

酸素ガスリークに起因した火災事例とその後の取組み

小柴 佑介*¹, 鈴木 雄二*²

*¹ 横浜国立大学大学院工学研究院, *² 横浜国立大学安心・安全の科学研究教育センター

1. 概要

高圧酸素ガスを用いた実験装置/付近を火源とした火災が発災したため、工学研究院安全衛生委員会は事故調査委員会を設置してこの原因を調査した。焼損した実験装置の SEM (走査電子顕微鏡)・目視観察および関係者への聞き取り調査により、火災発生・拡大シナリオを推定することが出来た。この火災発災を受け、工学研究院安全衛生委員会は教職員・学生を対象とした高圧ガス取扱い講習を企画、実施した。

2. 緒言

酸化剤 (酸素ガス等) 過剰雰囲気における可燃物の高い着火・爆発危険性は多くの研究 [1-3] により示されており、事故事例も多い。また、大学等の研究機関における高圧ガス関連の事故件数は近年増加傾向にある [4]。大学における火災、特に引火性有機溶剤や高圧ガスを用いることの多い実験室が火源になった場合、物的、人的、経済的損失が大きくなる可能性があり、社会的損失も生じる。従って、ア) 火災を発災させない事前の取組み；イ) 火災発災時の損失を最小限にするための取組み (防災訓練等の実施)、の両面からの取組みが必要不可欠である。

本報では、2007 年秋に高圧酸素ガスを用いていた横浜国立大学の一実験室において発災した火災の原因調査および高圧ガスの危険性をその利用者に把握してもらうために実施した高圧ガス取扱い講習会について報告する。なお、火災原因調査については前報 [5] において既述であるため、ここでは簡単な紹介に留める。

3. 2007 年度に横浜国立大学で発災した火災事例 [5]

3.1 火災の概要

2007 年 11 月 16 日午前 0:10、火災報知機が作動し、高圧酸素ガスを用いてリアクタ内で無機材料合成を行っていた実験室 (4 m²) から煙が噴出しているのが発見された。119 通報により到着した消防の消火活動により (0:19 消防覚知、0:25 消防現着) 0:30 に鎮火した。該当実験室は火災発災時に無人であったため幸いにして人的被害がなかったものの、室内のほとんどが焼失した。その後消防と警察により現場検証が行われ、リアクタと高圧酸素ボンベと結ぶ SUS 316 配管が破断していることが明らかになった。しかしながら、”火が燃え広がった原因は反応に用いていた高圧酸素ガスの漏れによる疑いがあるが、火源は特定出来ず”とされた。

3.2 火災原因調査 および 推定火災原因

火災発災後、工学研究院安全衛生委員会委員数名、火災科学・安全工学・材料力学を専門とする教員等を中心として速やかに事故調査委員会が工学研究院安全衛生委員会内に設置され、火災原因調査が開始された。

3.2.1 目視および SEM 観察結果

焼損した実験装置を目視観察し、次の結果を得た。

- ・破断した配管の破面は管軸方向に垂直で、破面断面積の大きな変化は観察されず
- ・破断した配管に曲げやねじれ等の大きな変形は観察されず
- ・破断した配管に接続されていたバルブの内部が大きく破損していた
- ・破断した配管に接続されていたバルブの破裂板が作動していた
- ・このバルブや破裂板には、他の部分に比べ多くの燃焼残渣物が検出された

破断した配管破面の SEM 観察により、次の結果を得た。

- ・破面全体に延性破壊に特徴的なディンプルが観られた
- ・観察されたディンプルの一部に融解跡が確認された

3.2.2 実験者やその関係者への聞き取り調査結果

火災発災後に行った聞き取り調査により次の結果を得た。

- ・配管等を固定するために木板を常時使用 (火災時焼失)
- ・当日、実験者の規則違反により、リアクタのジャッキアップを金属製ではなく可燃性プラスチック品を使用
- ・当日、本来であれば反応中は全閉すべき高圧酸素ポンベの元バルブが、実験者の失念により全閉でなかった

