

# 第3章

## 火災事例の考察

## 考察1

### ダクト火災

各社の事故事例を集めてくると、類似の火災が発生していることに気付く。そのひとつがダクト火災である。

ダクトは、その場所に滞留しては困る物質を、大気とともに吸い込んで、比較的安全な場所に排出するための、気体の通り道である。例えば、

- ・作業場の改善を目的に、工場の建屋内で広く薄く発生する有害物質を排気するダクト。
- ・実験室などのドラフトチャンバーから、屋上に設置したファンまでのダクト。
- ・社員食堂の調理場のファンから排気するダクト。

など、事業所でよく見かける四角い筒（丸もある）である。

従って、流れているのは主に空気だが、その中には低濃度の可燃性物質が含まれている場合がある。また、可燃性物質が排出口から放出されるか、何らかの捕集設備で捕捉される場合もあるが、ダクトの内壁に付着している場合がある。

ダクトが火災になるのは以下の例がある。

- 1) ダクトの上流で何らかの火災が発生し、その火炎がダクト内部に延焼し、ダクト内壁に付着した可燃性物質に火が着く。
- 2) ダクトそのものを補修するまたは撤去する際に、ダクト内壁に可燃性物質が付着していることに気付かず、強力な火気を用いた為に、可燃性物質に火が着く。
- 3) ダクトに堆積した可燃性物質が高温のダクト内の空気にさらされること等により物質が変化して発火点が低下したり、付着した自己分解性物質の分解により自然発火する。

#### 例1：食堂のダクトの汚れ例 ガスコンロ付近



#### 排気ファン廻り



## 例2：ポリマー成形実験室のダクトの汚れ例



また、一旦ダクト火災が発生すると以下の点で厄介になる。

- A) 火災が起こっている場所がダクトの内部なので、消火粉末や消火栓の水を注入する場所が少なく、ダクト外からの消火が難しい。
- B) ダクトは主に低所から高所に配置されているが、吸込口である低所を締め切って満水に出来る弁等の設備がついていない場合が多い。従って排気の出口である高所から水を投入しても、水で満たされない壁面の火災を消火することが難しい。
- C) ダクトは一般的に垂直方向および水平方向に長く、設置されている場合が多い。一旦着火すると、ドラフト効果によって加熱された空気がダクト内を上昇し、延焼するスピードが大きい。
- D) 屋内のダクトは天井付近に配置されている場合が多い。電気ケーブルに近い場所を通っている場合は、ダクト内部からの火災の熱により電気ケーブルを損傷させ、2次災害を引き起こす場合がある。

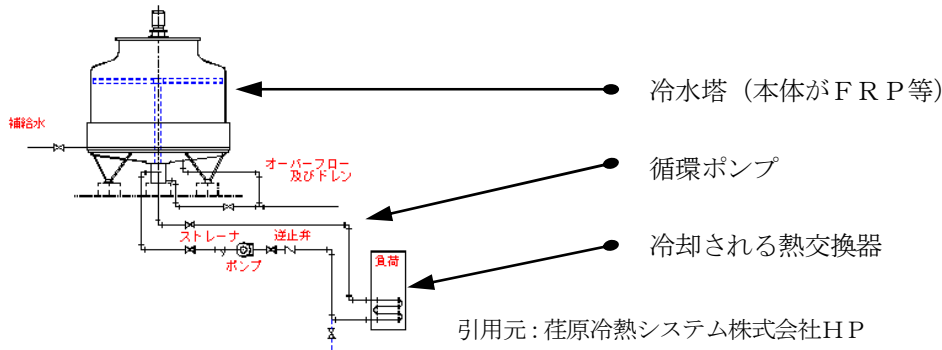
それではダクト火災を防ぐ方法は何かというと、機器や配管の管理と同じく「適切に点検し状態を管理する」ということになる。その為の手法を紹介する。

- a) 各階に1カ所程度で良いから人が覗くことができる点検口を設ける。直線部分でも良いが、曲り角付近に設けると、開放して2方向を確認することができる。
- b) 液体や固体が堆積しやすい要点検箇所は、排気線速の小さな部位、何らかの要因で温度が下がる部位、曲りや立ち上がり部分の下端である。これらに点検口を設け定期的に点検する。
- c) 点検頻度や場所は、年間の運転時間数や揮発物質の排気量をもとに決める。毎年点検して付着物があるようなダクトは揮発物を前段階で除去するなど、使用方法を改善したほうが良い。なお、有機則の局所排気装置に該当するダクトは「1年以内ごとに1回」の定期自主点検が必要である。
- d) 工事を行う場合は、十分な点検でダクト内部に可燃性物質が堆積していないことを事前に確認するか、堆積を前提として手動工具を用いる。后者では堆積物が確認された後の手立てを考えておく。

