

## 空気不足に悩まされる火災...

前回は、火のトライアングルと換気火災の発生について見た。これは、空気（酸素）が十分にあれば火災が発生するというものである。しかし、例えば 50 年前と同じように建物を建てているわけではないという現実がある。今では高断熱の複層ガラスが標準となっている。屋根や壁の断熱材の平均厚さは 2 倍以上になった。そして、建物の気密性はますます高くなっている。いわゆる省エネ住宅では、壁や屋根の内側にまで気密性を高める工夫がされている。このような住宅では、外部に放出されるエネルギーが大幅に削減され、冬は暖かく、夏は涼しく過ごすことができる。

そのため、省エネ住宅では、火災時に発生した熱エネルギーを外部に放出せずに区画内に維持することが容易となる。さらに、気密性が高いため外部から空気を供給できず、燃焼に必要な空気の供給量は大幅に少なくなる。なぜなら、二重ガラスは一重ガラスよりも割れにくく新たな供給源の発生を防ぐからだ。これにより 50 年前の建物と比べて火災の挙動が異なるのである。

### 1 換気不足での火災が発生。

#### 1.1 温度上昇が制限された場合。

フラッシュオーバーの前に換気制御（VC）になる火災は、過少換気火災と呼ばれる。いわゆる FC/VC ポイントは、グラフ上ではフラッシュオーバーの前になる。図 4.1 では、初期段階と発展段階に赤い曲線が見られる。発火段階では FC/VC ポイントを見ることができる。これは、換気不足が火災の正常な発生を阻害していることを意味する。この正常な進展は、このグラフでは赤い点線で示されており、換気不足の火災体制は灰色の線で示されている。

FC/VC ポイントの直後、熱放出率（HRR）は低下する。燃料制御（FC）から換気制御（VC）への移行が開発段階の早い段階で起こると、温度の蓄積は非常に限られたものになる。

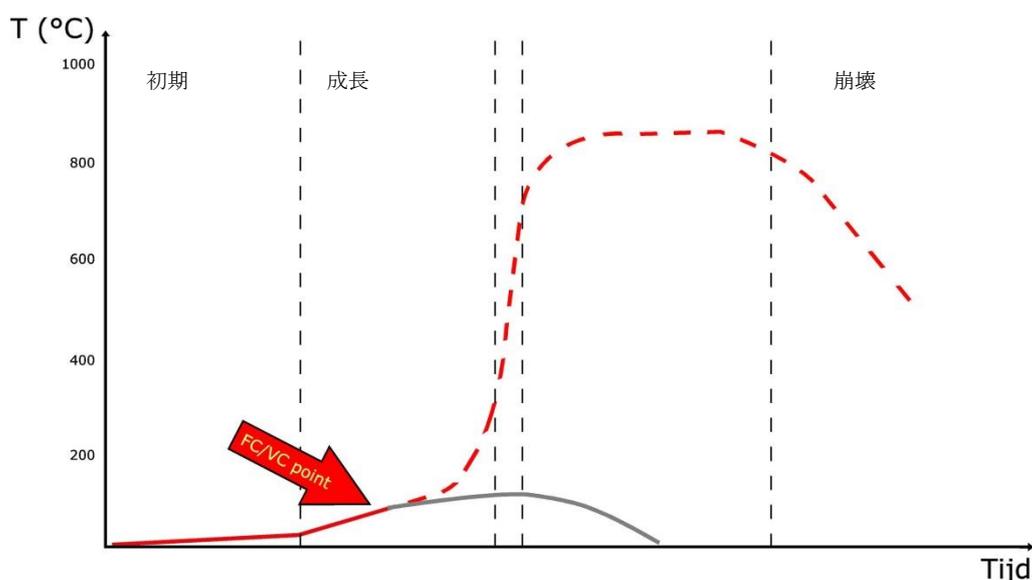


図 4.1 火は非常に早い段階で換気不足になる。その結果、温度の蓄積は非常に限られている。

## 1.2 高温化の重要性

火災が発生段階の終盤に換気制御されるようになった場合、エネルギーと熱の重要な放出があったことになる。その後の温度変化は、部屋の物理的特性によって異なる。ここでは、換気不足の火災を灰色の曲線で示している。

部屋の気密性が高ければ、HRR は低下し続ける。しかし断熱材のおかげで、部屋の中は通常よりも長い時間温度を保つ。最終的には温度も下がり、換気流路（新たな空気の供給源）がなければいずれ火は消える。

