

議題6-1.

燃料電池自動車に係る規制再点検および標準化のための研究開発

平成22年12月3日

財団法人 日本自動車研究所

背景

2005年3月、初期導入段階にある燃料電池自動車の普及に必要な環境が整備された。しかし、さらなる燃料電池自動車の普及を促進するため、一層の安全性と利便性の向上、さらにはコスト削減といった課題に対応すべく規格・標準化の見直しが必要である。

目的

燃料電池自動車の導入・普及や技術レベルの進展に対応し、

- ① 既存規制の見直しに資するための安全確認データの取得、
- ② 製品性能を単一の物差しで評価するための試験・評価手法を確立する。

国際標準の提案などのソフトインフラを整備するために、

- ③ 水素・燃料電池自動車の安全性評価 および燃料電池性能評価法の研究開発を行う。

開発項目および実施内容 —水素・燃料電池自動車の基準・標準化—

燃料電池自動車の基準・標準化を推進するため、燃料電池性能評価法の研究開発および水素・燃料電池自動車の安全性評価の研究開発を行う。

1. 国内規制

- (1) 高圧ガス保安法:自動車用圧縮水素容器等
- (2) 道路運送車両法:水素車両保安基準
- (3) 道路法:水素輸送車両の水底トンネル通行
- (4) 高圧ガス保安法:水素供給ステーション

2. ISO/TC22/SC21 (電気自動車)

- (1) WG1:安全(FCVを含めたEV安全規格改訂)
TF1:用語
- (2) WG2:性能
 - (a) 燃費試験法
 - (b) 走行性能(最高速)試験法

3. ISO/TC197 (水素技術)

- (1) WG5:充填コネクタ
- (2) WG6:圧縮水素容器
- (3) WG10:水素吸蔵合金タンク
- (4) WG11:水素供給ステーション
- (5) WG12:水素製品仕様

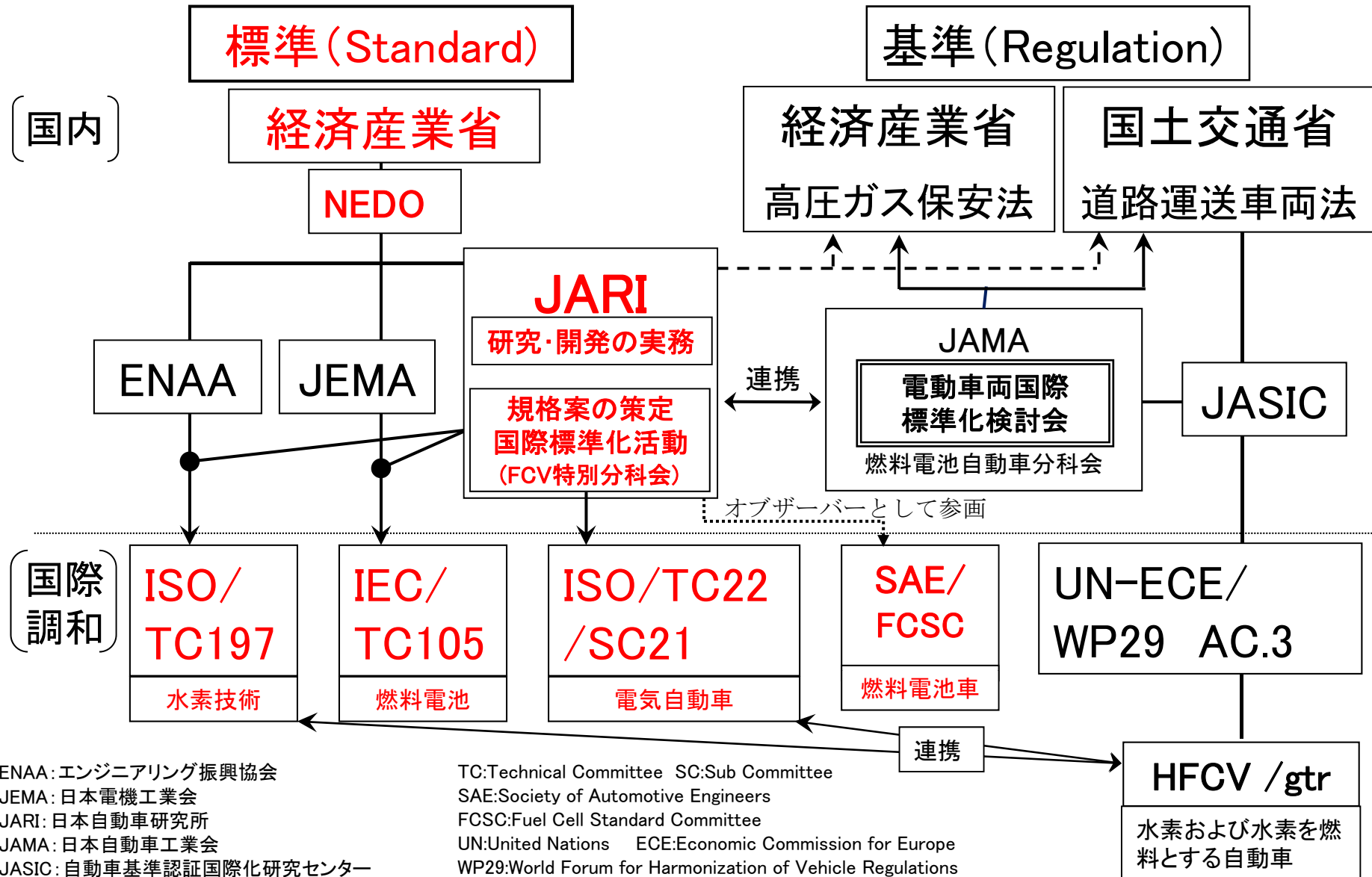
4. その他の海外及び国際基準・標準化

- (1) SAE(燃料電池標準化委員会)
J2578:FCV安全(水素・高電圧)、J2579:水素容器
J2600/J2799:水素充填コネクタ、J2601:通信
- (2) UN-ECE/WP29/AC3:FCV国際基準調和
- (3) IEC/TC105:単セル標準試験法
- (4) FCTESQA:Single Cell Testing Protocol
- (5) USFCC:単セルRound Robin Test、
MEA耐久性試験法

ISO: International Standardization Organization TC: Technical Committee(専門委員会) SC: Sub Committee(分科委員会) TF: Task Force
IEC: International Electrotechnical Commission(国際電気標準会議) SAE: Society of Automotive Engineers
UN-ECE/WP29/AC3: United Nations Economic Commission for Europe/ World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations/ Administrative Committee for co-operation of work for WP29 (3: steering group of gtr), gtr: Global Technical Regulation
IPHE: International Partnership for Hydrogen Economy FCTESQA: Fuel Cell Testing, Safety and Quality Assurance USFCC: United State Fuel Cell Council

研究体制 ① — 関連機関 —

国内外の基準・標準化に必要なベースデータを蓄積し、燃料電池自動車の普及促進に必要なソフトインフラを整備

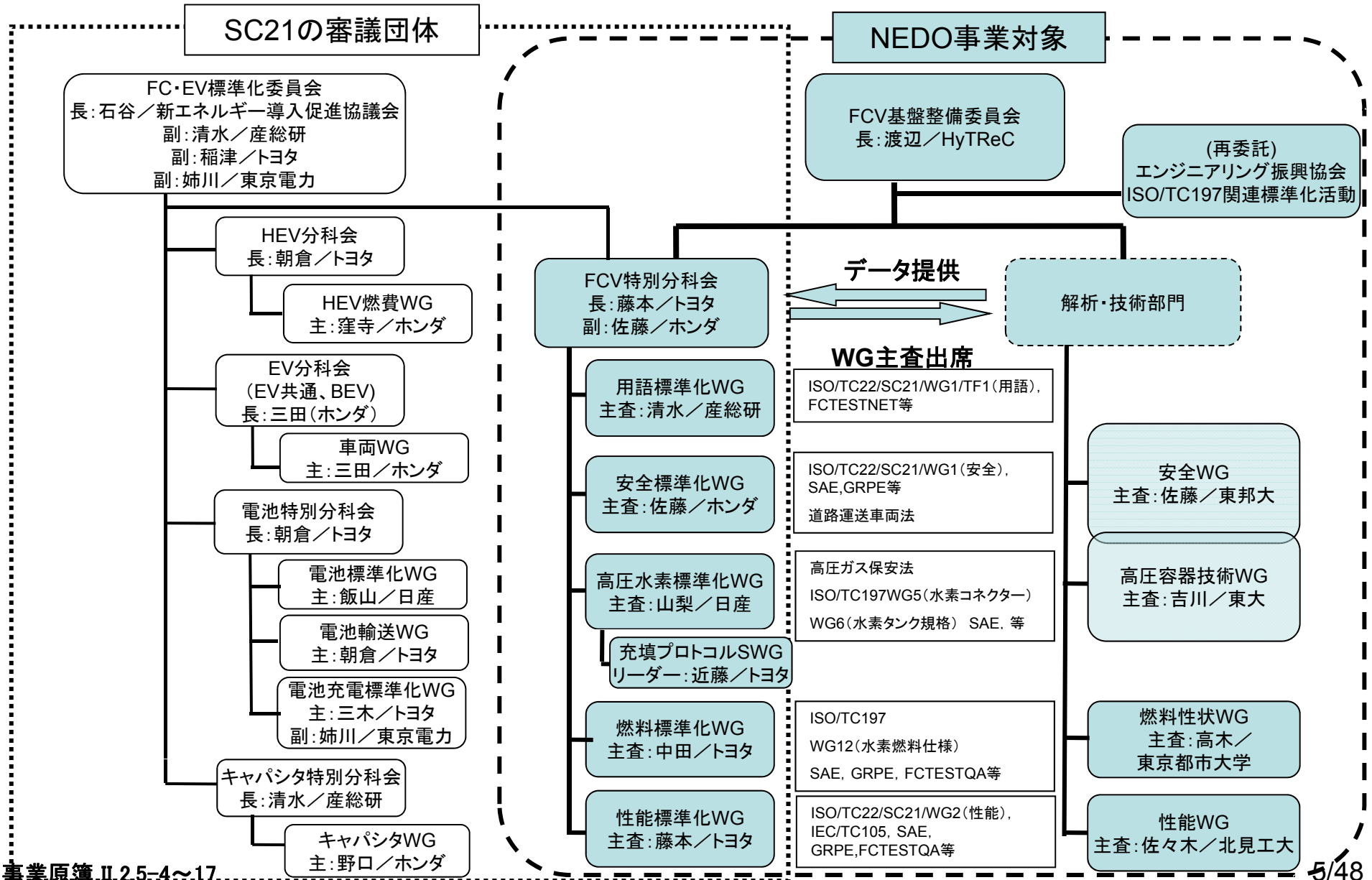


ENAA: エンジニアリング振興協会
 JEMA: 日本電機工業会
 JARI: 日本自動車研究所
 JAMA: 日本自動車工業会
 JASIC: 自動車基準認証国際化研究センター
 ISO: International Organization for Standardization

TC: Technical Committee SC: Sub Committee
 SAE: Society of Automotive Engineers
 FCSC: Fuel Cell Standard Committee
 UN: United Nations ECE: Economic Commission for Europe
 WP29: World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations
 AC3: Administrative Committee for co-operation of work for
 WP29 (3: steering group of gtr), gtr: Global Technical Regulation

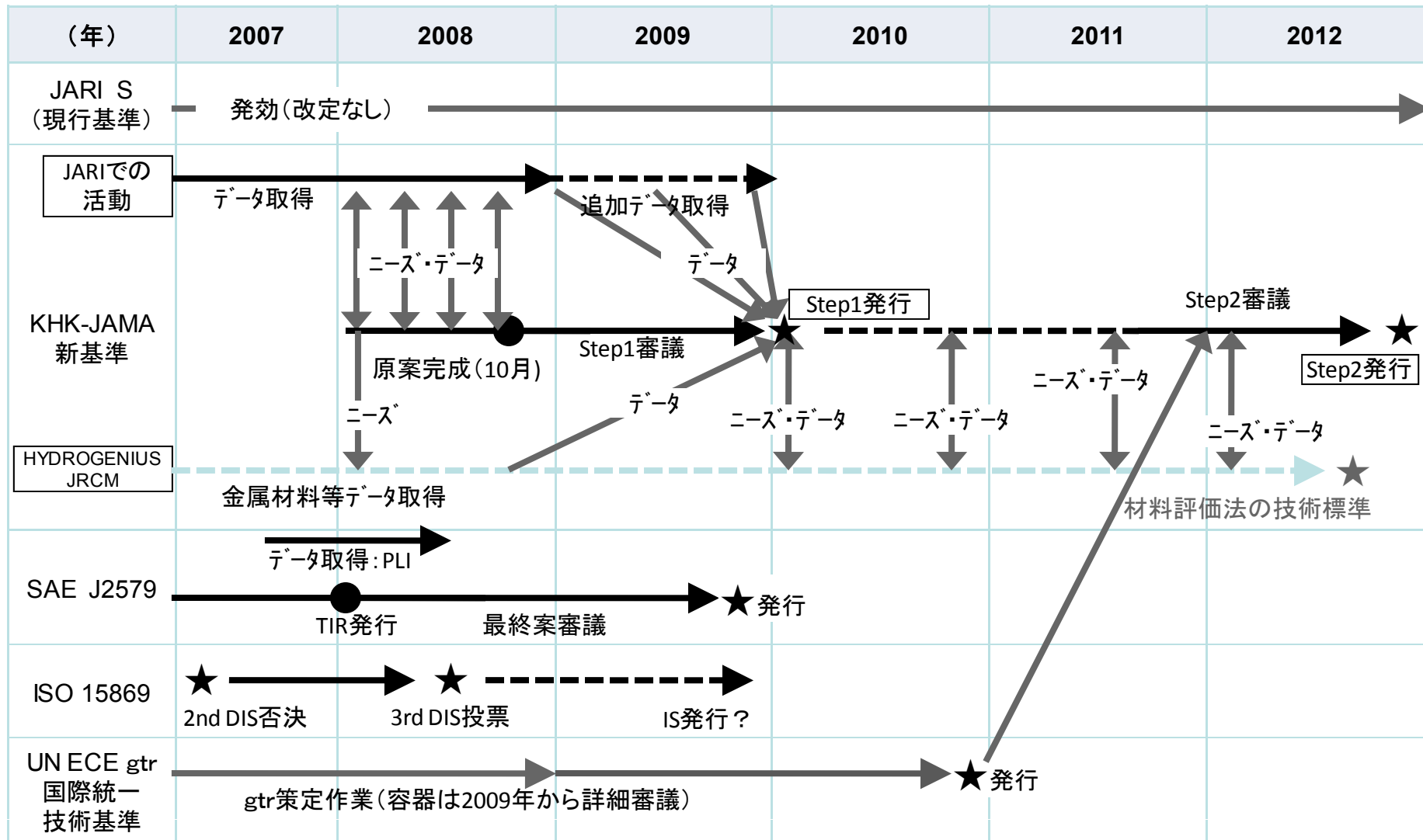
研究体制 ② - JARI内体制 -

- JARIはISO/TC22/SC21(電気自動車)の国内審議団体 -



スケジュール 高圧ガス保安法「容器および附属品の技術基準」の見直し

1) 容器および附属品の基準・標準策定スケジュール

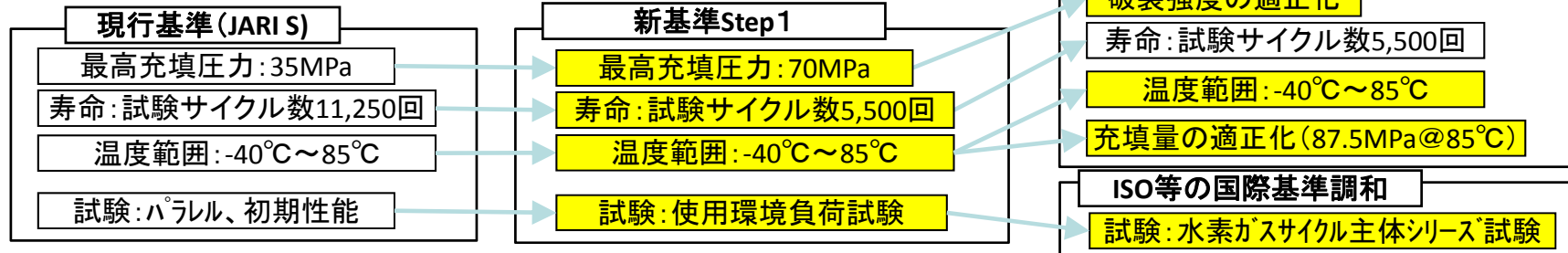


本事業での目的: 適正な基準策定のために, 車載容器に加わる負荷条件を把握する

研究成果 1. 水素・燃料電池自動車の安全性評価

1.1 自動車用圧縮水素容器の基準・標準見直し

新基準策定に関わる主な審議内容と取り組み



※材料に関しては先端研等で調査・検討

新基準 Step1 策定のためのデータ取得

- 70MPa化に伴うVH4容器透過試験合否閾値の検討
 - 環境温度・充填圧をパラメータとした透過試験を行い、合格基準 (15°C以上・合格値: 5cm³/hr・L 以下) を定めるデータを得た。
- 充填サイクルに関わる容器の不具合事象の把握
 - サイクル圧を高くすると、破裂強度が低下するVH4が存在
 - 初期圧が高い部分充填であっても寿命は延びないVH3が存在
- 容器の使用温度範囲に関わる課題の検討
 - 環境温度、充填速度をパラメータとした急速充填試験やガスサイクル試験を行い、容器内の代表温度位置、温度分布が生じにくいノズル口径や角度、および苛酷温度環境下の温度を把握
 - 容器の残存破裂強度に及ぼす低温および高温環境の影響を調査 → 使用温度範囲適正化には、VH3容器では低温側、VH4容器では高温側に検討が必要
- 新基準 Step1 提案の使用環境負荷試験
 - 供試VH3容器は試験をPass、試験上での問題もなし

新基準 Step1 へ反映させた

国際基準調和のためのデータ取得

- ガスサイクル試験を主体とするシリーズ試験の課題検討
 - 液圧サイクル試験の妥当性検討
 - 熱応力解析と実験によるライナー応力の検証 → VH3容器の残留圧縮応力が液圧サイクルとガスサイクル時の温度変化による疲労寿命を把握
 - 極端温度環境下での実使用条件相当 (SOC100%) 液圧サイクル試験 → 125%FP@85°C相当の方が125%FP@20°Cより寿命大
 - 充填放出サイクル時の温度変動挙動把握 (ガスサイクル試験) → 2サイクル以降の到達温度は一定