生産設備同様、事業所内に一度も内部点検をしたことがない設備は無いよう、頻度は低くてもよいからダクトも点検してほしい。

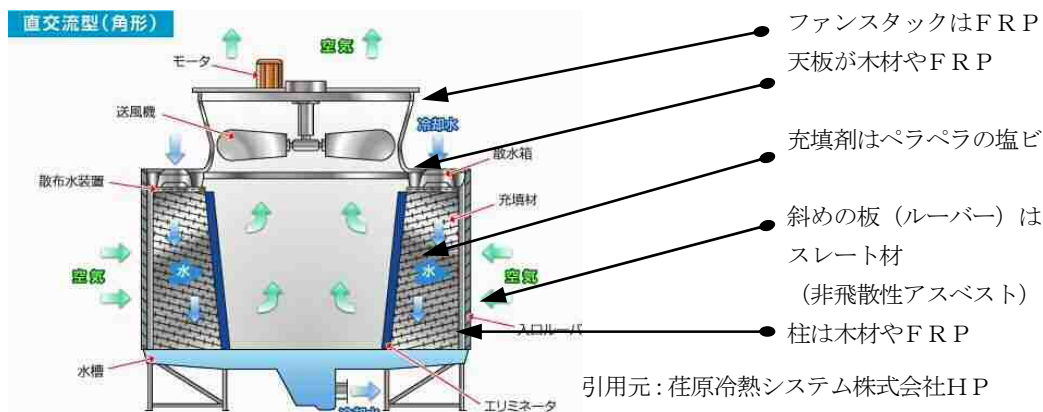
冷水塔火災

類似火災の2つめとして冷水塔の火災について考える。化学工場等では反応や蒸留で発生する熱を、熱交換器を用いて循環冷却水に除去している。加熱された循環冷却水は、冷水塔でほぼ等重量の空気に蒸発潜熱を放出し、ほぼ加熱前の温度に戻って再度循環利用される。

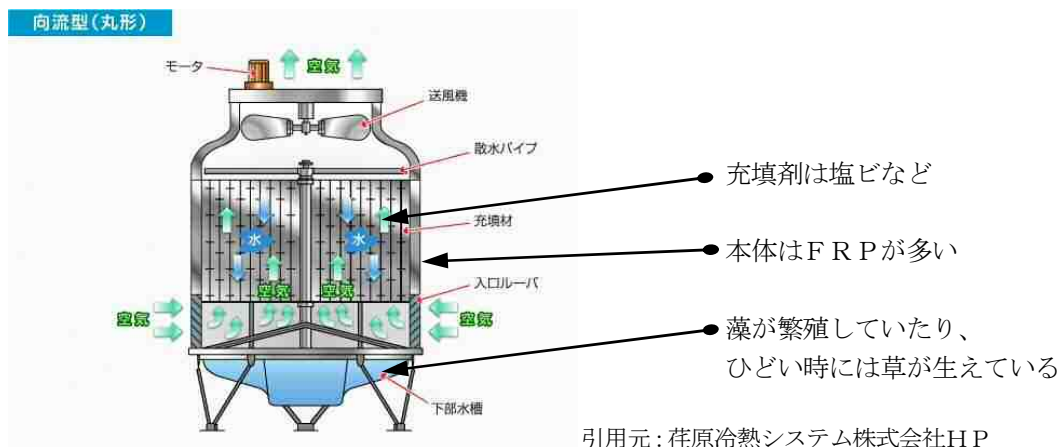


冷水塔における取り扱い物質は水と空気なので、火災とは無縁と思いがちだが、構造材に可燃性物質を使用しているため、火気工事には注意が必要である。大規模なものを1)、小規模なものを2)に記す。

1) 工場内に大規模に循環冷却水を循環使用するために設計された、循環水量1,000m<sup>3</sup>/hクラスの大きなもの。気液接触面積を確保するため冷水塔内部に配置された充填物が塩ビ、柱や天板が防食加工された木材やFRP、空気が出入りするファンスタックがFRP、など火気によって燃焼する材料で作られている場合が多い。大規模な工場などで広く使われているが、危険物施設の外に設置されているので、火災の危険性はないとみなして工事管理すると痛い目に遭う。



