

水素エネルギー技術に関するISO規格 - 燃料自動車用水素燃料仕様標準化WG12の活動 -

高木靖雄¹

武蔵工業大学

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1

ISO Standard for Hydrogen Technologies -Progress of Hydrogen Fuel Product Specification of PEM Fuel Cell Application for Road Vehicles-

Yasuo Takagi¹

Musashi Institute of Technology

1-28-1 Tamazutsumi, Setagaya, Tokyo, 158-8557 Japan

As hydrogen is expected as a fuel in the next generation of power sources since it has a high potentiality to mitigate global warming and contamination of the atmospheric circumstances because of the nature of hydrogen of CO₂ free emissions and sustainable production sources, development of such technologies in these fields as fuel cell for automobile and stationary applications, hydrogen production, storage and delivery are widely undertaken all over the world.. Another issues to develop and introduce hydrogen widely and smoothly is standardization of hydrogen and related technologies. In this paper international activities to publish international standard of hydrogen fuel product specifications of PEM fuel cell application for road vehicle is introduced .

Keywords: ISO Standard, Hydrogen, PEM Fuel Cell, Standardization, Contaminant

1. まえがき

現在、地球規模で対策が急務とされている温暖化ガスの一つである二酸化炭素CO₂の発生軽減、大気汚染の防止およびエネルギー資源の枯渇対策の一つとして、水素を現在のエネルギー源の中心である化石燃料に代替しようとする技術開発とその実用化に、世界各国各界の産官学が一体となって取り組んでいる。現在取り組まれている技術開発は、主に水素を燃料とする燃料電池・内燃機関などの動力源の開発、コジェネレーションシステム型発電機器などのエネルギー変換機器の開発が中心である。しかしながら、現在民生用汎用燃料として用いられていない水素を燃料に用いるためには、使用機器の開発に加えて、水素を安価に大量に製造する技術の開発さらには水素を幅広い地域に供給するための輸送や供給機器・技術の開発などインフラ

ラクチャーの開発と整備も必要である。これも世界各国各界で積極的に取り組まれている。

ここでは、上で述べた水素使用機器の開発とインフラストラクチャーの開発・整備に加えて、水素燃料が民生用汎用燃料として普及するためには必須項目である水素燃料に関連する規格化・標準化活動の国際的な活動を紹介する。特に、現在化石燃料系エネルギー消費寄与が高いことから、水素への置換効果が最も高い使用源の一つであると言われている自動車用水素燃料の国際規格を担っているISO(International Organization for Standardization、国際標準化機構)における国際規格化の現状を紹介する。具体的には、水素を自動車用原動機に用いる技術開発は、PEM形燃料電池(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell)が中心に進められていることから、自動車用PEM燃料電池用水素性状のISO規格化の進捗に関して述べる。

表1 現在活動中の燃料電池と関連技術に関する規格化の技術分野

分野	機関	TC(専門委員会名称)	担当WGと規格化技術分野	
自動車用 燃料電池	ISO	TC22/SC21 (電動自動車)	WG1: 自動車用EV の安全	Part1: 電池 Part2: 機能 Part3: 電気
				TF:SC21用語
		WG2: 燃費・性能	TF1:FCV性能試験法 TF3:HEV排ガス・燃費試験法他	
	TC197 (水素技術)	WG5: 水素充填コネクタ (液体水素以外)		
		WG6: 車載高圧水素容器		
		WG12: FCV用水素の製品仕様		
IEC	TC69 (電気自動車及 び電動産業車両)	WG1: 性能試験	ISO TC22/SC21 と連携	
		WG2: モーターと制御		
		WG5: ハイブリッド自動車		
定置用 燃料電池	IEC	TC105 (燃料電池)	WG3: 定置用燃料電池安全用件	
			WG4: 定置用燃料電池性能試験	
			WG5: 定置用燃料電池設置用件	
ポータブル 燃料電池	IEC	TC105 (燃料電池)	WG7: ポータブル燃料電池システム構成	
			WG8: マイクロ燃料電池安全性	
			WG9: マイクロ燃料電池性能試験法	
			WG10: マイクロ燃料電池互換性	
汎用 燃料電池・ 共通技術	ISO	TC197 (水素技術)	WG8: 水電解水素製造装置	
			WG9: 水素製造用改質器	
			WG10: 輸送可能水素吸蔵合金容器	
			WG11: 水素供給ステーション (液体水素以外)	
			WG13: 水素検知器	
	IEC	TC105 (燃料電池)	WG1: 用語	
			WG2: 燃料電池モジュール (自動車用以外)	
			WG6: 移動体用システム(自動車用以外)	
			WG11: PEFC単セル試験法	

