

ラムジェットエンジン試験設備
高温弁改修工事の終了報告

平成11年 8月 4日

航空宇宙技術研究所 角田研究センタ
ラムジェット推進研究部

ラムジェットエンジン試験設備 高温弁改修工事の終了報告

1. 概要

平成10年9月11日にスクラムジェットエンジンのマッハ8エンジン試験中に10MPa-2000Kの高圧高温空気の開閉を行う高温弁から高温空気が漏れ、高温弁を損傷する事故が発生した（図1参照）。事故調査により、その過程は最初高温弁シール部から少量の高温空気が漏れ出し、この高温空気が加速度的にシールに焼損を与え、高温弁構造部を焼損したことが判明した。そこで初期段階でのシール漏洩とその後のシールの加速度的焼損の原因を調べるために、高温弁の冷却能力やシール焼損機構等の詳細な事故原因調査を実施した。

その結果、蓄熱体部から発生したと考えられるアルミナ粒子がシール部へ噛み込み、これに損傷を与えたこと、更に高温弁内部における高温空気の層状化現象により高温弁プラグ近傍温度が高温であったことが重なり、高温空気の漏洩が起こり加速的にシール部の焼損を早めたことが事故の原因であることが分かった。これらの事故状況、事故原因等については平成10年11月4日に宇宙開発委員会で報告したところである。

これを受けて、平成10年12月から以下の対策を施した高温弁の設計と製作を進めた。新高温弁を図2の写真に示す。この高温弁の製作・据え付けは本年3月をもって終了した。その後、本年5月から7月初旬にわたり常温空気を用いたシール性能、及びシール漏れを模擬した非常停止シーケンスを試験・調整してきた。そして最終的に高温空気を用いた確認試験を実施し、新高温弁の性能とその風洞シーケンスを確定した。

2. 高温弁改修の要点

新しい高温弁の改修の要点を図3に示す。主な改修点は以下のとおりである。

- a) 従来、ベアリング（軸受け）の材料は耐熱合成樹脂(PEEK；ポリエーテルエーテルケトン)であったが、アルミナ製として不燃化した。それに伴い弁プラグ表面はタンゲステンカーバイドコーティングとした。
- b) 高温弁プラグのシール部を630mm後退させ、その部分に常温高圧空気をバージすることにより、異物粒子や高温空気の侵入が無いようにした。それに伴い高温弁プラグ長が870から1533mmと長くなった。
- c) シール構造を2重にしてその間に常温高圧空気を供給する設計とした。これによりシールが損傷しても、常温高圧空気で漏洩高温空気の侵入を阻止する構造とした。
- d) シール気密性能を試験直前に監視できるようにし、シールの微細な損傷を事前に検出できるようにした。
- e) シール気密性能をエンジン試験中にも監視するようにし、試験中にシール損傷が発見された時には自動操作により、風洞を緊急停止できるようにした。
- f) 長く重くなった弁プラグの横置きによる偏心に追従できるよう、シールリップの長

いCシールに構造変更した。

3. 調整試験結果

調整試験では、バージ空気圧変化による気密性能劣化監視のための圧力センサや弁プラグ周りの空気や金物温度センサを取り付け、改良型高温弁の特性を調べた。その結果、新シールにより気密度が1桁改善されたこと、そして人為的に気密劣化信号を模擬することにより非常停止シーケンスに移行することを確認した。またシール部金物温度は常温を保っていた。

また事故原因調査の段階で、シールの加速度的な焼損の原因と推定された「高温弁プラグ周辺での高温空気の存在」について検討した。その結果、高温弁内部に挿入した空気温度計は、蓄熱体の昇圧過程において300Kから1300Kまで温度上昇し、事故推定原因どおりであったことを確かめた。従って今回の改修では高温空気に近いベアリングを不燃化し、高温弁シール部を高温空気から隔離し、かつ常温空気バージを施しているので、これに対処出来る適切な設計であることを確認した。

4. 今後のエンジン試験計画

現在ラムジェットエンジン試験設備はその付帯設備も含め、高圧ガス定期検査に入っている。従って9月から、昨年度の事故で中断したマッハ8飛行条件下でのエンジン試験を再開し、エンジン試験の遅れを取り戻す予定である。

図1： 焼損した旧高温弁

平成10年9月の事故直後の高温弁の状況を示す。高温空気は右上の蓄熱体空気出口から高温弁に供給される。高温弁上流側フランジ内に設置されていたシールの気密が破れたために、高温空気が写真中央の均圧室に漏れた。均圧室に2カ所に焼損した穴が見える。