2) 冷凍機や大型エアコンの循環冷却水を製造するため、単体で設置されたもの。充填物が塩ビ、冷水塔の外筒がFRPである場合が多い。





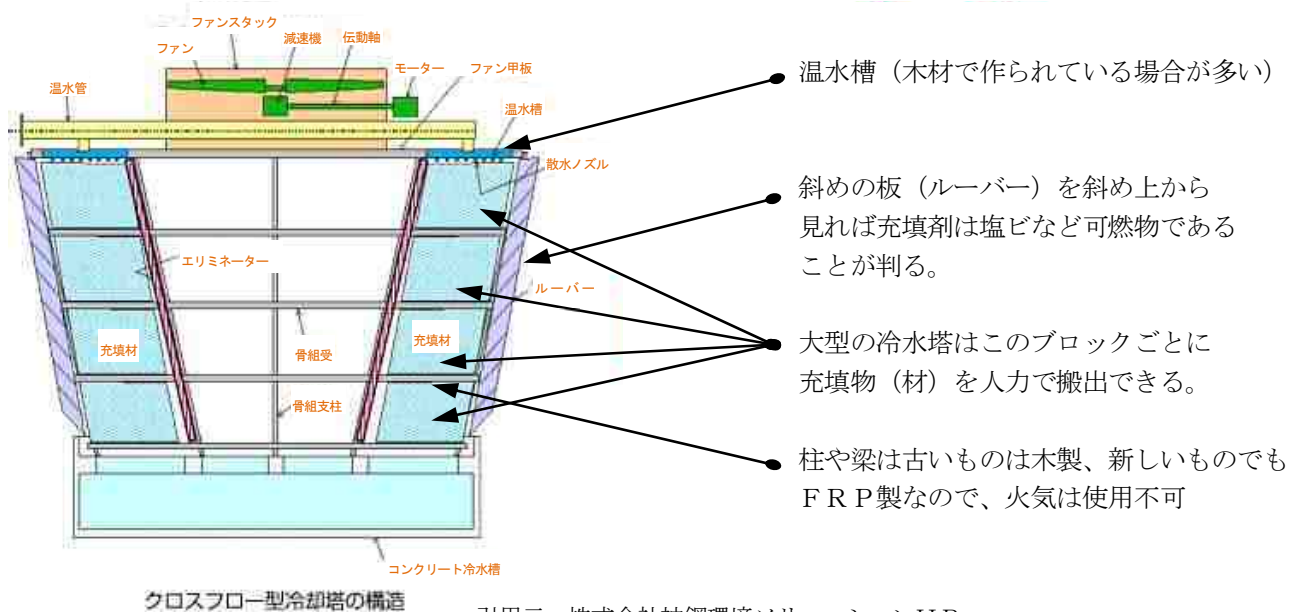
何れの場合も、循環冷却水の水質管理が行われていない場合は、充填物に藻が発生したり、まれに有害な細菌（密閉水で繁殖するレジオネラ菌）が繁殖して作業員が感染する例がある。

冷水塔が火災になるのは、火気工事の計画段階の失敗が多い。冷水塔内部の構造を事前に確認せずに使用火気を選定し、溶接火そのもの、溶接やサンダーから落下した火の粉、その他によって可燃性の構造物が延焼している。藻が繁茂していた場合は、乾燥した藻が燃える場合もある。

火災を防ぐ方法は「事前に構造を確認する」であり、図面が确实だが、多くの化学設備と違って外観から判りやすい構造のため目視確認も難しくない。部位ごとに紹介するので下図を参照のこと。

- A) 小規模な冷水塔で外筒がFRPの場合は、火気を使用せず、ナットをゆるめての解体が望ましい。これが困難な場合は、油圧圧砕機を使用して解体する、有姿のままの搬出を請け負う解体業者に委託する、などが考えられる。
- B) 大型冷水塔の場合、空気が放出されるファンスタックは金属やFRPで作られている場合が多い。ファンスタックは外観で判別できるのでFRPならボルトをゆるめて解体する。金属の場合でも、ファンがFRPだったり、落下する火の粉を考えると、ダクト内部に貫通する火気は使用しない。腐食などでナットが外れない場合のみ、火気養生して限定的な使用にする。
- C) 天板やその下の温水槽は、従来木材であったが、金属やFRPに変わりつつある。温水槽も上蓋を外せば材質は確認できるが、その下の充填物の材質が不燃性と断定できない場合が多い（下記E、F）ので、火気使用は限定する。
- D) 冷水塔を横から見た場合、2面は板状材で空気が入らぬよう塞がれ、2面は斜めになった板状材で斜め上方から空気が入る構造になっている場合が多い。従来からスレートが多用されてきたので、非飛散性アスベストの取り扱いとなるので、構造物からの取り外しなどに注意して計画する。
- E) 冷水塔内部の充填物が塩ビなど可燃物であることが多い。図面が無くても、上記D)の斜めになった板状材から見れば可燃性か否かは明らかになる。冷水塔内外に足場を作成し、ブロックごとに人力搬出するか（そもそもそのように設計されている）、解体する場合は油圧圧砕機を使用し、火気は使用しない。
- F) 柱は、従来防食加工された木材であったが、長年の使用により金属やFRPに更新されている例が多い。部分更新の際に一部木材が残っている可能性もあるので、金属化完了が確認できない場合は火気を使用しない。

