

第125回定例研究会 資料I

# 燃料電池評価装置における水素流量検定

2008年7月8日

トヨタ自動車株式会社

東富士研究所 FC開発部

(報告者:望月 君男)

## 内容

### I. 燃料電池の構造

### II. 燃料電池評価装置精度点検全般

- (1)燃料電池評価装置とは
- (2)精度点検の必要性
- (3)精度点検項目と点検要領

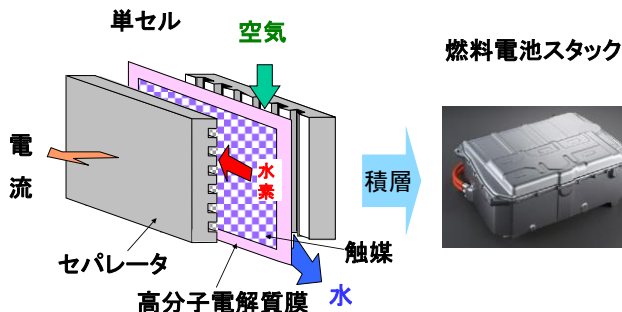
### III. 燃料電池評価装置の水素流量検定

- (1)燃料電池評価装置に使用している水素流量計
- (2)マスフローコントローラーの流量測定原理
- (3)燃料電池評価装置の水素流量検定の変遷
- (4)基準流量計の測定原理とトレーサビリティ
- (5)精度点検結果

### IV. まとめと今後の課題

- (1)燃料電池評価装置精度点検結果から言える事
- (2)燃料電池評価装置における水素流量検定の課題

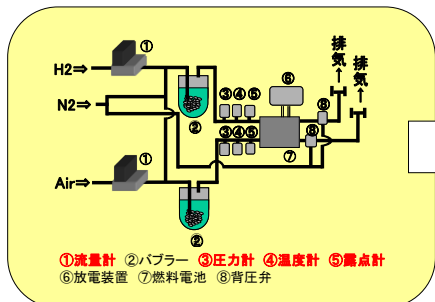
### I. 燃料電池の構造



## II. 燃料電池評価装置精度点検全般

### (1)燃料電池評価装置とは

燃料電池が市場で使用される条件を装置上で忠実にシミュレーションさせ、性能や耐久性を評価するもの



①流量計 ②バブラー ③圧力計 ④温度計 ⑤流量計  
⑥放電装置 ⑦燃料電池 ⑧背圧弁

出力分類別に4種類製造している会社7社

スモールサイズ  
0.25KW級

モジュールサイズ  
5KW級・25KW級

フルスタックサイズ  
125KW級

### (2)精度点検の必要性

燃料電池評価装置を構成する、個々の計測機器は製造した会社によりその精度は保証されている。しかし、これら単体計測機器の集合体である評価装置全体としての精度や各機器の経年劣化による精度は保障されていなかった。十分な精度保障がされていない評価装置での燃料電池試験は試験データの品質不良に直結する。精度点検はこの試験データの品質不良を未然に防止するために必要不可欠である。

1. 評価装置トータルとしての精度不良
  - ・構成機器間でやり取りする信号系の物理値の設定ミス
  - ・センサーと導線のミスマッチ・・・など
2. 経年劣化による精度不良
  - ・流量計の詰まりによる流量値異常
  - ・バルブの内漏れによる、他ガスの混入
  - ・センサー劣化・・・など

(3)主な燃料電池評価装置精度点検項目と点検要領

点検項目	検定器	点検要領	点検周期
流量計	基準流量検定器	流量計 基準流量検定器	1回/年
圧力計	基準圧力発生器	圧力計 基準圧力発生器	1回/年
温度計	基準電圧・電流発生器	温度交換機 基準電圧・電流発生器	1回/年
露点計	基準湿度発生器	露点計センサー 基準湿度発生器	1回/年

Ⅲ. 燃料電池評価装置の水素流量検定

(1)燃料電池評価装置に使用している水素流量計

燃料電池評価装置流量計の殆どが  
**マスフローコントローラー**を使用

利点

- ・流量範囲が広い
- ・応答性がよい
- ・温度、圧力の影響を受けずに気体を測定できる
- ・小型である
- ・ローコストである
- ・様々なガス種に対応できる

