

水素検知器のISO規格化

松原 一郎¹・申 ウソク¹・澤口 直哉²

¹産業技術総合研究所、²室蘭工業大学

¹〒463-8560 愛知県名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞2266-98

²〒050-8585 北海道室蘭水元町27-1

ISO Standardization of Hydrogen Detection Apparatus

Ichiro MATSUBARA¹, Woosuck SHIN¹, Naoya SAWAGUCHI²

¹National Institute of Advanced Industrial Science & Technology, ²Muroran Institute of Technology

¹Shimo-Shidami, Moriyama-ku, Nagoya 463-8560, JAPAN

²27-1 Mizumoto-cho, Muroran 050-8585, JAPAN

Abstract: Ensuring the safety of hydrogen infrastructures with quantitative and technical specification against the danger of hydrogen leakage will encourage the economics of hydrogen, lowering the cost of insurance and infrastructure in buildings, and safe operation of the station or system will appeal to the public. Hydrogen related facilities may be required to have the ability to detect hydrogen concentrations before a specified concentration of hydrogen or a fraction of flammable limit is reached, in order to allow for single and/or multilevel safety operations. This standard will provide requirements for stationary hydrogen detection apparatus, covering both performance requirements and test methods. This standard is intended to cover the situations where the user desires the ability to detect hydrogen leaks and monitor hydrogen concentrations relevant to safety. In this article, we would like to introduce the activities of ISO/TC197/WG13 “Hydrogen detectors” including the purpose, history, and future plane of the standardization as well as the contents of the on-going DIS draft for hydrogen detection apparatus.

Keywords: hydrogen detection apparatus, requirement, test method, safety, hydrogen station

1. 緒 言

水素検知器は、水素漏れを検知することで水素供給ステーションをはじめとする水素関連施設において安全を確保するために重要な役割を果たしている(図1)。ガスセンサに関する国際規格にIEC(IEC60079-29-1)規格が存在するが[1]、これは広く可燃性ガスを対象とした警報器用の規格であり、検知濃度範囲、水素選択性、被毒性等の、水素ガス専用のセンサに必要な要求性能に関する記述が十分でないためIEC規格をそのまま利用できない。そこで水素センサに関する国際規格を作成する目的で、ISO/TC197(Hydrogen technologies : 国内審議団体はエンジニアリング振興協会)へ2005年5月に日本から新規提案(NWIP)を提出した。投票の結果、新規提案は採択され、日本を議長国としてISO/TC197/WG13(Hydrogen Detectors)

が発足した。当初は、日本、米国、アルゼンチン、フランス、ノルウェー、オランダ、韓国の7カ国が参加してWG活動が開始されたが、現在はスペイン、ドイツ、イタリア、



図1 水素関連施設の天井に設置された水素検知器(○で囲った部分)

カナダを加えた計11カ国からの26名のエキスパートにより議論が進められている。本稿では、現在進行中の水素検知器の規格化の目的、ドラフトの内容等について紹介する。

2. 規格化の目的

水素エネルギーシステムを広く普及させるためには、安全性の確保が必要であり、係わる規格や基準の作成が国際的に進められている。水素検知器は、濃度が爆発限界に達する前に水素を検出し、その情報を施設の安全システムに提供する役割を果たす。従って、本規格は定置式水素検知装置を対象に、その信頼性を保証するための要求性能および性能試験方法の両方に関する要件を規定するものである。また、水素検知器に対し、ユーザのニーズに合った水素漏れ濃度を監視する性能を担保することを趣旨としている。

本規格が対象としている水素検知器は、高水準の安全管理が求められている水素関連施設に設置され、水素漏れ濃度の変化を随時モニタリングすることが要求されるものであり、水素濃度を連続モニタリングできない水素検知器は対象としていない。このような施設の代表的な例は水素ステーションであるが、水素製造施設等それ以外の施設で設置される場合にも対応する。