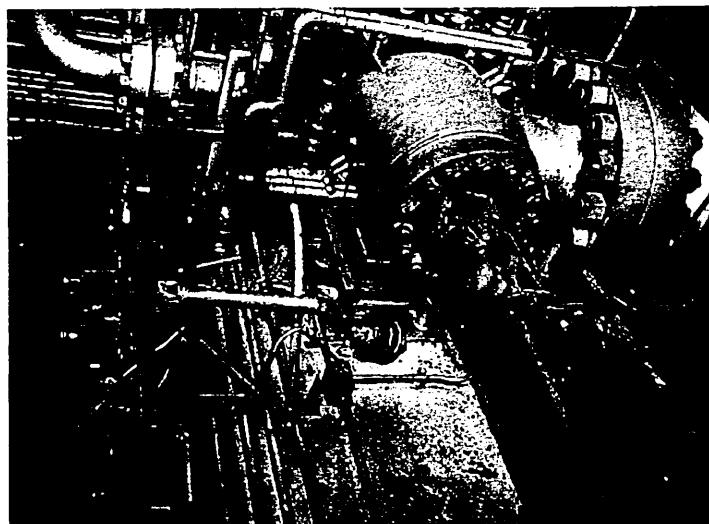


図2：改修後の新高温弁

高温弁プラグが長くなつたので、それを駆動するための油圧アクチュエータ（写真右下）が大きくなつた。旧高温弁で焼損した部分（均圧室）はアクチュエータの下に見える。均圧室と高温弁本体の間に600mmの常温空気バージ部を設けた。

