

災害調査報告書

溶接中に発生した作業場火災の災害

(要約版)

労働安全衛生総合研究所

1. 災害の概要

本事例では、建物の改修作業中に発生した火災災害について、災害現場の現地調査、災害が発生した要因の実験的な検討等の結果を報告する。

2. 発生状況の調査

本災害の発生現場では、溶接機の母材側配線がクランプによって母材以外に接続されていたことから、母材の溶接時に母材以外にも溶接電流が流れる回路が構成された。その回路は、壁面吹き付けプラスチック系発泡断熱材に隣接したビニル被覆金属製可とう電線管が含まれる状況であった。この電線管を含む電路に溶接電流が一定時間連続して流れ続けたことが出火の原因と推定される（図1参照）。そして、火災の主原因となった可燃物は断熱材と考えられる。

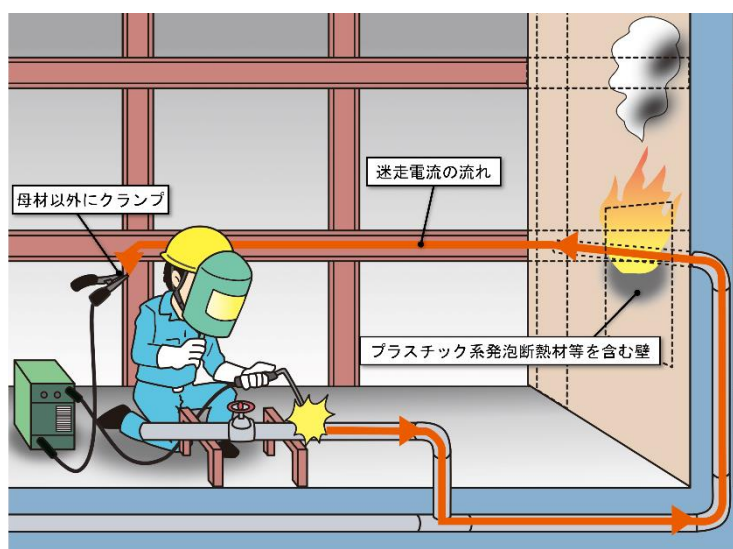


図1 溶接時の迷走電流の流れ（イメージ図）

当該建物の天井と壁面には断熱材が吹き付けられ、断熱材にはクッション性はない。床面には断熱材は吹き付けられていない。

火災現場で使用されていた断熱材は硬質ウレタンフォームと考えられる。硬質ウレタンフォームの主成分はポリウレタンである。コンクリート壁面にスプレーによって発泡され吹き付けられたものであり、引火点 310 °C、発火点が 415 °C、酸素指数が 20～21%と考えられる。

なお、ポリウレタン（英: polyurethane）とは、ウレタン結合を有する重合体の総称で、通常イソシアネート基と水酸基を有する化合物の重付加により生成される。ウレタン（ $\text{-NH}\cdot\text{CO}\cdot\text{O-}$ ）が介する結合をウレタン結合と言う。

3. 断熱材の通電加熱による着火性について

3. 1 試料について

災害現場の壁面に吹き付けられていた断熱材の小片を採取した（図2参照）。断熱材は色の異なる2種類（白色、黄色）があり、施工時期が異なるが、断熱材吹き付けは

この 2 種類だけと推定される．採取した断熱材はいずれも壁面に近い部分のもので，吹き付けられた断熱材からすると表面ではなく内部にあたる．

3. 2 裸火による着火実験

試料は 2 種ともにライターによる裸火によって着火し，炎をあげて燃え広がることが確認された．ライターの炎の温度は最大で 1,000℃程度と言われている．

3. 3 通電加熱したニクロム線との接触による着火実験

実験装置を図 3 に示す．ニクロム線（直径 0.26mm，長さ約 8 cm）を通電加熱し，赤熱点を発生した．ニクロムの融点は約 1400℃であるので，発生した赤熱点の温度は 1400℃以下である．融点以下の温度は熱輻射スペクトルの測定から色温度を求め，電流と温度の関係を校正した．