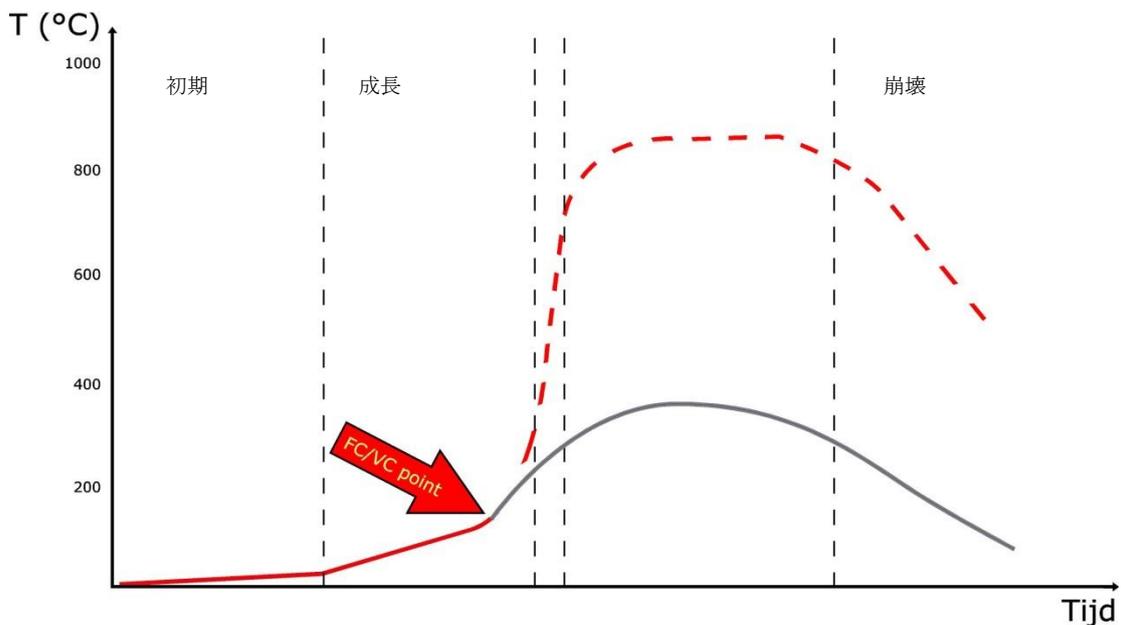


図 4.2 換気不足による火災の発生。

もし、火災が十分なエネルギー（熱）を残したまま換気不足になっている状態で、換気流路が発生すると、活動している部隊の安全に悲惨な結果をもたらす可能性がある。

## 1.3 脈打つ炎。

換気不足火災の最後のタイプは、換気流路が限られている区画での火災である。この場合も、火災はすぐに換気不足になる。火災の発生段階では、煙が大量に発生し、開口部から部分的に流出していく。煙の量が多くなると、煙を排出する出口として必要な開口部のサイズは大きくなり、中性帯は低くなっていく。そして、火元への新鮮な空気の供給量が十分ではなくなり、HRR は低下する。ある時間が経つと、区画内の温度も下がる。その結果、煙は収縮し、煙を押し出す圧力が低下、最後には煙の排出が止まる。火災はわずかな陰圧が発生し、新鮮な空気を再び入れようとする。

火に新鮮な空気と酸素が到達すると、再び燃焼速度が上がる。火の燃焼速度が上がれば、HRR も上がり、煙の発生が再び起こり、煙は開口部の一部から排出される。その結果、排出された煙により開口部が塞がれることで、新鮮な空気の供給が減少し、最終的には停止する。空気不足のため、燃焼速度は再び減速する。HRR は再び低下し、温度も低下する。その結果、ガスが収縮し、圧力が低下する。

空気供給が再開されると、このサイクルが繰り返される。

このようにして、図 4.3 に示すような周期的な動きが生まれる。このタイプの火災は脈動火災と呼ばれる。オランダではデ・プントの火災はこのタイプであったと考えられている。

この火災に関する詳細は下記 URL 参照“Fire in a ships warehouse, De Punt”

<http://www.onderzoeksraad.nl/en/onderzoek/1575/fire-in-a-ships-warehouse-de-punt>