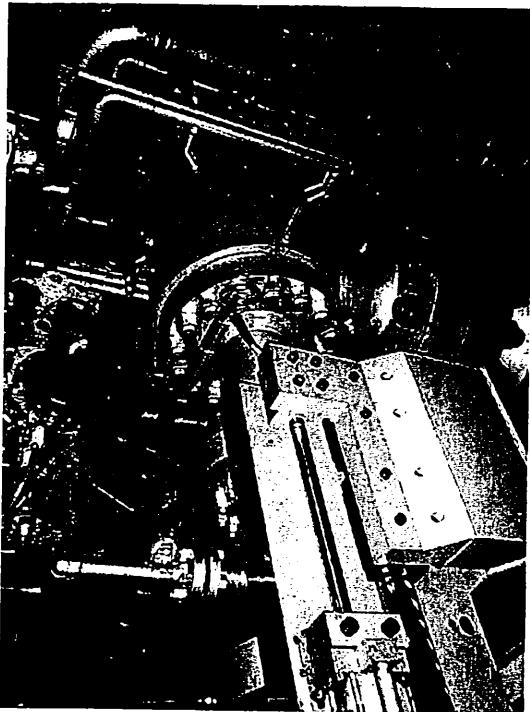
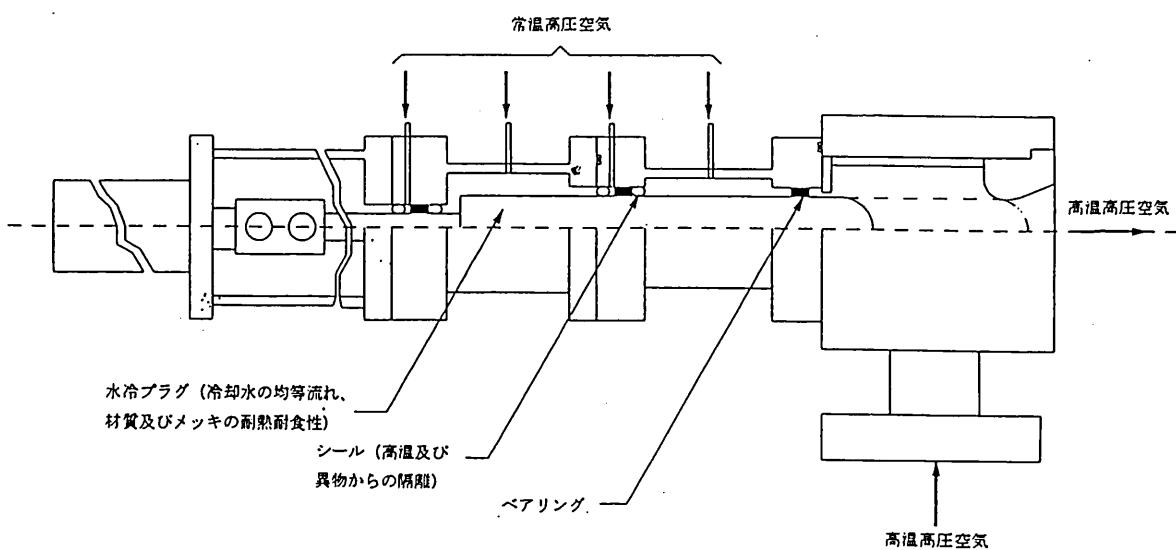
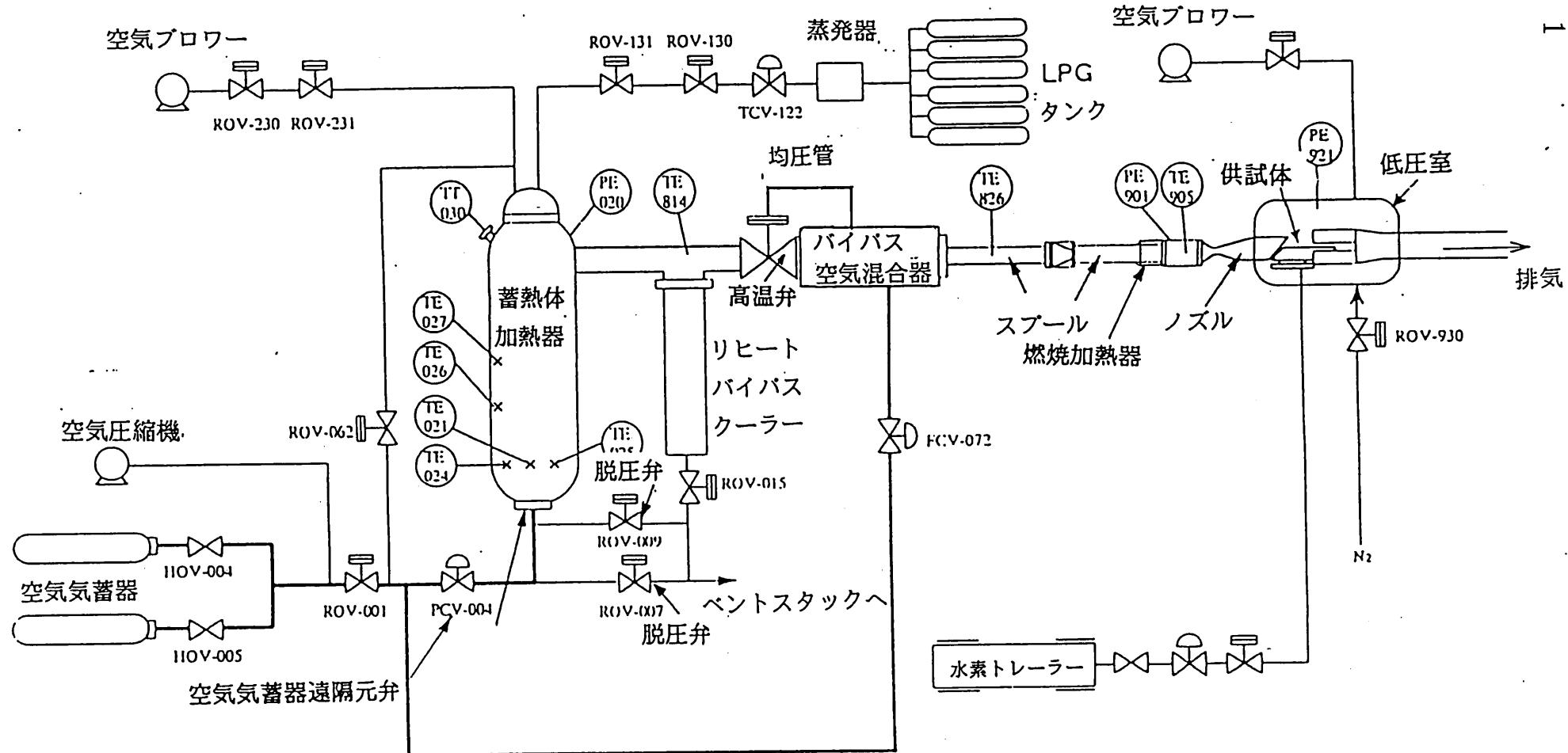