SAE J2579を通し、ISOへ反映中

研究成果 1.1 自動車用圧縮水素容器の基準・標準見直し

a. 35MPa→70MPa対応

課題

圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準(JARI S 001)ではガス透過試験は最高充填圧力35MPa容器に対して2cm³/hr・L未満と規程70MPa容器に対してはどの程度の透過量に規定するべきか。

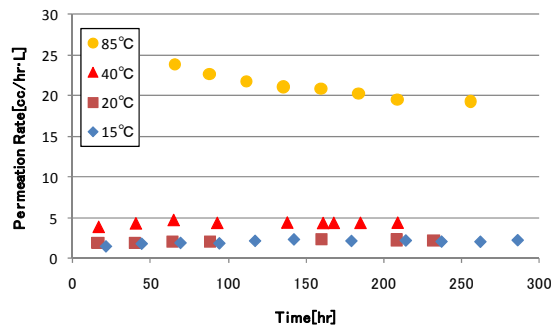
実施内容

最高充填圧力70MPaにおけるVH4容器における水素ガス透過傾向を確認し、ガス透過試験の新基準値に関わる策定データに提供する。

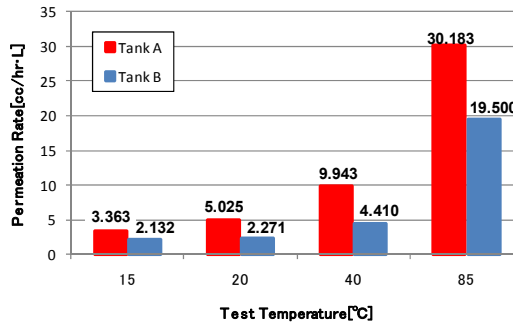
①試験条件

- ・使用容器:
VH4容器(最高充填圧力70MPa)2種
→TankA=ライナー材質:HDPE(高密度ポリエチレン)
TankB=ライナー材質:PA(ポリアミド)
- ・試験条件:
環境温度:15℃, 20℃, 40℃, 85℃

②試験結果(抜粋)

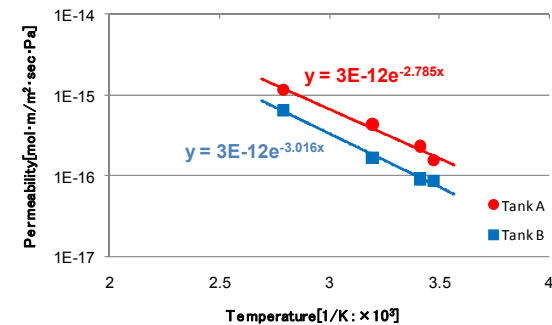


水素透過率: Tank B (PA)

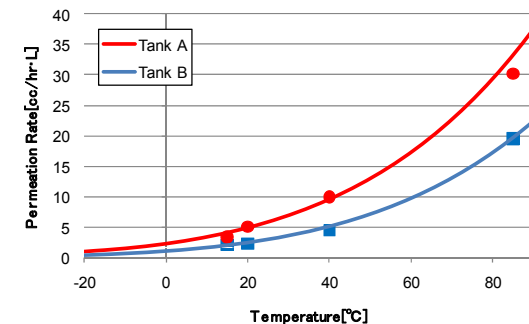


水素透過率比較:
TankA(HDPE), TankB(PA)

※アレニウスの式による整理



計測水素透過率のアレニウスプロット



推定透過率(アレニウス式より算出)

最高充填圧力70MPaのVH4容器の水素透過率を調べた結果

- ・環境温度が高いほど水素透過率は高くなる。
- ・容器の種類によって水素透過率は異なる。

これらのデータを提供し、70MPa透過試験合格基準(環境温度:15℃以上・合格値:5cm³/hr・L以下)を定めた。

充填圧力70MPaのVH4容器においても一般的な高分子へのガス透過と同様の傾向を示す事が確認できた。

研究成果 1.1 自動車用圧縮水素容器の基準・標準見直し

b. ガスサイクル試験を主体とするシリーズ試験の代替試験検討

課題

gtrドラフトのベースとなったSAE J2579ドラフトにおいては、水素ガスサイクル試験による容器システムの評価を基本試験としている。一方、日本は液圧サイクル試験による代替を提案している。その技術的根拠のひとつとして、ガスサイクル試験時ならびに液圧サイクル試験時に、VH3容器ライナーに発生する熱応力を比較検討することにより、液圧サイクル試験の妥当性を検証する必要がある。

実施内容

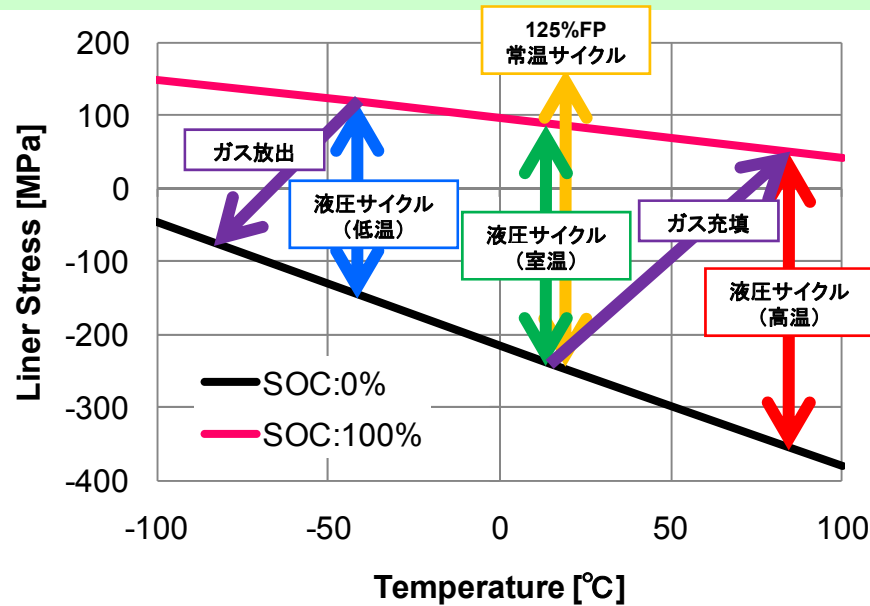
VH3容器のライナーの残留圧縮応力が、温度変化に伴う熱応力によってどのような影響を受けるか調査する。

- ①ひずみ計測(実験)
- ②熱応力解析(数値シミュレーション)

①ひずみ計測(実験)

容器: 35MPa-VH3容器容器全体

方法: CFRP表面およびライナー内面にひずみゲージを貼付し、環境温度を変えて、ひずみを計測する。

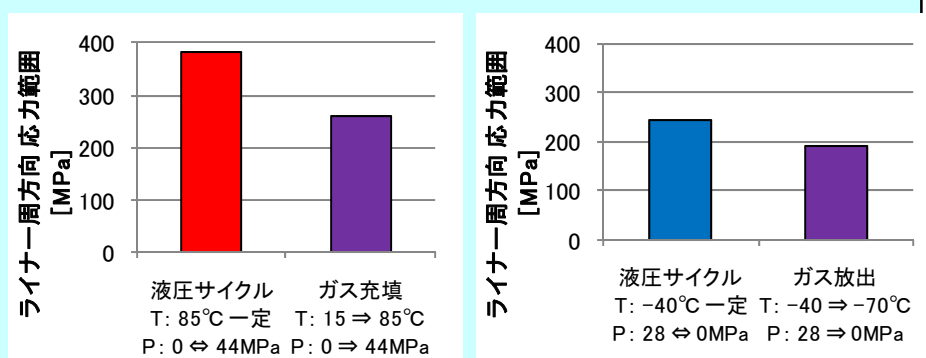


供試VH3容器のライナー周方向応力範囲

②熱応力解析(数値シミュレーション)

解析対象: 35MPa-VH3容器直胴部

解析条件: 環境温度(-40~85°C), 内圧(0~44MPa)



液圧サイクルとガスサイクルの応力範囲比較

ガス圧の場合熱応力が発生するため、液圧よりも応力範囲が小さい。よって、液圧サイクルは、より厳しい試験となる。

研究成果 1.1 自動車用圧縮水素容器の基準・標準見直し

b. ガスサイクル試験を主体とするシリーズ試験の代替試験検討

課題

日本提案の液圧サイクル試験による代替提案の技術的根拠のために、水素ガスの充填・放出を連続で繰り返した場合(車の充填・走行の繰り返しの想定)に容器温度の到達温度は安定するかどうかを調査する必要がある。(ライナー応力が一定になることを確認)

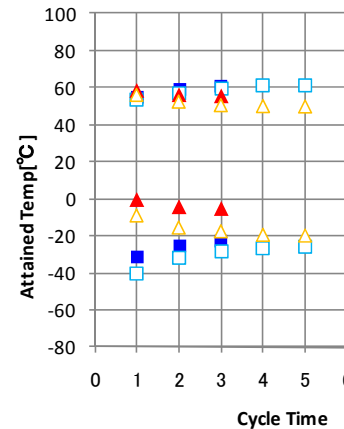
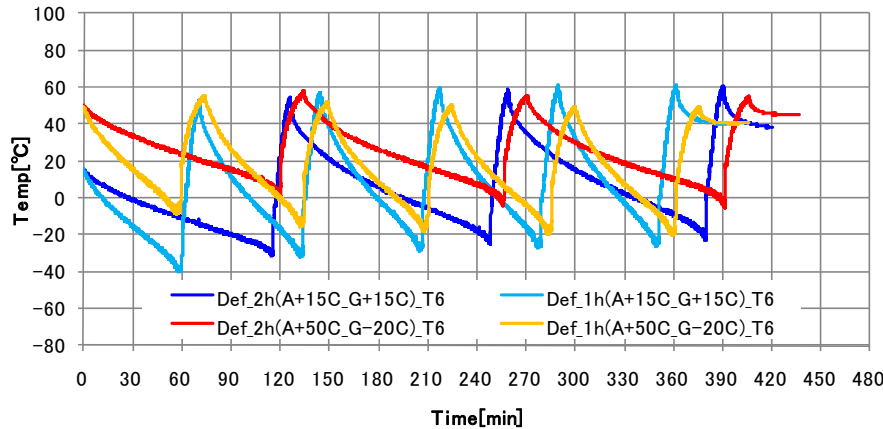
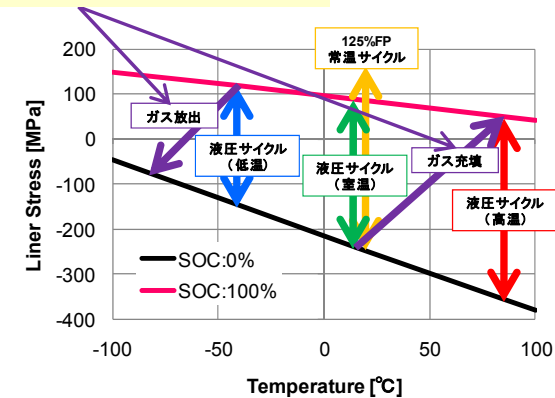
実施内容

水素ガスサイクル試験を行い、容器各部の温度変化を調査
 ・放出時間変化
 ・スタート条件(放出 or 充填)変化

試験方法

- 試験容器 : VH4-40L, VH3-125L
- 試験の各スタート条件における初期状態
 - 放出スタート ⇒ 70MPa@85°C 相当量
 - 充填スタート ⇒ 1MPa@環境温度

常に同じ線上にあるかどうかを調査



記号	試験条件
Def	放出スタート
2h	放出時間 → 2h
1h	放出時間 → 1h
A+15C	環境温度 → 15°C
G+15C	充填ガス温度 → 15°C
G-20C	充填ガス温度 → -20°C
T6	容器内ガス温度 → T6

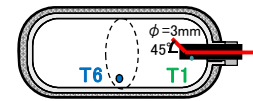


図1.3-1 VH3-125Lでの放出時間を変化させた場合の容器内ガス温度(T6)挙動および到達温度一覧

VH4, VH3ともに放出時間, スタート条件を変えても2サイクル以降の温度変化は安定する傾向を確認。

研究成果 1.1 自動車用圧縮水素容器の基準・標準見直し

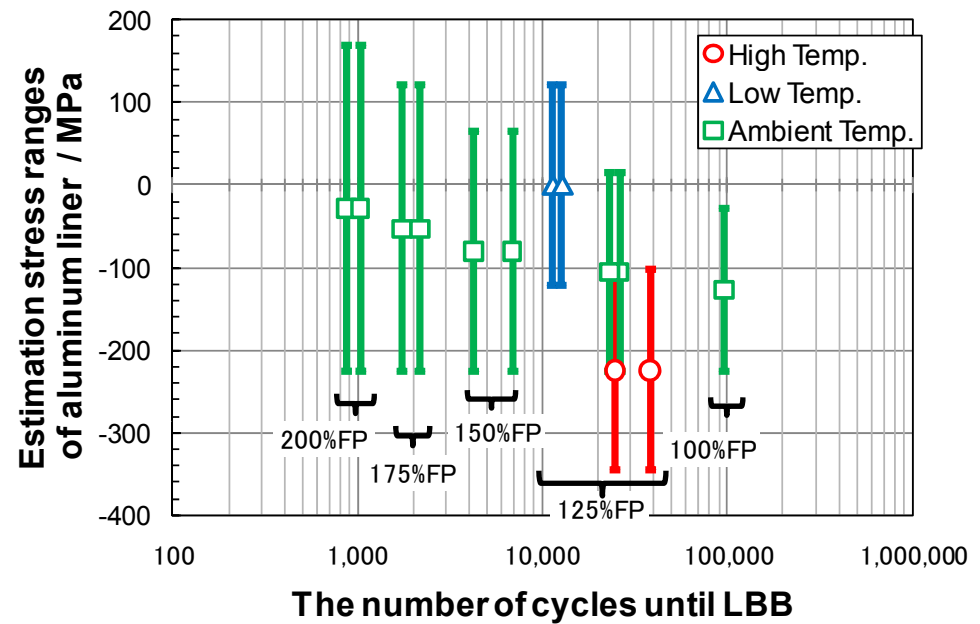
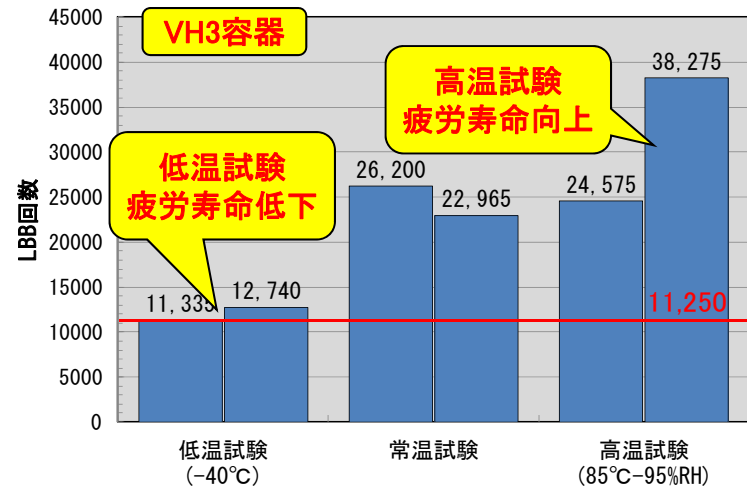
c. 使用温度範囲の見直し

課題
 高圧水素容器にて急速充填や消費を行うと、容器内ガス温度が局所的に高温や低温になり、条件によっては容器の使用温度範囲を超える結果が得られた。容器使用温度の適正化検討にあたり、温度をパラメータとした極端温度圧力サイクル試験を実施し、使用温度が容器に及ぼす影響を調査する必要がある。



実施内容
 VH3容器の疲労寿命におよぼす環境温度の影響を調査

試験方法
 供試容器：35MPa-VH3容器、各条件2個
 環境温度：高温85℃、常温、低温-40℃
 上限圧力：FP×125% (44 MPa)
 下限圧力：0 MPa
 終了条件：LBB発生まで



供試VH3容器：低温試験にて疲労寿命が低下し、高温試験では疲労寿命が向上した。
 (CFRPとAlライナーの熱膨張率の差による自緊処理効果の変化が主因と推察される)
 → 容器使用温度範囲の適正化には、VH3容器では低温側でとくに検討を必要とする。

研究成果 1.1 自動車用圧縮水素容器の基準・標準見直し

d. 使用環境負荷試験

課題
 KHK/JAMA新基準(Step1)では、新たにシリーズ試験(使用環境負荷試験)が提案されている。このため、試験上の問題点の把握および現状容器の実力値把握を行う必要がある。

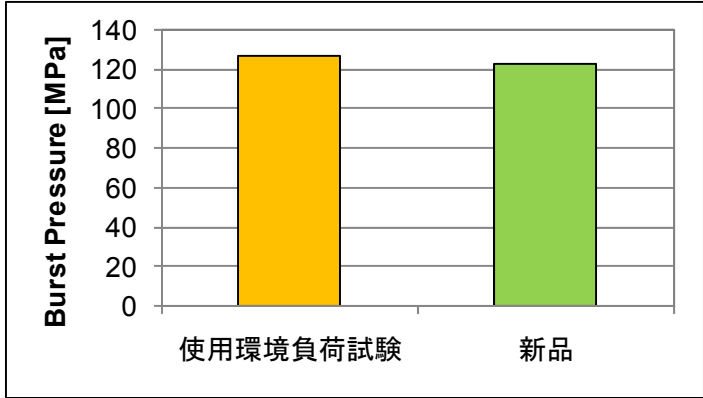


実施内容
 現行JARI S001を満たした容器を使用して、新基準で提案されている使用環境負荷試験を実施し、試験上の問題点の把握および現状容器の実力値把握を行う。

試験方法
 容器：35MPa-VH3-28L容器、1本

試験内容：(図2.1-1参照)

- ・前処理(振り子式衝撃試験)
- ・加速応力試験
- ・環境暴露試験(環境暴露液処理+極端温度圧力サイクル試験)
- ・破裂試験



・試験実施上の不具合は特に無かった。
 ・使用環境負荷試験後の破裂強度は、新品容器と同等だった。

図2.1-2 使用環境試験と新品容器の破裂圧力比較

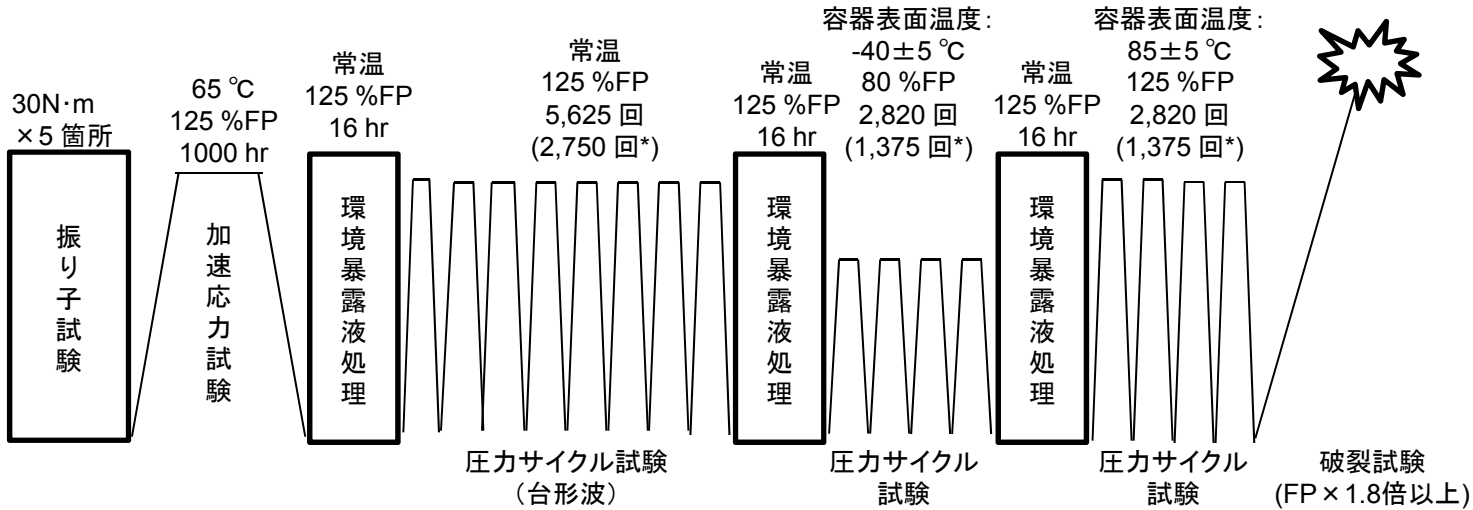


図2.1-1 使用環境負荷試験 *低充填頻度自動車の場合

スケジュール 道路運送車両法:UN-ECE/WP29/AC3 gtr策定および安全情報

燃料電池自動車の安全性評価スケジュール

年度	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11
既存基準	☆☆ 2005.3 圧縮水素ガスを燃料とする自動車の燃料装置の技術基準制定 2005.3 燃料電池自動車の高電圧からの乗車人員の保護に関する技術基準							
安全情報 基準策定		消防・救助活動のマニュアル作成		消防・救助訓練への反映	マニュアル改訂			
	UN-ECE/WP29 (FCVの国際基準調和)Phase1 Phase1: GTR for hydrogen powered vehicles Phase2: Assess future technologies and harmonize crash tests							
策定項目 (想定候補)		水素漏れ許容値(通常時、衝突時) 水素漏れ検知手段、検知濃度 パージ水素の排出基準 圧縮水素容器の安全弁から放出される水素の方向 圧縮水素容器等高圧部品の取付け強度、振動試験 高電圧からの感電保護、絶縁抵抗 燃費試験法				etc.		