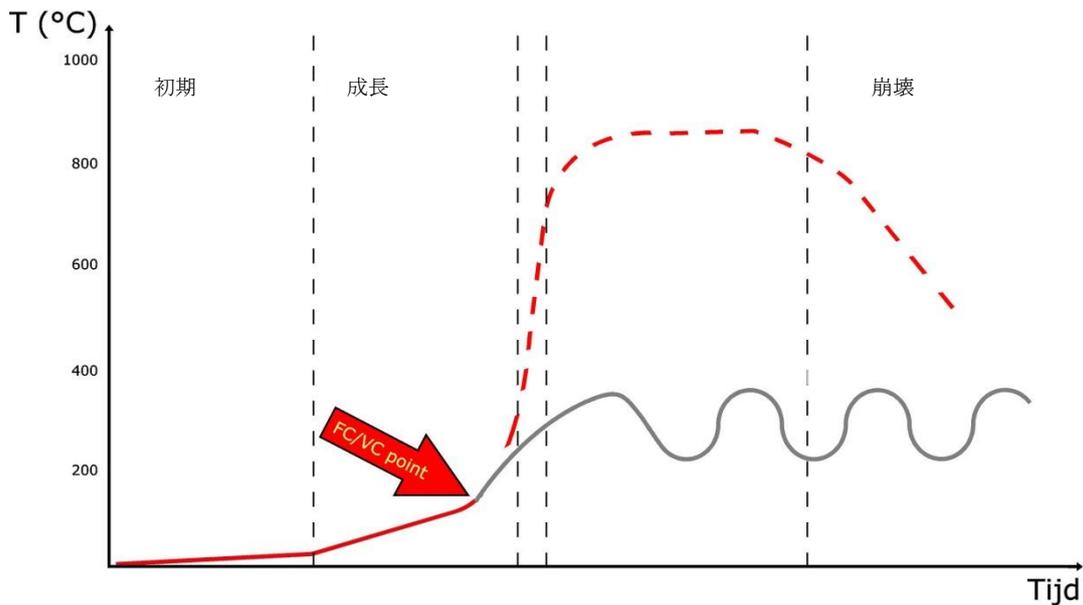


図 4.3 脈打つ炎。

## 2 チャールストン（米国）のスーパー・ソファ・ストア（家具店）での火災事例。

換気不足の火災は危険度が高い。何らかの理由で換気流路が変更されると、火災はより多くの空気を得ることになる。このため、火災の強度（HRR）は増加する。このような現象は徐々に起こることもあり、その場合は対応に時間がかかる。しかし、バックドラフトや換気によるフラッシュオーバーが発生すると、非常に速いスピードで火災が発生することもある。最近の歴史では、チャールストンでの家具店の火災が、換気不足による火災で最も物議をかもした事例のひとつである。

### 2.1 スーパー・ソファ・ストア

スーパー・ソファ・ストアはサウスカロライナ州チャールストンにあった。この店舗はいくつかの異なる用途の建物から構成されていた。ひとつは元の店舗（1625 m<sup>2</sup>）で、左右に増築部分（各 650 m<sup>2</sup>）がある。その奥には貯蔵棟（1500 m<sup>2</sup>）があり、屋根付きの搬入口を介して元の建物とつながっている。（図 5.1 参照）。

その店は家具を販売していた。つまり、建物内には高い火災負荷が存在していたということだ。外に扉はいくつかあったが、火災が完全に進展するために必要な十分な空気供給量を確保するには不十分であった。このような建物では、火災はすぐに換気不足になる。延焼はかなり遅くなり、もしかし

たら止まるかもしれない。しかし、煙は建物全体に拡散する。そして、この煙がある程度の距離を進むと、冷えて下に落ち始める。このため視界が悪くなり、消火活動の妨げになる。



図 5.1 スーパーソファ店の航空写真 (写真: NIOSH)

## 2.2 火災の状況

火災は 2007 年 6 月 18 日、店の奥の搬入口から発生した。消防署は 2 台のエンジンを出動させた。1 台は屋外の消火に、もう 1 台は屋内の検索を行なう。最初の検索では、店内に煙はほとんどないことが確認できた。火災自体は屋根のある搬入口で燃え尽きており、店内に拡大することが予想された。対応は大規模かつ迅速に拡大する必要がある。最初の通報から 20 分後、現場には 7 台の消防車両と 4 人のチーフオフィサーが到着した。

火災は 2 方向から攻撃されている。本店の被害を減らすために活動範囲を拡大した。店内では 5 つのチームが数本のノズルを使って火を消そうとしている。この間にも店内には徐々に煙が充満していく。見通しの良い場所から進入した消防隊員の中には、煙が充満する悪条件の中で出口を見つけられない者もいた。複数の消防士がトラブルに巻き込まれ、最初のメーデーが発令された。

現場指揮官は、新たな換気流路を作り、煙を外部に排出することでトラブルに巻き込まれた隊員の視界を改善したいと考えた。彼は、店の正面側の窓をすべて破壊するよう命令する (図 5.2 参照)。こうすることで、彼は部下が生きて建物から脱出できるように内部状況を改善したいと考えていた。

