3-10 燃焼管理用計測器	106

第4章 排煙脱硫

4-1 排煙脱硫プロセスの種類	118
4-2 石灰スラリー吸収法	119
4-3 水酸化マグネシウムスラリー吸収法	125
4-4 その他の湿式法	127

4-5	排煙脱硫装置の構成と運転、維持管理	130
第5章	窒素酸化物排出防止技術	
5-1	NO _x 排出防止技術の概要	132
5-2	窒素酸化物の生成機構	133
5-3	低NO _x 燃焼技術	135
5-4	排煙脱硝技術	151
5-5	排煙脱硝装置の維持管理	159
第6章	揮発性有機化合物排出防止技術	
6-1	工程内対策	164
6-2	VOC除去技術	165
第7章	測定技術	
7-1	燃料試験方法	172
7-2	排ガス試料採取方法	188
7-3	排ガス中の硫黄酸化物分析方法	193
7-4	排ガス中の二酸化硫黄自動計測システム及び 自動計測器	200
7-5	排ガス中の窒素酸化物分析方法	208
7-6	排ガス中の窒素酸化物自動計測システム及び 自動計測器	225
7-7	揮発性有機化合物の測定	233

II ばいじん・粉じん特論

第1章	処理計画	
1-1	集じん・ダスト	240
1-2	ダストの特性	241
1-3	処理ガスの特性	250
1-4	各種の発生源施設とダスト特性	252
1-5	集じん性能	261
1-6	集じん装置の選定	268
1-7	フード	276
1-8	送風機	280
1-9	建屋内ダストの集煙	284

第2章	集じん装置の原理と構造及び機能	
2-1	集じん装置の分類	288
2-2	流通形式集じん装置	290
2-3	障害物形式集じん装置	323
2-4	隔壁形式集じん装置	341
第3章	集じん装置の維持管理	
3-1	遠心力集じん装置(サイクロン)	358
3-2	電気集じん装置	360
3-3	洗浄集じん装置(スクラパー)	368
3-4	バグフィルター	369
第4章	一般粉じん発生施設と対策	
4-1	堆積場の粉じん対策	376
4-2	コンベヤーの粉じん対策	380
4-3	破碎機及び摩砕機の粉じん対策	383
4-4	ふるいの粉じん対策	386
4-5	コークス炉の粉じん対策	387
第5章	特定粉じん対策と測定	
5-1	石綿の定義及びその性状	390
5-2	石綿粉じん対策	392
5-3	測定	394
5-4	石綿繊維の計測	396
第6章	ばいじん・粉じんの測定	
6-1	ダクト内のダストの測定	402
6-2	粒子径分布の測定	416
6-3	ダストの見掛け電気抵抗率の測定	418
6-4	ダスト量自動計測器	419
6-5	作業環境の粉じん測定	420

III 大気有害物質特論

第1章	有害物質の発生過程	
1-1	カドミウム及びその化合物	424
1-2	鉛及びその化合物	427

1-3	ふっ素、ふっ化水素及びふっ化けい素	430
1-4	塩素及び塩化水素	437
第2章	有害物質の処理方法	
2-1	ガス吸収及び吸収装置	446
2-2	ガス吸着及び吸着装置	471
2-3	ふっ素、ふっ化水素及びふっ化けい素	485
2-4	塩素及び塩化水素	489
第3章	特定物質の事故時の措置	
3-1	特定物質の性状	496
3-2	事故時の措置	505
第4章	有害物質の測定	
4-1	排ガス中のふっ素化合物分析方法	520
4-2	排ガス中の塩素分析方法	527
4-3	排ガス中の塩化水素分析方法	535
4-4	排ガス中のカドミウム及び鉛の分析方法	541

IV 大規模大気特論

第1章	拡散現象一般	
1-1	排煙拡散の一般的特性	560
1-2	大気拡散の基礎的取扱い	569
1-3	大気拡散と気象条件	572
第2章	拡散濃度の計算法	
2-1	煙突排ガスの上昇式	600
2-2	パフ拡散式、ブルーム拡散式	606
第3章	大気環境影響評価のための拡散モデル	
3-1	大気環境の予測と影響評価	632
3-2	大気環境関係法令と環境影響評価	638
第4章	大気環境濃度の予測方法	
4-1	予測手法の分類	642
4-2	平坦な地域での年平均値の予測	643
4-3	各大気環境シミュレーションモデルの特徴	647

