

水電解水素発生装置向け H3285の紹介

1. はじめに

地球温暖化の進行とそれに伴う気候変動リスクの深刻化を受け、世界各国は温室効果ガスの排出削減に取り組んでいる。パリ協定では、世界の平均気温上昇を産業革命以前と比べて1.5℃以内に抑えることが目標として掲げられており¹⁾、その実現のためには2050年までにカーボンニュートラルを達成することが不可欠である。

日本は、水素をカーボンフリーなエネルギーの新たな選択肢として位置づけた、世界で初めての水素基本戦略²⁾を2017年に策定した。その後2020年に「2050年カーボンニュートラル宣言」を行い、二酸化炭素(CO₂)削減を始めとする温室効果ガスの排出量と吸収量を実質ゼロにする社会の実現を目指している。カーボンニュートラル社会の実現に向けて、産業政策・エネルギー政策の両面から、成長が期待される14の成長分野をTable1に示す。

その中で、水素エネルギーは、カーボンニュートラルの達成に不可欠な「脱炭素エネルギーキャリア」として期待を集めている。特にCO₂を排出しない「グリーン水素」の製造方法として注目されているのが、水の電気分解である。

水の電気分解とは、水(H₂O)に電気を流して水素(H₂)と酸素(O₂)を分離・生成する方法である。特に、太陽光や風力発電などによる再生可能エネルギー由来の電力を組み合わせることで、脱炭素社会の実現に向けた重要な技術として注目されている。

水の電気分解には、大きく分けて下記の4つの方式がある。

- ・アルカリ水電解(AWE)
- ・プロトン交換膜(PEM)型
- ・アニオン交換膜(AEM)型
- ・固体酸化物(SOEC)型

各水電解方式のメリット・デメリットをTable2に示す³⁾。

Table1 成長が期待される14分野

エネルギー 関連産業	①	洋上風力・太陽光・地熱産業
	②	水素・燃料アンモニア産業
	③	次世代熱エネルギー産業
	④	原子力産業
輸送・製造 関連産業	⑤	自動車・蓄電池産業
	⑥	半導体・商法通信産業
	⑦	船舶産業
	⑧	物流・塵流・土木インフラ産業
	⑨	食料・農林水産業
	⑩	航空機産業
	⑪	カーボンリサイクル・マテリアル産業
家庭・オフィス 関連産業	⑫	住宅・建築物産業・次世代電力マネジメント産業
	⑬	資源循環関連産業
	⑭	ライフスタイル関連産業

*筆者作成

水電解による水素発生装置では、シール材が装置の安全や性能を左右する重要な役割を果たしている。シール材には、水分解で発生した H_2 、 O_2 のようなガスや電解質の漏れを防ぎ、過酷な化学的環境に耐えることが求められる。水電解水素発生装置用シール材に共通して求められる材料特性をTable3に示す。また、Table3に挙げた特性を満足する当社推奨エラストマー材料を、水電解方式別にTable4に示す。

水電解水素発生装置における水素発生効率の向上手段の一つとして、運転条件の最適化が挙げられる。運転温度の上昇、電流密度の最適化、及び運転圧力の高圧化などにより、水電解反応が促進され、エネルギー効率の改善が期待出来る。そのうち、運転圧力に関しては、国ごとに規制

が異なる。国内では高圧ガス保安法などによる規制により、1MPa以下と定められているが、海外では、装置の効率や性能向上を目的として、3MPa以上の高圧で運転されることが一般的である⁴⁾。

当社は昨年度、AWE、及びAEM方式の国内向け1MPa仕様の水電解水素発生装置用シール材としてEPDM材H3270を上市した。H3270は、1MPa以下の運転圧力範囲内では十分な性能を発揮している。しかし、海外仕様向けや、高圧タイプの次世代型水電解水素発生装置では、使用環境に対応出来ず、はみ出しにより漏れが生じるリスクが考えられる。そのような環境にも対応可能な、AWE、及びAEM方式向け高圧仕様のEPDM材H3285を上市したので、本報にて紹介する。

Table2 各水電解方式のメリット・デメリット³⁾

水電解方式	メリット	デメリット
アルカリ水電解 (AWE)	大規模化が容易	電圧変動応答が遅い
プロトン交換膜型 (PEM)	電圧変動応答が早い	酸性電解質を用いるため触媒劣化が早い
アニオン交換膜型 (AEM)	電圧変動が早く、触媒劣化も抑えやすい	アニオン移動が遅く、膜の劣化も比較的早い
固体酸化物型 (SOEC)	高温動作するため、水電解速度が大きい	劣化が早い

