

報告番号 ※  
乙 第 2249 号

# 主論文の要旨

題名 反応性気体の爆縮に関する基礎研究

氏名 杉村 忠良

# 主論文の要旨

報告番号 ※~~第~~ 号 氏名 杉村忠良

本論文は、反応性気体の爆縮(収束テネーション)に関連する諸問題を解析するために行なわれた実験的および理論的基礎研究をまとめたものである。

収束テネーションの研究目的は、大出力のガスダイナミック・パルスレーザーへの応用、高温プラズマの発生および人工ダイヤモンドの製造等の実用面への応用である。これらの課題は収束中心で得られる高温・高圧状態を利用する観点からすれば同一の問題である。したがって、円筒対称に収束するテネーションを用いて、その収束中心でより高温・高圧状態を達成するためには、収束過程における波の円筒対称性および収束中心点における波面の真円度が重要な問題となる。

本研究では、先ず円筒収束テネーションを用いて、円筒対称性に影響をおよぼす実験条件が調べられた。さらにその現象の再現性と収束領域近傍における衝撃波三重点の挙動を煤膜写真、シャッター開放写真および瞬間シリレン写真を用いて観測し、その結果を議論した。また、これに関連して、収束過程におけるテネーションの伝播速度、収束中心で得られる圧力、温度がそれぞれ測定された。温度には分光学的測定法が用いられ、従来から良く使用されている多線法と利用例が多線法ほど多くない人工発光スペクトル・マッチング法とが適用された。多線法と

報告番号 ※甲第 号 氏名 杉村 忠良

人工発光スペクトルマッチング法との比較が一例をもち示され、その優劣が検討された。さらに、収束テトネーションの円筒対称性に関する一連の実験的研究において、直角に曲がるチャンネル内を衝撃波三重点構造をもったテトネーションが伝播する際の挙動が調べられた。シャッター開放写真や瞬間シュリーレン写真による観察結果から、コーナー近傍ではプラントル・マイヤー膨脹による衝撃波三重点数の大幅な減少が見い出され、このプラントル・マイヤー膨脹による衝撃波三重点の消失現象が反応を含む非定常二次元流体力学の微分方程式を用いて数値的にシミュレートされた。

本論文は6章からなり、その内容については各章ごとに要約し、以下に示すこととする。

第I章は序論であり、収束テトネーションに関する研究の歴史的背景、本論文の目的および研究方法等について述べている。

第II章では、収束テトネーションの円筒対称性におよぼすコーナー効果とその再現性が調べられている。Perry-Kantrowitz タイプのテトネーションチューブでは、等モルアセチレン酸素混合気を用いた場合、初期圧22~28

報告番号	※ <del>男</del> 第	号	氏名	杉村忠良
------	------------------	---	----	------

Torr 収束部の厚み  $2.4 \text{ mm}$  のときに最も安定な円筒収束テトネーションが得られることが確認された。本研究に用いられたこの実験装置に関しては、試験気体の初期圧が上記の値より高くても低くても、コーナー形状、気体の種類、初期圧、隔膜等の相乗効果により安定性が減少することを述べている。

コーナー形状がテトネーション伝播にどのような影響を与えるかを詳しく調べるために、二次元の曲ったチャンネルを端にもつテトネーションチューブが使用され、各種形状のコーナーについて実験が行なわれ、その結果が議論されている。滑らかに変化する断面形状をもつチャンネルを用いても、伝播方向を変えたテトネーションが波面の平面性をとり戻すにはかなり時間がかかることが、瞬間シュリーレン写真により観察されている。即ちチャンネル幅の5~6倍の伝播距離が必要である。

直角に曲がるコーナーをもつチャンネル内を衝撃波三重点構造をもつテトネーションが伝播すると、直角コーナー近傍では、衝撃波三重点とプラントル・マヤ-膨脹の干渉により三重点の数が大幅に減少してしまう領域と外壁からの反射波による強い圧縮効果との干渉によりテトネーションが再生成される領域が観察される。この興味ある非定常現象は第V章における研究課題となる。

# 主論文の要旨

4

報告番号 ※ 号 氏名 杉村 忠良

次に、半径 80 cm の二重ディスク・タイプの特ネーション・チャンバー内で円筒収束特ネーションを発生させる実験がなされている。適当な助走管を取り付けることにより、自動車用イグニッション・コイルによる火花点火方式で、十分な収束特ネーションが得られることが示されている。この実験装置では、等モルアセチレン酸素混合気を用いた場合、初期圧 60 Torr で安定な円筒収束特ネーションが得られる。

特ネーションの収束中心点近傍における衝撃波三重線の挙動がアセチレン濃度の変化 (10% ~ 61%) に対して調べられている。煤膜写真上に残された収束中心点の形状の生因について議論がなされている。

第三章では、Chapman-Jouquet 特ネーション伝播速度の計算法と円筒収束特ネーション伝播速度の測定結果が示されている。任意の初期圧・温度で、任意の混合比をもつアセチレン酸素混合気に対する C-J 速度の計算法を、初期温度 300 K の等モルアセチレン酸素混合気に適用し、初期圧力 (30 Torr ~ 760 Torr) に対する C-J 速度を求めている。その結果は Shantfield らの計算結果と比較され、よい一致を示すことが確認されている。

