

第1編 物理学と化学の基礎知識

第2章 燃焼に関する基礎知識

2～1 燃焼の基礎知識

1 燃焼とはなにか

- ・ 物質が熱と光を出す
- ・ 酸素と激しく化合（酸化反応）
- ・ 可燃物は燃焼後に酸化物
- ・ 熱と光が出なければ燃焼とは言えない
(サビなどの酸化)

2 燃焼の三要素

- ① 可燃物（紙、木炭、可燃性蒸気）
- ② 酸素供給源（空気中の酸素、物質が含有している酸素）
- ③ 点火源（ライターの火、静電気火花、酸化熱）

2～1 燃焼の基礎知識

2 燃焼の三要素

①可燃物

- ・木
- ・石炭
- ・油
- ・ジエチルエーテル
- ・一酸化炭素
- ・砂糖
- ・小麦粉
- ・鉄

【不燃物】

- ・二酸化炭素
- ・すでに酸化された物質
- ・窒素ガス(吸熱反応)
※酸化はする

2～1 燃焼の基礎知識

2 燃焼の三要素

②酸素供給源

- ・空気(代表例)
 - ・第一類危険物 (加熱や摩擦熱で酸化剤が分解・発生)
→酸化性固体
 - ・第六類危険物 (") →酸化性液体
 - ・第五類危険物 (分子内の酸素で自己燃焼)
→自己反応性物質
 - ・メタン (頻出)
- ※窒素は該当しない！！

2～1 燃焼の基礎知識

2 燃焼の三要素

③点火源

(1)各種の火気（マッチ、ろうそく、電気火花）

(2)衝撃と摩擦熱

【引火する代表的な危険物】

- ・ 第三類危険物（自然発火性・禁水性物質）
- ・ 第五類危険物（自己反応性物質）

(3)酸化熱

- ・ 動植物油類（自然発火）
- ・ キッチンで調理後に火災

2～1 燃焼の基礎知識

2 燃焼の三要素

③点火源

(4)静電気の火花(スパーク)

- ・ 電気を通さない物質ほど発生・蓄積しやすい
(絶縁性の大きい物質)

- ・ ガソリン
 - ・ 灯油
- 【流体摩擦で帯電→引火】
送油作業、かく拌（かき混ぜ）
詰め替え、ろ過工程、噴霧化

- ・ 人体、金属、粉体
 - ・ 液体、固体、気体
- 静電気は帯電する

2～1 燃焼の基礎知識

2 燃焼の三要素

③点火源

(4) 静電気の火花(スパーク)

- ・ 静電気は**点火元** (ガソリン蒸気に引火・爆発)
- ・ **蓄積**で発熱しない
- ・ **日光**で発生しない



【ガソリンスタンドで静電気を防ぐ方法は？】

- ・ **湿度**を上げる (ガソリンスタンドの**水まき**)
- ・ 摩擦を発生させない (**送油スピード**を落とす)
- ・ **静電気除去シート**を設置

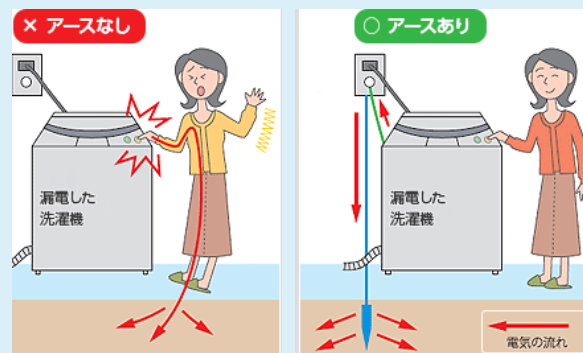
2～1 燃焼の基礎知識

2 燃焼の三要素

③点火源

(4) 静電気の火花(スパーク)

- ・ **アース (接地) の例**



2～1 燃焼の基礎知識

3 燃焼の難易（燃えやすさ）

- ① 空気(酸素)との**接触面積**を大きくすると**燃えやすい**
 - ・丸太や鉄の**かたまり**は燃えにくい
 - ・細い木や鉄粉は**燃えやすい**

