

# 調査報告書

水素ガスの燃焼と爆発の危険性について

2015年12月25日

MiZ 株式会社

小町文人、黒川亮介、平野伸一

### [調査の背景と目的]

一般的に水素ガスは4～75%の濃度範囲で爆発の危険性があり、爆発下限界が4%、爆発上限界が75%であるとされている。しかし、この水素ガスの爆発濃度範囲は密閉された条件で、しかも温度や圧力の要因が関与している可能性がある。そこで、当社が現在市販している水素濃度3.4%の水素ガス吸入機に代わり、水素濃度6.8%の水素ガス吸入機を製造し販売した場合の燃焼や爆発の危険性について文献調査及び爆発実験を行った。

### [調査方法]

水素ガスの燃焼や爆発に関する国内外の論文および実験レポートなどについてインターネットを介して文献調査を主に、実際の着火・爆発実験を参考までに行った。

### [調査結果]

水素燃焼限界濃度の下限は4%とされているが、実際には常圧下では10%以上でなければ大きな燃焼は起こらないと報告されている(参考資料1)。4～7%の水素濃度では火炎伝播後の最大圧力が比較的小さく、特に4%近くでは爆発と呼ぶにはふさわしくない微弱な圧力上昇を示すに過ぎないことが報告されている(参考資料1)。

燃焼および爆発に及ぼす圧力の要因を調べると、高圧下における燃焼限界濃度は常圧下よりも高くなるため、より燃焼し難くなることが報告されている(参考資料1)。一方、水素濃度が一定で初圧が低ければ爆発時の最大圧力も比例して低くなる。水素濃度が高くなると初圧から最大圧力までの到達時間が短くなるため、急激な爆発となる。すなわち、水素濃度10%以下では到達時間が約260ミリ秒かかり、水素濃度30～40%のときの80ミリ秒と比べ遅くなることが報告されている(参考資料2)。

次に燃焼および爆発に及ぼす温度の要因を調べると、約400℃の高温条件下の場合、燃焼限界濃度は約6%であり、常温では約9%と報告されている(参考資料3および参考資料4)。

さらに、燃焼時の反応式は $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$  となり、酸素分子1に対して水素分子2が反応する。水素は必ず酸素などの酸化剤と均一に混合した場合にのみ爆発し、酸素の燃焼限界濃度は5～6%であると報告されている(参考資料1)。従って、反応式から考えると水素の燃焼限界濃度は10～12%となる。実験では10%以上15%未満の濃度値で行ったところ、燃焼は確認されなかった。

## 【考察】

上記の調査結果から、1) 常圧下で4～7%の水素濃度の場合は、着火によりガスが膨張し軽微な圧力上昇を示すが、爆発と呼ばれる変化は起きない。2) 高圧条件では常圧下に比べて水素ガスが燃焼し易くなるということはなく、むしろ燃焼し難くなる。3) 10%以下の水素濃度では、30～40%の水素濃度に比べて最大圧力到達時間が長くなるため、爆発のような急激な反応は起き難い。4) 高温環境であれば燃焼限界濃度は低くなり水素ガスが燃焼し易くなると考えられるが、現実的に400℃の環境は想定され難く、常温であれば燃焼することは困難である。5) 反応式から水素の燃焼限界濃度は酸素濃度の2倍ということになるので、10～12%と考えられる。10%以上15%未満の濃度で実験したところ、燃焼は確認されなかった。

以上の1) から5) の考察より、当社が水素濃度6.8%の水素ガス吸入機を製造し販売した場合、常圧（もしくは常圧よりも高圧）、常温での環境であれば想定されるような水素ガスの燃焼や爆発の危険性は極めて低いと考えられた。

## 【結論】

今回の調査から、水素濃度6.8%の水素ガス吸入機を通常の常温、常圧下で使用しても燃焼や爆発の危険性は極めて低く、安全性に問題ある事象は起きないと結論付けられる。

## 【参考資料】

1. 柳生 昭三, 松井 英憲, 松田 東栄, 安本 弘 (1969) : 「水素の爆発危険性についての研究 (第1報) - 水素の爆発限界に及ぼす圧力の影響」, 労働省 産業安全研究所研究報告, RIIS-RR-18-1, p3～5.
2. 柳生 昭三, 松田 東栄 (1973) : 「水素の爆発危険性についての研究 (第2報) - 水素-空気混合物の爆発圧力」, 労働省 産業安全研究所研究報告, RIIS-RR-21-4, p3～5.
3. 青木 義一, 久芳 明慈 (1997/11) : 「混合酸化物燃料ペレット製造工程の電気炉設備における火災爆発に対する安全性評価」, 動力炉・核燃料開発事業団 東海事業所, PNC TN8470 97-003, p15～16.
4. Cohen, N. (1992) : 「Flammability and Explosion Limits of H<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>/CO: A Literature Review.」 THE AEROSPACE CORPORATION, REPORT NO.TR-92(2534)-1, p11～13.