欠点

- ・経年劣化しやすい
- ・水分や異物に弱い

(1)マスフローコントローラーの流量測定原理

**測定原理** \*株)堀場エステック 文献引用

流量がゼロの時には毛細管の中心に対し、対称的な温度分布になっています。これに対し流量が流れている時には、上流側の抵抗体は熱を奪われることにより温度が下がり、逆に下流側では熱が与えられて温度が上がり、この結果、温度分布が非対称となります。この時の温度差(ΔT)と流体の質量流量には一定の関係が成り立っているため、温度差をブリッジ回路により検出すれば質量流量を測定することができます。

(2)燃料電池評価装置の水素流量検定の変遷

1. 社内流量検定開始当時

Airで流量校正された基準マスフローメーターを使用し、燃料電池評価装置のAir・H2の流量検定を実施していた。

2. マスフローメーターでのH2流量検定における不具合

ある燃料電池評価装置のAir・H2の流量検定時

2台基準マスフローともAirで校正されているはずだが、H2に限り1000nl/minの検定結果が10%もずれていた!

Air1000nl/min検定結果		H21000nl/min検定結果	
評価装置指示値	基準マスフローメーター	評価装置指示値	基準マスフローメーター
20-1000nl/min	1000nl/min	993nl/min	993nl/min
80-4000nl/min	1000nl/min	986nl/min	986nl/min
		20-1000nl/min	898nl/min
		80-4000nl/min	1008nl/min

基準マスフローメーターを直列に接続し、比較検証

H2検定時に限り、20-1000nl/minのフルスケール付近がカーブし始めた!

### 原因調査

マスフローメータの構造測定原理調査  
例) 1000nl/min

数cc単位を測定  
流量センサー

ガスIN 分流 数cc Air H2 層流素子 流量センサー ガスOUT

層流素子でガスの流れに抵抗を付けガスの一部をセンサーへ分流させ測定し、全体流量を計算

各流領域での全体流量と流量センサーへの分流量の関係

比例してなく、わずかにカーブしてる。このカーブを流量校正により求める

当時このカーブは、全てのガスで同じになると考えられていた。  
・Airで校正すればH2も精度が取れると考えられていた!

実際には

検証結果のデータからAirとH2ではカーブが違うと推測された

**マスフローメータはAir、H2それぞれ実ガス校正が必要と判断。**

### 3. 現在使用している二次基準流量計

Airの一次基準による校正でAir・H2の精度が取れる流量計の調査。

流量計

- 体積型
  - 全流量式
    - 実測式
      - ピストン式流量計
      - オーバークャー式流量計
    - 推測式
      - 差圧式
      - タービン式流量計
      - 渦式流量計
      - ...
  - 質量型
    - 全流量式
      - コロリ式流量計
    - 分流式
      - 熱線式
      - マスフローメータ

二次基準

- ピストン式流量計: 0.005L/分 ~ 75L/分
- オーバークャー式流量計: 5L/分 ~ 100L/分
- ピトー管
- 音速ノズル
- 一次基準
- マスフローメータ: 80L/分 ~ 2000L/分

燃料電池評価装置で使用  
流量検定器として過去に使用

**ガスの全流量を体積として測定する、体積式を採用**

### (4) 基準流量計の測定原理とトレーサビリティ

#### 1. 二次基準

・ピストン式流量計

0.005-75nl/min

測定原理

ピストンが決まった体積の中を移動する時間と、その時のガスの圧力・温度で流量を算出する。

特徴

- ・体積その物を測定する。
- ・ピストンと壁面の間にリークが無い。
- Air校正でH2も測定可能(但しH2でも校正済)

トレーサビリティ

- ・一次基準によるAir校正 1回/半年
- ・認定事業所でのH2・Air校正 1回/3年

バイパス時

測定時

圧力 温度 時間

ガス

バイパスバルブ

14

#### ・オーバークャー式流量計

5-120nl/min

測定原理

オーバークャーの回転時、ケース内に入ってくるガスを1杯2杯...と測る。オーバークャーの回転する時間と、その時のガスの圧力・温度で流量を算出する。

特徴

- ・ピストン同様に体積その物を測定。
- Air校正でH2も測定可能(但しH2でも校正済)