白色試料についての実験結果を図 4 に示す．電流が 3.7 アンペア流れるようにして温度を 1200℃に設定した．電圧を印加して 1.4 秒後，恐らくニクロム線の温度上昇の途中で断熱材は着火した．6.4 秒後に電圧を 0 ボルトにしたが，試料は燃え続け，延焼した．

黄色試料についての実験結果を図 5 に示す．電流が 3.7 アンペア流れるようにして温度を 1200℃に設定した．電圧を印加して 1.9 秒後，恐らくニクロム線の温度上昇の途中で断熱材は着火した．12 秒後に電圧を 0 ボルトにしたが，試料は燃え続け，延焼した．

断熱材は加熱によって溶けて変形するため，固体が赤熱点と直接接触することは考えにくい．従って，加熱によって発生した可燃性ガスに引火し，炎が延焼したと考えられる．

また，どちらの断熱材でも燃焼によって黒煙が発生した（図 6 参照）．

このように，試料は 2 種ともに通電により赤熱したニクロム線との接触により着火し，炎をあげて燃え広がることが確認された．なお，ニクロム線の融点は約 1,400℃であり，鉄の融点約 1,500℃よりやや低い温度である．

3. 4 断熱材の可燃性について

災害現場で使われていた断熱材は裸火により着火し，また，鉄の融点よりも低い通電加熱体に触れても着火することが確認された．

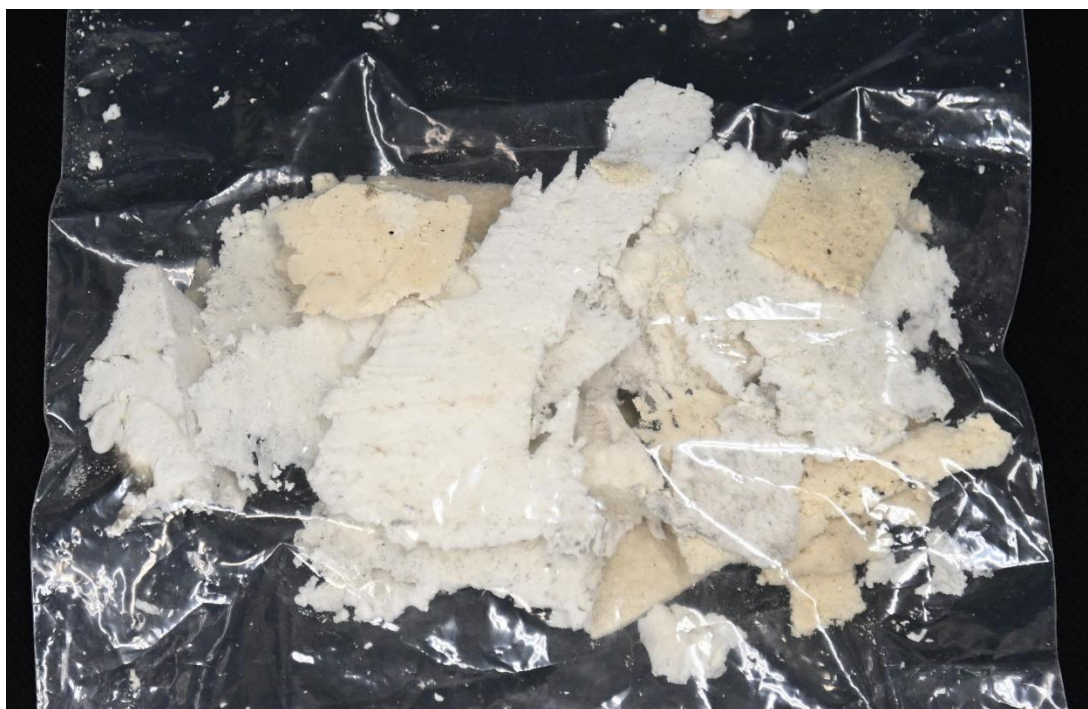


図 2 採取した断熱材試料



図 3 実験装置

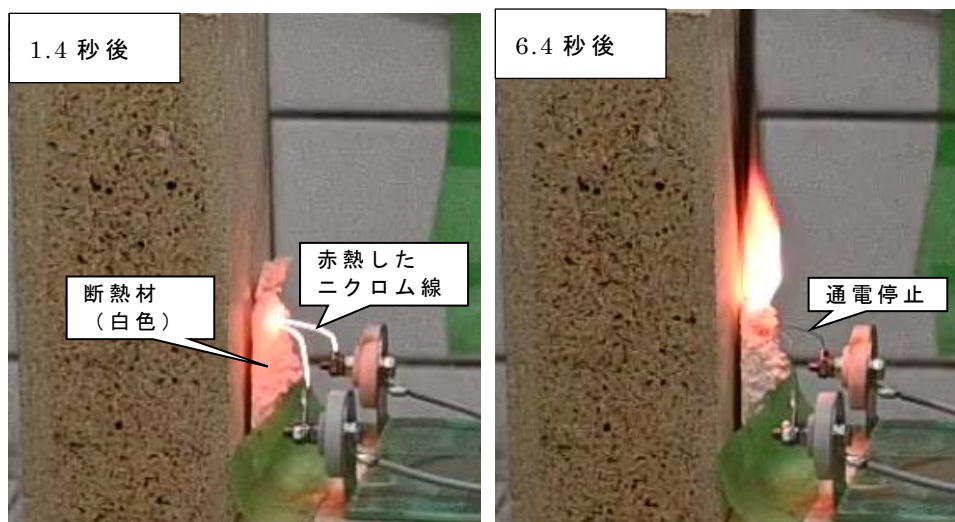


図 4 通電加熱による現場採取試料（白色）の燃焼

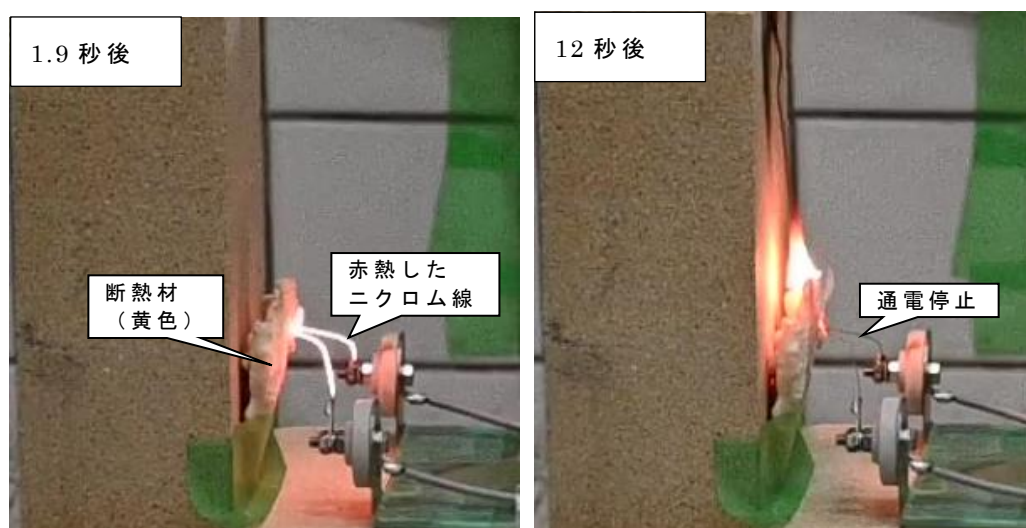


図 5 通電加熱による現場採取試料（黄色）の燃焼

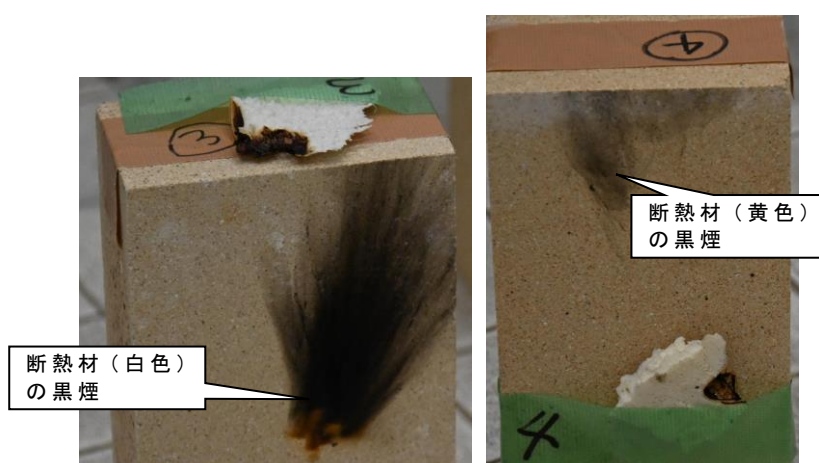


図 6 試料の燃焼による黒煙の発生状況