水素検知器により、水素漏れ事故に対する安全性を高めることは、水素インフラに係わる保険ならびに必要な設備設計が可能になることによる建設費用の適正化による水素エネルギーシステムの普及に貢献する。本規格の作成にあたり、シンプルで分かりやすい内容にすることに腐心している。これにより、本規格が広く利用され、国際協力の促進と水素エネルギーの普及に一層貢献できるものと期待される。

ここに提案する水素検知器の規格の利用により、次のような利点が得られる。1) 各国において本規格を利用した水素関連施設の安全な運営と検査に関するルールが確立でき、関連技術・製品の国際的な導入、供給を奨励することができる。2) 本規格の性能要件を利用して安全性に関する懸念を解決し、水素燃料インフラの発展に貢献することができる。

水素関連施設では、水素の爆発下限界の所定の比率の濃度に達する前に、水素漏れ濃度を検知することが求められる。これは、水素漏れ濃度に応じた、窒素ページ、換気、システム停止といったマルチレベルの安全動作を実現す

るために必要である。水素の爆発下限界は4vol%とされているが、この濃度に達するとあらゆる状況で爆発が起こる訳ではない。実際には爆発の危険性はさらに高濃度になるに従い高くなるため、爆発下限界を超える濃度の水素を検知することも必要となる場合がある。マルチレベルの安全動作を実現するためには広い濃度範囲の水素をモニタリングすることが求められている。ユーザが求める水素漏れ検出濃度は、数百ppmから数%に渡るため、本規格ではこのようなニーズにフレキシブルに対応する内容としている。

この他、本規格は水素エネルギー産業にとって必要となる安全システムのための具体的な検知範囲や選択性、耐被毒性、応答時間、といった水素検知器の性能と試験方法に関連する具体的な要件に注目して取り組んでいる。本規格は、水素を生成、貯蔵、あるいは取扱う定置式水素関連施設に主な焦点を当てており、望ましくない副生成物としての水素が発生し得るシステムは除外している。

3. 規格化へ向けた活動状況

水素検知器のISO規格化に係る活動を時系列で表1にまとめた。これまで5回の国際会議を開催し、ドラフト案に関する審議を進め、現在はDIS (Draft International Standard : 国際規格案) がTC197事務局より投票権を持つPメンバーの各国に回付されているところである。これまでに開催された各国際会議での要点を中心に、表1に沿ってWG13の活動を紹介する。

2005年5月24日、米国ワシントンDCで開催されたTC197 ad hoc group meetingでは、2005年5月9日に日本から提案された水素検知器のNWIP (New Work Item Proposal : 新作業項目提案) に関する討議が行われた。日本側から提案内容が説明されると共に、それに関する議論が行われ、提案の趣旨がほぼ理解された。TC197のPメンバー国による投票の結果、提案は採択され、2005年9月8日にWG13 "Hydrogen Detectors" が正式に発足した。

2006年1月23、24日の2日間、東京で開催されたTC197WG13第1回国際会議では、WD (Working Draft : 作業原案) に関する討議が行われた。あらかじめ各国から提出されたWDに対するコメントをすべて審議し、追加調査項目等を確認した。

2006年6月7日、フランスのパリで開催された第2回国際会議では、第1回会議に引き続きWDに関する討議が行われた。第1回会議での追加調査項目に関する審議と新たに

表1 水素検知器のISO規格化に係るWG13の活動

会議	日時	場所	参加国数	参加人数	主な内容
TC197 ad hoc group meeting	2005年5月24日	ワシントンDC(米) (TC197総会)	—	—	NWIP案の審議
WG13第1回国際会議	2006年1月23, 24日	東京(日)	4	19	WDへのコメント審議
WG13第2回国際会議	2006年6月7日	パリ(仏) (TC197総会)	5	12	WDへのコメント審議
WG13第3回国際会議	2006年10月30日	バンクーバー(加)	5	10	WDへのコメント審議 CD化を承認
WG13第4回国際会議	2007年6月8, 9日	ソウル(韓)	6	15	CDへのコメント審議
WG13第5回国際会議	2007年11月5, 6日	モンテカチーニ(伊) (TC197総会)	6	17	CDへのコメント審議 DIS化を承認
WG13第6回国際会議	2008年2月(予定)	ベルリン(独)	6(見込)	16(見込)	DISへのコメント審議