第5章 大規模施設の大気汚染防止対策の事例

5-1 石油	668
5-2 発電設備	683
5-3 セメント	699
5-4 ごみ焼却設備	706
5-5 鉄鋼	719

— — — — —

I

大気特論

「大気特論」という科目は、大きくは処理技術（第1章～第6章）と測定技術（第7章）に分けられます。処理技術には燃料、燃焼計算、脱硫・脱硝などの処理技術などが含まれます。燃焼計算に関する計算問題が必ず数問出題されますので、過去問（練習問題）を解いて計算に慣れておきましょう。測定技術は試料ガスの採取方法や、燃料、硫黄酸化物、窒素酸化物の分析方法が中心の内容です。

出題分析と学習方法

まずはどこにポイントを置いて学習すればよいかを理解しておきましょう。広い試験範囲のなかで、合格ラインといわれる60%の正答率を得るためには、出題傾向に応じた学習方法が重要になります。

▶ 出題数と内訳

大気特論の出題数は全15問で、過去5年分の内訳は下表のとおりです。

試験科目の範囲	出題数				
	平成 27年	平成 28年	平成 29年	平成 30年	令和 元年
燃料	2	2	2	2	2
燃焼計算	2	2	2	2	2
燃料方法及び燃焼装置	3	3	3	3	3
排煙脱硫技術	2	2	2	2	2
窒素酸化物排出防止技術	2	2	2	2	2
測定関係	4	4	4	4	4
出題数計	15				

▶ 合格のための学習ポイント

- **燃料**では、気体・液体・固体燃料の発熱量や成分を覚えておきましょう(第1章)。
- **燃焼計算**を解くには計算に慣れておくことが必要です。燃焼反応式、燃焼排ガス量の算出については十分に理解し、練習問題(過去問)を解いて早く正確に計算できるようにしましょう(第2章)。
- **燃焼方法及び燃焼装置**については、どのような条件で汚染物質の発生が抑制できるのかにポイントをおいて学習しましょう。各装置の長所、短所についても押さえておきましょう(第3章)。
- **排煙脱硫技術**については代表的な石灰スラリー吸収法、水酸化マグネシウムスラリー吸収法の原理を、**窒素酸化物排出防止技術**についてはアンモニア接触還元法の原理を中心に学習しましょう(第4章・第5章)。なお、第6章「揮発性有機化合物排出防止技術」から出題される可能性は極めて低いので、概要を理解する程度で十分です。
- **測定関係**については、分析法の名称や妨害成分について押さえておきましょう(第7章)。燃料試験方法、排ガス試料採取方法、硫黄酸化物と窒素酸化物に関する分析方法に関する内容ですが、特に自動計測器(7-4、7-6)に関する出題頻度が高いので、自動計測器に重点を置いて学習しましょう。

第 1 章

燃料

1-1 燃料の概要

1-4 固体燃料

1-2 気体燃料

1-3 液体燃料

1-1 燃料の概要

大気汚染防止対策には、燃料の成分や性質を把握することが重要になります。本章では気体燃料、液体燃料、固体燃料について解説します。各燃料の特徴やJISではどのように分類されているかを押さえておきましょう。

1 燃料の定義

燃料とは、空気中で酸素との反応により燃焼し、その燃焼熱を利用できる物質をいいます。燃料は一般に天然物ですが、産出したものをそのままの状態で用いることは少なく、多くは使用に適するように加工して用います。