Perry-Kantrowitz タイプの特ネーション・チューブにおける速度測定では、初期圧 27 Torr の等モルアセチレン酸素混合気が

報告番号	※ <del>2</del> 第	号	氏名	杉村忠良
------	------------------	---	----	------

最も小さなテツのばらつきを与え、収束中心に近づくとつれて急激な加速が示される。一方二重テイスフ・タイプの特ネーション・チェンバーでは、等モルアセチレン酸素初期圧 60 Torr を用いた場合、半径 190 mm 以内の領域で、 $n=0.85$  の相似指数をもつ  $r=1.28$  の円筒収束衝撃波と一致した拳動を示す。このとき収束中心で達成される平均最大圧力は  $57 \text{ Kg/cm}^2$  で、同じ初期条件に対する平面 C-J テトネーションの C-J 圧力値 ( $3.4 \text{ Kg/cm}^2$ ) の約 16 倍である。

第 IV 章では、テトネーションの収束中心で達成される温度の測定が扱われている。測定場は高温であり、現象は短時間であるという実験環境から、分光学的方法が選ばれ、多線法と人工発光スペクトルマッチング法による温度測定が行なわれた。

円筒収束テトネーションの収束中心から得られる発光の中で、比較的波長分解が容易であるスペクトルに対しては多線法を用いて温度測定が行なわれた。選ばれたスペクトルは、 $\text{CH}_2\text{A}^2\Delta - \text{X}^2\Pi(0,0)$  バンド R 枝と  $\text{OHA}^2\Sigma - \text{X}^2\Pi(0,0)$  バンド R 枝である。

等モルアセチレン酸素混合気 28 Torr を用いた場合、 $\text{CH}_2\text{A}^2\Delta - \text{X}^2\Pi(0,0)$  バンドシステムで 19400 K の回転温度を得ている。また同じ混合気で初期圧 20 Torr, 40 Torr を用いた場

報告番号 ※~~乙~~甲第 号 氏名 杉村忠良

合,  $0H A^2\Sigma - X^2\Pi(0,0)$  バンドシステムでそれぞれ回転温度  $20000 K$ ,  $19600 K$  を得ている。

またアセチレン濃度を変化させたときの回転温度の変化が観察されている。その結果, 回転温度は初期圧力よりも, 混合気の組成に大きく依存することが明らかになった。

二重ディスクタイプのテトネーション・チャンバーでつくられる円筒収束テトネーションの温度測定は人工発光スペクトル・マッチング法を用いて行なわれた。等モルアセチレン酸素混合気の収束テトネーションの収束中心発光の中で最も強い  $CN B^2\Sigma - A^2\Pi$  バンドが選ばれた。実験で観測される発光スペクトルと一致するような人工発光スペクトルが計算によって求められる。計算に必要な気体力学的パラメータは,  $CN$  分子の数密度, 圧力プロードニング半値幅, 温度である。試行錯誤の結果等モルアセチレン酸素初期圧  $60 \text{ Torr}$  に対し, 収束中心で平衡温度  $11000 K$  が得られている。この値は多線法によって得られた短時間測定値  $20000 \sim 40000 K$  に比しずると低いか, これは人工発光スペクトル・マッチング法による測定値は多線法のような短時間測定値でなく, それよりも長時間 ( $100 \mu s$  程度) における発光の平均値であるということを示している。章の終りでは, 多線法と人工発光スペクトル・マッチング法が比較される。

報告番号 ※甲第 号 氏名 杉村 忠良

Ⅰ章では反応を含む流体力学の非定常二次元オイラー方程式が数値的に解かれる。Ⅱ章で示されている現象、即ち直角に曲がるチャンネル内をテトネーションが伝播するときのフロントル・マイヤ-膨脹と衝撃波三重点との干渉が数値的にシミュレートされる。数値シミュレーションでは、チャンネル内におかれた矩形障害物と衝撃波三重点構造をもつ二次元非定常テトネーションの干渉がとり扱われる。

衝撃波三重点構造をもつ二次元非定常テトネーションを Van Leer 差分法で作出すには、適切な差分メッシュ・サイズが存在するとか先ず示される。平面一次元 $\alpha$ - $\beta$ テトネーションが擾乱を受けた後、十分発達した二次元非定常テトネーションが得られるまでには、チャンネル幅の10倍程度の伝播が必要であること、障害物の高さを変えることによりフロントル・マイヤ-膨脹を制御し、テトネーションとの干渉を調整することができること示されている。

障害物を通過した後、テトネーション波面が消失するかどうかは、障害物通過中に受ける衝撃波三重点数の変化に本質的に関係していること示される。すなわち減少する場合にはテトネーションの消失が起こる。このテトネーション波面の消失と再生の識別は、伝播速度および反応誘起距離の時間的挙動を観察することにより容易に行われた。



# 主論文の要旨

8

報告番号

※甲第

号

氏名

杉村忠良

Ⅳ章は総括であり、Ⅱ章からⅤ章までの結論をまとめ、本研究の成果について記述している。

本研究で用いられたⅣ章の人工発光スペクトルマッチング法が短時間の非定常問題に適用された例はあまり多くないが、多線法では評価が困難であるような温度測定にも利用可能であるので、今後一層有効な方法となるものと思われる。またⅤ章における数値シミュレーションは、爆発や衝撃波に関連した安全工学上の防災問題と本質的に同じものであるから、その分野への応用も可能である。