- ② 熱を伝えにくいものは**燃えやすい**
= 熱が**溜まりやすい**
 - ・部分的に温度が急激に上昇する

- ③ **発熱量**(燃焼熱)の大きいものほど**燃えやすい**

2～1 燃焼の基礎知識

3 燃焼の難易（燃えやすさ）

- ④ 周囲の**温度**が高いと**燃えやすい**

- ⑤ 水分が少ないものは**燃えやすい**
 - ・**乾燥**しているもの

- ⑥ 沸点の低いものは**燃えやすい**
 - ・**気化**する
 - ・**蒸気**を発生する

引火の原因

2～1 燃焼の基礎知識

3 燃焼の難易（燃えやすさ）

- ⑦ 酸素との**結合力**が大きいものは**燃えやすい**
- ⑧ **酸素濃度**が高くなるほど**燃えやすい**

4 燃焼の仕方

【気体】

- ① **拡散燃焼**：ガスコンロの火
- ② **予混合燃焼**：ガス溶接
 - ・燃料ガスと酸素を**予め**混合しておく燃焼

2～1 燃焼の基礎知識

4 燃焼の仕方

【液体】

- ③ **蒸発燃焼**：ガソリン、灯油、軽油、重油、アルコール
 - ・液体の状態で**燃えない**
 - ・液体表面から蒸発した**蒸気**に引火

【固体】

- ④ **分解燃焼**：紙、木材、石炭、プラスチック
 - ・可燃物が加熱による**熱分解**で**可燃性ガス**が発生
 - ・**可燃性ガス**が引火して燃焼

2～1 燃焼の基礎知識

4 燃焼の仕方

【固体】

- ⑤ 自己燃焼・内部燃焼：セルロイド、ニトロセルロース
 - ・分子内に酸素を含んでいる
 - ・物質が含有する酸素で燃焼

- ⑥ 表面燃焼：木炭、コークス(炭素)
 - ・蒸発も分解も起こさない
 - ・固体のまま表面から燃焼する
 - ・バーベキューの炭の燃え方

2～1 燃焼の基礎知識

4 燃焼の仕方

【固体】

- ⑦ 蒸発燃焼：硫黄、ナフタレン
 - ・加熱により融解・蒸発し、蒸気が発生
 - ・蒸気に引火し、燃焼

5 引火性液体の燃焼の仕方

【ガソリン、灯油】

- ・液体の状態で燃焼しない
- ・蒸発した蒸気が空気と混合して燃焼 = 蒸発燃焼

2～1 燃焼の基礎知識

6 粉じん爆発

【粉じん】

- ・石炭(炭じん)
- ・小麦粉
- ・マグネシウム粉
- ・アルミニウム粉
- ・亜鉛粉

【粉じん爆発】

- ・可燃性の粉末が空気中に浮遊
- ・浮遊中に点火源が存在し引火すると爆発する
- ・粉じん爆発は不完全燃焼
- ・「すす」と「一酸化炭素」が必ず発生

2～1 燃焼の基礎知識

7 燃焼に関する諸物性値について

① 燃焼範囲・爆発範囲

- ・「可燃性蒸気」と「空気」との混合割合の範囲
- ・空気中で燃焼できる可燃性蒸気の濃度範囲
- ・ガソリンの燃焼範囲は1.4～7.6%

【例】

- ・100ℓのドラム缶
- ・ガソリンの蒸気と空気の混合ガス
- ・乾電池の電気火花が点火源



2～1 燃焼の基礎知識

7 燃焼に関する諸物性値について

① 燃焼範囲・爆発範囲

【ガソリンの燃焼範囲は1.4～7.6%】

- ・ガソリンの蒸気30 l + 空気70 l
→蒸気が**濃く**、空気**不足** = 燃えない
 $30 \div 70 = 0.4285 \dots \approx 0.43 = 40\%$
- ・ガソリンの蒸気5 l + 空気95 l
→蒸気濃度が燃焼範囲内 = **燃える**
 $5 \div 95 = 0.0526 \dots \approx 0.05 = 5\%$
- ・ガソリンの蒸気1 l + 空気99 l
→蒸気が**薄すぎ** = 燃えない
 $1 \div 99 = 0.0101 \dots \approx 0.01 = 1\%$