提出されたWDへのコメントに関する審議が行われた。

2006年10月30日、カナダのバンクーバーで開催された第3回国際会議では、第2回会議で積み残したWDへのコメントに関する審議をすべて行い、WDを修正した後、CD(Committee Draft: 委員会原案)としてTC197事務局に登録することが承認された。

2007年6月8, 9日の2日間、韓国のソウルで開催された第4回国際会議では、CDに対して提出された各国からのコメントの約2/3を審議した。

2007年11月5, 6日の2日間、イタリアのモンテカチーニで開催された第5回国際会議では、CD案に対するコメントの残りを審議し、ドラフトを修正した後DIS段階に進むことが承認された。

国内においては、国際会議とは別に4回/年程度の国内会議を開催し、各国際会議への対応、およびWDやCDへのコメントへの対応案策定のための議論を行っている。なお、国内委員会は、検知器メーカー、水素ステーションの建設・運営側の専門家、関連技術の専門家、有識者などで構成されている。

4. 関連規格

水素に限らず、広く可燃性ガス検知器に目を向けると、上記したように、関連国際規格としてIEC(IEC60079-29-1)規格が存在する。これは、水素を含む200種以上の可燃性ガスの中の1種あるいは複数種を検知するための検知器を対象としたものであり、主に欧州で利用されている[2]。国際規格ではないが、米国とカナダには同様の国内規格が存在する[3-5]。日本においても関連するJIS規格は存在するが[6, 7]、これらは対象とするガス種について明確な記述

がない。さらに対象とする検知器は、工場、鉱山、船舶等に設置されるものに限定されている[2]。日本では各住宅にガス漏れ警報器が普及しているが、これらのガス警報器に対しては、都市ガス用を財団法人日本ガス機器検査協会が、LPG用は高圧ガス保安協会がそれぞれの規定に基づき警報機の検定を実施している。

本規格は、あくまで検知対象を水素のみとする検知器の規格であり、水素特有の、無臭、軽い、気相中固体中を問わず拡散性が高い等の物性や性質を十分に考慮しながら、要求性能を決定しようとしている。

5. 規格案 (ISO CD26142) の内容

水素検知器に関するISO規格は現在DIS段階であり、今後の議論によりその内容が修正されることをあらかじめ断った上で、現段階での規格案の主な内容について紹介する。まず、本規格案の適用範囲 (Scope) を以下に示す。

「本国際規格は、水素濃度を測定し監視するように設計された定置式水素検知装置の性能要件と試験方法を規定する。本規格の条項は、水素濃度によって窒素パーセント、換気、システム停止などのシングルまたはマルチレベルの安全動作を実現するために使用する水素検知装置を対象としている。かかる装置の制御システムや設置要件に関する規定は除外する。本規格は、精度、応答時間、安定性、測定範囲、選択性、耐被毒性など、水素検知装置の製品規格に適用される要件のみを規定するものである。」

この適用範囲から分かるように、本規格の水素検知器は定置式のみを対象とし、ポータブル式や車載用の水素検知器を対象外とした。これらへの対応は将来の課題と位置付けている。また、もう一つのポイントは、水素関連施設で

必要とされているマルチレベルの安全動作に対応できる水素検知器を対象としている点である。マルチレベルの安全動作とは、図2に示す様に、水素検知器で検知される漏れ水素の濃度レベルに応じて、窒素パージ、換気、システム停止等の安全対策を多段階で実施するものであり、水素検知器はこれを実現するために漏れ水素濃度についての情報を提供する機能を有する必要がある。この様な目的で使用される水素検知器の要求性能と試験方法を記載したのが本規格である。