GTR: Global Technical Regulation

本事業での目的:適正な基準策定のための妥当性検証、ならびに安全・安心して使用するために想定される事故で生じる周困影響を把握する。

研究成果 1. 水素・燃料電池自動車の安全性評価

1.2 道路運送車両法: UN-ECE/WP29/AC3 gtr策定および安全情報

国際基準調和での審議内容

水素検知閾値

- 衝突時燃料漏れ
- 水素の放出(安全弁ベント、パージ)
- 局所火炎暴露試験
- 駐車場や船舶輸送に関わる課題

安全情報

消火によって危惧される事情の安全性調査

国際基準調和の技術根拠に資するデータ取得

局所火炎暴露試験方法の検討

- ・自動車火災試験による容器搭載位置部位の温度調査
→ 局所火炎になりうる時間・温度を把握を把握し、局所火炎暴露時間に関わるデータとして活用した。
- ・提案された局所火炎暴露試験を行い、温度分布の把握や試験上の問題点を把握した。

衝突燃料漏れ許容量の妥当性検討

- ・衝突燃料漏れ許容量を超えた流量(1000NL/min)での引火試験
→ 車両周囲の人への影響を調査し、重大な危害がないことを確認

駐車場や車両運搬船に関わる安全情報

- ・ガソリン車・水素燃料車の混焼試験 → 横0.85m間隔駐車の場合、安全弁作動により隣接ガソリン車に着火しないことを確認
- ・車両運搬船を想定した火災試験 → 安全弁の作動の際、既に延焼していることを確認 → IMO(国際海事機関)での議論で使用予定

安全情報のためのデータ取得

水素燃料自動車の緊急対応指針策定のためのデータ取得

- ・消火による水素火炎の消炎試験 → 消火放水では、安全弁作動時の水素火炎は容易に消炎しないこと。消炎しても、爆発はない。
- ・消火放水による容器への影響 → 安全弁の種類によっては閉塞するものが存在あるが、消火放水によって容器を冷却した方が容器強度が保たれることを確認
- ・安全弁作動時の水素噴出火炎の人への影響 → 消防服を着用させたサーマルマネキンを用い、火傷程度や安全距離を把握

緊急対応指針策定のための試験データ集を完成させた

国際基準調和活動においてデータ提供

研究成果 1.2 道路運送車両法:UN-ECE/WP29/AC3 gtr策定および安全情報

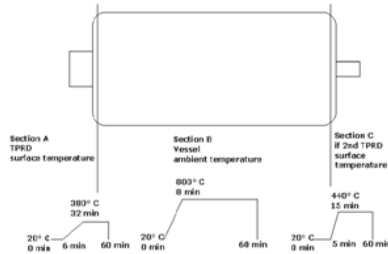
a. 局所火炎暴露試験方法の検討

目的:

近年、CNGバスや乗用車の火災による容器の破裂事例が報告され、SAE J2579ドラフトでは局所火炎暴露試験方法が提案された。この提案された試験方法の妥当性を検討する必要がある。

実施内容:

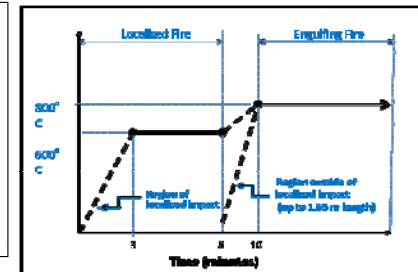
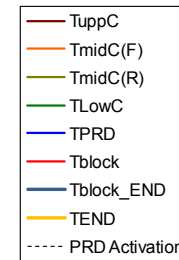
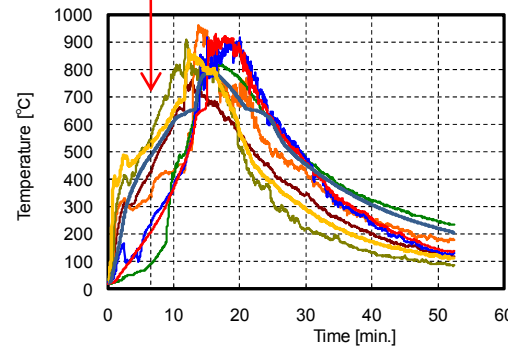
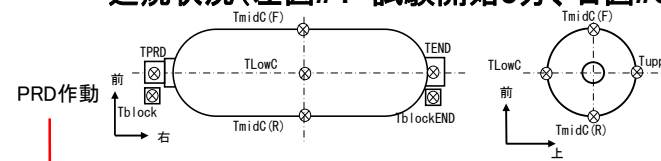
提案された局所火炎暴露試験方法の妥当性を検証するため、数通りの車両火災試験を行い、容器周囲の温度を調査した。



延焼状況(左図#4 試験開始5分、右図#6 試験開始10分)

当初の局所火炎暴露試験案

#	車両	出火箇所	窓開口	備考
1	セダン	車室内	安全弁反対側	
2		後部タイヤ	安全弁反対側	
3		後部タイヤ	全閉	
4		リアバンパー	全開	ロールオーバー
5	1BOX	車室内	安全弁反対側	
6		リアバンパー	全閉	PRDによる水素作動あり
7		後部タイヤ	安全弁反対側	樹脂製アンダーカバー



容器各部の温度とPRD作動時

局所火炎暴露試験の新温度プロファイル

本事業で得られた温度プロファイルを用いて新たな試験方法が採用され、gtr策定に貢献した。

研究成果 1.2 道路運送車両法:UN-ECE/WP29/AC3 gtr策定および安全情報

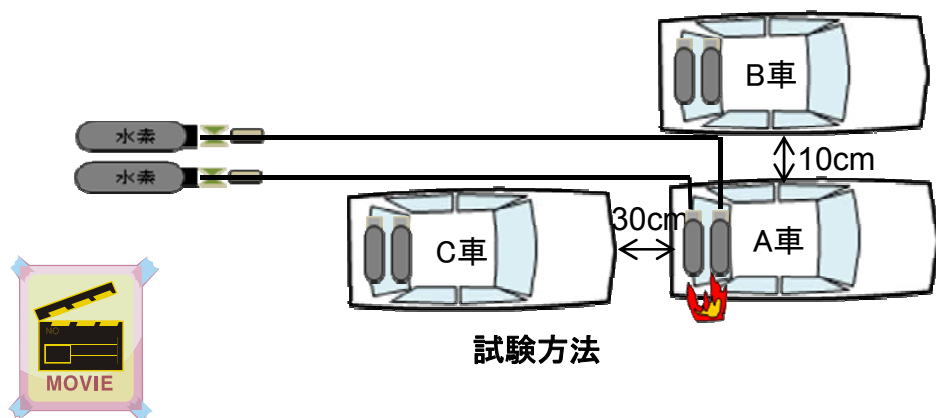
b. 船舶輸送に関わる課題

目的:

駐車場や船舶輸送などの火災時の安全情報として、隣接車両への隣接車両への燃焼拡大性状や安全弁の作動間隔を調査する。

実施内容:

車両運搬船を想定した(横10cm、前後30cm)間隔で駐車した場合の隣接車両への燃焼拡大性状や安全弁の作動間隔を調査



【試験条件】

車両: 1Box、3台 (A車のみ水素70MPa, 40L × 2本)
 出火位置: A車右側リアバンパー
 安全弁作動時の水素は、車体外に設置した水素充填容器から配管によって車両へ導き、車両に実装したPRD作動検知装置により、その作動を確認して放出。
 放出方向は車両後方45°、放出径は4mm
 ただし、換気条件は開放空間相当、上下階層はなし。



- ◆ 隣接車両には車両内外装品類による燃焼により着火し、安全弁の作動はそれ以後であった。
- ◆ 安全弁が作動する時点では、出火車両はほぼ全焼であった。
- ◆ 安全弁作動後に、隣接車両の安全弁が作動する時間は約2分30秒であった。
 →水素燃料自動車でなくても、車両内外装品類による延焼は大きくなるため、迅速、かつ適切な火炎検知と消火対応が必要。

得られた成果は、IMO(国際海事機関)の船舶輸送関連で活用

研究成果 1.2 道路運送車両法:UN-ECE/WP29/AC3 gtr策定および安全情報

c. 安全弁作動時における水素噴出火炎の消火試験

課題:
California Fuel Cell Partnership のEmergency Response Guideでは、安全弁作動による水素噴出火炎形成時、安全弁およびガス放出部へ向けて消火するべきでないとするが、ガソリン車などと混焼した場合、どのような消火対応をすべきか。

実施内容:
・安全弁作動による水素噴出火炎の消火活動による消炎試験
・火炎暴露させる時間と容器の放水による冷却をパラメータとした容器の耐圧を調査

①安全弁作動時の水素噴出火炎の消炎試験

・ベント管からガスを放出・着火させ、その火炎に向かって放水(もしくは消火剤の散布)し、消火を試みる



消火放水(放水量500L/min)の状況 消火剤(ABC消火器)の状況

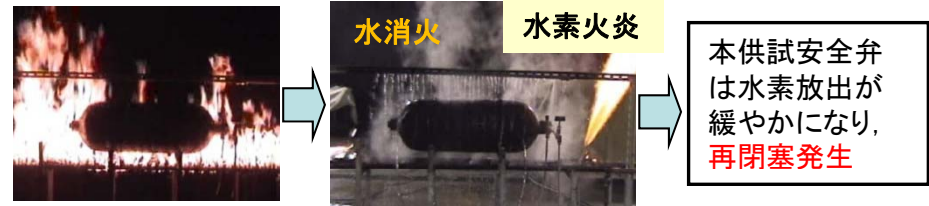
消火試験結果

TEST#	噴出方向	消火方法	結果
#1	上方	水一直噴	消炎せず
#2	上方	水一直噴	消炎せず
#3	上方	ABC消火器	消炎せず
#4	斜め下後方45度	水一直噴-車両前方向	残圧0.9MPaまで消炎せず
#5	斜め下後方45度	水一直噴-車両前方向	消炎せず
#6	斜め下後方45度	水一直噴-車両後方向	消炎せず
#7	斜め下後方45度	ABC消火器	残圧0.3MPaまで消炎せず。消炎後、過熱されたアスファルト路面で再着火。爆発はなし。
#8	斜め下後方45度	ABC消火器	残圧0.2MPaまで消炎せず。消炎後、過熱されたアスファルト路面で再着火。爆発はなし。

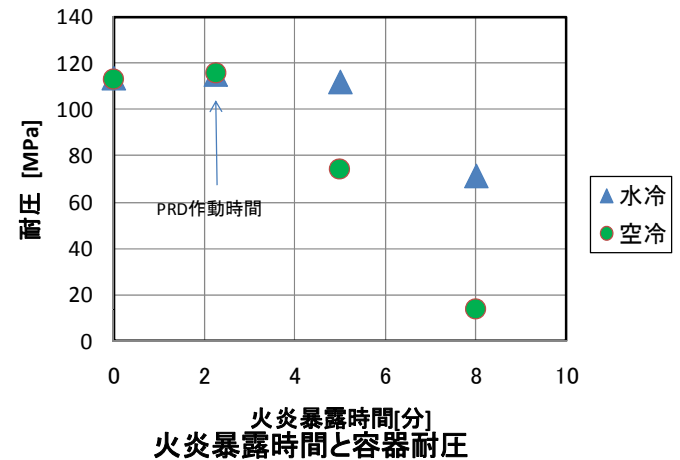
ガス噴出部へ水消火や粉消火しても、水素噴出火炎は容易に消炎しないこと。再着火しても、車両周囲の人に対して危害を加えることはない。

②消火放水による容器の健全性調査

・供試容器: Type3(35MPa)
・火炎暴露後、ただちに火源を止めて水冷却(水冷)
・火炎暴露後、火源を止めて、そのまま放置(空冷)



本供試安全弁は水素放出が緩やかになり、再閉塞発生



水による消火によって再閉塞しない安全弁を車両が採用していれば、積極的に消火放水した方が容器強度には有利であり、かつ水素燃料自動車であっても、大気開放空間であれば、特別な消火対応が必要ではない。

研究成果 2. その他

2.1 高密度水素貯蔵技術の安全性評価

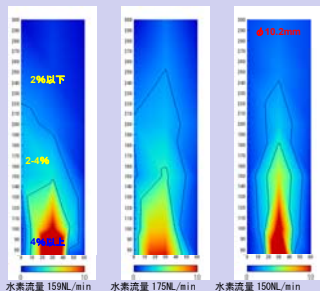
2.2 インターフェイスの標準化

2.3 要素部品の安全性評価

2.1 高密度水素貯蔵技術の安全性評価

液体水素容器の安全性評価

- ・液化水素容器の充填時の挙動、蒸発率などの基礎データ取得
- ・液体水素が漏洩した場合の挙動を調査



液体水素漏洩時の濃度コンター

安全性評価試験策定に向けたデータ取得

2.3 要素部品の安全性評価

自動車安全弁の作動条件調査

- ・ガラス式PRDを含めた安全弁の作動に及ぼす充填圧力および輻射熱の影響を調査

水素消費による附属品類の温度調査

- ・水素放出条件による附属品等の温度を調べた

2.2 インターフェイスの標準化

充填コネクタの耐久試験

- ・日本提案70MPa充填コネクタの安全性・耐久性試験を行った。

微量充填

- ・非通信充填プロトコルのひとつである質量基準充填方式の微量充填試験を行い、データを提供した。

充填プロトコルおよび充填マップの検証試験

- ・日本国内用(70MPa@35°Cを基準量とし、充填圧力上限を70MPaに設定)の充填プロトコルを作成した。また、充填マップ検証のため、充填コネクタの影響を調べた。

日本提案70MPa水素充填ノズルがDISに採用。また、非通信充填プロトコル標準化に係わるデータを取得し、国内水素ステーションにおける充填手順の策定に貢献。



輻射熱による安全弁作動試験 水素放出時の附属品類の温度

附属品の高圧化対応、使用温度範囲拡大に資するデータや新材質PRDに対する試験法案策定に資するデータ取得。また、FCV車両運搬船など安全情報にデータ提供

研究成果 2. その他

a. 模擬70MPa超充填マップ作成

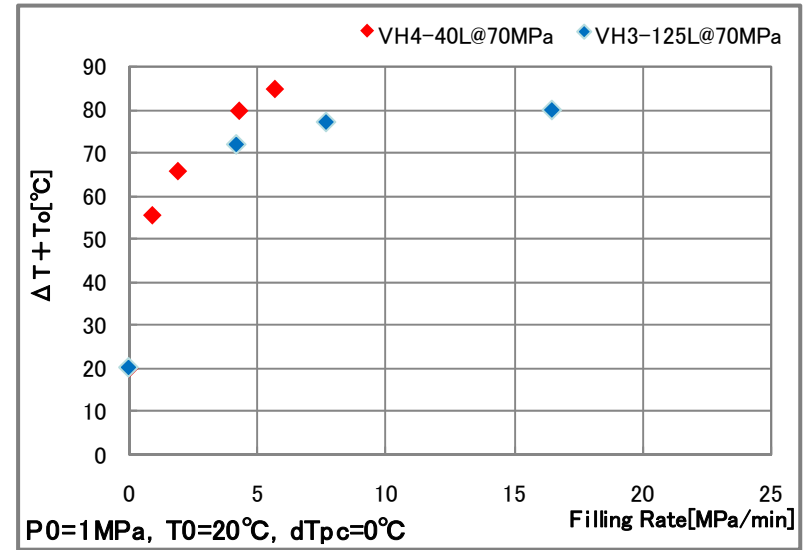
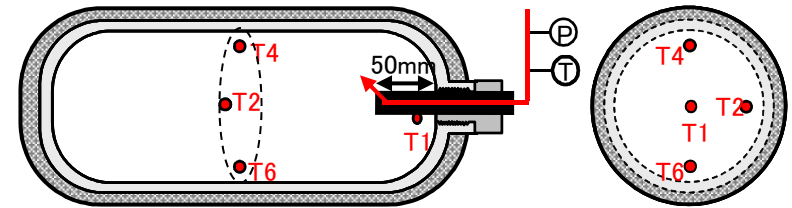
2.2 インターフェイスの標準化 水素ステーションでの充填プロトコル策定

