

# 液水/液酸ロケットエンジン試験における圧力計測

加勇田清勇・橋本 保成

(1983年2月14日受理)

**Abstract:** This report describes the experiences on the pressure measurement in the development of LH<sub>2</sub>/Lox rocket engine of ISAS.

Covered topics are installation of pick-ups to the system, consideration on drift, method of calibration, accuracy achieved and other problems that happened in the actual experiment.

## 1. 序 論

液水/液酸ロケットエンジン(燃焼器, ターボポンプ, ガスゼネレータ, タンク, システム, ステージ) 試験における, 供試体系, 設備操作系の諸圧力の計測に関し, そこに使用したセンサの種類, 較正, 計測方式, 計測精度などの概要について述べる. 代表的な圧力計測点を第1表に示す.

### (1) センサ

当初の試験(ターボポンプ, ガスゼネレータや燃焼器)においては, 一般に市販されている各種の国産圧力ピックアップが使用された. しかし総合のシステム試験においては, 外国製の極低温用の CEC-1000-005 も数多く使用されることとなった. この理由は, エンジン系のシステム化に備えて, フライトを考慮し, 長い導圧管を必要とせず, 検出器そのものの重量も軽く, しかも極低温雰囲気でも使用可能であると云う, 要求仕様を満たすためであった.

センサは, 国産品でも外径 6.0φ 長さ 1000 mm の導圧管の先端に, センサを取り付けることによって, 温度的なドリフトを防ぐことができた. 又センサの取付として初期の段階においては, ネジ込み式であったが, 作業の簡略化のため, 両路開閉式のワンタッチカップラが用いられる様になった.

次にゲージ電圧は, 初期の試験においては, ゲージ電圧 3.0 V を 120Ω の圧力センサと 350Ω の圧力センサの両方に対して共用した. その結果 350Ω の圧力センサの方は, 若干のドリフトを生じた. このドリフトの原因を検討し, ゲージ電圧の共通化を廃し, 350Ω ゲージに対しては, 5.0 V を採用した結果ドリフトは, ほとんど見られなくなった.

### (2) 較正装置

初期の段階においては, 油圧方式を用いた. しかし, 被測定体が LOX や LH<sub>2</sub> で禁油性物質であったため, 較正後, フレオンなどによる脱油作業を必要とした. この作業には, かなりの時間を費したため, 作業量を少なくする上から, まず, 較正装置の作動油を不燃

性のフッ素やフレオンと取り替えた状態で試みた。しかし、外気温度の変化による粘性の変化や可動部からのリークなどの問題点があり、次いで、気体式較正装置が試作された。この装置は、較正しようとする圧力値をディジット SW によって、設定すれば、後はボタン操作のみで、自動的に、較正圧力が設定される様になっている。又較正する圧力の表示は、0～1, 0～10, 0～50, 0～100 kgf/cm<sup>2</sup>G と四つの帯域に分けて、行われている。

### (3) 較正方法

0, フルスケールの 1/4, 1/2, 3/4 およびフルスケールと少なくとも 5 点の較正点を用い、これを CRT に表示し、センサの直線性のチェックをも兼ねる方法が採られた。

## 2. 計測および計測精度

計測は、更新した CPU 系 (U-1500) を用いて行った場合、精度は、約 0.3 % であった。しかし、ステージ試験 (HST-1001-1) および燃焼器機試験 (TC-1002-1) においては、燃焼室圧が燃焼終了後も約 20 kgf/cm<sup>2</sup> と云う異常計測された例もある。これは、検討結果、焼燃によって、生じた生成物 (水蒸気) が燃焼終了後、暫らくの間燃焼室側壁を流れる再生冷却用低温液体又は、気体によって、凍結し、管力に入った気体が放出できなくなったことによるものと考えられる。しかし、他の計測項目の結果よりみて、燃焼中は、正常な測定値を示していることが分る。したがって、データの解析には、特に支障はなかった。

全般を通じ大概所要の精度を似って計測ができたが、特に、CPU の更新 (昭和 57 年 4 月) により、0.3 % 前後の精度が再現され、極めて良好な結果が得られる様になった。