Table3 水電解水素発生装置用シール材の要求材料特性

要求材料特性	求められる理由
硫黄レス	エラストマー材料中の硫黄と発生する H_2 が反応して、毒性の高い硫化水素(H_2S)が発生するため
オイルレス	電解液中に溶出したオイルが電解液を汚染し、電極への定着により出力が低下するため
耐化学的特性	酸、アルカリ、熱水耐性が低いとエラストマー材料が膨潤や崩壊し、電解質が流出するリスクがあるため

Table4 水電解方式毎の当社推奨エラストマー材料

水電解方式	推奨エラストマー材料
アルカリ水電解 (AWE)	材質：EPDM バルカー No.：H3270、 H3285
プロトン交換膜型 (PEM)	材質：FKM バルカー No.：TOUGHUORO-AC70、TOUGHUORO-AC85
アニオン交換膜型 (AEM)	材質：EPDM バルカー No.：H3270、 H3285

2. 水電解水素発生装置用シール材H3285

AWE、及びAEM方式の水電解水素発生装置用シール材に求められる特性として、①耐圧性、②耐アルカリ性、③耐熱性、④加工性、⑤機械的特性などが挙げられる。以下に、次世代向け高圧用H3285と低圧用H3270の各特性について述べる。

2-1) 耐圧性

耐圧性の高いゴム材料は高硬度で、かつ一定の圧縮応力を加えても変形しにくく(=剛性が高い)、シール部に隙間がある場合でも、はみ出しや破壊が生じにくい特徴を有する。耐圧性の評価を目的とし、試験片を25%圧縮した応力ひずみ試験を実施した。試験片に2MPaの圧縮応力を加えた場合、H3285のひずみ(変形量) 9%に対し、H3270は20%のひずみが生じた。この結果、H3285はH3270と比較して、同じ圧縮応力を加えた場合でも変形量が小さく剛性があるため、より耐圧性が高い材料ということが確認出来た。Figure1に圧縮ひずみ曲線を示す。

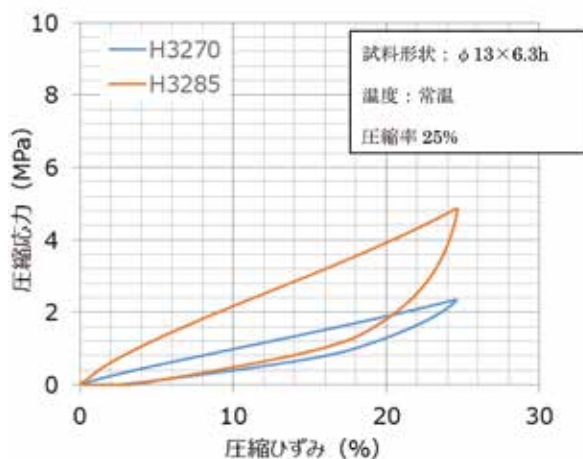


Figure1 圧縮ひずみ曲線

2-2) 耐アルカリ性

AWE、及びAEM方式の水電解水素発生装置は、電解液として、水酸化カリウム(KOH)や水酸化ナトリウム(NaOH)といった強アルカリ水溶液が使用される。このため、シール材が化学的に侵される可能性が考えられる。本報では、90℃×30%KOH水溶液中での耐アルカリ性評価試験を実施した。その結果、H3285、H3270共に504時間の浸漬後においても硬度変化、体積変化率ともに大きな変化が無く、本環境下においては十分な耐性を有すると考えられる。Figure2に浸漬試験後硬度の経時変化、Figure3に浸漬試験

後体積変化率の経時変化を示す。

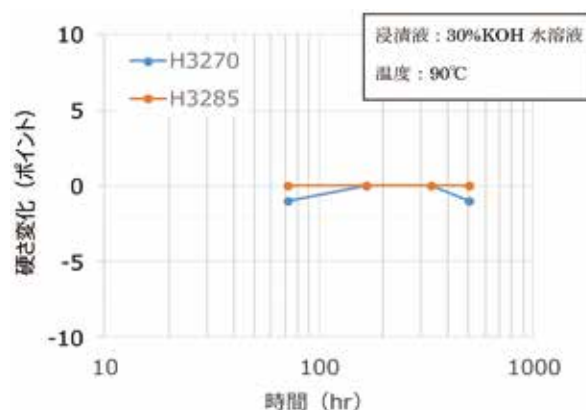


Figure2 浸漬試験後硬度の経時変化

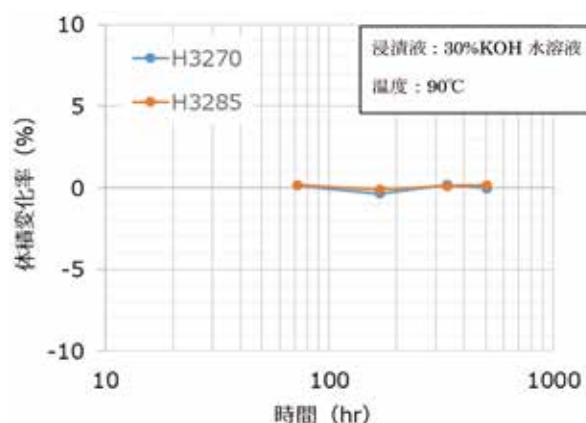


Figure3 浸漬試験後体積変化率の経時変化

2-3) 耐熱性

シール材の耐熱性の指標の一つとして、圧縮永久ひずみ率が広く用いられている。同一環境下においては、圧縮永久ひずみ率が小さいほど弾性回復率が高く、良好なシール材としてより長期間の使用が期待出来る。Figure4に圧縮永久ひずみ率の測定、及び算出方法を示す⁵⁾。