課題:
非通信充填プロトコルにおいては、安全に充填を実施するための充填マップを水素ステーション側に用意する必要がある。まずは**JHFC70MPaステーションで充填可能な「70MPa@85°C」**を将来要望される「87.5MPa@85°C」と仮想した充填マップ作成のため、データの取得が必要となる。

実施事項:
充填速度、環境温度、充填温度、充填開始圧、容器をパラメータにして充填試験を行い、容器圧力、容器内ガス温度を調べる。

➤ 充填マップとは
充填開始時の下記初期条件に応じた【充填速度】【充填圧力】のマップ
■ 車両タンク温度 ■ 車両タンク残圧 ■ dT (充填水素ガス温度-外気温度)
【充填速度】85°Cを超えない充填速度: 温度の上りやすい容器より決定
【充填圧力】過充填にならない充填圧力: 温度の上りにくい容器より決定

試験方法:
充填速度、環境温度、充填温度、充填開始圧、容器をパラメータにして充填試験を実施する。
<試験条件>
・ 充填制御方法 : 一定昇圧充填
・ 噴出ノズル径・角度 : φ3mm・上45°
(予備試験結果による)
・ 試験容器 : VH4-40L, 51L
VH3-125L
・ 充填速度 : 1~23MPa/min
・ 環境温度 : 0, 20, 40°C
・ 充填ガス温度 : dT=0, -30, -60°C
・ 初期圧力 : 1, 10, 20, 30MPa
⇒全73条件を実施



試験結果一例 ~ 充填速度と ΔT の関係~
(初期圧力:1MPa, 環境温度:20°C, プレクール無し(dT=0°C))

各試験容器において、それぞれ異なる温度上昇度 ΔT のデータを取得した
→初期圧力が大きくなると、容器内ガス温度上昇度が小さくなる
→充填ガス温度を下げると(プレクール充填)、容器内ガス温度上昇度が小さくなる ⇒充填プロトコルの策定に向けてデータを提供

スケジュール 3. 水素燃料仕様の国際標準化 ISO/TC197/WG12

ISO/TC197/WG12におけるFCV用水素の品質規格IS化のための議論に必要な基礎データ(以下の実施項目)を取得する。水素安全利用のための水素用付臭剤について調査する。

年度	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
ISO/TC197/WG12 (水素製品仕様)	Hydrogen Fuel – Product Specification Part2:PEM fuel cell applications for road vehicles						
	<p>不純物の影響評価</p> <ul style="list-style-type: none"> 単セル試験法 セル性能への影響評価(長時間, 加速試験条件) 水素循環系での不純物濃縮 MEA仕様(Pt担持量)の影響 混合不純物の影響 運転条件の影響 メカニズム, 被毒低減技術 						
水素関連技術	<p>水素用付臭剤</p>						

WD: Working Draft, DTS: Draft Technical Specification, TS: Technical Specification, CD: Committee Draft

DIS: Draft International Standard, FDIS: Final Draft International Standard, IS: International Standard

研究成果 3. 水素燃料仕様の国際標準化 ISO/TC197/WG12

水素中不純物の影響評価TS～IS化の取り組み

FCV用水素規格 (ISO/TS 14687-2), 2008年3月発行

Characteristics	Type I Grade D
Hydrogen fuel index (minimum mole fraction)	99.99%
Maximum mole fraction of impurities [$\mu\text{mol}/\text{mol}$]	
Total gases	100
Water (H_2O)	5
Total hydrocarbons (C1 basis)	2
Oxygen (O_2)	5
Helium(He), Nitrogen(N_2), Argon(Ar)	100
Carbon dioxide (CO_2)	2
Carbon monoxide (CO)	0.2
Total sulfur compounds	0.004
Formaldehyde (HCHO)	0.01
Formic acid (HCOOH)	0.2
Ammonia (NH_3)	0.1
Total halogenated compounds	0.05
Maximum particles size	10 μm
Maximum particles concentration	1 $\mu\text{g}/\text{L}$ at 20 $^\circ\text{C}$ and 101,325kPa

FCV用水素規格 (ISO/DIS 14687-2), 2010年10月発行予定

CO (0.2 \Rightarrow 0.1ppm), H_2S (4ppb \Rightarrow 1ppb),
 NH_3 (0.1 \Rightarrow 0.1ppm)

TS化のためのデータ取得

- ▼ 水素中不純物がセル発電性能へ及ぼす影響を評価 (10時間連続発電試験を実施.)
 電圧低下率 $\geq 2\%$ \Rightarrow 不純物の影響あり
- ▼ 影響評価の結果
 - ・被毒対策技術の有無
 (ない場合は, 水素循環系での濃縮を考慮して
 不純物の影響がない濃度の1/500倍)
 - ・検出器の検出下限値**DTS (Draft Technical Specification: TS原案)を作成**
 (日本が議長国となり規格化を主導)
- ▼ 水素中不純物の循環系での濃縮挙動を調査
 結果から許容濃度を見直し

平成20年3月発行のISO/TS14687-2 に反映させた

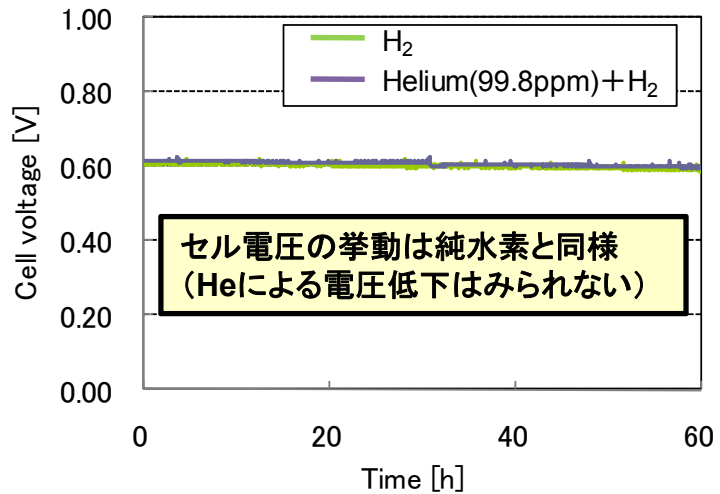
IS化のためのデータ取得

- ▼ FCVの普及を想定した、水素規格IS化のための調査
 - 水素純度と製造コストのトレードオフ分析
 - 不純物の分析法、分析精度の共通化および品質管理方法の検討
 - 不純物影響調査(JARI)
- ・長時間の影響調査
 FCV用水素規格が実用を考慮した長時間(5000時間相当)の運転でも妥当であるかを確認する
- ・FC材料の多様性(Pt担持量の影響調査)
 普及時のFCスタックのPt担持量を想定したMEAへの不純物の影響を調査し, FCV用水素規格の妥当性を確認する
- ・混合不純物の影響調査
 複数の不純物がセル発電性能へ及ぼす影響を調査し, 単一の不純物の影響評価結果から策定したFCV用水素規格の妥当性を確認する

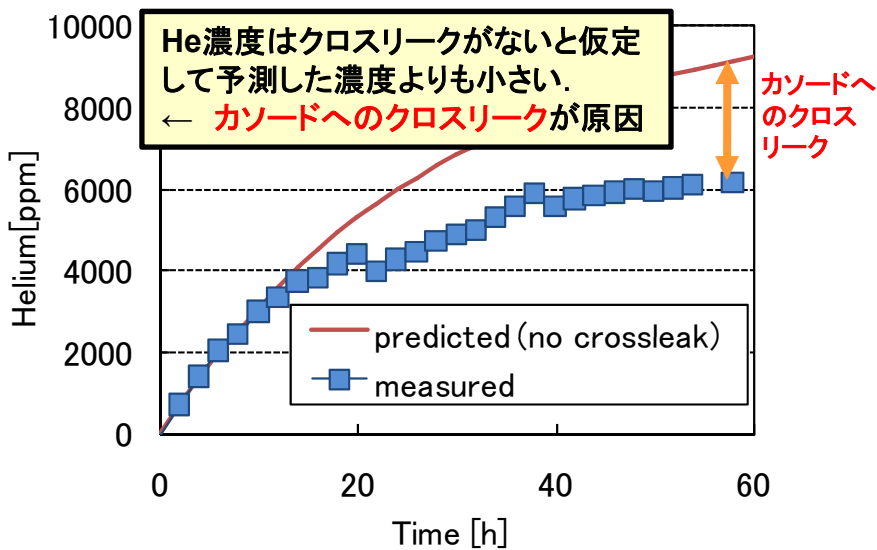
平成22年10月発行予定のDIS一次案に反映させた

研究成果 3. 水素燃料仕様の国際標準化 ISO/TS 14687-2の検証(循環系での濃縮挙動)

● Heの濃縮挙動

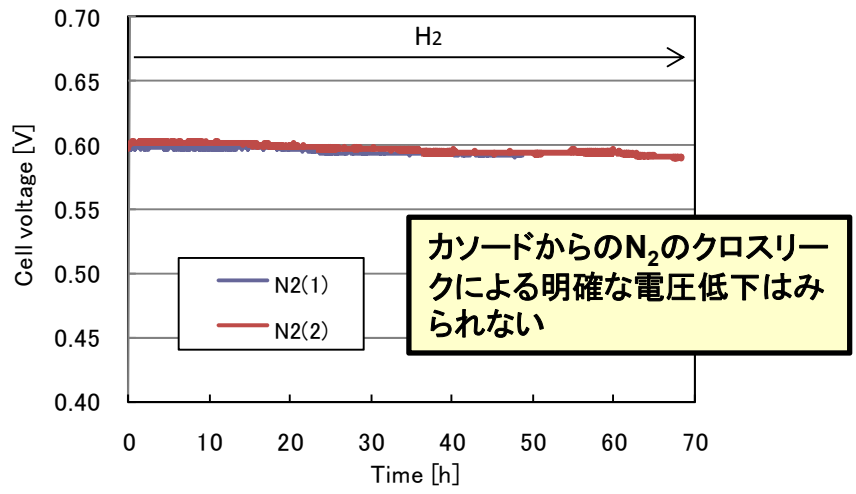


H₂+He(99.8ppm)でのセル電圧

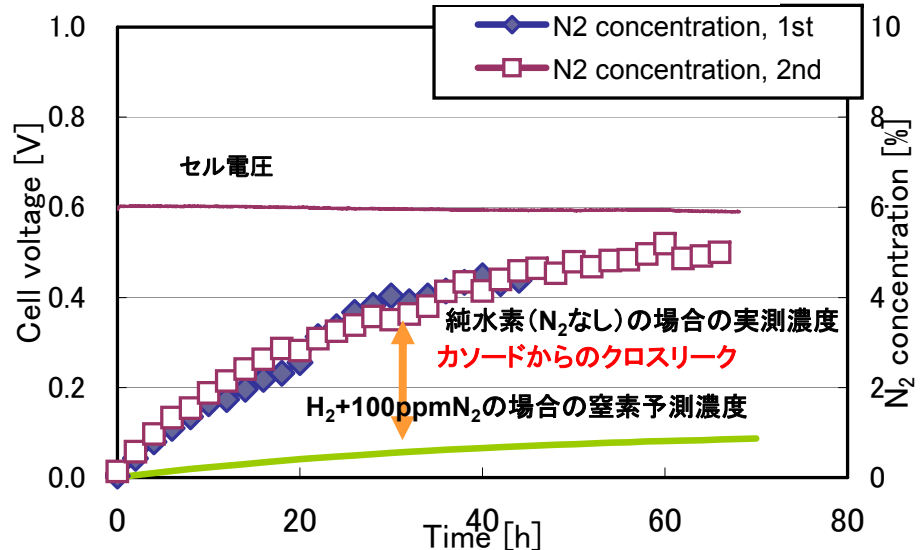


H₂+He(99.8ppm)でのHe濃度変化

● N₂の濃縮挙動



純水素循環系でのセル電圧

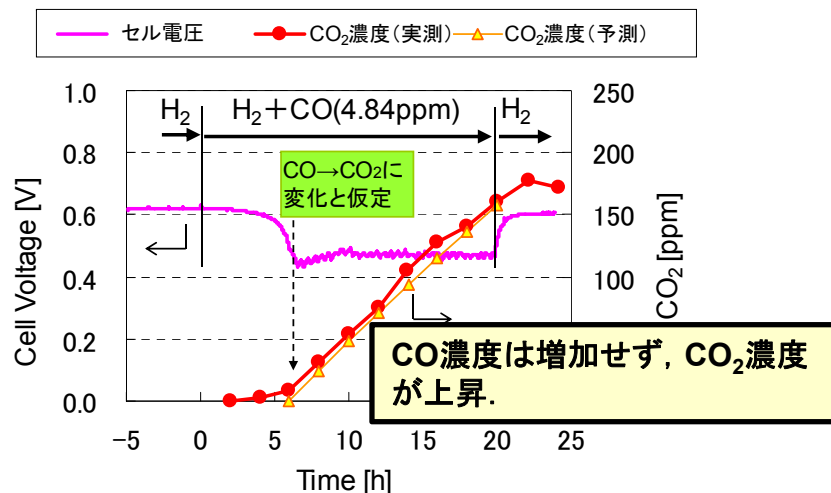


Pure H₂でのN₂濃度変化

不活性ガスの濃縮挙動は膜へのクロスリーク性に依存する

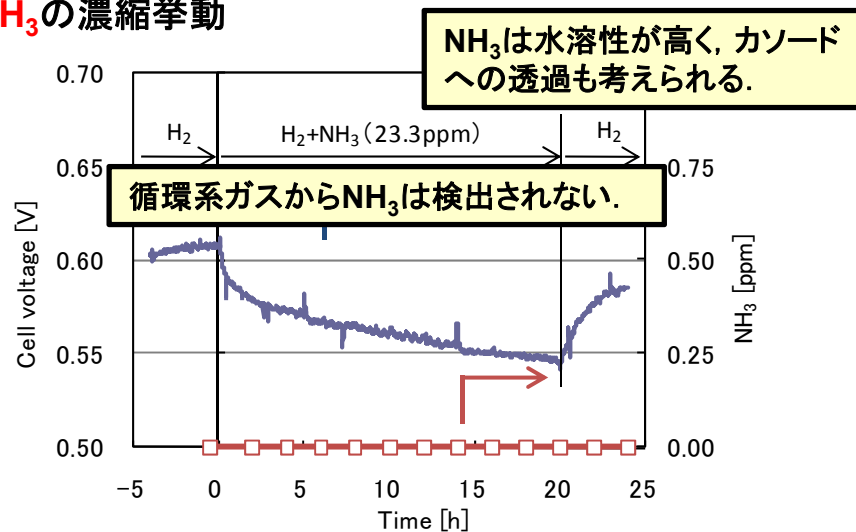
研究成果 3. 水素燃料仕様の国際標準化 ISO/TS 14687-2の検証(循環系での濃縮挙動)

COの濃縮挙動(H18年度成果)



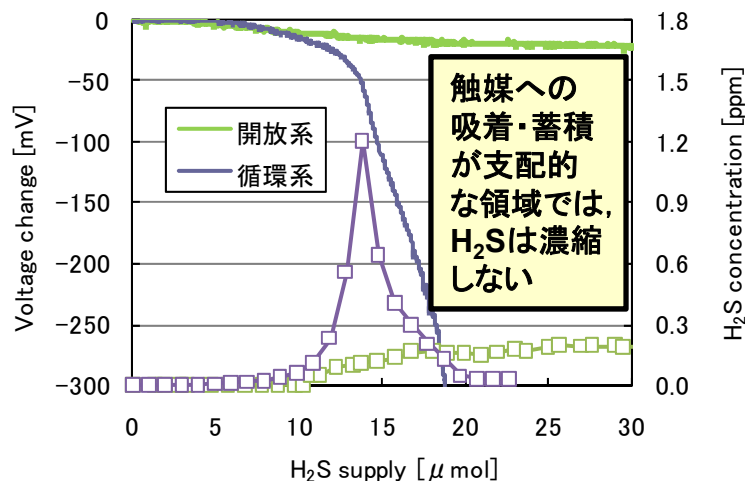
H₂+CO(4.8ppm)でのセル電圧とCO₂濃度

NH₃の濃縮挙動



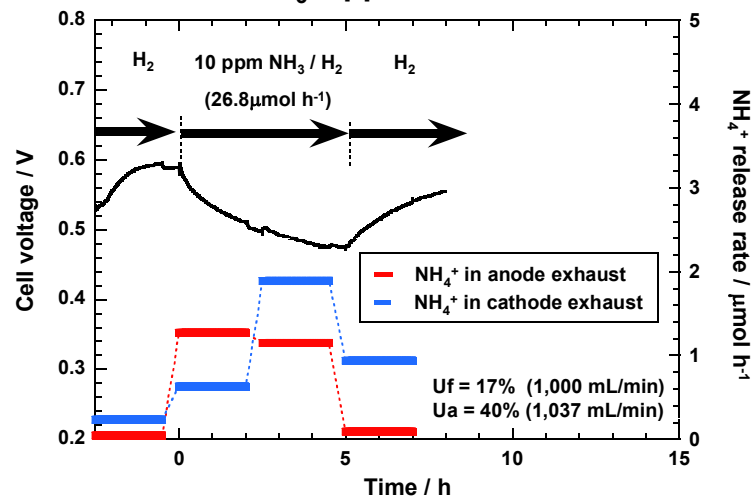
H₂+NH₃(23.3ppm)でのセル電圧とNH₃濃度

H₂Sの濃縮挙動



H₂+H₂S(1.6ppm)でのセル電圧とH₂S濃度

開放系での排水分析(NH₃10ppm添加水素)



H₂+NH₃(10ppm)でのセル電圧とNH₄⁺の放出速度(開放系での結果)

3.不純物の影響評価 ー水素循環系での不純物の濃縮調査ー

代表的な水素中の不純物の循環系での濃縮挙動まとめ

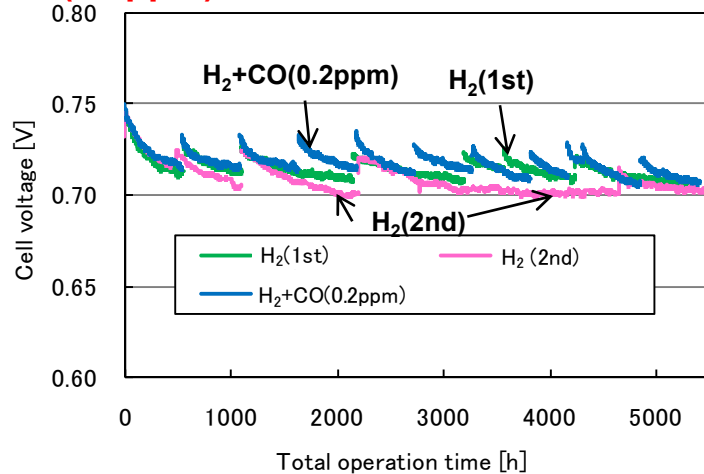
対象物質	試験濃度	濃縮	触媒吸着	物質変化	クロスリーク	水溶性	アノードの水素循環系での濃縮挙動
CH ₄	2 ppm	○	×	×	—	×	カソードへのクロスリークの影響は小さいため、予測濃度に近い濃縮挙動を示す。
He	100 ppm	○	×	×	○	×	カソードへのクロスリークがあるため、予測濃度ほどは濃縮しない。
N ₂	0 ppm (カソードからのリークを測定)	○	×	×	○	×	カソードからのクロスリークの影響は、水素中の100ppmの窒素よりも大きい。
CO	1- 5 ppm	×	○	○	—	×	COのままでは濃縮せず、COが酸化されて生成したCO ₂ が濃縮する。
H ₂ S	1,10ppm	×	○	—	—	○	触媒Ptへ吸着・蓄積が進行する間はガス中では濃縮しないが、吸着・蓄積が進行しなくなった後（性能の低下レベルとしては許容できない）は濃縮する。
NH ₃	5-23.3 ppm	×	—	—	○	○	触媒上での吸着・反応、膜への溶解やクロスリークの可能性がある。カソード側でもNH ₄ ⁺ を検出。