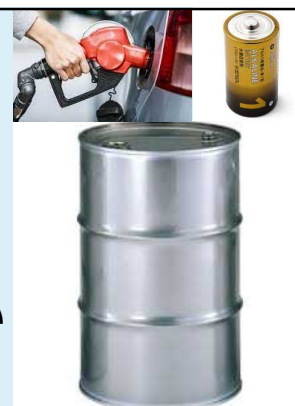


2～1 燃焼の基礎知識

7 燃焼に関する諸物性値について

② 引火点・引火温度

- ・燃焼には十分な**濃度の蒸気**が必要
- ・濃度不足だと**点火源**あっても燃えない
- ・20℃の灯油 + マッチ → 燃えない
- ・**40℃**の灯油 + マッチ → **燃える**
- ・引火に必要な最低の温度を**引火点**
- ・引火点が低い = **危険**
- ・**固体**にも引火点がある
- ・液温が上昇すると蒸気の**発生量**は増える



2～1 燃焼の基礎知識

7 燃焼に関する諸物性値について

② 引火点・引火温度

【メタノール】

- ・引火点が11℃
- ・燃焼範囲 6.0 %
- ・100ℓのドラム缶

6ℓのエタノール蒸気+94ℓの空気 → 燃える



2～1 燃焼の基礎知識

7 燃焼に関する諸物性値について

③ 発火点・自然発火

- ・ガソリンを加熱
- ・300℃以上になると発火(点火源なし)
- ・点火源は必要なく発火する温度 = 発火点
- ・一般的：発火点 > 引火点

【自然発火】

- ・常温で発火(加熱なし)
- ・酸化熱、分解熱、吸着熱による発熱

2～1 燃焼の基礎知識

7 燃焼に関する諸物性値について

③ 発火点・自然発火

【酸化熱】

- ・乾性油(絵の具用油、空気中で乾く特徴)
- ・ゴム粉(アスファルトに混ぜる = 吸音、ブレーキ良)

【分解熱】

- ・セルロイド(世界初の人工樹脂：プラスチック)
- ・ビリヤードの球、写真のフィルム
- ・ニトロセルロース(マニユキア)

2～1 燃焼の基礎知識

7 燃焼に関する諸物性値について

③ 発火点・自然発火

【吸着熱】：活性炭

- ・車のガソリンタンクに使われる
- ・タンク内のフィルターの役割
- ・古くなったガソリンの蒸気を吸着 = 安全

④ 燃焼点

= 燃焼が継続する温度

- ・引火点 + 約10℃
- ・引火点では燃焼を継続できない

2～1 燃焼の基礎知識

7 燃焼に関する諸物性値について

⑤ 第四類危険物の物性値の大小と危険性

A 数値が小さいほど危険性が大きくなるもの

- (1) 引火点、発火点、最小着火エネルギー
- (2) 電気伝導度
- (3) 沸点、比熱
- (4) 燃焼範囲の下限値

2～1 燃焼の基礎知識

7 燃焼に関する諸物性値について

⑤ 第四類危険物の物性値の大小と危険性

B 数値が大きいほど危険性が大きくなるもの

- (1) 燃焼範囲、燃焼速度、蒸気圧
- (2) 燃焼熱
- (3) 火炎伝播速度 (炎が広がる早さ)

	二硫化炭素	ガソリン	灯油	軽油	メタノール
引火点	<small>-30℃以下</small>	-40℃以下	約40℃以上	約45℃以上	11℃
発火点	<small>約90℃</small>	約300℃	220℃	220℃	385℃
燃焼範囲	<small>約1～50%</small>	約1.4～7.6%	約1.1～6.0%	約1.0～6.0%	約6.0～36%

3～1 消火のしくみ

☆ 燃焼の三要素を一つ除去

- ① 除去効果（火を取り除く）
- ② 窒息効果（酸素とふれさせない）
- ③ 冷却効果（燃焼物を冷やす）
- ④ 抑制効果（化学反応をおさえる）
- ⑤ 希釈効果（可燃物の濃度を薄める）

3～1 消火のしくみ

- ① 除去効果（火を取り除く）
 - ・ 可燃物を取り除く
 - ・ ガスコンロの元栓を閉める
 - ・ ろうそくの炎を吹き消す
 - ・ 可燃性蒸気を吹き飛ばす