ISO: International Organization for Standardization, IEC: International Electrotechnical Commission, TC: Technical Committee, SC: Sub Committee, WG: Working Group, TF: Task Force, EV: Electric Vehicle

2. 水素と関連技術に関する技術の国際標準化

近年、経済のグローバル化が進み、技術開発のスピードが世界的に加速している現在、工業製品の標準化の意義である多様化・複雑化・無秩序化を防ぎ経済社会活動の利便性の確保や生産の効率化、公正性の確保さらには安全や関連する人々の健康の維持や環境の保全などの観点から「統一」または「単純化」する必要がますます高くなっている。特に1995年発効WTO/TBT協定 (世界貿易機関、貿易の技術的障害に関する協定) 発効により、国際標準化がより強力なビジネスツールに変貌しつつあることから[1]、各国が国家戦略の一つとしてその活動に力を入れている。

このような背景のもとで、水素と水素に関連する技術の国際規格化も、対象分野に国際標準化・企画化活動が必要とされかつ活発である自動車を含み、また水素の性状や製法から使用する機器である燃料電池適用分野・種類のみではなく、貯蔵さらには使用する各種部品など全分野に渡っていることから、表1に示すような数多くの分野ではほぼ同時に進められている。規格化の活動は、電気および電子技術分野の国際規格の作成を行うIEC (International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議)と、電気及び電子技術分野を除く全産業分野に関する国際規格の作成を行うISOが中心になって行われている。表1に示す活動以外にも、例えば液体水素に関連する規格化の活動な