○:あり ×:なし

・物質変化(CO), 吸着(H₂S), 水溶性(NH₃)のある不純物は濃縮せず, 発電に影響しない不活性ガスは濃縮した。さらに, 不活性ガスの濃縮挙動は膜のクロスリーク性に依存することがわかった。
 ・従来はすべての不純物が一律に濃縮すると仮定して議論を進めてきたが, **各純物で濃縮挙動が異なることを明らかにした。⇒ IS/TS14687-2に反映**

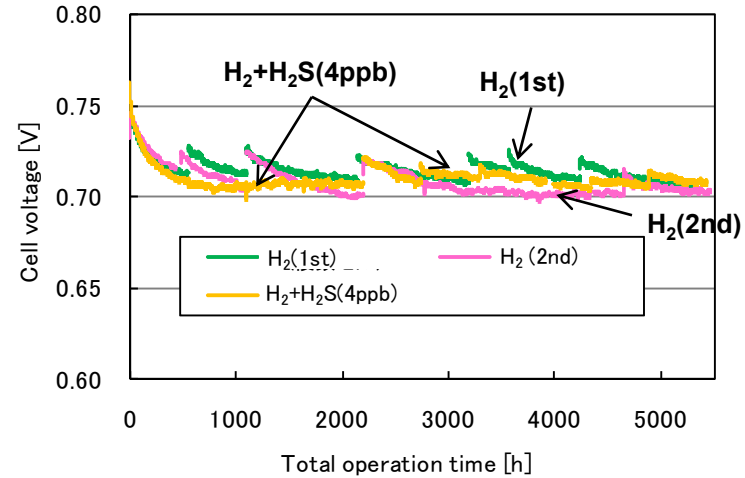
研究成果 3. 水素燃料仕様の国際標準化 ISO/TS 14687-2の検証(長時間試験)

● CO(0.2ppm) ← TS許容濃度



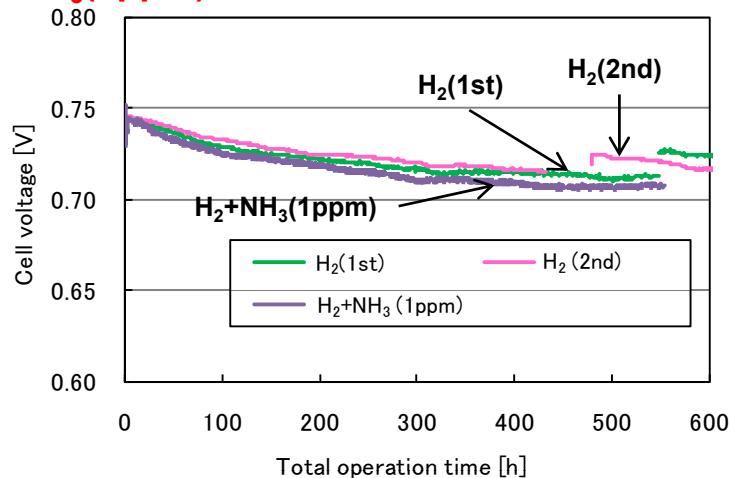
5000時間影響評価 (0.4mgPt/cm², 250mA/cm²)

● H₂S(4ppb) ← TS許容濃度

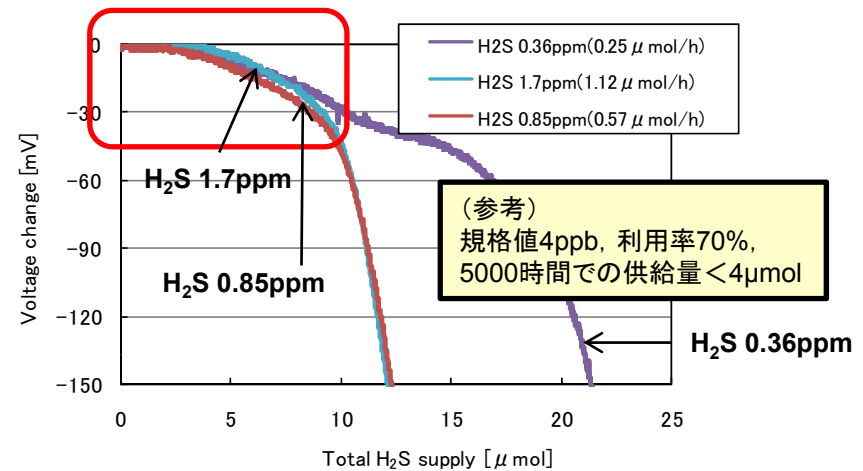


5000時間影響評価 (0.4mgPt/cm², 250mA/cm²)

● NH₃(1ppm) ← TS許容濃度 × 10



500時間影響評価 (0.4mgPt/cm², 250mA/cm²)



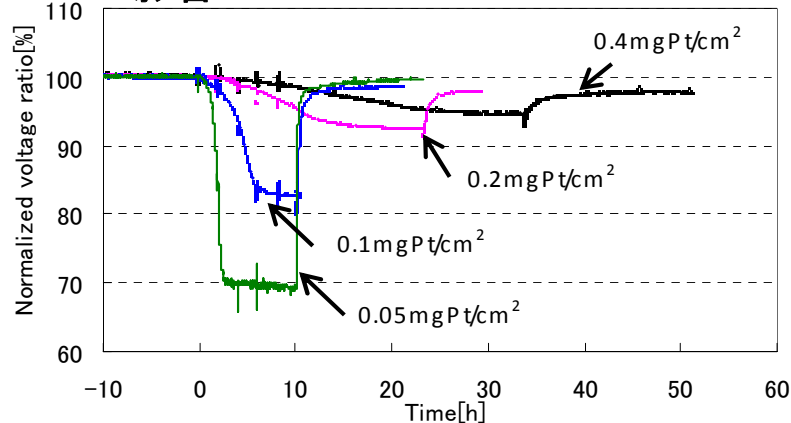
セル電圧変化とH₂S供給量 (0.4mgPt/cm², 1000mA/cm²)

一定供給量(約10μmol)までは電圧低下量はH₂S供給量で整理できる
⇒濃度による加速試験が可能

TSの許容濃度であれば一つの目安である5000時間相当の発電に影響はない(Anode 0.4mg-Pt/cm²)

研究成果 3. 水素燃料仕様の国際標準化 IS化のためのデータ取得(Pt量低減の影響)

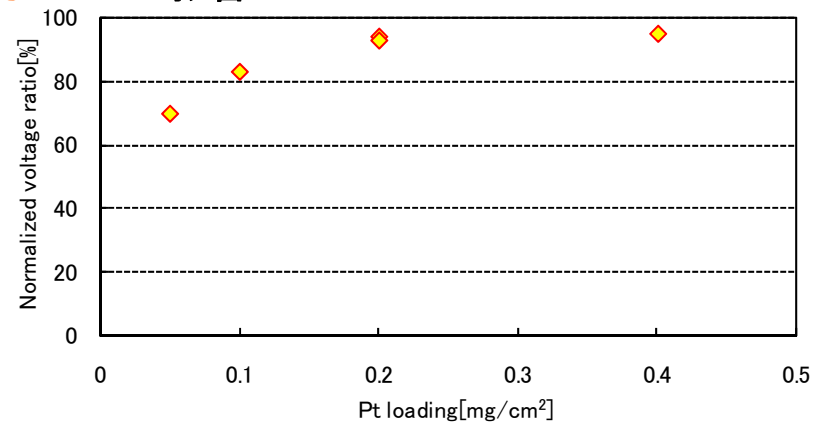
COの影響



アノードPt担持量とセル電圧維持率(CO 1ppm添加水素)

Pt担持量を低減するとCOによる電圧低下の速度が大きくなる

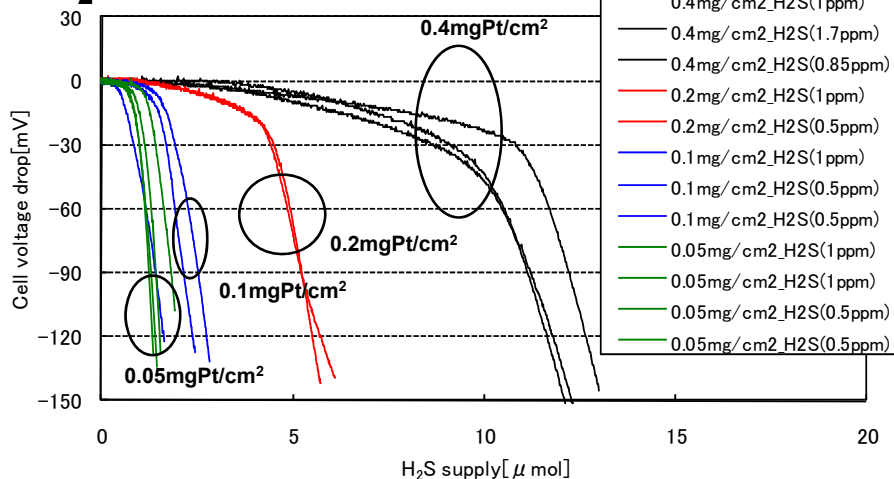
COの影響



アノードPt担持量とセル電圧維持率(CO 1ppm添加水素)

Pt担持量を低減するとCOによる電圧低下量が大きくなる

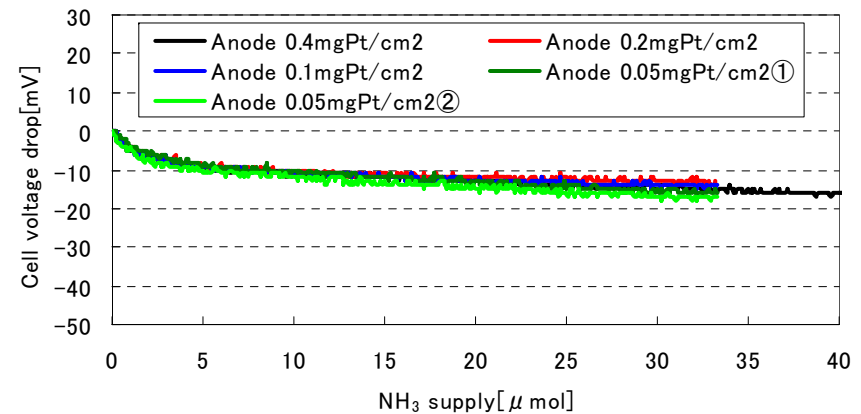
H₂Sの影響



H₂S供給モル数とセル電圧低下量の関係

アノードのPt担持量を低減するとH₂Sによる電圧低下が短時間で現れる。H₂SがPtに吸着・蓄積していく結果、反応有効面積が減少することが原因と考えられる。

NH₃の影響



NH₃供給モル数とセル電圧低下量の関係

電圧低下量はアノードのPt担持量に依存しない。

アノードのPt担持量がさらに低減された場合、不純物による影響が大きくなる可能性がある。

研究成果 3. 水素燃料仕様の国際標準化 IS化のためのデータ取得

水素燃料中の代表的な不純物の影響まとめ

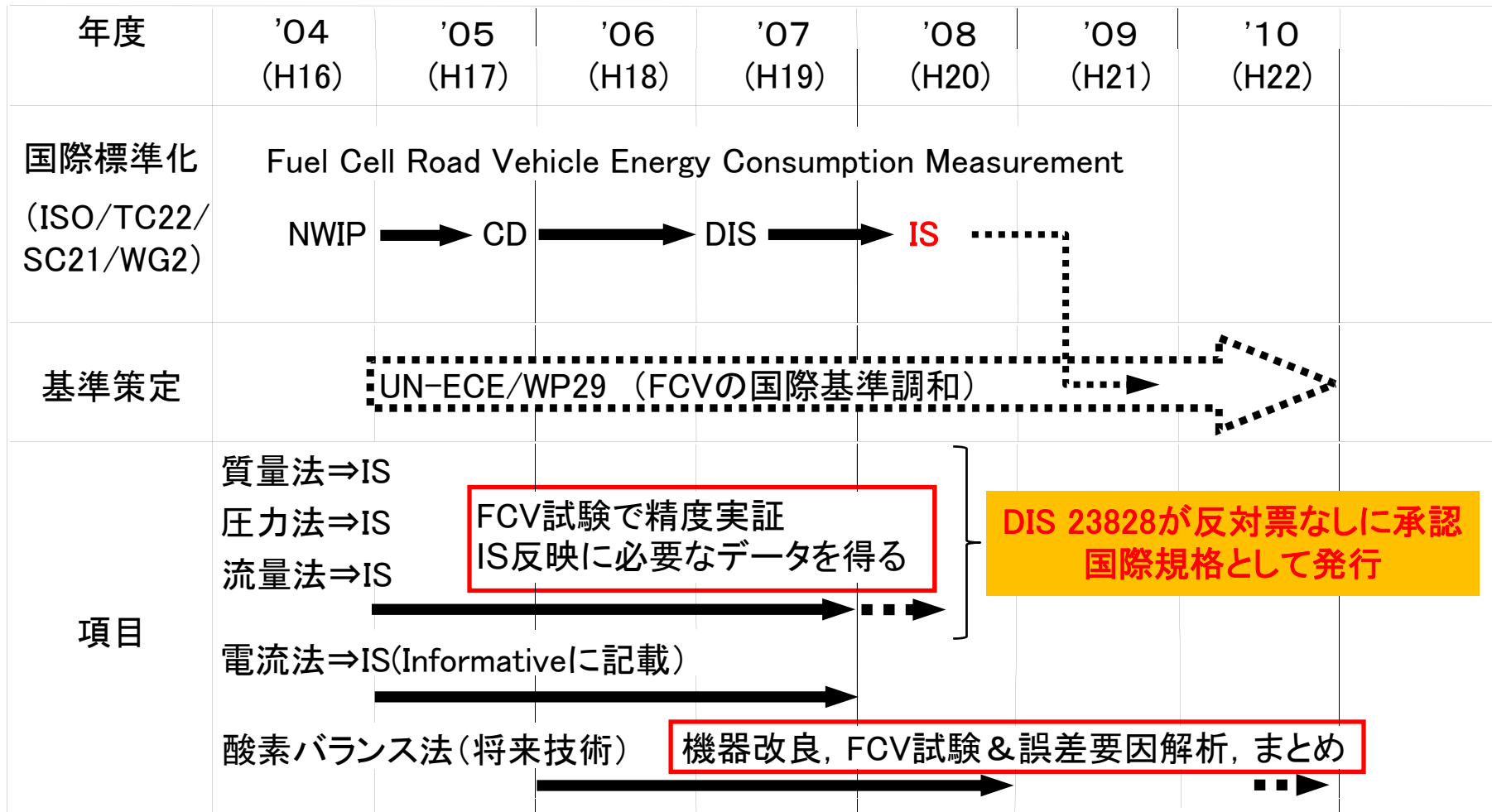
○:あり, ×:なし

不純物	CO	H ₂ S	NH ₃
発電性能への影響	電圧は低下するが比較的短時間で安定する。電圧低下は可逆的である。	電圧は低下し続け、供給量が一定値を超えると低下速度が大きくなる。電圧低下は不可逆である。	電圧は低下し続け、低下速度に大きな変化はない。電圧回復に時間を要する。
推定されるメカニズム	短時間で触媒Ptへの吸着が飽和する。純水素や運転パターンによる電位変動によって脱離する。	触媒Ptへの吸着・蓄積が進行する。純水素や運転パターンによる電位変動によって一部脱離する。	溶解、物質変化してカソードにも影響する。
濃度依存性	○	○	○
試験時間(供給量)依存性	×	○	○
循環燃料中での濃縮の有無	× (CO ₂ が濃縮)	×注 (触媒Ptに蓄積)	× (水溶性あり)
アノード担持量の影響	○	○	×
電圧低下への混合の影響	TSあるいはDIS一次案レベルの許容濃度では単独での低下量の和になる		
許容濃度の設定について	MEAのアノードPt担持量(触媒表面積)の影響を考慮する必要がある	MEAのアノードPt担持量(触媒表面積)とFCVの総走行距離・燃費を考慮する必要がある	FCVの総走行距離・燃費を考慮する必要がある
その他必要な検討	温度・湿度などの影響など	温度・湿度などの影響など	温度・湿度などの影響 カソードPt担持量の影響など

注)許容できる性能低下レベルまでの供給量における濃縮の有無を示した
事業原簿 III 2.1(1)-86

スケジュール 4 . 燃料電池自動車性能試験法の検討

ISO/TC22/SC21(電気自動車)/WG2(燃費試験法)におけるFCV燃費試験法IS化の議論に必要なデータを取得する。また、車両の改造を必要としない燃費計測手法について調査検討する。





NWIP: New Work Item Proposal, CD: Committee Draft, DIS: Draft International Standard, IS: International Standard

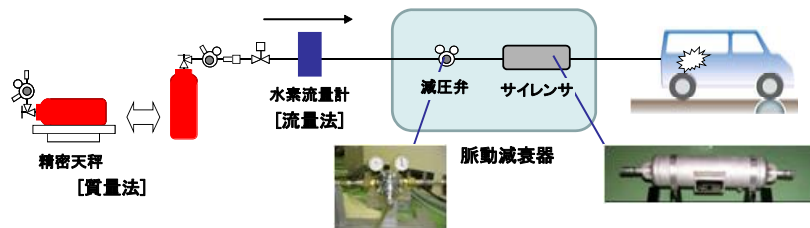
研究成果 4. 燃料電池自動車の燃費計測手法 流量法の開発

高精度・高応答の水素流量計とともに脈動対策を講じた測定系を開発し、燃料電池自動車の燃費試験において目標精度を達成できることを実証した。DIS投票前のISO会議にてこれらの結果を報告し、流量法が「規定」文書として記載されることとなった。国際規格ISO23828は日本案を十分に反映して2008年5月に発行され、目標を達成できた。