3～1 消火のしくみ

②窒息効果（酸素とふれさせない）

- ・ 空気中の酸素は**21%**
- ・ " " は**14%**で消火可能
- ・ 第**四**類危険物に最も用いられる消火方法
- ・ アルコールランプの炎を「**ふた**」で消す
- ・ **石油類**の火災を**乾燥砂**で消す
- ・ **炭酸ガス**消化剤、**泡**消化剤、**粉末**消化剤
- ・ **蒸発性液体**消化剤

3～1 消火のしくみ

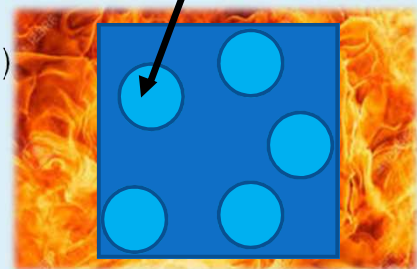
②窒息効果（酸素とふれさせない）

【例外】

- ・ 酸素を**含有**している危険物
- ・ 酸素の**供給**がなくても燃焼する
- ・ セルロイド
- ・ ニトロセルロース
- ・ 第**五**類危険物(自己・内部燃焼する)
- ・ 有機過酸化物

窒息
消火不可
可能

自らの酸素



3～1 消火のしくみ

- ③ 冷却効果（**燃焼物を冷やす**）
- ・ 冷却して燃焼の**継続を防ぐ**消火
 - ・ **注水**や**スプリンクラー**
 - ・ **強化液**を放射する



- ④ 抑制効果（**反応をおさえる**）
- ・ **化学物質**で燃焼反応を**遅らせたり止めたり**する
 - ・ 粉末消火剤は**化学物質**を含む = **抑制効果**



- ⑤ 希釈効果（**可燃物の濃度を薄める**）
= 危険物の**濃度**を下げ**て燃焼を止める効果**



3～2 消火剤と消化器



【消火薬剤の形態】

- ・ 液体
- ・ 泡
- ・ 蒸発性液体
- ・ 不燃性ガス
- ・ 粉末

【消火剤】

- ・ 普通泡
- ・ 特殊泡
- ・ ハロゲン果物消火剤
- ・ 二酸化炭素
(炭酸ガス：CO₂)
- ・ 炭酸水素ナトリウム塩類
- ・ リン酸塩類(ABC消化剤)
- ・ 水
- ・ 強化液

A級火災	普通火災 (紙、木材、布)	○ 白
B級火災	油火災 (ガソリン、灯油、軽油)	● 黄色
C級火災	電気火災 (モーター、変圧器)	● 青

消化器に表示されている色

3～2 消火剤と消化器

1 泡消化剤

- ・ 泡原液(たんぱく質分解物、サポニン)
- ・ 気泡安定剤(第一鉄塩)
- ・ 炭酸ガスや空気を含んだ泡(発泡機や化学反応でつくる)
- ・ 強力な窒息効果
- ・ 普通火災、油火災に有効
- ・ 泡の成分は水分を98%以上含む → 特色がある



3～2 消火剤と消化器

1 泡消化剤

【水溶性液体（アルコール、アセトン）】 = 水によく溶ける

- ・ 水溶性液体には窒息消火ができない
- ・ 理由：泡の膜が溶けるから
- ・ 水溶性液体には特殊泡を使う（重要）
- ・ 特殊泡：水溶性液体用泡消化剤
- ・ メタノール（メチルアルコール）
- ・ エタノール（エチルアルコール） あ・ひょう・ぴ・さん？
- ・ アセトン ・ アセトアルデヒド
- ・ 氷さく酸 ・ ピリジン ・ 酸化プロピレン

3～2 消火剤と消化器

1 泡消化剤

【電気火災】 = C級火災

- ・ 泡消火器は使えない
- ・ 感電するかもしれない
- ・ 機械泡（空気泡）
- ・ 化学泡（炭酸ガス泡）
- ・ 炭酸ガス泡 = 酸性液 + アルカリ性液
- ・ 泡原液でつつむ