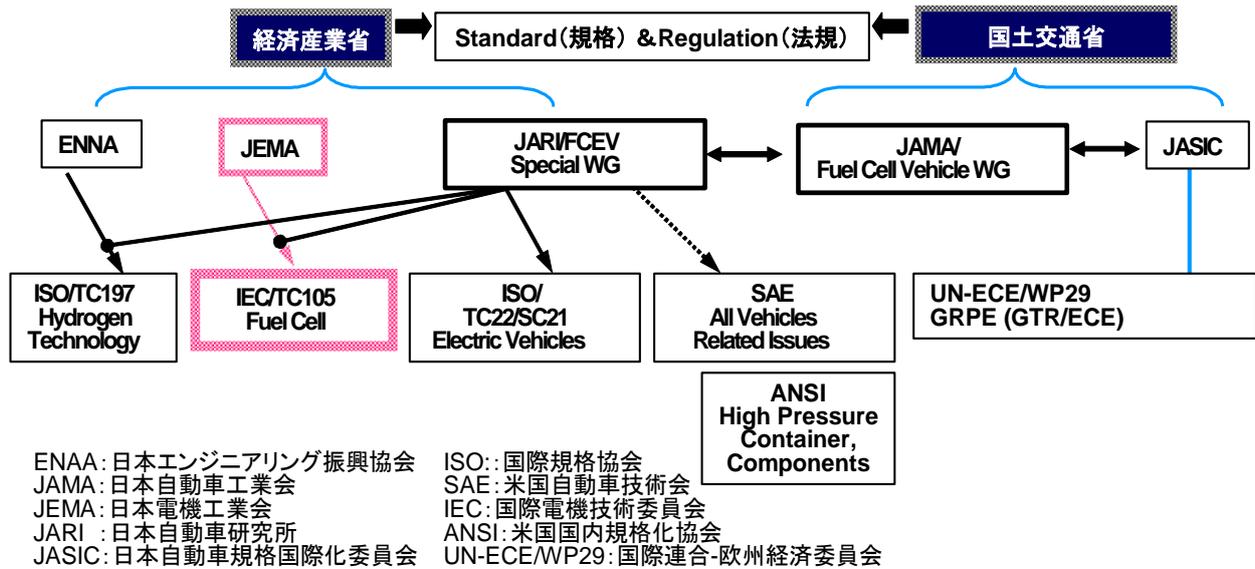


図1 日本における燃料電池規格化標準化の組織

ど数多くあるが、ここでは記載を省略した。

ISO、IECは、各国の代表的標準化機関が加盟機関となり構成されており、加盟機関は一国一機関に限られ日本の場合は閣議決定により、日本工業標準調査会(JISC)に定められている。

水素に関連する技術のISO、IECの規格化に必要な実験データ取得などの活動は、図1に示すように実質的には我が国の場合はENAA、JARI、JEMAなどが分担してかつ連携しながら行っている。表1に示すように企画化の適用分野が広いことから、ISO、IECの規格化以外に自動車の適用分野に関しては米国のSAEが、高圧容器に関連する分野ではANSIが個別に規格化を行っている。GTR(Global Technical Regulation、全地球技術法規)などのような国際標準・法規化が必要とされている安全性や環境に関連する項目に関しては、さらにUNECEが活動を行っており、ISOやIECと同様にWGによる活動を展開している。

3. 燃料自動車用水素燃料仕様規格化ISO/TC197/WG12の活動

3. 1 これまでの水素性状規格と規格の改定

現在自動車用燃料電池として実用化が進められているPEM形燃料電池に適用できる水素燃料の製品規格は、これまでは1999年に制定されたISO14687である。その概要を表2に示すが、14687:1999は制定作業を進めたWG活動時期の水素燃料の使われ方を代表するかのようになり、宇宙推進機器や特殊な航空機用を目的としており、陸上輸送機器用燃料電池が適用目的でないことは、表2の分類化項目を見ても明らかである。そうではあるがこの製品規格を陸上輸送機器用燃料電池に適用すると、Type I, Grade Aであり、次に示す理由により、この規格値は陸上輸送機器用燃料電池に適用できないことが明らかになっていた。まずPEM形燃料電池の代表的な被毒物質で

表2 これまでのISO燃料用水素規格 (ISO14687:1999年制定) (ISO国際規格IS14687-1から抜粋)

仕様	Type I (気体水素)			Type II (液体水素: 機上・地上発電等)	Type III (スラッシュ水素: 宇宙等推進用)
	Grade A (輸送用内燃機関/FC, 住宅機器用)	Grade B (発電等工業用燃料)	Grade C (宇宙/航空機用地上支援)		
不純物許容値	純度(%)	98.0	99.90	99.995	99.995
	CO(ppm)	1	NS	d	d
	硫黄(ppm)	2.0	10	NS	ND*1
	その他	記載省略			

d: トータルCO₂とCO値。最大値は1×10⁻⁶ mol/mol

NS: 記載なし

*1: 推奨値は0.0002×10⁻⁶ mol/mol, 計測下限値以下の場合は0.02×10⁻⁶ mol/mol

あるCO濃度の1 ppmと硫黄化合物濃度 2.0 ppmの値が高すぎることである。また、純度98.0%は、残りの2%が被毒物質でない窒素や二酸化炭素であったとしても、水素を再循環して使用する現在のPEM形燃料電池スタックでは、それらが濃縮されスタックへ供給される燃料水素の濃度が減少し、大幅な出力低下の原因となる。再循環による入り口水素濃度の目標値に対しては、後に詳しく触れる。

このようなことから、わが国の発案によりこの問題点を改定するためのNWIP(新規作業項目の提案。ISOの作業プロセスの一つ)が承認され、2003年10月に14687:1999を改定するための新しいWG12が日本を議長国として発足し、その活動を開始した。