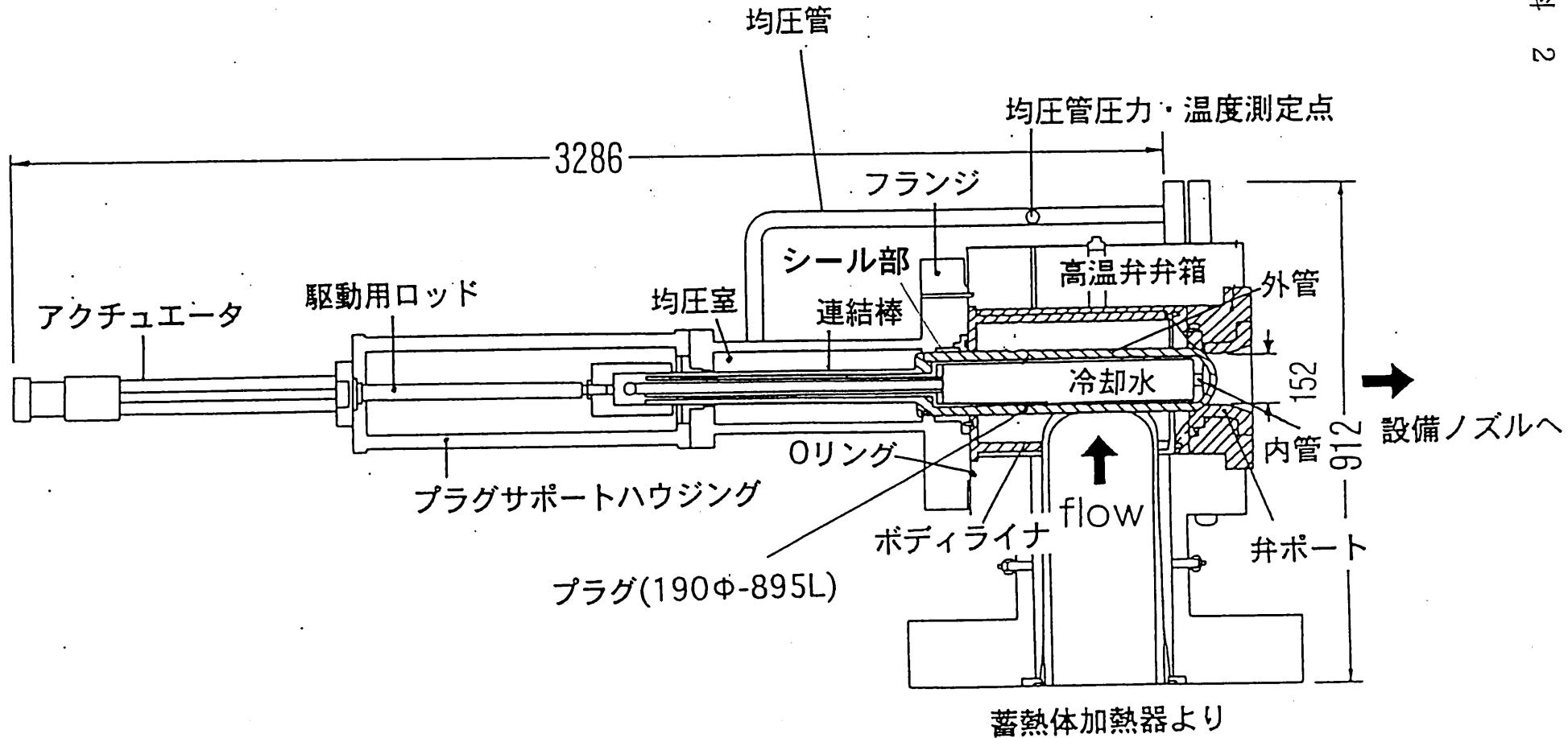
図3：高温弁改修の概念図

高温弁を真上から見た時の改修概念図である。高温弁プラグの気密を保つためのテフロンシール部を630mm後退させ、そのシール部と高温弁本体との間を常温高圧空気でバージするように改修した。それに伴いプラグ長は1533mmと大きくなつた。そのプラグを支えるベアリングをアルミナ製とし不燃化した。またシールには常温高圧空気を供給し、気密の保持と漏れの早期発見ができるように改修した。





参考図1 ラムジェットエンジン試験設備



参考図2 旧高温弁構造図