事例に挙げた火災は、構造物はA) またはE) で手摺りの溶接中の火の粉落下である。冷水塔は構造物が可燃物を含むことが多いことを念頭に、火気を使用しない工事計画とすることが必要である。



引用元：株式会社神鋼環境ソリューションHP

### 撤去時の火災

類似火災の3つめとして、火気を用いた撤去時の火災を検証する。

撤去工事は使用しなくなった設備を廃棄・解体する工事であり、強力な火気を用いる場合が多い。撤去される設備が、取り扱いを休止した危険物製造所や屋外タンク貯蔵所に限らず、非危険物施設においても、火気を用いた撤去工事中に火災が発生している。

管理上の盲点として以下の要因が挙げられる。

- 1) 設備内に可燃性の構造物が存在しており、火気を用いた撤去に支障があるにも拘らず、比較的強力な火気を用いた撤去工事を採用し火災が発生する場合がある。また、設備を使用していた部門と、撤去の意思決定をした部門が別の組織である場合もある。設備の図面が引き継がれず構造物の内容が明確になっていない状態で、火気を使用すると火災に至る場合がある。
- 2) 金属性の構造物は強力な火気を用いて溶断・解体すると、比較的安価に解体・撤去を実施し易い。設備状況を調査せず施工企業に安易に発注し、安全対策を考慮せずに火気工事を実施すると（全体的に丸投げすると）、場合によって火災の可能性がある。
- 3) これから製品を製造していく設備の建設工事に比べて、価値を生まなくなった設備を解体する撤去工事は、安価な発注や施工会社の一括安全管理を行う傾向が見られる。
- 4) 使用しなくなった段階で、使用当時の危険物などが設備の内部に残留したまま放置され、火気を用いた撤去工事中に火災が発生する場合もある。火気を用いた工事をしなくても、有害物への暴露、土壌の汚染、搬出後の有害物拡散など、種々の問題が発生する可能性がある。責任ある事業者としては、使用しなくなったら関係者が在任中の早期に撤去を行うことが望ましい。また事業者の一方的放棄などで、年月がたってから撤去する場合は、安全に相当配慮して実施する必要がある。

防止方法は、考察1や2と同じく内部確認と、それに基づく適切な排除であり、稼働している設備の開放前の安全対策作業と同様である。異なるのは、火気使用の許可条件が、可燃性ガスの不検出だけではない。以下に注意して工事方法を計画してほしい。

#### A) 内容物の確実な排除

設備停止後の内容物の除去・洗浄の状況を調査し、未実施や不完全があれば確実に実施する。タンク底部に残った残渣中や、ノズルのデッド部にポリマーがあり、その中に有害物が残留している例は良くある。運転していた当時の開放時の知見を集めるなど事業者が安全に工事する責任がある。一方、タンク底板のわずかな腐食貫通により底板下の土壌にオイル侵入や、母材とライニング材の隙間への有害物質浸入も考えられる。この場合、十分な安全対策を取りながら施工企業が解体するなど、火災だけでなく作業員の労災や健康障害防止を考慮した計画を綿密に作成する。

#### B) 内部構造物の排除

可燃性物質が滞留する可能性があるか否かに関わらず、内部構造物は出来るだけ取出し、可燃性物質の残留は無いか、可燃性の構造物が含まれていないかを確認する。これらを取り出す段階では火気を使用せず、安全が確認できたら火気や重機を使用して、解体・撤去を進める。計画段階で図面等で内部構造を明確にする、出来なければ銘版をもとにメーカヒヤリングする、取り外せる構造物は抜き出す、など事前に施工企業と計画する。