3. 2 WG12の活動 (1) TSの制定

WG12の燃料電池用水素性状の規格化は、次に示す内容で活動を開始した。

- (a) ISO 14687:1999の水素の適用対象から、実害が生じると考えられる“燃料電池自動車用への適用”を除外する。
- (b) 当該国際規格ISO 14687:1999のPart2として、新たに暫定的な国際標準を制定する。この標準は国際規格ではないTS(Technical Specification、技術仕様)としISO/TS 14687-2とする。同時にISO 14687:1999をISO 14687-1と変更する。
- (c) TSの最大有効期間が6年間であるため、TS14687-2失効時期までに、TSを正規の規格であるISとするために、関係する諸国で共同研究によるデータ取得を行う。

ISの制定までにTSという暫定的な国際標準を置いた理由は、現在使用できる自動車用燃料電池用水素燃料性状のIS化に必要なデータは限られており、特にコストや性状の品質保証までを含めた量産を前提にしたデータは皆無であり、これを取得するには時間が掛かるため、差し当たり入手可能なデータを中心にした暫定的な基準の制定が必要である。また、PEM形燃料電池の当面の普及は実証試験が中心であり市場そのものは未熟であるが、実証試験は世界的な展開が進められておりこのためにもワールドワイドな標準が必要であることから、比較的短期間で制定が可能なTSとした。

TSに記載する規格値は次のプロセスで決めた。まず、図2下図に示すように、電極の被毒有害物質ごとにその含有濃度が燃料電池のセル性能に与える影響の感度実験を行い、セル性能に影響を与えない最低濃度を求める。TS

を前提にした今回の影響時間は10時間前後のものを中心に用いた。硫黄化合物の代表として用いた硫化水素の場合は、図2下図に示すように最低濃度は1.0ppmでありこの値を a_i とする。この値を基点にして、成分 i の規格化濃度 b_i を下式により求めた。

$$\text{規格化濃度 } b_i = a_i / \text{濃縮倍率} \quad (1)$$

(もし $b_i < \text{分析下限値 } c_i$ なら、 $b_i = c_i$)

ここで、濃縮倍率とは、燃料極へ供給される水素の利用率を高めるため行っているスタックからのオフ水素の再循環により、被毒ガスを含めた全非反応ガス成分が濃縮される倍率である。非反応ガスの濃縮によりスタック性能に影響が出るため時々パージを行うが、パージによる燃料水素の損失を0.2%と設定したため、ここで用いた濃縮倍率は500である。

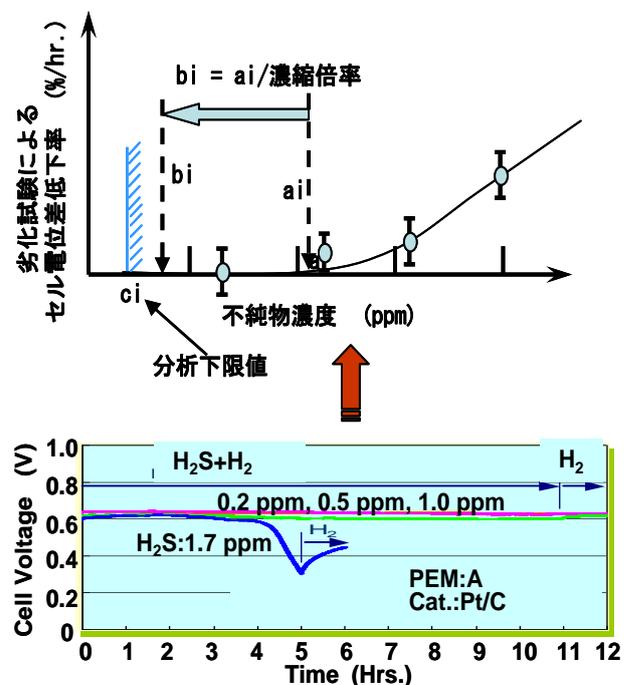


図2 規格値を決める概念図 (JARIデータ使用)