この作戦は、いくつかの結果をもたらした。このとき、店内の火は激しく換気不足に陥っていた。正面の窓の内側で目に見えて存在する水滴や結露は、換気不足の火災の兆候として知られている。これらの窓をすべて破ることで、多くの空気 (酸素) が火災に利用できるようになる。そのため、火は急速に燃え広がり、延焼範囲は拡大し、温度は急激に上昇する。店内は地獄のような状況になり (図 5.3、5.4 参照)、9 人の消防士は生きて店から出ることはできなかった。



図 5.2 窓を割る消防士 (写真: Bill Murton)



図 5.3 割れた窓から煙が出始める一方、大量の新鮮な空気が建物に入ってくる。  
(写真: Charleston post)



図 5.4 ひとたび十分な酸素が供給されると、火は瞬間に完全に燃え上がる。(写真: Charleston post)

### 2.3 批判的な意見。

チャールストンの火災は悲劇的だ。9人の消防士が命を落とした。しかし、この悲劇的な結果を招いたのは、換気の決断だけが原因かという点、そうではない。トラブルに巻き込まれた消防士が何人もいたという事実が、換気を開始した主な理由である。この決断は、すでにうまくいっていなかった状況を悪化させただけだった。

この悲劇を引き起こした重要な要素は水不足だった。消火栓からエンジンまでの距離をホースでカバーしなければならなかった。火災の激しさから、(正当な理由があつて) 深刻な規模拡大が決定された。増援部隊のほとんどは消火に充てられ、給水確保には充てられなかった。消防署によっては、遠距離からの給水に対して特別な手順やリソースを持っているところもある。しかし、そのようなリソースがない場合はどうだろう。準長距離 (500 メートル / 1500 フィート) を基本的な手段で給水する方法について、十分な訓練が行われているだろうか。資源の使用と配分を検討することによって、これを改善することができるのだろうか？

チャールストンでの重要な項目は、指揮系統だった。火災の規模が大きくなると、複数の指揮官が現場にやってくる。そうして、複数の指揮官が現場に入り、火災の全体像を把握したり、複数のチームがうまく連携したりすることが難しくなる。事態の悪化を防ぐためにまず重要なのは、事前の訓練と実践である。ベルギーの平均的なチーフ・オフィサーは、大規模な災害対応について何時間訓練しているのだろうか。この観点から、私は緊急事態の計画についてではなく、部下を指揮するチーフ・オフィサーの実際の仕事について話したい。

SCBA (空気呼吸器) を使用している消防隊員のための PAR システム (「消防隊員の説明責任」) がなかったため、これらの消防隊員がトラブルに巻き込まれたときに適切な対応ができなかった。ベルギーでは、SCBA を使用する消防隊員のために PAR システムを導入している消防署もある。しかし、実際に RIT チームを待機させている消防署はどのくらいあるのだろうか。SCBA を装着した消防士がトラブルに見舞われた場合に備えて、どれだけの署が訓練を積んでいるのだろうか？ どうやって自分たちを救助するのか？ ニューヨーク市消防局では、メーデーシステムが開発され、実施されている。新任の大隊長は 1 週間 (!)、メーデーコールの対処法について訓練を受ける。これを詳しく見るのは非常に興味深い。しかし、これは別の記事で紹介することにしよう。

### 3 参考文献

- [1] Hartin Ed, [www.cfbt-us.com](http://www.cfbt-us.com), personal communication 2010
- [2] Mcdonough John, New South Wales Fire Brigades, personal communication, 2009-2010
- [3] Raffel Shan, [www.cfbt-au.com](http://www.cfbt-au.com), personal communication, 2009-2010
- [4] Grimwood Paul, Hartin Ed, Mcdonough John & Raffel Shan, 3D Firefighting, Training, Techniques & Tactics, 2005
- [5] Grimwood Paul, [www.firetactics.com](http://www.firetactics.com), personal communication, 2008
- [6] Lambert Karel & Desmet Koen, Binnenbrandbestrijding (Interior firefighting), version 2008 & version 2009 (in Dutch or French)

- [7] *Bengtsson Lars-Göran, Enclosure Fires, 2001*
- [8] *Gaviot-Blanc Franc, [www.promesis.fr](http://www.promesis.fr)*
- [9] *NIOSH, 2007-18, Nine career firefighters die in a rapid fire progression at commercial furniture showroom, februari 2009*
- [10] *Healy George, Managing the «MAYDAY», lecture Ottawa Fire, may 2010*