2 燃料の分類

大きく**気体燃料**、**液体燃料**、**固体燃料**の3種類に分類されます(図1)。各種燃料の標準発熱量[※]を表1に示します。

一発熱量を比較するときは、一単位をそろえて比較する必要があります。後述しますが、例えば気体の発熱量をMJ/Lで比較した場合、



ですが、MJ/kgで比較すると、



と逆転します。

※：標準発熱量

MJ/kg、MJ/L、MJ/m³など固有単位当たりの発熱量。「標準発熱量」は資源エネルギー庁により公表され、おおむね5年ごとに改訂される。

図1 燃料の分類

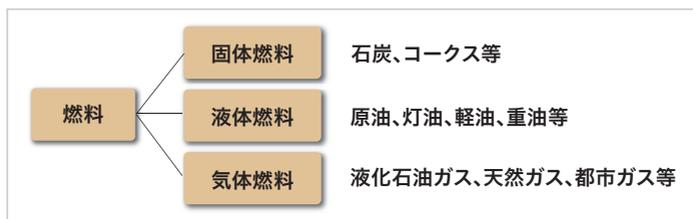


表1 各種燃料の標準発熱量

燃料等		標準発熱量
固体燃料	輸入原料炭	28.79MJ/kg
	輸入一般炭	25.97MJ/kg
	輸入無煙炭	27.80MJ/kg
	コークス	29.18MJ/kg
	オイルコークス	33.29MJ/kg
液体燃料	原油	38.28MJ/L
	NGL [※] ・コンデンセート	34.93MJ/L
	ガソリン	33.37MJ/L
	ナフサ	33.31MJ/L
	灯油	36.49MJ/L
	軽油	38.04MJ/L
	A 重油	38.90MJ/L
C 重油	41.78MJ/L	
気体燃料	液化石油ガス (LPG)	50.06MJ/kg
	輸入天然ガス (LNG)	54.48MJ/kg
	国産天然ガス	40.15MJ/m ³
	製油所ガス [※]	46.73MJ/m ³
	都市ガス	42.21MJ/m ³

注1 数値は原則すべて「総発熱量」(Gross Calorific Value)を示す。

注2 気体・液体は原則すべて25°C・10⁵Pa(標準環境状態 SATP)、固体はすべて「有水・有灰」状態での数値を示す。

注3 1MJ = 0.23889 × 10³kcal、1kcal = 4.18605 × 10⁻³MJ(計量法定義)を用いる。
[資源エネルギー庁: 2013年度以降適用する・炭素排出係数一覧表(平成30年8月30日最終改正)を基に作成]

※: NGL

天然ガスをガスと液体に分離した残りの液体分を一般にNGLと呼び、C₃～C₆炭化水素の混合物からなる。LNGは産出したガスを人工的に液化したもののだが、NGLは産出されると自然に液状になる性質を持っている。

※: 製油所ガス

次節1-2「気体燃料」²「気体燃料の種類と性状」の「製油所ガス」を参照。

1-2 気体燃料

気体燃料について解説します。気体燃料とは、天然ガスやLPGなどのことです。液体燃料や固体燃料と比較したときの特徴、それぞれの成分や発熱量について理解しておきましょう。

1 気体燃料の特徴

気体燃料の一般的な特徴は次のとおりです。

- ① 燃焼効率が高く、僅少な過剰空気量で完全燃焼し、**すす**[※]の発生が少ない。
- ② 燃料中に**硫黄**を含まないものが多く、燃焼排ガス中の二酸化硫黄(SO₂)生成量の少ないものが多い。
- ③ **灰分**がほとんどなく、**ばいじん**の発生量が非常に少ない。ただし、固体燃料から製造されるものには、燃焼ガス中にダストの混入量が多くなるものがある。

— 大気汚染防止という観点からは液体燃料や固体燃料に比べて優れた燃料ですが、貯蔵タンクその他の施設に費用が掛かり、**燃料費**が他の燃料に比較して高いという欠点があります。

よく
出る。

2 気体燃料の種類と性状

石油系のガスと石炭系のガスとに大別され、単独又は混合して使用します。気体燃料中の主な成分と性状を表1に示します。

☑ ポイント

気体燃料は、質量当たり(MJ/kg)と体積当たり(MJ/m³)では、総発熱量の大小が逆転するので注意が必要。

メタン $39.8(\text{MJ}/\text{m}^3_{\text{N}}) \div (16/22.4) (\text{kg}/\text{m}^3_{\text{N}}) \approx 55.7(\text{MJ}/\text{kg})$

プロパン $99.2(\text{MJ}/\text{m}^3_{\text{N}}) \div (44/22.4) (\text{kg}/\text{m}^3_{\text{N}}) \approx 50.5(\text{MJ}/\text{kg})$

※：すす

大気特論では、有機物が不完全燃焼を起こして生じる炭素の微粒子のことをいう。

【参考】

ばいじん：燃料その他の物の燃焼又は熱源としての電気の使用に伴い発生するすす等の固体粒子

粉じん：物の粉碎、選別、その他の機械的処理又は堆積に伴い発生する固体粒子