このようなプロセスで決めTS 14687に用いた水素性状を表3に示す。先に述べたような手順に従って非水素成分の濃度を決めたため、大幅に低い濃度が基準値として用いられている。さらに、ISO 14687:1999に比べて次のような特徴を有する。まず、TS 14687-2は道路走行PEM形燃料電池への適用に限定し、気体水素 (Type I) と液体水素 (Type II) のいずれの水素にも適用できるようにした。また、PEM形燃料電池の性能に影響を与えうる成分としてCO₂、ホルムアルデヒド、ギ酸、

アンモニアを加えるとともに、水分、酸素、He、N₂、Arの個別値を定量化した。さらに水素の純度を表す表現を純度からHydrogen Fuel Indexに変更した。この理由は、従来の純度の定義が100マイナス非水素成分計測値であるが、非水素成分の計測には全構成成分の計測を指示していないので、純度とは異なる値となるためである。

なお、このTSは2008年3月にISOから発行されている。

表3 ISO/TS14687-2の水素性状
(ISO技術基準TS14687-2から抜粋)

仕 様	ISO/ TS14687-2	(ISO14687: 1999)	
	Type I ** (気体水素) Type II (液体水素) Grade D (道路走行 PEM 燃料電池用)	Type I (気体水素) Grade A (輸送用内 燃機関/FC, 住宅機器 用)	
Hydrogen Fuel Index	99.99 %	98 %(純度)	
非 水 素 成 分	総HC(C ₁)	2 ppm	100 ppm
	水分(H ₂ O)	5 ppm	合わせて 1,900 ppm
	酸素(O ₂)	5 ppm	
	He, N ₂ , Ar	100 ppm	
	CO ₂	2 ppm	NS
	CO	0.2 ppm*	1 ppm
	硫黄化合物	0.004 ppm*	2.0 ppm
	ホルムアルデヒド	0.01 ppm*	NS
	ギ酸	0.2 ppm*	NS
	アンモニア	0.1 ppm	NS
	粒子微物質	1 μg/L (10 μm以下)	問題なき こと

NS : 記載なし
* : 分析下限値で決まった数値
** : 源本ではType I ,Type II は別欄に記載

3. 3 WG 1 2 の活動 (2) IS規格の作成準備

暫定的な仕様であるTS1 4 6 8 7 - 2に対して、WG12では本来のTS規格値を決める活動を展開している。先に述べたように、規格化するためのデータが皆無に近いいため、WG 12構成のメンバー国である米国、カナダ、仏国、ノルウェー、アルゼンチン、韓国、スペイン、中国、日本の9カ国で、必要なデータを取得する共同研究を行いながら規格作成の準備を進めている。活動は、次に示す3領域におけるデータを取得することを目標にして幅広い活動

を行っている。

(a) 標準MEAを用いた燃料電池セルの劣化説明領域 :

- ① 不純物濃度、電極触媒の種類と使用する触媒量の影響などに関する劣化原因説明試験
- ② 濃縮係数を見直すための、セルの燃料再循環による不純物の濃縮挙動の説明
- ③ TS制定より長時間実験 (1 0 0 0時間以上を目標) による劣化特性試験と加速試験法の開発
- ④ セルの運転モードや起動停止などのサイクルによる劣化特性の感度実験

(b) 水素製造と燃料電池の共有領域における課題説明

- ① 現在燃料電池の実証試験や水素製造に用いられている水素精製法と製造原料の組み合わせごとの有害成分の濃度把握
- ② 有害成分濃度レベル (精製濃度レベル) と水素コストとの関連把握とトレードオフ関係有無の検討

(c) 分析法と計測機器開発・整備の領域

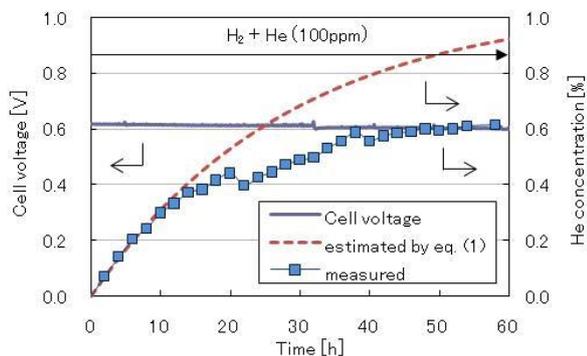
- ① 代表的なモニターガスを用い水素製造時における品質保証・管理手法の確立
- ② 不純物ごとの分析下限値の定量化と分析法の確立