トレーサビリティ

- ・一次基準によるAir校正 1回/半年
- ・認定事業所でのH2・Air校正 1回/3年

1

2

3

15

#### 2. 一次基準

・基準流量発生装置 (音速ノズル・据え置き型) 0.1nl/min-10,000nl/min

Airコンプレッサー Airタンク

0.09-0.1nl/min

0.19-0.2nl/min

4-5.6nl/min

8-11nl/min

16-22nl/min

32-45nl/min

64-90nl/min

130-180nl/min

260-360nl/min

510-720nl/min

1000-1400nl/min

2000-2900nl/min

4100-5800nl/min

音速ノズル

ハルブ

二次基準を検定

基準流量発生装置

不変の流量精度を持つ流量計 [音速ノズル]を大小13本使用し、その組み合わせにより約0.1nl/min-10,000nl/minの流量を発生させる。

16

#### ・音速ノズル

測定原理

管路に絞りがあった場合、絞りの上流、下流の圧力差が大きくなれば、絞りの流速は早くなり

上流圧/下流圧  $\geq 1.89$  倍になると音速に達する

音速に達すると圧力差がいくら大きくなっても音速以上にならず、下流圧の影響を受けない為

$$Q = A \cdot C_c \cdot \sqrt{\frac{N}{Ru \cdot T}} \quad (\text{kg/s})$$

A: 絞りの径      Cc: 臨界流れ定数  
P: 上流ガス圧      N: 空気モル質量  
T: 上流ガス温      Ru: 音速気体定数

で流量が算出される。

特徴

- ・可動部が無い単純形状の金属
- 高精度が半永久的に保たれる。
- ・各国で流量一次基準として使用されている。

\* 株)オーバル 片橋氏文献引用

・音速ノズルの断面図

衝撃波の発生

超音速

亜音速

音速

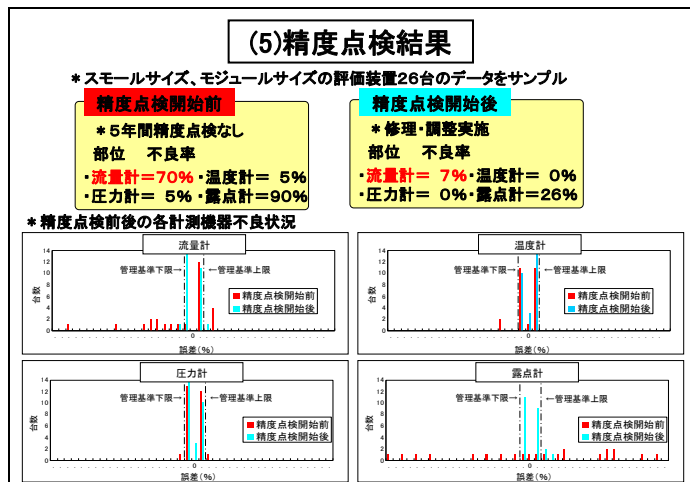
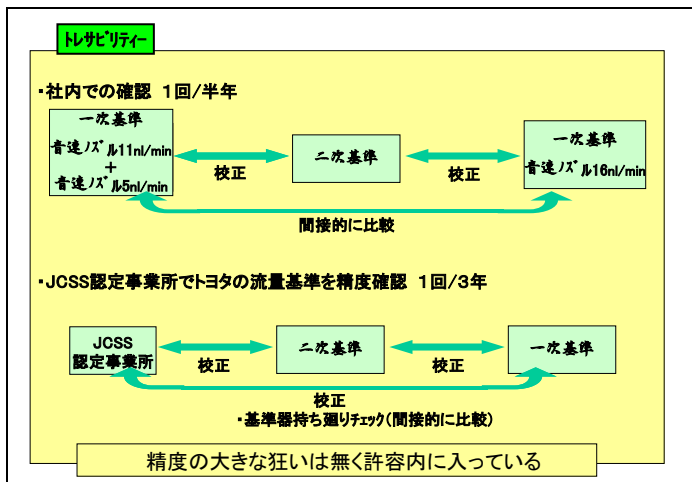
絞り通過時は音速

・差圧と流速の関係

音速

0 1 2 3 4倍

上流圧 / 下流圧



**IV. まとめと今後の課題**

**(1)燃料電池評価装置精度点検結果から言える事**

- ・精度点検実施により、燃料電池評価装置の経年劣化や装置の製造上の問題点による精度不良が数多く把握、解決できた。
- ・高品質の燃料電池評価試験を実施するために適切な精度点検は必要不可欠であると考える。

20

**(2)燃料電池評価装置における精度管理課題**

水素流量検定実施により、年間の不良発生率は7%まで低減できた。しかし、7%というのは決して低い不良率とは言えず、更なる低減を目指す必要がある。そのための課題として下記を掲げる。

1. 検定結果を反映した、燃料電池評価装置の造り込み
2. 流量検定機器や検定作業の簡便化
3. 点検周期など、精度管理要領の見直し
4. 基準燃料電池による評価装置全体としての更なる精度管理