水素流量計の高精度・高応答化(平成17年度)

流量計	熱式	超音波式	差圧式
流量範囲	0-2000 NL/min	0-900 NL/min	0-1500 NL/min
精度	±1 %RD (8-2000 NL/min)	±1 %RD (13-900 NL/min)	±1 %RD (10-1500 NL/min)
サンプル周期	5 ms	20 ms	20 ms
圧力損失	≤50 kPa (@2000 NL/min)	≤25 kPa (@900 NL/min)	≤20 kPa (@1500 NL/min)
圧力範囲	0-1 MPaG (耐圧 1.5 MPaG)	0-1 MPaG (耐圧 1.5 MPaG)	0.5-1 MPaG (耐圧 1.5 MPaG)
外観			
備考	流量に応じて、流速センサーを3個搭載 #1: 0-20 NL/min #2: 20-200 NL/min #3: 200-2000 NL/min	伝搬時間差法 伝搬時間を確保するため、小口径測定管を使用(内径5.7mm, 全長462mm)	流量に応じて、圧力センサーを2個搭載 #1: 0-100 NL/min(1kPa FS) #2: 100-1500 NL/min(20kPa FS)

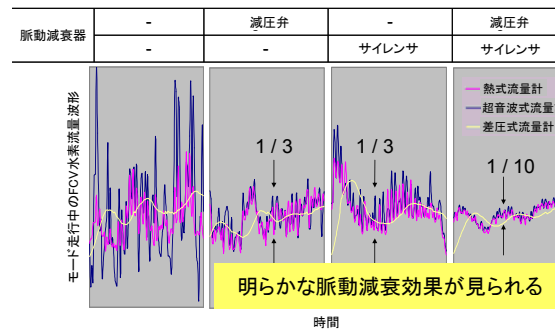
[FS: フルスケール, RD: 読み値]



高精度、高応答の水素流量計開発とともに、脈動対策を講じた測定系を構築

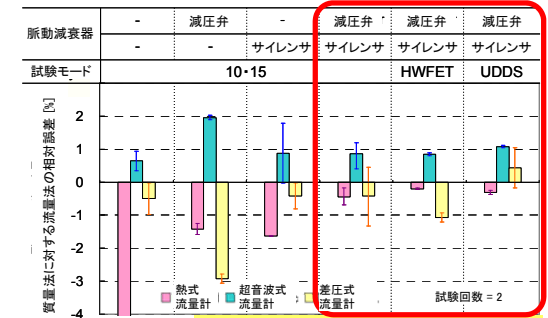
FCV水素流量脈動に対応した測定系(平成18~19年度)

事業原簿 III 2.1(1)-94~97

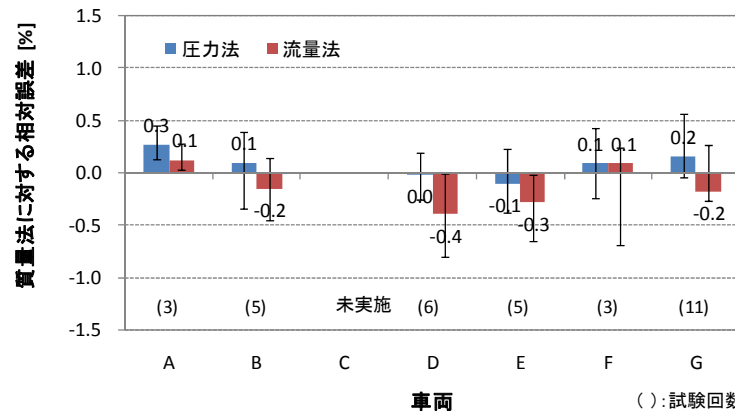


脈動減衰器の有無がFCV水素流量計測波形に及ぼす影響

脈動減衰器が流量波形や燃費計測値に及ぼす影響(平成18年度)



脈動減衰器の有無が燃費計測値に及ぼす影響



- ▶ 全ての車両において、流量法の誤差±1%以下。
- ▶ 圧力法と同様に安定して計測できることを実証。
- ▶ DISの裏付けとなるデータを取得。
平成20年5月にISO23828発行。

FCV燃費試験での流量法、圧力法の誤差(質量法基準, 平成19年度)

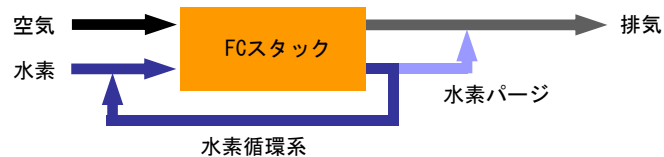
流量法: 熱式流量計, 脈動減衰器として減圧弁とサイレンサを併用

研究成果 4. 車両改造不要な燃費計測手法の開発

排出ガスから燃費を算出する新しい手法として酸素バランス法を考案・検討した。燃料電池システムや燃料電池自動車の試験から精度や再現性の点でまだ課題があること、ただし計測方法や演算手法の改良により精度を向上できることを明らかにし、その可能性を示した。

● 酸素バランス法の原理

吸排気の酸素量変化から、FCスタックにて反応した水素量を算出。パーセント水素は排気の水素濃度と流量から求める。



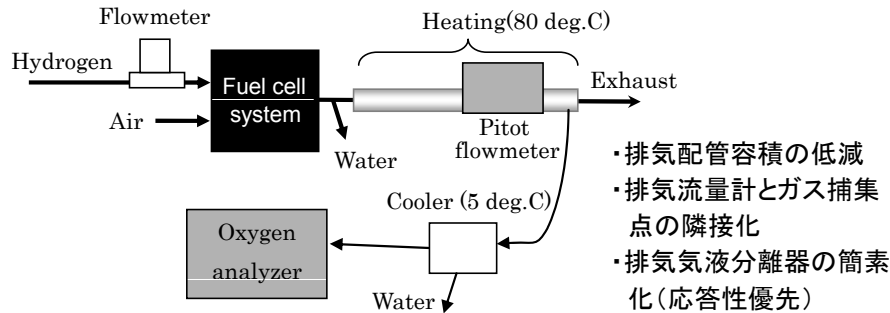
燃料電池スタック吸排気における酸素量のモルバランス

$$ML_{O_2_FC} [mol / test] = ML_{O_2_in} - ML_{O_2_out}$$

燃料電池スタックにおける水素消費モル量

$$ML_{H_2_FC} = 2 \cdot ML_{O_2_FC}$$

● 計測方法の改良



● 酸素分析応答の補正

排出ガスの伝達特性をむだ時間+一次遅れとして酸素分析応答補正

$$Q_{O_2}(t) = Q(t) \cdot C_{O_2}(t + \tau(t))$$

$Q_{O_2}(t)$: 時間tのFCシステム出口の酸素排出量

$Q(t)$: 時間tの排出ガス流量

$C_{O_2}(t)$: 時間tの流量計位置の酸素濃度

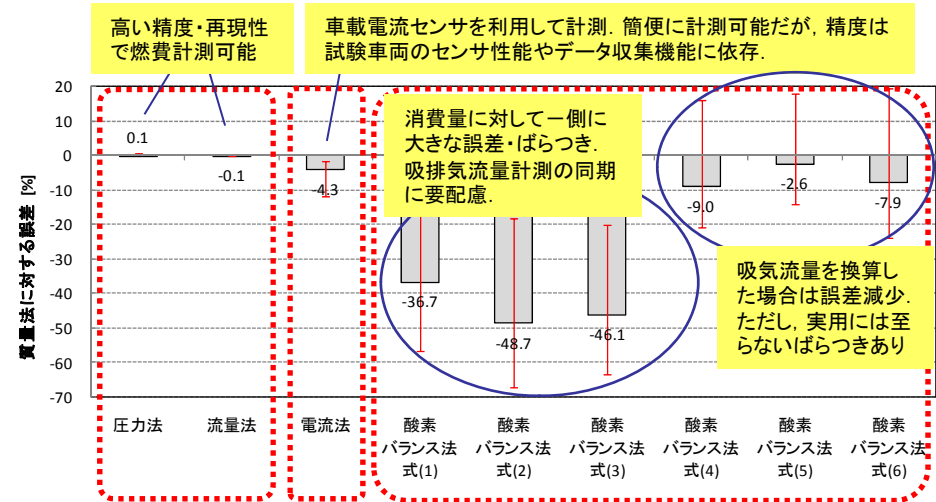
$\tau(t)$: 時間tにFCシステムから排出されたガスが流量計位置へ到達するまでに必要な時間

V : FCシステム出口から流量計までの配管容積

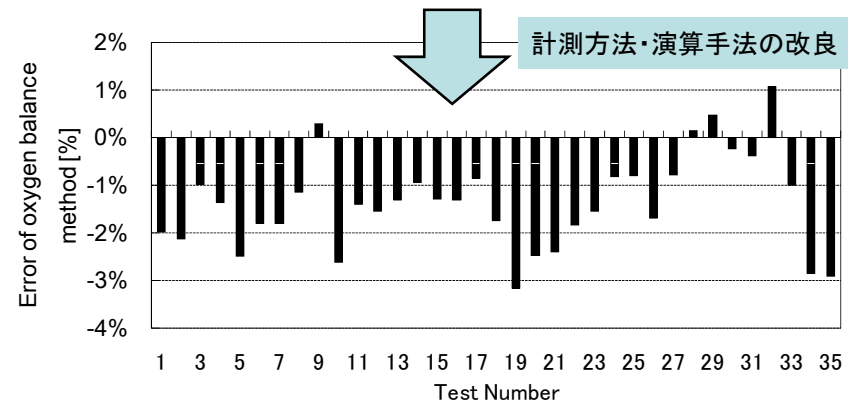
$$V = \sum_{i=t}^{t+\tau(t)} Q(i) \cdot dt$$

事業原簿 III 2.1(1)-97~100

● FCV燃費試験による精度確認, 課題抽出



FCV燃費試験(10・15モード, JC08モード)における各計測手法の誤差 (質量法基準, 試験車両4台の平均・最大・最小)



誤差は-3~+1%の範囲となり大幅に改善した.

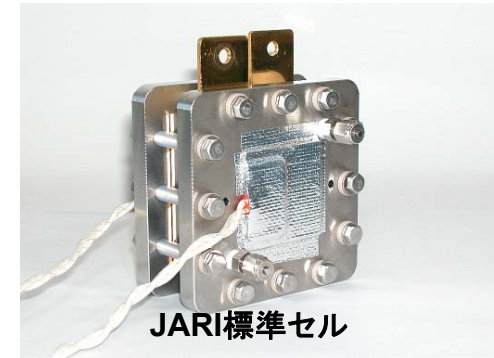
酸素バランス法の流量法に対する誤差(JC08モード) 30/48

研究成果 5 . MEA耐久評価試験方法

MEA耐久評価試験の概要

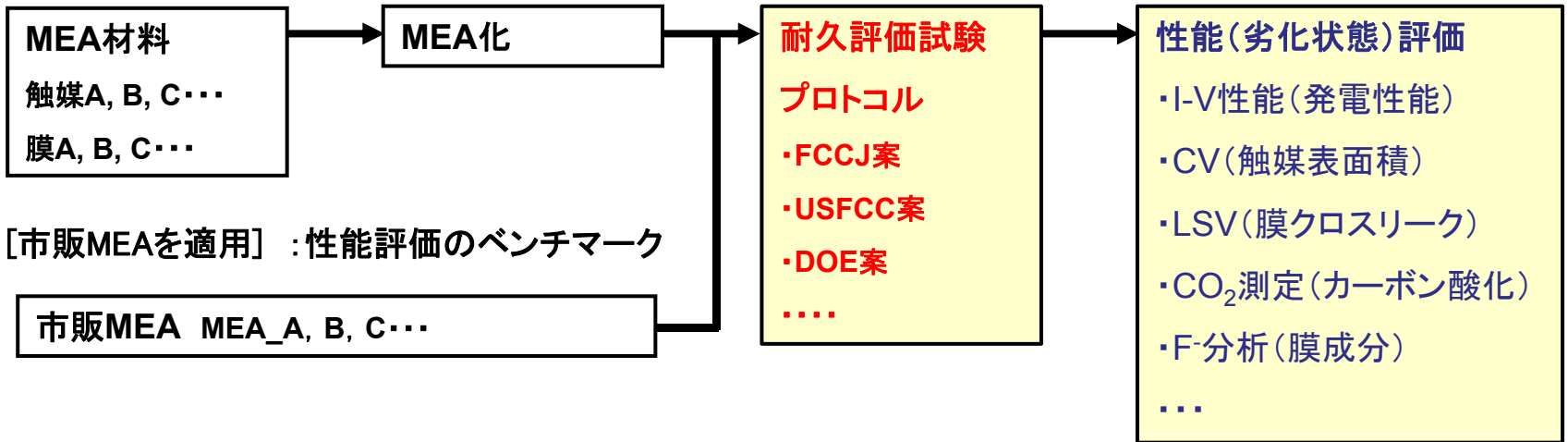
新規材料の効率的な開発に必要なとの認識で提案されているMEA耐久評価プロトコルについて調査し、評価試験方法の協調のためのデータを取得する。

- MEA耐久評価プロトコル(FCCJ, USFCC, DOE)で設定している評価方法
- ・電解質膜耐久性(Membrane durability) : **OCV試験**
 - ・担体耐久性(Carbon corrosion) : **起動停止試験**
 - ・Pt安定性(Catalyst stability) : **負荷変動試験**



MEAの性能や耐久性はセルや途中診断条件によっても変化する。セル, 途中診断条件は揃えてプロトコルを比較した。

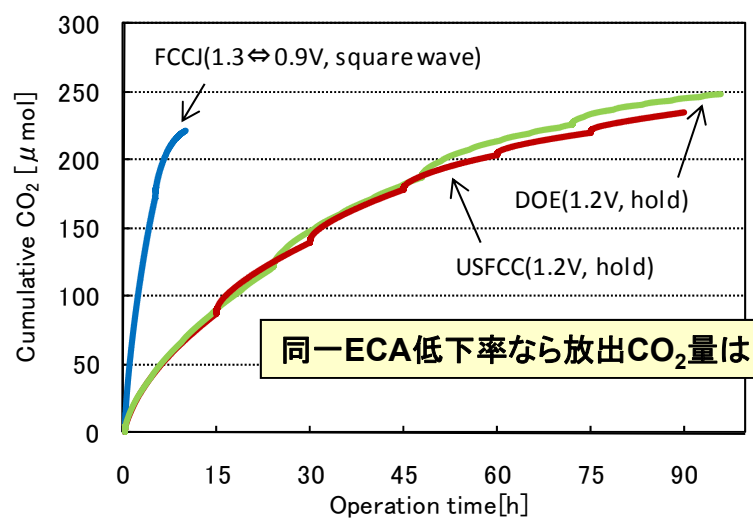
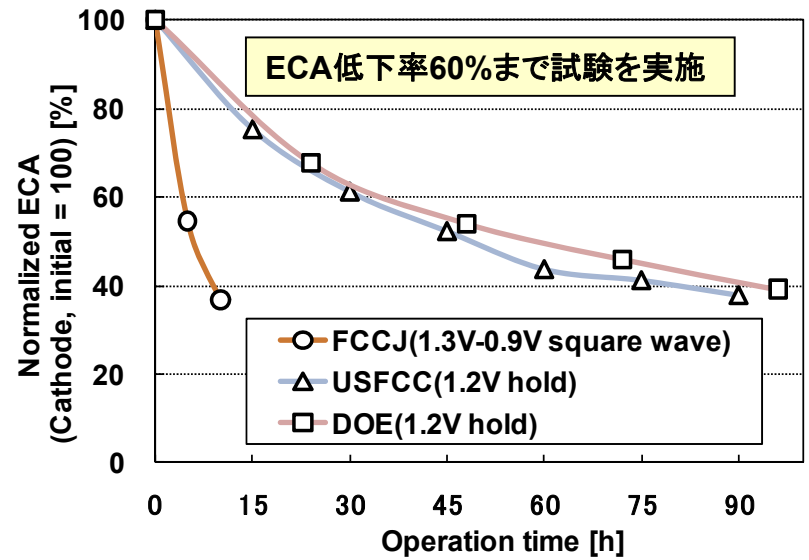
[JARIでMEAを作製] : 任意の材料を選択



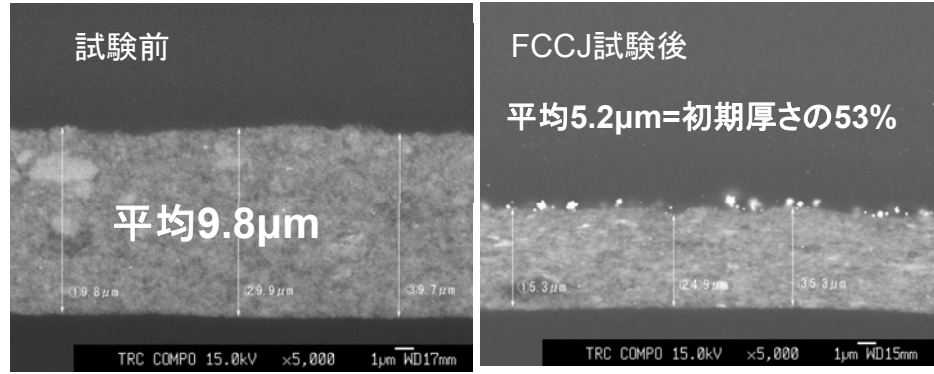
- ・各プロトコルにおける性能低下を途中診断で調査する。
- ・各プロトコルにおける試験条件の違いによるMEAの発電性能の低下, 材料の劣化状態の差を調査する。

研究成果 5. MEA耐久評価試験方法

担体カーボンの耐久性評価(起動停止)試験

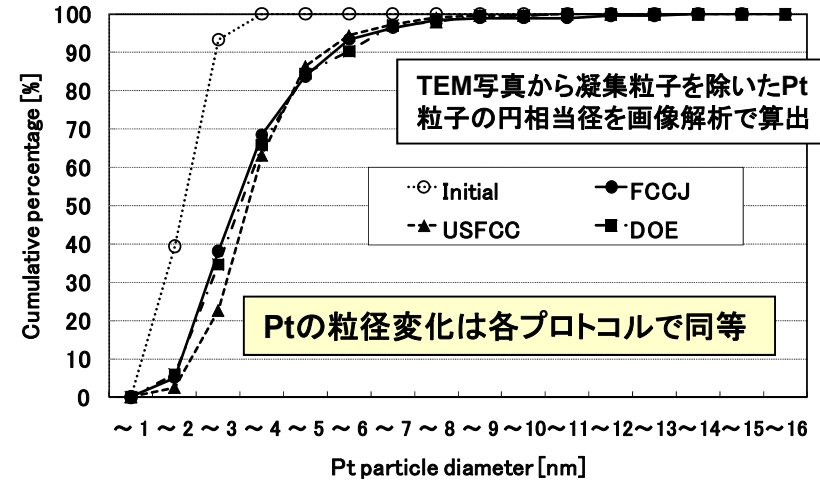


同一ECA低下率なら放出CO₂量は同等



起動停止試験前後のカソードSEM像

カソード触媒層中の担体カーボンの酸化重量割合
 FCCJプロトコル(600cycle, 10h) = 29 wt%
 USFCCプロトコル(6cycle, 90h) = 31wt%
 DOEプロトコル(4cycle, 96h) = 32wt%