図3に共同研究の一環で行っているオフガスの再循環による不活性ガスであるヘリウムがセル内で濃縮する状態を示す実験結果を一例として示す (参考文献[4]参照)。ヘリウム添加の間、再循環系におけるヘリウム濃度は徐々に増加し、60時間後に約0.6%になった。実験開始10時間前後までは、クロスリークが無い予測地とほぼ一致しているが、それ以降は予測値より低い値となった。この原因はヘリウムの膜透過であると考えられるが、詳細なメカニズムの解明は今後の課題である。このような実験結果から、ヘリウムの濃縮倍率に関する再検討を開始している。

図4に、COの再循環による濃縮の経時変化を示す実験結果を示す (参考文献[4]参照)。この場合、COの再循環を開始した後5時間前後からセル電圧は急激に低下するが、CO濃度はセル電圧低下時急上昇し、その後安定した濃度を示し、ある値以上には濃縮しないことがわかった。引用文献の著者らの研究によるとCOが安定する10時間前後から、CO₂の発生が計測されていることから、COは電極においてCO₂に転換されていることがわかっている。

この他、硫黄分、アンモニア、メタンなどの濃縮実験を継続しており、関連する不純物の濃縮の特性を明らかにする研究が進んでいることから、TSで使用した500倍という

濃縮係数が見直され、適切な値がISでは使用されることになる。



Eq. (1): クロスリークが無いと仮定した場合の理論的濃度変化

図3 再循環を行った場合のセル内不純物の濃縮状況 (不純物: ヘリウム、参考文献[4]から引用)

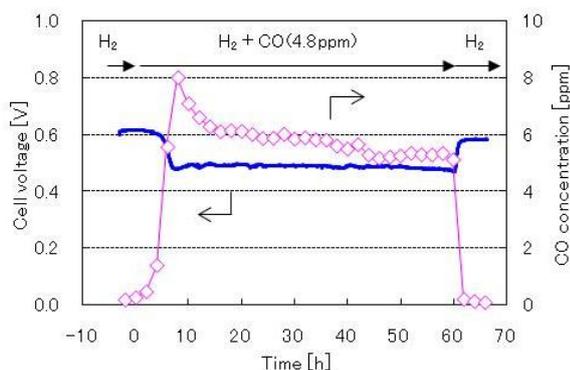


図4 再循環を行った場合のセル内不純物の濃縮状況 (不純物: CO、参考文献[4]から引用)

3. 4 IS規格化の日程

現在作成を進めているIS規格化は、まずは今年の10月の委員会原案作成をかわきりに、表4に示す日程で進めている。

表4 IS規格化の日程

年	2008	2009	2010	2011 ~
ISO/TS14687-2	08/03 TS発行			14/03 TS失効
新ISO14687-2	08/10 CD発行	09/10 DIS	10/10 FDIS	11/04 IS発行
データ取得共同研究	→			

CD:委員会原案, DIS:照会原案, FDIS:承認原案

4. 結言

自動車用PEM燃料電池に用いる国際規格化の背景と進捗を紹介した。IS化の目標は2011年であるが、この時期を目指して規格化の作業と平行して必要なデータを取得するための国際的な共同研究体制を敷いているなどから、その成果に期待をしている。参考までに、筆者は本WG12のコンビナー（議長）を務めさせて頂いていることを申し添える。

参考文献

1. 高木正人、グローバルビジネス時代の国際標準化戦略と燃料電池自動車の標準化、(社)自動車技術会シンポジウム No.04-07, 2007年11月
2. ISO規格IS14687
3. ISO技術仕様IS/TS14687-2
4. 松田佳之ほか、燃料電池の水素循環系における不純物の濃縮挙動、(社)日本自動車技術会学術講演会前刷集 No.26-08