

プロジェクト名： 極限状態下における反応性流体力学現象の可視化観察と計測
(デトネーション波消炎技術の開発)

プロジェクト代表者：小原 哲郎 (理工学研究科・准教授)

1. はじめに

可燃性気体を取扱う化学工場や原子力発電所などにおいてデトネーション波が発生すれば極めて危険であり、安全工学上の観点からデトネーション波を消炎させる技術を開発することが必要である。デトネーション波はセル構造を伴って伝ばする特徴があることから、デトネーション波を消炎させるには物理的方法と化学的方法の2通りが考えられる。物理的方法では、デトネーション波をセル幅よりも小さいスリットに入射させ、セル構造を物理的に壊す方法である。化学的方法では、予混合気体の当量比や初期圧といった初期条件を変化させ、デトネーション波のセル幅を管内径よりも大きくする方法である。本研究では、物理的方法と化学的方法の両者を用いデトネーション波の消炎現象について実験的に調べた。

2. 実験装置

図1に実験に用いたデトネーション管の概略を示す。デトネーション管は実験室の都合上の理由から鉛直に設置されており、上から順に駆動管、被駆動管1、被駆動管2およびダンクタンクで構成される。デトネーション管の内断面は50×50 mmの正方形であり、全長は4,150 mmである。化学的方法によりデトネーション波を消炎させる実験を行った際には、被駆動管1と被駆動管2の間にスライドバルブを挿入し、被駆動管1と被駆動管2には、初期圧が等しく当量比の異なる酸水素予混合気を充填した。すなわち、被駆動管2には当量比の異なる予混合気を充填しておき、デトネーション波を被駆動管2に入射させる実験を行った。次に、物理的方法によりデトネーション波を消炎させる実験を行った際には、被駆動管1と被駆動管2の間にスリットを設けた板(スリット板と呼ぶ)を挿入し、デトネーション波をスリットに入射させる実験を行った。スリットの形状を変化させた場合に被駆動管2におけるデトネーション波の挙動を実験的に調査した。

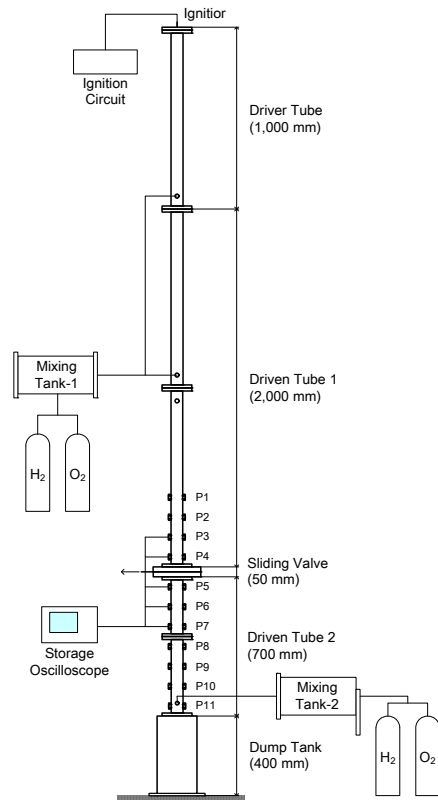


図1 実験装置の概略

3. 実験結果および考察

3.1 物理的方法によるデトネーション波の挙動

物理的方法によってデトネーション波を消炎させる方法について実験的に調べた結果、次のことを明らかにした。

- 1) 供試気体の当量比が0.5~1.0の場合、化学量論の酸水素予混合気体のデトネーション波よりも再開始

しやすい。

- 2) スリット板の下端からデトネーション波が再開するまでの距離はスリットの幅を w 、デトネーション波のもつセル幅を λ として無次元スリット幅 w/λ を用いて整理することができる。
- 3) 衝撃波どうしが干渉することによりデトネーション波が再開するまでの距離は、スリット幅以下の領域で生じる。
- 4) スリット幅をデトネーションセル幅で除した無次元スリット幅と定義すると、無次元スリット幅が 2.4 より大きい条件の場合には衝撃波どうしが干渉することにより、デトネーション波が再開する、一方、無次元スリット幅が 2.4 よりも小さい条件の場合には衝撃波が管壁で反射することにより再開する。

3.2 化学的方法によるデトネーション波の挙動

化学的方法によってデトネーション波を消炎させる方法について実験的に調べた結果を図2に示す。縦軸はデトネーション波の速度欠損率を示し、被駆動管1と被駆動管2におけるデトネーション波の速度変化率を示す。横軸はデトネーション管断面の長さ d をデトネーションセル幅で除した無次元距離である。これより、デトネーション波の速度欠損率が高いほど、デトネーション波が消炎しやすい結果が得られた。また、デトネーション波を被駆動気体1から当量比が0.1程度の被駆動気体2に入射させる実験を行った結果、次のことを明らかにした。

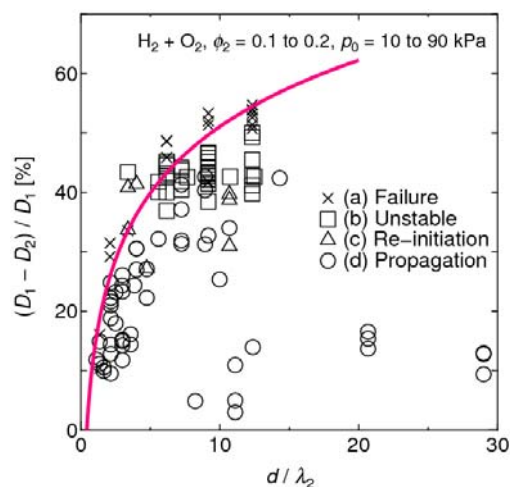


図2 デトネーション波の速度欠損率と無次元距離との関係

- 1) デトネーション波を当量比が0.1程度の被駆動気体2に入射させることにより消炎させることができる。
- 2) 被駆動管1と2の予混合気の当量比が等しい場合と異なる場合を比較すると、当量比が等しい場合の方がデトネーション波は安定的に伝ばしやすいことが確認された。
- 3) デトネーション波は気体の当量比が不連続的に減少する場合に不安定な挙動を示すことが明らかになった。

参考文献

- 1) 小原哲郎, 栗原慶博, 落合俊幸, 大八木重治, 酸水素予混合気体への衝撃波入射により生じる燃焼波の伝ば形態, 日本機械学会論文集(B編), 74巻, 740号, pp. 949-956, 2008.
- 2) Obara T., Jayan Sentanuhady, Tsukada Y., Ohayagi S., Re. initiation Process of Detonation Wave behind Slit-Plate, Shock Waves, Vol. 18, No. 2, pp. 117-127, 2008.
- 3) 池川 昌利, 市川 竜也, 小原 哲郎, 大八木 重治, メタン-空気混合気火炎と衝撃波の干渉に関する可視化観察, 第46回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 76-77, 2008.
- 4) 神谷 健矢, 中島 陽祐, 小原 哲郎, 大八木 重治, 当量比の異なる界面に入射したデトネーション波の挙動, 平成20年度衝撃波シンポジウム講演論文集, pp. 209-210, 2009.