4. 推定される災害発生原因

溶接機の母材側配線がクランプによって母材以外に接続されていたことから、母材の溶接時に母材以外にも溶接電流が流れる回路が構成されていた。

その回路の一部に、可燃物である断熱材に隣接していたビニル被覆金属製可とう電線管が含まれていたと考えられる。

溶接電流が一定時間連続して流れ続けた結果、ビニル被覆金属製可とう電線管が加熱されると同時に、電線管の端部と金属部材との接触部分も抵抗加熱されて、赤熱点が発生したと考えられる。赤熱点は鉄の融点約 1,500℃に達したと考えられる。

この赤熱点により、溶解した電線管のビニル系被覆、またはプラスチック系発泡断熱材、またはビニル系被覆から発生した可燃性ガス、または断熱材から発生した可燃性ガス、またはそれらの複数を着火したため、炎が上がったと考えられる。

次に、炎は壁面の断熱材を燃やして立ち上り、天井の断熱材に延焼し、火災に至ったと考えられる。

5. 再発防止対策

本件の火災では溶接機の溶接電流が母材側配線以外にも流れたことが着火の原因となった可能性があることから、同種災害の再発防止には次の対策が必要である。

1) 溶接機の母材側配線（帰線）は原則として直接電線で接続すること

溶接機の母材側配線（帰線）は、溶接電流が母材側配線以外にも流れることによる感電、火災等の災害を防止するため、母材（被溶接材料）と原則として直接電線で接続するとともに、電気設備の技術基準の解釈第 190 条(アーク溶接装置の施設)の第 1 項第五号に基づき母材を接地する。

2) プラスチック系発泡断熱材を使用した既存の建物や施設に対し、工事を行う場合には、全ての労働者に可燃性の断熱材の存在とその危険性を認識させておくこと

厚生労働省は行政指導通達において次のように述べている。

「発泡プラスチック系断熱材を使用する作業又は使用している場所において火気を取り扱う作業を行う関係請負人の実施すべき事項について、(ア) 作業に従事する労働者に発泡プラスチック系断熱材の危険性、火気管理対策等について十分な教育を実施すること。また、その結果について元方事業者等に報告すること。」