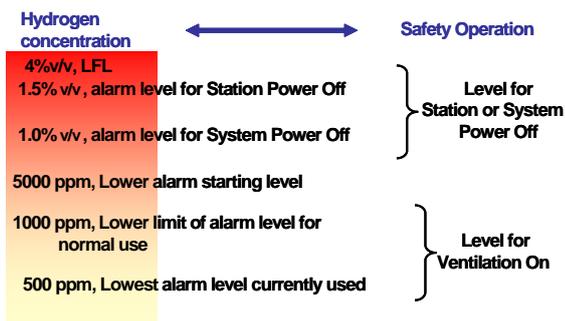


図2 漏れ水素濃度に対応するマルチレベル安全動作の例

具体的な要求性能と試験方法を紹介する前に、これらの内容を定める際の基本的な考え方を以下に示す。代表的な水素関連施設である水素ステーションは、現在十数施設が稼働しているのみで、これらはあくまでも試験運用的な位置づけであり、現在市場が形成されているとは言えない。これは重要な点であって、通常の規格化は市場形成されている製品を対象とするのに対して、本規格は、「将来の水素エネルギーの普及」という目的に照らして規格の内容を定めようとしており、既存検知器との整合性よりも、目的のために水素検知器はどうあるべきか、という観点から議論を行っている。

水素検知器に対する要求性能の項目を以下に示す。

- ・ 測定範囲および濃度校正
- ・ 安定性 (短期および長期)
- ・ アラーム設定点
- ・ 温度
- ・ 圧力
- ・ 湿度
- ・ 吸引式水素検知器における流量
- ・ 気流速度
- ・ 応答回復時間
- ・ 選択性

- ・ 被毒性
- ・ 測定範囲を超える高濃度における動作
- ・ 電力変動
- ・ 停電、過渡電圧、ステップ電圧
- ・ 粉塵
- ・ 電磁干渉

ここで、関連国際規格であるIEC60079-29-1と本規格の要求性能を比較することで本規格の特徴を明らかにする。最も重要な点は、ガス検知濃度範囲の考え方である。IEC規格では、検知器の最高検知可能濃度のみを明記し、これを”measuring range”として定義している。キャリブレーションの際の許容誤差の要求は、「”measuring range”の5%あるいは指示値の10%のどちらか大きい方」と規定しているため、例えば、”measuring range”が2 vol.%の検知器では1000 ppmの水素ガスに対する許容誤差が±1000 ppmとなるため、実質上低濃度域の検知は想定していない。一方ISO規格では、検知濃度範囲として必ず最低検出濃度と最高検出濃度を宣言することを求めており、低濃度側をどこまで信頼して検知できるか、という点を明確にした。これは、水素関連施設において運用されることが想定される、マルチレベルの安全動作を実現するという要請に答えるためである。決してすべての水素関連施設が低濃度の水素の検知を必要としている訳ではないが、実際に数百ppmレベルの警報点を求めているケースがあり、低濃度の検知も重視した点がIEC規格と大きく異なる点である。

IEC規格には規定されていない、選択性と被毒性も水素検知器には重要な項目である。本規格のDIS版では、選択性を確認するために、メタン、イソオクタン、および一酸化炭素に対する検知器の応答を試験し、水素に対する応答との比較において、十分に水素選択性が確保されていることを求めている。本規格では、被毒性を「検知素子の感度に恒久的な悪影響を及ぼす干渉物質によって引き起こされる現象」と定義しており、検知器の被毒性を試験するために、ヘキサメチルジシロキサン、SO₂、H₂S、およびNO_xに一定時間暴露し、その後の水素に対する応答試験を実施することとしている。

また、試験方法においては、これらの各項目に対しての試験条件を記載しており、試験の結果、規定された条件をすべて満たす機器が本規格に適合する水素検知器となる。水素検知器の検定に係る費用は、製品の価格に反映されるため、試験方法は出来る限りシンプルであることが望ましい。試験に使用される評価装置は特に規定せず、いくつか

の例を示すに止めており、試験条件を実現可能であれば既存の装置を本規格の試験に供することも可能である。一方で我々は独自に試験方法の研究を行い、簡便な方法においても信頼性の高い試験が実施できることを実証した[8]。その中で応答速度の試験方法が本規格の付録として取り上げられている(図3)。