3.2.3 火災発生・拡大シナリオ

上述の通り、破面においてディンプルが観られたことから、酸素配管の延性破壊が起こったと考えられる。ただし、高温における SUS 316 鋼の引張荷重による破断は断面収縮を伴うはずであるが、これは観察されていない。何らかの可燃物の着火により、配管内で急激な燃焼による応力波が管軸方向に伝ばし、この方向の引張荷重により一気に破断した可能性があると考えられる。可燃物については、この実験装置には油回転真空ポンプが接続されていたが、約 5 年間配管内清掃が行われていなかった。従って、これらが可燃物として着火した可能性がある。また、火災発災時においてリアクタ側の圧力は 20 MPa 程度であり、高圧酸素ポンベ側の圧力が 13 MPa であったことが実験者の実験ノートにより明らかとなった。これより、着火源は酸素差圧による破断配管近接バルブ内における酸素流動である可能性が示唆された。

従って、配管破断後において、実験者のヒューマンエラーである高圧酸素ポンベの元栓閉め忘れによって大量の酸素ガスが室内にリークし、実験装置周辺にあった可燃物の着火と燃焼が促進されたと考えられる。火災発生原因は配管内部の可燃物の存在によるところが大きく、火災拡大原因は不安全行動 (元栓閉め忘れ: slip, 実験装置への可燃物の使用: violation [6]) であった。いずれにせよ、酸素ガスの危険性に対する知識不足が関与していたと考えられる。

4. 高圧ガス取扱講習会の実施

上述の高圧ガスに起因した火災発災を受け、工学研究院安全衛生委員会は教職員および学生を対象とした高圧ガス取扱講習会を実施した。2007 年度には高圧ガス保安協会から 2 名の講師を招き、高圧ガス保安法の概論および高圧ガス関連の事故事例紹介をご講演頂いた。2008 年度には高圧ガスメーカーの方を講師として招き、高圧ガスに係る事故事例 (座学) および 高圧ガスポンベの安全な取扱い方 (実習) をご講演頂いた (図 1)。いずれの講習会にも、普段から高圧ガスを利用する多くの教職員および学生の参加があった。



図 1. 高圧ガス取扱講習会の様子。

この講習会を利用した高圧ガス取扱いに係る学内ライセンス制の導入等の必要性を議論しており、今後も継続した安全教育の実施が必要であると考えている。

5. まとめ

学内で発災した火災に対し、事故調査委員会が設置され事故原因を推定した。その結果、酸素ガスの危険情報に対する認識不足および作業管理不備があることが明らかとなった。この結果を踏まえ、火災を発災させないための取組みとして、高圧ガス保安法の熟知、高圧ガス取扱いに係る責任および安全な取扱いの重要性・必要性を周知するために、高圧ガス取扱講習会を企画、実施した。

6. 参考文献

- [1] 駒宮功額, 過剰酸素中の火災・爆発, *安全工学*, 37 (1998) 122-127.
- [2] Y. Koshiha, T. Takigawa, Y. Matsuoka, H. Ohtani, Explosion characteristics of flammable organic vapors in nitrous oxide atmosphere, *Journal of Hazardous Materials* 183 (2010) 746-753.

- [3] Y. Tatsumi, S. Tsuchiya, T. Mizutani, H. Itagaki, Combustion of apparatus by rapid valve opening of high pressure oxygen, *Proceedings of Asia Pacific Symposium on Safety* (2009) 83-84.
- [4] 赤塚広隆, 事故に学ぶ 研究所, 大学などで発生した高圧ガス事故とその教訓, *高圧ガス*, 46 (2009) 32-42.
- [5] 鈴木雄二, 小林英男, 小柴佑介, 大学における酸素ガス漏洩による火災事故の原因分析, *圧力技術*, 48 (2010) 184-191.
- [6] J. Reason, *Human error*, Cambridge University Press, New York (1990) 206-207.