(基発第 42 号の 4、平成 8 年 1 月 29 日より引用¹⁾)

3) 発泡プラスチック系断熱材の火災では、延焼による物損被害にとどまらず、一酸化炭素等による中毒による死亡危険性が高い。火災発生時の対応について、管轄消防署や火災防止の専門家等の指摘を踏まえた対策を常に検討しておくこと

事業所の労働者にとどまらず、工事関係者などの外部入場作業員も含まれることに注意する必要がある。また、厚生労働省は次のように通達している。

「緊急時の措置 ― 元方事業者は、火災発生等の緊急時の連絡方法、避難方法等についてあらかじめ定め関係事業者に周知するとともに、訓練を実施する等、緊急時に備え万全の対策を講ずること。」(基安安発 0727 第 1 号、平成 30 年 7 月 27

日より引用²⁾)

また、日本ウレタン工業会は次のように指摘している。

「火炎が天井面に達すると急速に火炎伝搬速度が速くなり、速やかに避難することが重要とされている。」(日本ウレタン工業協会 Q&A 火災における現象³⁾)

参考文献

- 1) 厚生労働省労働基準局：建設現場における発泡プラスチック系断熱材による火災災害の防止の徹底について，基発第 42 号の 4，平成 8 年 1 月 29 日
- 2) 厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課：建設現場における火災による労働災害防止について，基安安発 0727 第 1 号，平成 30 年 7 月 27 日
- 3) 日本ウレタン工業協会：Q&A 火災時の特性や燃焼ガス | 硬質ポリウレタンフォーム，火災における現象，http://www.urethane-jp.org/qa/kasai_koushitsu/phenomenon/