3～2 消火剤と消化器

2 ハロゲン化物消火剤（蒸発性液体）

- ・ ハロゲン化炭化水素（常温：液体）
- ・ 沸点が低い = 気化しやすい
- ・ 燃焼抑制作用がある
- ・ 電気の不良導体
- ・ 電気火災、油火災に効果的
- ・ 現在、製造されていない!?
- ・ 一臭化三ふっ化メタン (CF_3Br)
- ・ 二臭化四ふっ化エタン ($\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$)

3～2 消火剤と消化器

2 ハロゲン化物消火剤（蒸発性液体）

【消火原理】

- ・ 圧縮空気や炭酸ガスの圧力で放射
- ・ 放射後に液体がすぐに気化
- ・ 空気より重い不燃性ガスに変化（4.5～5.0倍の重さ）
- ・ 不燃性ガス = 燃えないガス
- ・ 燃焼物を不燃性ガスが覆う
- ・ 抑制効果(負触媒効果)と窒息効果で強力消化
- ・ 消火場所を汚さない（気体だから）

3～2 消火剤と消化器

3 二酸化炭素消火剤（炭酸ガス、不燃性ガス）

- ・ 毒性のないガス
- ・ 蒸気比重が約1.5
- ・ 窒息効果、冷却効果
- ・ 電気火災、油火災
- ・ 狭い部屋で大量に吸い込むと呼吸困難になる
- ・ 直接吸入すると即死

3～2 消火剤と消化器

4 粉末消化剤

- ・ 消火粉末は熱で不燃性ガスに変わる
- ・ 抑制効果、窒息効果

【ドライケミカル】

- ・ 炭酸水素ナトリウム塩類（重曹）
- ・ 二酸化炭素 + 粉末アルカリ金属塩に分解
（窒息） （抑制）
- ・ BC消火薬剤
- ・ 油火災、電気火災に大きな消火効果がある
- ・ 普通火災に向かない

3～2 消火剤と消化器

4 粉末消化剤

【万能消火剤・ABC消火剤】りん酸塩類

- ・ りん酸二水素アンモニウムが熱分解
→メタリン酸 + ピロリン酸 + 正リン酸
- ・ 負触媒効果（酸化反応を遮断する効果）
- ・ 冷却効果、窒息効果、脱水炭化
- ・ 有機物は水素と炭素の化合物
- ・ 消炎効果、再燃防止効果をもつ
- ・ 全ての火災に消火効果がある
- ・ 家庭用消火器の90%（ピンク色の粉末：リン酸塩類）

3～2 消火剤と消化器

5 液体の消火剤

【水】

- ・ 普通火災に使用
- ・ 冷却効果
- ・ 水蒸気の体積は液体の約1,650倍
→ 窒息効果 + 希釈効果
- ・ 第四類危険物と油火災には使わない
- ・ 油火災に使うと水を弾くため、被害が拡大

3～2 消火剤と消化器

5 液体の消火剤

【水】

- ・ 電気火災に棒状放射は感電する
- ・ 水は電気と油に不適切な消化剤
- ・ 水の消化力を高める成分
 - ①界面活性剤：水が広がりやすくなる
 - ②炭酸カリウム：再燃防止効果が高まる
 - ③乳化剤：油の蒸気の発生をおさえる
 - ④増粘剤：水が拡散しない、命中率が上がる

3～2 消火剤と消化器

5 液体の消火剤

【強化液】

- ・ 炭酸カリウムとアルカリ金属塩類の水溶液
- ・ 不凍液
- ・ -20°C でも凍らない
- ・ 冷却効果で消火
- ・ 再燃防止効果がある（負触媒効果）
- ・ 棒状放射：普通火災のみ
- ・ 霧状放射：普通火災、油火災、電気火災

3～3 消火方法と消化剤のまとめ

1 第四類危険物の火災に不適切な消化剤

① 棒状放射や霧状放射の水

② 棒状放射の強化液

※油面を広げ、火災が広がる

2 感電するため電気火災に不適切な消火方法

① 泡消化剤による消火

② 棒状放射の強化液による消火

③ 棒状放射の水による消火



3～3 消火方法と消化剤のまとめ

3 第四類危険物に効果的な消火剤

- ① 泡消火剤 : 普通泡と特殊泡って何？
- ② ハロゲン化物消火剤 : 何効果？
- ③ 二酸化炭素消火剤 : 何ガス？
- ④ 強化液 : 霧状どう？
- ⑤ 粉末 : 何効果？