## 謝 辞

これら一連の計測に、御協力下さった計測各班に感謝の意を表する次第である。

第1表 HST-701 (7 ton ステージエンジン) の圧力系計測項目

計測項目および計測箇所	Tag No.	計測センサ	計測範囲	記録計器	備考
I 圧力					
(ポンプ)					
液水ポンプ入口	PPH-1	CEC 1000-0.5	0~10 kg/cm <sup>2</sup> G	CPU, PEN (S)	
出口	PPH-2	" 1000	"	CPU (S)	
液酸ポンプ入口	PPO-1	" 250	"	CPU, PEN (S)	
出口	PPO-2	" 1000	"	CPU (S)	
PU制御計測オリフィス	PPO-3	" 1000	"	CPU (S)	
シールガス供給ライン	PPO-4	LP-10	0~10 kg/cm <sup>2</sup> G	PEN (S)	
(タービン)					
ノズルマニホールド	PT-1	CEC 1000-0.5	0~30	CPU (S)	非常停止
排気マニホールド	PT-2	" 100 PSI a	"	CPU (S)	
(ガスゼネレータ)					
水素インジェクター	PGH-1	CEC 1000-0.5	0~35	CPU, PEN (S)	
酸素インジェクター	PGO-1	"	"	CPU, PEN (S)	
(燃焼器)					
点火器水素絞り上流	PCI-2	MP-70	0~70	PEN (S)	
点火器酸素絞り上流	PCI-3	" 70 kg/cm <sup>2</sup> G	"	PEN (S)	
燃焼室					
水素インジェクター	PC-1	CEC 1000-0.5	0~40	CPU (S)	非常停止
酸素インジェクター	PCH-1	"	"	CPU (S)	
点火器燃焼室	PCO-1	"	"	CPU (S)	
(タンク)					
液水タンク	PCI-1	"	0~40	CPU, PEN (S)	インターロック
液酸タンク	PTH-1	CEC 1000-0.5	0~5	CPU, PEN (S)	非常停止
(加圧制御系)	PTO-1	"	"	"	"
加圧水素ガス流量制御部	PLH-1	CEC 1000-0.5	0~70	CPU (S)	
加圧水素減圧弁下流	PLH-2	" 100 PSI a	0~7	CPU (S)	
加圧酸素ガス流量制御部	PLO-1	CEC 1000-0.5	0~70	CPU (S)	
加圧酸素減圧弁下流	PLO-2	" 100 PSI a	0~7	CPU (S)	

(S) : 歪アンプ, CPU : CPU収録, PEN : ペン書オン収録, メータ : メータ指示

第1表 HST-701 (7 ton ステージエンジンの圧力系計測項目 (つづき))

計測項目および計測箇所	Tag No	計測センサ	計測範囲	記録計器	備考
ヘリウム気蓄器	PHE-1	CEC 1000-0.2 2500 PSI a	0~150 kg/cm <sup>2</sup> G	CPU, PEN (S)	
ヘリウムガス流量制御部	PHE-2	CEC 1000-0.5 2500 PSI a	0~40 "	CPU (S)	
ヘリウム器	PHE-3	CEC 1000-0.5 1000 PSI a	" "	CPU, PEN (S)	
水素予冷出口	PK-15	LP-10 10 kg/cm <sup>2</sup> G	10 kg/cm <sup>2</sup> G	PEN (S)	
酸素予冷出口	PK-25	" "	" "	" "	
出口トーチ燃焼室 (操作指示系)	PK-51	MP-50 50 kg/cm <sup>2</sup> G	0~20 "	" "	
水素タンク加圧	PI-15	FAC	0~80 "	メータ (工業計器)	
1段目加圧ライン	PIC-11	BLH	0~15 "	" "	
2段目加圧ライン	PI-25	FAC	0~80 "	" "	
酸素タンク加圧	PI-21	BLH	0~15 "	" "	
1段目加圧ライン					
2段目加圧ライン					
II 流量 (ベンチュリー系) (ポンプ)					
水素ポンプペアリング冷却	QPH-1	DP 0.5 kg/cm <sup>2</sup> D	0~0.2 kg/cm <sup>2</sup> D	CPU (S)	
酸素ポンプペアリング冷却	QPO-3	" 1.0 "	0~1.0 "	CPU (S)	
PU制御	QPO-1	" 0.5 "	0~0.5 "	CPU (S)	
液酸ポンプシール (ガスゼネレータ)	QPO-2	" 1.0 "	0~1.0 "	CPU, PEN (S)	
ガスゼネレータ水素	QGH-1	" 1.0 "	0~1.0 "	CPU (S)	
ガスゼネレータ酸素	QGO-1	" 1.0 "	0~1.0 "	CPU (S)	
水素予冷	QK-14	" 0.5 "	0~0.5 "	PEN (S)	
酸素予冷	QK-24	" "	0~0.5 "	PEN (S)	

(S) : 歪アンプ, CPU : CPU収録, PEN : ペン書オシロ収録, メータ : メータ指示,