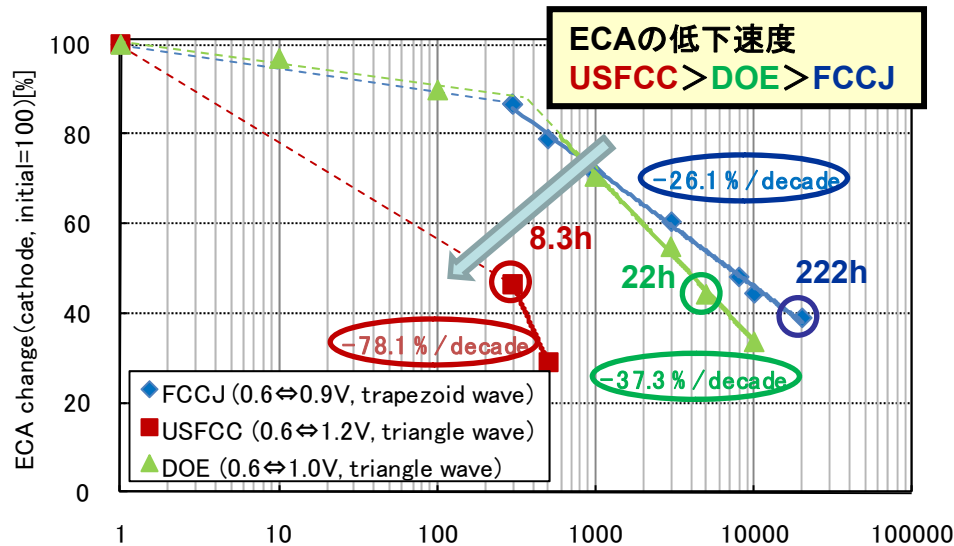


Ptの粒径変化は各プロトコルで同等

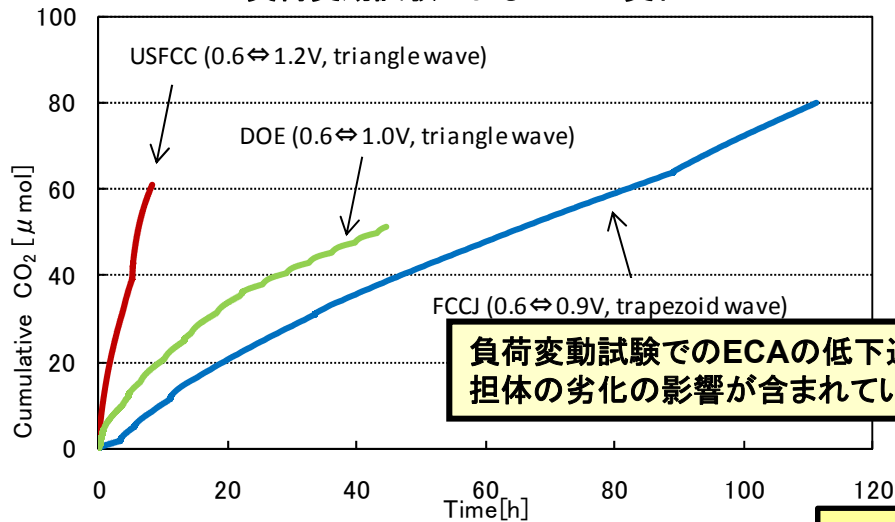
✓FCCJのプロトコルが最も短時間で担体カーボンの腐食を評価できる可能性がある。
 ✓触媒担体がカーボンであれば、CO₂量を測定することで担体の劣化をある程度把握できる。

研究成果 5. MEA耐久評価試験方法

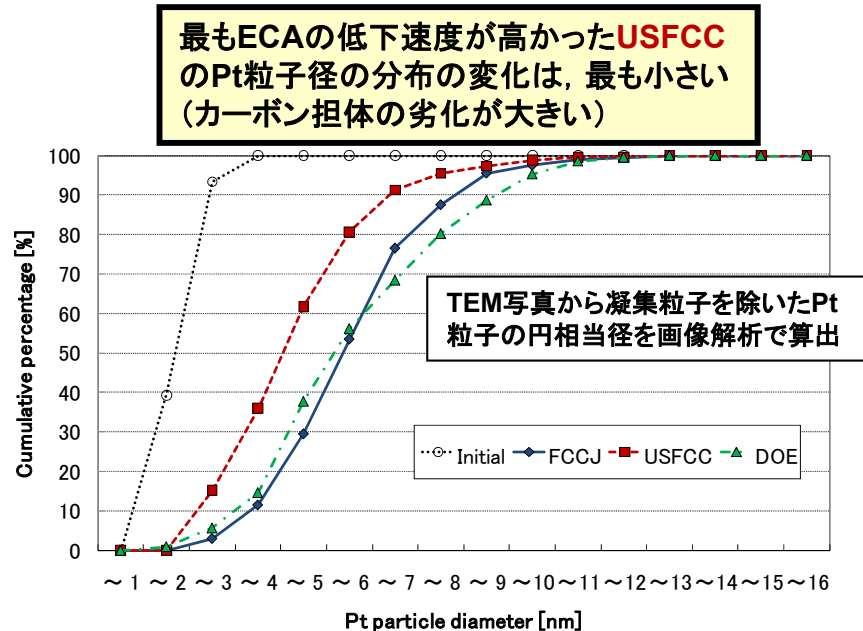
触媒Ptの耐久性評価(負荷変動)試験



負荷変動試験によるECAの変化



負荷変動試験中のCO₂の発生量



負荷変動試験によるPt粒子径の変化

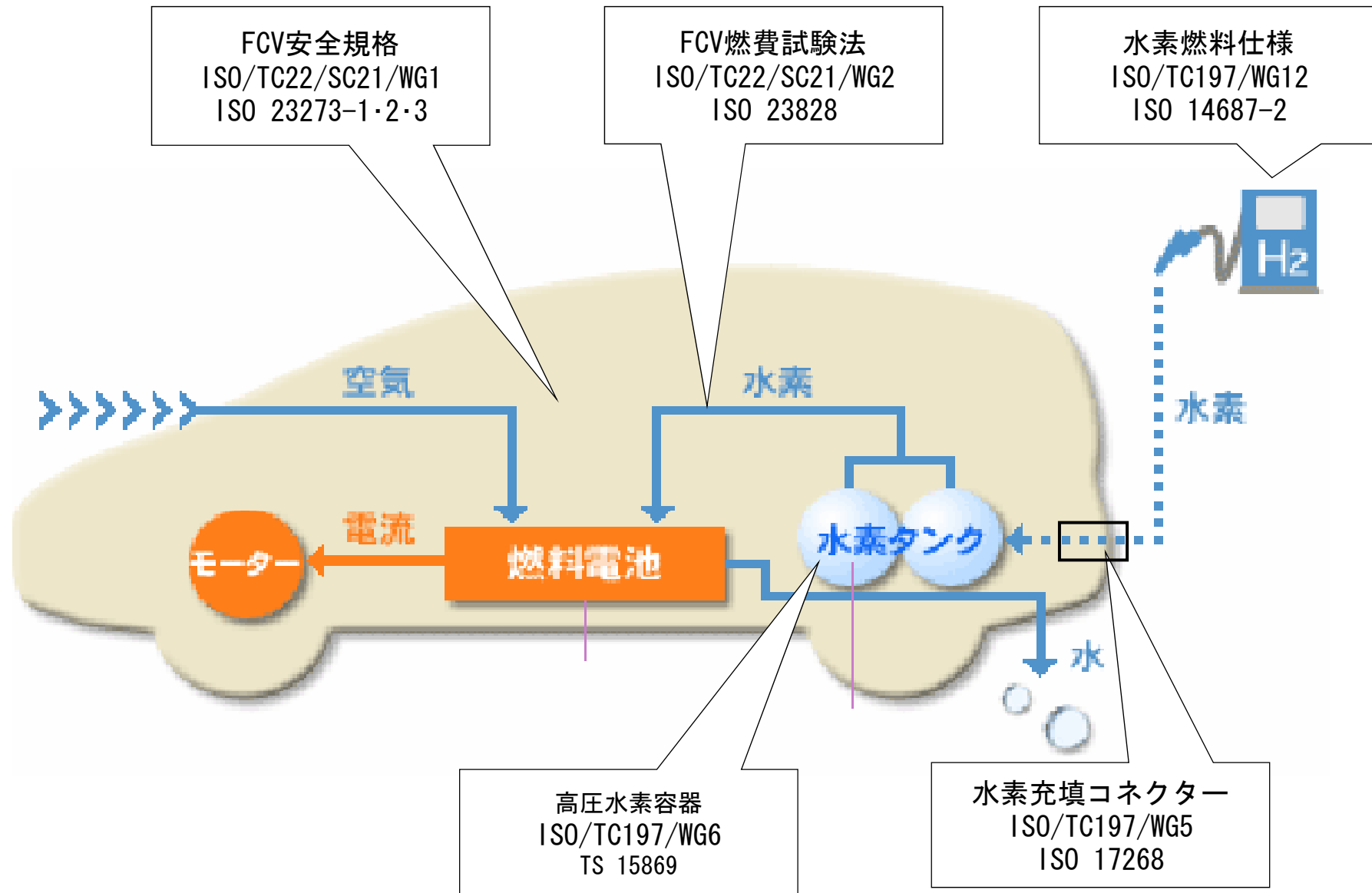
✓カーボン担体の耐食性が高い触媒では、DOEプロトコルの方がPtの劣化が加速される結果、試験時間を短縮できる可能性がある。
 ✓触媒Ptのみの劣化はカーボン担体の劣化の影響が小さい条件で評価する必要がある。

負荷変動試験でのECAの低下速度にも、カーボン担体の劣化の影響が含まれている可能性がある。

MEA耐久評価プロトコルの協調のためのデータを整えた

研究成果 6. 基準・標準化活動

FCVに係る標準化項目



研究成果 6. 基準・標準化活動

ミレニアム事業のFCVに係る標準化項目の想定

NEDOミレニアムプロジェクト(2000～2004年度)開始当初にFCVの標準化項目を洗い出し、下記について実施することとした。

- ISO/TC22/SC21(電気自動車)関連
 - FCV安全規格(3部作):WG1
 - FCV走行性能(最高速試験法):WG2
 - FCV燃費測定法:WG2

- ISO/TC197(水素技術関連)
 - 水素燃料仕様

ミレニアム後半より国際標準化審議への実質参加

- 車載用高圧水素容器
- 水素コネクタ

研究成果 6. 基準・標準化活動

水素社会構築共通基盤整備事業 FCVに係る標準化項目の経過及び今後の課題 1

- ISO/TC22/SC21(電気自動車)関連
 - FCV安全規格(3部作):WG1
 - ISO23273-1, -2, -3: 2006年3月、5月、11月発行
ISO6469改定後の処理
 - ISO6469-1, -2, -3(EV安全)改定(2006年11月より審議)
Part 1, 2は審議終了・発行待ち審議中
Part 3(感電保護)、DIS投票終了
その後の更新時の改定フォロー
 - FCV走行性能(最高速試験法):WG2
 - ISO/TR11954: 2008年10月発行
 - FCV燃費測定法: WG2
 - ISO23828: 2008年5月発行
車両改造不要の燃費測定法の開発の必要性検討
(2015年以降の取り組み)

研究成果 6. 基準・標準化活動

水素社会構築共通基盤整備事業 FCVに係る標準化項目の経過及び今後の課題 2

● ISO/TC197(水素技術関連)

－ 水素燃料仕様(WG12)

- ISO/TS14687-2: 2008年3月発行

中間規模市場対応IS化への取り組み→2012年4月発行目処。
その後の成熟市場用規格の策定。(2015年目標)

－ 車載用高圧水素容器(WG6)

- ISO/TS15869: 2009年2月発行

DISの3回に亘る否決によりTC事務局はTS化を選択。
gtrの制定、SAE/TIR J2579の改定に合わせIS化を目指す。
(2012年以降の審議)

－ 水素コネクタ(WG5)

- ISO17268(35 MPa対応): 2006年6月発行(SAE J2600のコピー)

70 MPa対応規格を包含した改訂規格策定作業に着手。
日本提案ノズルシール型構造がDISに採用され、投票中。
(今後、欧米OEMと要調整) (2011年発行目処)

研究成果 6. 基準・標準化活動

自動車用燃料電池における国際標準化進捗状況

- NEDO「水素社会」プロジェクトでの試験データをベースとして、ISOの審議において日本がリードして国際標準化を実施。
- 当プロジェクトが貢献した発行済み国際規格:IS 7件、TS 2件、TR 1件、その他改定も含めて4件が審議中。

項目		Convener	日本事務局 Expert	進捗状況			
ISO	TC22/SC21 (電気自動車) 議長: Dr. Wunderlich/ Daimler(独)	WG1 (安全)	FCVの安全(IS化) Part1:機能(運転・操作) Part2:水素 Part3:高電圧	Mr. Rothe/ 独	吉原三智子/JARI 木下直樹/ホンダ 藤本佳夫/トヨタ	<ul style="list-style-type: none"> 日本主導で審議、2006年にISO23273 (FCV安全規格:Part 1~3)として発行。 ISO6469 (EV安全)について、2006年11月より、FCV、HEVも含めた総合的な安全規格改定審議を開始。Part 1 (電池) & 2 (機能)は2009年9月に発行。Part 3 (高電圧)はDIS審議中。(2nd DISが2010年9月に承認され、FDISの発行待ち。) 	
			TF:SC21用語 (TR化) リーダー:Mr. Rothe/ 独	吉原三智子/JARI 清水健一/産総研 藤本佳夫/トヨタ	<ul style="list-style-type: none"> 2004年4月にSC21内共通用語とする方針とし、2004年11月にTR化に合意。ISO6469改正の動きに合わせて継続審議中。 		
		WG2(性能)	FCV性能試験法	藤本佳夫/トヨタ	吉原三智子/JARI 藤本佳夫/トヨタ	燃費 (IS化)	2008年5月 JARIの試験成果を盛り込み、質量法、圧力法、流量法を用いた燃費測定法 (ISO23828) が発行された。
			HEV排ガス・燃費試験法 (IS化)		吉原三智子/JARI 藤本佳夫/トヨタ	最高速度 (TR化)	<ul style="list-style-type: none"> 2006年11月つくば会議での審議の結果、最高速度試験法についてTRとしてこれまでの議論をまとめ、2007年10月WGで内容合意した。投票の結果、承認され、TR 11954として2008年10月に発行された。
	TC197(水素技術) 議長: Mr. Dey/(カナダ)	WG5: 水素充填コネクタ (IS化)	Mr. Gambone カナダ/Powertech	福本 紀/JARI 山梨文徳/日産 後藤邦彦/日東工器	2006年6月に迅速法により、SAE J2600をベースとしてIS17268が発行した。引き続き改訂審議に移行し、2009年9月バンクーバー会議において70MPa標準構造として日本提案が選定され、DIS17268に記載された。(2010年6月否決)		
		WG6: 圧縮水素プレントガス容器 (IS化)	Mr. Webster カナダ/Powertech	福本 紀/JARI 山梨文徳/日産	国内では、経年劣化を想定した新基準案策定作業を進めており、2008年8月の投票においてDIS15869.3を否決した結果、TS化に賛成するコメント多数であったことから、2009年2月にTS15869が発行された。		
		WG12: FCV用水素の製品仕様 (TSの後IS化)	高木靖雄/ 東京都市大学	富岡 (Secretary)/JARI、 中田/トヨタ、藤本/トヨタ、 安田/ガス協、小関 /PCDIC、宮下/ENAA、 赤井/JARI	日本が幹事国となり、まずは小規模導入段階用としてTS化を目標に活動。2006年12月締切のDTS投票の結果、承認され、2008年3月TS発行。今後、IS化に向け、各国が協力して試験研究を実施し、2012年を目処にIS化の予定。現在CD回付が終了し、DIS策定の審議を進めている。		

1:提案段階 NWIP(New Work Item Proposal)
2:作成段階 WD(Working Draft)

3:委員会段階 CD(Committee Draft)
4:照会段階 DIS(Draft International Standard)

5:承認段階 FDIS(Final Draft International Standard)
6:国際規格 ISO(International Standard)

研究成果 6. 基準・標準化活動(再委託:エンジニアリング振興協会)

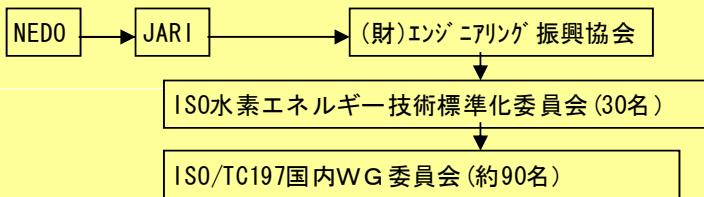
ISO/TC197(水素技術)における国際標準化活動の状況

【成果】国際的拡がりや連環を持つ水素技術の国際標準化に向けて、我が国における水素技術研究開発・実証試験成果を基に我が国のコメント・意見を積極的に反映した。

- 【ISO/TC197水素技術の国際標準化の目標】
- (1) 国際的拡がりや連環を持つ水素技術の国際標準化の推進
 - (2) 安全・環境を配慮した世界共通の水素技術標準化の推進
 - (3) 企業の技術開発・競争力の強化

ISO/TC197の概要【設立】1989年11月
 【目的】エネルギー利用を目的とした水素の製造、貯蔵、測定および利用に関するシステム・装置に関わる標準化を推進する。
 【幹事国・議長】カナダ(Mr.Randy Dey)
 【日本の体制】:審議団体:(財)エンジニアリング振興協会
 【ISO/TC197加盟国】
 ・Pメンバー(21カ国):日、米、英、仏、独、加、韓、露、蘭、アルゼンチン、エジプト、スウェーデン、スイス、ベルギー、ノルウェー、イタリア、スペイン、デンマーク、インド、中国、ブラジル
 ・Oメンバー(11カ国):豪、チェコ、タイ、香港、ハンガリー、ジャマイカ、リビア、トルコ、フィンランド、セルビア

実施体制及び分担等(水素社会構築基盤事業)