例えば蒸留塔は槽内作業の安全対策完了後に、棚段であればトレイを全て抜き出す、不規則充填物はバキュームカーに吸い出す、規則充填物は内部に入って手作業で取り出す、といった火気を使用しない方法を計画する。有毒ガス発生対策など、槽内作業員の安全対策は当然実施する。

#### C) 適切な解体方法の選択

残留物の可能性が低い場合も、火気を使用しない解体を実施しながら進めることも検討する。例えば固定管板式熱交換器はシェルの一部をウォータージェットで切り開いて内部確認し、付着物に対する火気使用の安全を確認する。蒸留塔塔頂部から凝縮用熱交換器に至る大口径配管も同様である。廃棄する設備といえども、火気工事中の着火防止とともに施工作業員の安全確保をお願いしたい。

## トレイ塔の構造

棚段塔は中にトレイと呼ばれる穴を開けた板がいくつも設置されています。そのトレイの構造は主にトレイデッキとダウンカマーと呼ばれる部分で構成されています。

各部名称  
**トレイデッキ (Tray deck)**

**トレイスペース (Tray space)**  
 トレイデッキの間隔

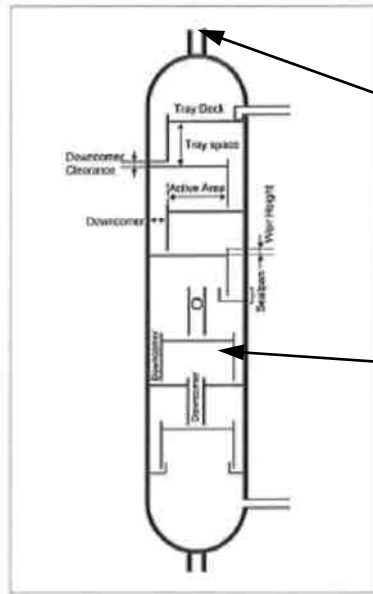
**ダウンカマー (Downcomer/DC)**  
 デッキ上で泡立った液を液と蒸気に分け液だけを下段に送るための部分

**ウェア (Weir)**  
 トレイデッキ上に液深を立てるための

**ダウンカマークリアランス (DC clearance)**  
 ダウンカマー下部の液が出てくる隙間

**アクティブエリア (Active Area)**  
 液と蒸気が接触するエリア

**シールパン (Seal pan)**  
 トレイセクション下部にある液受け



蒸留塔の構造  
 左図は棚段の構造の例

蒸留塔塔頂から凝縮用熱交換器に至る大口径配管も内面に可燃性固体が付着している場合がある。

内部構造物の中に可燃性のポリマーなどが存在すると火気工事中に火災となる可能性があるため抜き出す。

引用元：Sulzer Chemtech 社HP



### 規則充填物

規則充填物は左の写真のように金属やプラスチック製の薄い板を折り曲げて加工したものや、メッシュ状のものを折り曲げて加工したものなどがあります。充填塔の核となるもので、充填物のタイプによって処理量を多くしたり、気液接触の効率を高くしたりと、様々な使い分けができます。トレイや不規則充填物と比べ圧余力損失が小さく、処理量も大きいので塔径を小さくすることができます。

引用元：Sulzer Chemtech 社HP



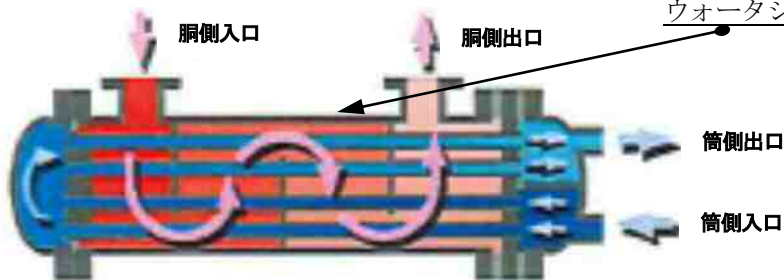
### 不規則充填物

不規則充填物は左の写真のように金属の薄い板を加工したもので、形状は様々です。形状により処理量や圧力損失に違いがあります。安価で入れ替えがしやすいため、汚れの発生する系にも使用することができます。

(上) 規則充填物と (下) 不規則充填物  
 何れも内部にポリマーなどが存在する場合がある

引用元：Sulzer Chemtech 社HP

## シェルアンドチューブタイプ熱交換器のしくみ



### 固定管板式熱交換器 (シェル&チューブ)

直胴状のシェル側は内面に付着物があっても判り難い  
ウォータージェットで切り開く場合もある

引用元：神威産業株式会社HP