水素検知器に搭載される水素センサ素子は、商品化されているものから研究レベルのものまで含めると、その動作原理から、半導体式、接触燃焼式、FET(Field Effect Transistor)式、電気化学式、熱伝導式、熱電式等様々なタイプが存在し、検知濃度、安定性、選択性等の性能に対して、それぞれのタイプで異なる特徴を有する。しかし、当然ではあるが、本規格はこれらの中で特定のタイプのセンサのみを念頭において作成するものではなく、あくまで水素関連施設の水素検知器として必要な内容を記載するものである。

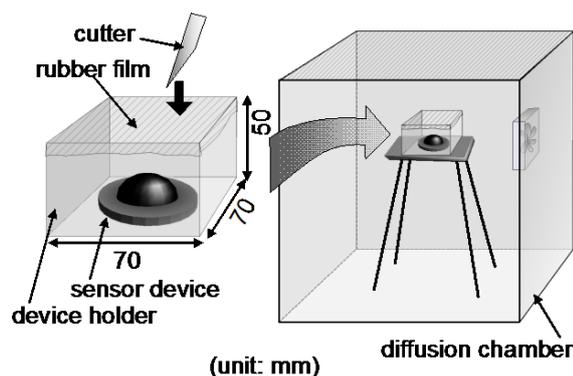


図3 ISO CD26142の付録に掲載されている応答速度の試験方法。推奨するチャンパーの容積は約30Lである。

6. リエゾン関係

水素検知器のISO規格化にあたり、IEC/TC31(防爆電気機器)とリエゾン関係を結んでいる。IEC/TC31は、上記IEC60079-29-1を策定している委員会であり、現在もガス検知器規格のメンテナンスチームが活動している。水素検知器のISO規格化が開始された当初、IEC側からは、「水素検知器へもIEC規格を適用すれば十分である。」という主張があった。これに対して、IEC規格では検知範囲、選択性等の内容が不十分である旨の反論をした結果、IEC側でも水素に特化した規格が必要であることが理解された。その後IEC側は、「水素に特化した検知器の規格が必要であるが、それはIEC/TC31で作業すべきである」と主張し

た。水素検知器の国際規格化の作業をISOとIECのどちらで実施するのかという政治的な交渉については、ISO/TC197議長のRandy Dey氏とIEC/TC31議長のJim Munro氏による会談の結果、ISO/TC31とはリエゾン関係を結んだ上で、ISO/TC197がこれを実施するという結論となった。この結果を受け、現在はIEC側のメンバーがWG13に参加している。

7. 今後の予定

現在DISが回付中であり、DISに対するコメントおよび投票結果が出た後、2009年の始めにWG13の第6回国際会議をドイツで開催する予定である。TC197で承認されている目標期日は、FDIS(Final Draft International Standard: 最終国際規格案)化が2009年7月、IS(International Standard: 国際規格)化が2010年1月となっている。今後このスケジュールに従ってIS化を目指す。

謝 辞

WG13国内委員会委員の方々には、本規格案のISOへの提案前から現在に至るまで、終始有益かつ活発な議論を頂いております。TC197の国内委員長の小関和雄氏、TC197の国内審議団体であるエンジニアリング振興協会の宮下修氏、丸山晋一氏には、WG13の活動に対して常に適切なアドバイスとサポートを頂いております。経済産業省基準認証ユニット、ENDO技術開発機構、産業技術総合研究所にはWG13の活動に資金的な援助と共に有用なアドバイスを頂いております。この場をお借りして皆様に御礼申し上げます。

参考文献

1. IEC 60079-29-1: Gas detectors - Performance requirements of detectors for flammable gases
2. 澤口直哉、申ウソク、松原一郎、まてりあ、45,683(2006).
3. UL1484: Standard for Residential Gas Detectors
4. UL2075: Gas and Vapor Detectors and Sensors
5. CSA C22.2 NO. 152: Combustible gas detection instruments
6. JISM 7626-1994 定置型可燃性ガス検知警報機
7. JISM 7653-1996 携帯型可燃性ガス検知器
8. N. Sawaguchi, M. Nishibori, K. Tajima, W. Shin, N. Izu, N. Murayama, and I. Matsubara, *Electrochemistry*, 74, 315-320 (2006).