WG No.	標準化対象項目	審議状況概要(2010年1月現在)
5	水素供給用コネクタ	●70MPa対応の改訂版DIS17268回布。シール構造がバル側案(日本案)がDIS案に載った。
6	車載用水素容器	●2008年8月3rdDIS投票、再度否決。(日米等8カ国反対) 2009.2月TS15869が発行。引続きIS化作業中。
8	水素製造装置－水電解装置	●Part 1(工業用)ISO22734-1が2008年6月発行。Part 2(家庭用)DIS段階。ISは2011年5月予定。
9	水素製造装置－改質器	●Part 1(安全性)ISO16110-1が2007年3月発行。Part 2(効率・性能)FDIS16110-2が09年11月回付。日本から効率計算式を提案し、採用された。
10	水素吸蔵合金容器	●製品が流通されているため、2008.4月にTS(技術仕様書)化、その後IS化作業を行い、ISO16111が2008.11月発行された。UNの危険物輸送委に引用。
11	水素ステーション	●2008.4月T20100発行。引続きIS化に向けて作業中。CD20100が09.9月にコメント集約。ISは2012年目標
12	FCV用水素燃料仕様(議長:日本)	●2008.3月TS14687-2が発行。引続きIS化へ作業中。2009.9月CD14687-2が回付され、コメント集約。DIS:2010.10月、ISは2012.4月目標。
13	水素検知器(議長:日本)	●05.11月NWIP採択されWG発足。2009.2月DIS26142投票結果、採択。10.2月FDIS回付。IS:2010.5月予定。
—	Ad-Hoc水素部品	●4つ分類され、aa既存規格使用、bb多少の修正要、cc大幅修正要、dd新規の規格必要、NWIP模索中。
14	定置FC用水素仕様(日本新規提案)	●09.11のNWIP投票結果採択され、WG14として発足。定置式FC用の水素仕様のIS化を目指す。
15	蓄圧器(仏提案)	●2010.01のNWIP投票結果、採択され、WG15として発足。WG15国内準備委員会が開催された。

「平成17～平成21年度までの成果」

水素・燃料電池自動車の安全性評価の研究開発および燃料電池性能評価法の研究開発を実施し、燃料電池自動車の基準・標準化を推進した。主な成果は以下のとおり。

安全部門

- **自動車用圧縮水素容器の基準のさらなる合理化**
70MPa自動車用圧縮水素容器基準の策定に資するデータを取得し、Step1策定に貢献。
 - ・ 自動車の使用環境下での容器の温度負荷の状況を調査→容器の温度範囲の検討。
 - ・ 容器寿命評価のために日本が採用する液圧によるサイクル試験の妥当性を検証するためのデータを取得。
 - ・ 水素ステーションでの充填手順の策定に資するデータを取得。
- **車両安全(UN-ECE/WP29 AC3 HFCV gtr)関連**
 - ・ 車両火災試験を実施→安全な水素放出系統の検討、容器の局所火炎暴露試験策定。
 - ・ 水素漏洩引火試験を実施→漏れ許容量の妥当性検証。
- **消火活動等での安全指針に資するデータの取得**
 - ・ 水素火炎の消炎性調査や消火放水時の容器の強度低下状況などを調査。
 - ・ 安全弁作動時の火炎規模や水素の着火状況について調査。

性能部門

- **FCV燃費試験法**
 - ・ **ISO/TC22/SC21/WG2(電気自動車・性能)**: 質量法、圧力法、流量法の各燃費測定法を本事業にて開発。FCV燃費測定法をISOに提案。これらのJARI開発の測定方法を規定したISO23828(FCV燃費試験方法)が発行された。
- **水素燃料仕様の国際標準化**
 - ・ **ISO/TC197/WG12(水素燃料仕様)**:
 - ✓水素燃料中の不純物が燃料電池の発電性能に及ぼす系統的な影響評価結果を許容濃度設定のための議論に提供し、ISO/TS14687-2の発行(平成20年)に貢献、デモ・フリート期におけるFCV保護のために必要な規格を策定した。
 - ✓循環系での濃縮、長時間の影響、加速試験条件、混合不純物の影響、Pt担持量の影響などに関する調査により、中間規模市場に向けた規格に必要な基礎的データを収集し、IS化のための国際会議における審議に提供した。これにより、ISO/DIS14687-2原案の策定に結びつけた。
 - ・ **水素用付臭剤**: JARI、および日本ガス協会で選定した候補化合物が燃料電池の発電性能に及ぼす影響を系統的に調査し、FCV用水素付臭剤として求められる特性とあわせてデータベースを作成した。
- **MEA耐久評価試験方法**
 - ・ 市販材料を用いて使用材料が明らかなMEAをJARIで作製し、FCCJ、USFCC、DOEから提案されているMEAの耐久性評価試験(触媒Ptの耐久性評価試験、担体カーボンの耐久性評価試験、電解質膜の耐久性評価試験)に適用し、性能や材料の劣化を比較した。これにより、評価法の協調・統一化のための基礎データを取得するとともに、MEAの耐久性を評価するための手順や方法に関する基本案を作成した。

「今後の開発課題」

2011年度以降の事業展開の中で実施が望まれる課題(2015年に向けて)→取り組みについては関連業界との合意を形成した上で実施。

安全部門

一般ユーザーへの普及に備えた基盤整備 → 実市場での走行を可能にするための各種課題に対応するデータ提示

➤ 容器

- 自動車用圧縮水素容器基準 Step2の基準合理化に資するデータ取得。
- その他の水素貯蔵システムの安全性評価。
- 水素充填手順の整備に資するデータの取得。
- 70 MPa フル充電への取り組み。

➤ 自動車

- UN-ECE/WP29 AC3 HFCV gtr(Phase2)策定に資するデータ取得。
- 国連輸送規制対応(海上輸送等)に資するデータ取得。
- FCV普及時に想定される課題、(事故や火災時のFCV、その後の高圧水素容器の取り扱い等)に資するデータの取得。
- 車両・部品のリユース方法。廃車方法の検討。

性能部門

一般ユーザーへの普及に備えた基盤整備 → コスト低減に資する、燃料仕様等の改定及びMEA評価法等の確立

➤ FCV燃費試験法の開発・標準化

- ISO/TC22/SC21/WG2(電気自動車・性能): 車両改造不要な燃費測定法の開発とその標準化、国際規格維持・改定。

➤ 水素規格IS化のための調査

- 未調査の不純物成分(粒子、ハロゲン化物等)の影響調査。
 - 材料仕様(触媒・膜の種類)の異なるMEAへの不純物影響の調査。
 - 温度、湿度、圧力などの運転条件が不純物による性能低下に及ぼす影響調査。
 - 不純物による劣化メカニズムの検討、モデル化。
 - 付臭剤脱臭技術など: 実際の燃料電池自動車のパージ動作に伴う脱臭技術など、実用化に対応した技術調査。
- ### ➤ MEA耐久評価試験方法
- 共通化したMEA耐久性評価試験法の確立。
 - 様々な研究機関で開発された材料のMEA化、実セルによる発電評価。
 - MEA化前、評価試験後の劣化解析が実施可能な他のチームとの連携、耐久評価結果の材料開発へのフィードバック。

研究成果 (平成17年度～21年度)

特許等: 2件

特許: 1件 (燃烧試験装置: Hy-SEF)
実用新案: 1件 (燃料電池単セルとその組立用ジグ)

論文等: 189件

論文(査読付き): 33件

投稿先

自動車技術会: 11件、 SAE: 14件、 その他: 8件

口頭発表: 88件

発表先

日本機械学会: 1件、 自動車技術会: 21件、 SAE: 13件、 その他: 53件

その他(自動車技術、自動車研究 など): 68件

受賞: 4件

自動車技術会: 4件

浅原賞、技術開発賞、プレゼンテーション賞

マスコミ・教育活動

新聞掲載: 日刊工業新聞 など

雑誌掲載: 日経ナノビジネス、自動車専門誌 など

学校教育: つくば市内の高校での特別講義 など

実用化の見通し(1)

高圧ガス保安法：自動車用圧縮水素容器等の基準適正化

- 自動車用圧縮水素容器の基準のさらなる合理化
70MPa自動車用圧縮水素容器基準の策定に資するデータを取得し、Step1策定に貢献した。

道路運送車両法：UN-ECE/WP29/AC3 gtr策定

- 車両火災試験を実施→安全な水素放出システムの検討、容器の局所火炎暴露試験策定。
- 水素漏洩引火試験を実施→漏れ許容量の妥当性検証。
- 消火活動等での安全指針に資するデータの取得。

ISO/TC22/SC21(電気自動車)WG2：燃費試験法

本事業で開発した圧力法、質量法、流量法、電流法がDISに採用。2008年にISO 23828としてほぼ原案通り承認・発行され、実用化された。

実用化の見通し(2)

ISO/TC197(水素技術)WG12水素製品仕様

水素品質規格に関しては、FCV用を新たにPart2 (ISO/TS14687-2)TSとして策定、2008年に発行され、導入期のFCVのための仕様書として実用化された。また、2012年までのIS化に向けた各国研究協力を進め、DIS原案が策定された。今後の燃料中の不純物影響評価に資する。

MEA耐久評価試験方法

MEA耐久性評価法の協調・統一化のための基礎データを取得するとともに、MEAの耐久性を評価するための手順や方法に関する基本案を作成した。

本事業の遂行により、必要となるデータ取得が目標どおり得られ、国内外の基準・標準化に資することができ、実用化が可能となった。

成果の概要と自己評価(1)

項目	目標	成果	自己評価
①水素・燃料電池自動車の安全性評価			
a. 自動車用圧縮水素容器および搭載車両の安全性評価	業界ニーズを反映させた自動車用圧縮水素容器の基準合理化項目として、容器の高圧化最小破裂圧力および圧力サイクル数の見直しおよび使用温度範囲の拡大などに資するデータ取得、および国際基準調和のためのデータ取得および安全情報のためのデータを取得する。	70MPa化に伴うVH4容器透過試験の合否閾値や、充填サイクルに関わる容器の不具合事象の把握、および急速充填試験やガスサイクル試験を行い、容器の使用温度範囲に関わる課題の抽出、新基準Step1（容器の70MPa化と耐久性の適正化など）提案の使用環境負荷試験を行い、これらの成果は新基準Step1へ反映された。 国際基準調和の技術根拠に資するため、国内業界が推奨する液圧サイクル試験の妥当性検討のデータ、また、各種条件での車両火災時の容器周囲の温度データを取得した。これらのデータは局所火炎暴露試験方法の温度プロファイルに活用された。 また、安全な消火救助の対応方法として、消炎試験や容器放水試験などを行い、水素燃料自動車の緊急対応指針策定のためのデータを取得し、試験データ集をまとめた。	◎
b. 高密度水素貯蔵技術の安全性評価	高密度水素貯蔵に関わる安全性評価試験策定に向けたデータを取得する。	安全性評価試験策定に向けた液体水素容器のボイルオフなどの断熱性能試験や液体水素漏洩時の挙動に関するデータを取得した。	○
c. インターフェイスの標準化	コネクタおよび通信に関する試験法を基に安全性、耐久性試験を実施し、インターフェイスの試験法案策定に向けたデータを取得する。	充填コネクタの耐久試験を行い、日本提案70MPa水素充填ノズルがDISに採用された。また、非通信充填プロトコル標準化に係わるデータを取得し、国内水素ステーションにおける充填手順の策定に貢献した。	◎
d. 要素部品の安全性評価	要素部品、および部品が複合化されたシステムでの安全確認試験データを取得し、試験法案策定に資する。	ガラス式安全弁の作動影響に関するデータ取得を取得し、新材質PRDに対する試験法案策定に資するデータを取得した。	◎

成果の概要と自己評価(2)

項目	目標	成果	自己評価
②燃料電池性能評価法の標準化			
a.燃料電池新規材料の評価試験方法	MEAの仕様，特にアノードの白金担持量が水素中の不純物による性能低下に及ぼす影響度を把握しIS（国際標準，International Standard）化のための議論に提供する。	アノードの白金担持量を低減した場合の水素中不純物による性能低下が，不純物の種類により異なることを明らかにした。担持量の低減により性能低下が大きくなる成分については，結果をTS(技術仕様書：Technical Specification)の規格値の設定に反映させた。	◎
b.燃料電池耐久性評価試験方法	FCVの水素循環系における水素中不純物の濃縮挙動を把握し，IS化のための議論に提供する。	水素中の不純物の水素循環系での濃縮挙動が不純物の種類により異なることを明らかにした。循環系で濃縮する不純物については，結果をTSの規格値の設定に反映させた。	◎
c. MEA耐久評価法	MEA材料の耐久性評価試験方法として，FCCJ，USFCC，DOEから提案されているプロトコルの協調のためのデータ取得を行う。	材料仕様の明らかなMEAを作製して各プロトコルでMEA材料（触媒，電解質膜）の耐久性を評価し，性能低下挙動と材料劣化状態を比較した。得られたデータは，今後のプロトコルの協調と簡素化のための基礎データとなった。	◎
d.スタック、システム、車両性能評価試験方法	FCV燃費試験法IS化の議論に必要なデータを取得する。また，車両の改造を必要としない計測手法について調査検討する。	質量法や圧力法に加えて，高精度・高応答の水素流量計とともに脈動対策を講じた測定系を開発し，実際の燃費試験で流量法が目標精度を達成できることを実証した。国際規格ISO23828は日本案を十分に反映して2008年5月に発行され，目標を達成できた。	◎
e. 燃料電池自動車用水素燃料仕様	複数の不純物が水素中に存在する場合の発電性能の低下挙動の影響を把握し，IS化のための議論に提供する。	代表的な不純物の複数添加した場合の影響を調査し，各不純物を単独で添加したときの影響の和になることを明らかにし，DIS策定の議論に提供した。	◎
③ 基準・標準化活動			
国内外での基準・標準化	解析・技術部門各WG、及び各国内標準化WGにおいて審議し、国際会議ISO/TC22/SC21(電気自動車)およびISO/TC197(水素技術)への対応を行う。	国内での活発な議論に基づき、当プロジェクトでの試験データをベースとして、ISOの審議において日本がリードして国際標準化を実施。当プロジェクト取得のデータ等が貢献した発行済み国際規格：IS 7件、TS 2件、TR 1件、その他改定も含めて4件が審議中。	◎

自己評価(まとめ)

① 水素・燃料電池自動車の安全性評価:◎

下記に示す水素貯蔵容器や要素部品および水素燃料電池自動車(FCV)の安全性に関し、業界要望を取り入れながら、安全性評価手法の確立に資するデータを取得し、計画通りに進捗した。

- ・自動車用圧縮水素容器および搭載車両の安全性評価
- ・高密度水素貯蔵技術の安全性評価(平成18年度まで実施)
- ・インターフェースの標準化(平成18年度まで実施)
- ・要素部品の安全性評価

② 燃料電池性能評価法の標準化:◎

下記に示す燃料電池自動車の燃料仕様や性能試験法について、業界要望を取り入れながら国際標準の提案、試験・評価手法の確立に資するデータを取得し、計画通りに進捗した。

- ・燃料電池新規材料の評価試験方法
- ・水素中不純物が燃料電池性能に及ぼす影響
- ・燃料電池耐久性評価試験方法
- ・スタック・システム・車両性能評価試験方法

③ 基準・標準化活動:◎

国内外の基準・標準化活動を計画通りに推進。

波及効果

1) JIS等への基盤的波及効果等の期待

本事業の推進により、UN-ECE、ISOなどの国際基準・標準に対して、日本案ベース、あるいは議長国として主導的な立場で基準・標準化活動が推進できる。

2) 燃料電池自動車の普及に対する期待

本事業の推進により、道路運送車両法・高圧ガス保安法などの基準の合理化ならびに燃費試験法、水素品質などの標準化が推進でき、燃料電池自動車の普及促進が可能となる。

3) 研究開発、人材育成等の促進に対する期待

本事業の実施により、国際標準化活動などの場において、コンビナ・セクレタリなど、世界をリードする役割を担う人材が育成されている。

<補足資料>

事業原簿記載スケジュール表

実施項目	平成17年度				平成18年度				平成19年度				平成20年度				平成21年度			
	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期	第4 四半 期	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期	第4 四半 期	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期	第4 四半 期	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期	第4 四半 期	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期	第4 四半 期
①水素・燃料電池自動車の安全性評価 (ア) 高圧水素容器の安全性評価 a) 圧縮水素自動車燃料装置用容器例示基準の合理化検討 b) 圧縮水素自動車燃料装置用容器の安全性実証試験 c) 高圧水素容器搭載車両の安全性評価	容器試験データ収集				試験方法の合理性検討				例示基準の合理化にデータ増し				例示基準の合理化提案							
	人への熱被害調査				パラメータスタディー				開発容器の実証試験				安全情報のまとめ							
	燃料系および車両システムでの安全性評価データ収集																			
(イ) 高密度水素貯蔵技術の安全性評価 a) 液化水素容器の安全性評価 b) その他の高密度貯蔵合金容器の安全性評価	充填時挙動などの基礎データ収集				安全試験データ収集															
	安全試験データ収集																			
(ウ) インターフェイスの標準化 a) 高圧水素充填コネクタの安全性評価	高圧充填状況下のデータ収集				通信項目の調査															
(エ) 要素部品の安全性評価 a) 附属品の安全性評価	単体作動試験				容器との組合せ作動試験				複合バルブの充填試験				複合バルブ・センサ熱耐久試験							
													試験法としての取りまとめ							
②燃料電池性能評価法の標準化 (ア) 燃料電池新規材料の評価試験方法 a) 新規MEAへの水素中不純物の影響評価 b) 参照極付きJAR1標準セルの開発	新規MEA材料の運転条件調査				MEA材料仕様および運転条件の影響調査				性能影響因子のまとめ											
	参照極位置の影響調査				マニュアル作成および単セル試験法の開発				単セル試験法の新規材料への適用性検証											
(イ) 燃料電池耐久性評価試験方法 a) 不純物の影響評価 b) 水素用付臭剤の適用性	水素循環での発電評価装置の製作				水素循環系での不純物濃縮挙動調査				運転条件による影響の比較と不純物許容濃度の検証											
	性能低下の加速因子の調査・解析 性能劣化メカニズム解析と適用性の検討				加速試験方法の検討				加速試験方法の検証											
(ウ) スタック、システム、車両性能評価試験方法 a) 燃料電池自動車性能試験法の検討 ・燃料電池自動車の燃費計測手法 流量法の開発 ・車両改造不要な燃費計測手法の開発 b) 燃料電池システム、燃料電池スタック性能試験法の検討 ・燃料電池システム性能試験法の検討 ・燃料電池スタック性能試験法の検討	誤差要因解析・機器開発				実機への適用性評価				実機への適用性評価 (FCV台上試験)				高精度化に向けた検討 機器開発							
	計測理論開発・機器開発				計測手法の精度検証								計測手法の精度検証							
	定常性能試験				定常性能・負荷追従性															
	最高出力の判定方法の妥当性				効率、熱バランスなどの調査															
③標準化活動 (ア) 国内での基準・標準化 (イ) 海内での基準・標準化																				