一般的に圧縮永久ひずみ率80%が、評価した温度帯でのシール材に用いられる材料の寿命の目安とされている⁶⁾。

H3285、H3270について、90℃×30%KOH水溶液中における圧縮永久ひずみ試験を実施し、耐熱性を評価した。その結果、504時間後のH3285の圧縮永久ひずみ率は18%、H3270は16%であり、シール寿命には到達していないことが確認された。また、本試験結果から外装法による10年後の圧縮永久ひずみ率を予測した結果、H3285の圧縮永久ひずみ率は34%、H3270は26%であり、10年後においても十分なシール性を保持しており、耐性があると考えられる。

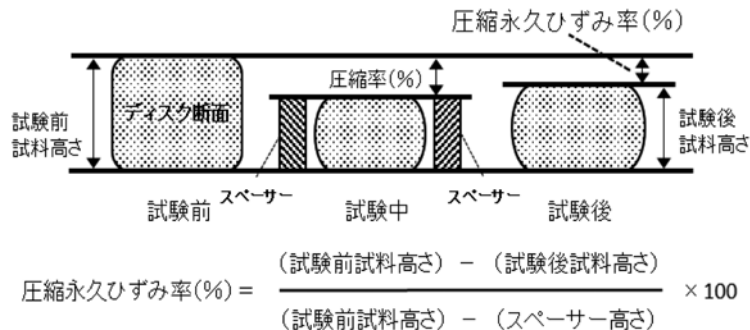


Figure4 圧縮永久ひずみ率の測定、及び算出方法

Figure5にH3285とH3270の圧縮永久ひずみ率の経時変化を示す。

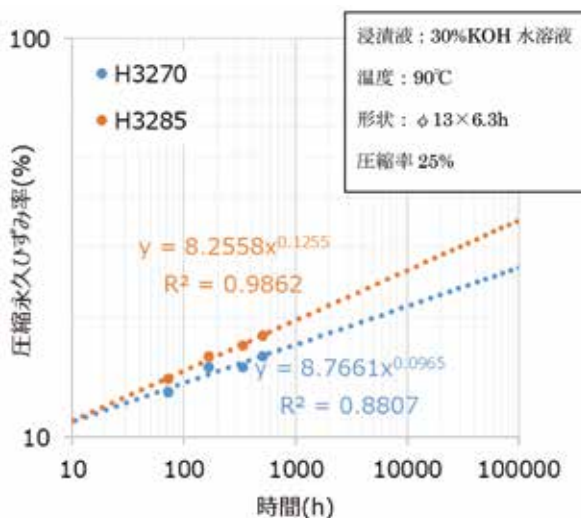


Figure5 アルカリ水溶液中の 圧縮永久ひずみ率経時変化

2-4) 加工性

H3285は、Oリング(バルカーNo.640)、合成ゴム成型品(バルカーNo.2060)、シートガスケット(バルカーNo.2010)など、様々な断面形状についても製作可能である。また、送り成型や射出成型にも対応可能なため、AWE方式のガスケットのような大口径品の製作も対応可能である。そのため、幅広い用途、及び設計にも対応した製品設計が可能である。

2-5) 機械的特性

H3285はShoreAゴム硬度85度の高硬度材料であり、引張強度が20MPa以上、かつ150%以上の伸びを有する機械的特性に優れる材料である。そのため、高硬度材料でありながら、柔軟性も有するシール材として、幅広い用途に対応出来る。H3285とH3270の常態物性値と圧縮永久ひずみ率をTable5に示す。

Table5 H3285とH3270の物性

評価項目	単位	H3285	H3270
常態物性			
硬度	ShoreA	86	72
引張強度	MPa	18.6	18.1
伸び	%	190	290
100%モジュラス	MPa	10.1	4.4
圧縮永久ひずみ試験			
条件	℃×時間	150×72	150×72
圧縮永久ひずみ率*	%	12	9

* 試料: φ 29 × 12.5h、圧縮率 25%

3. おわりに

AEM、及びAWE方式の水電解水素発生装置は、実用化に向けて性能面、コスト面での課題が残っている。当社はガスケット材料のご提案、評価だけでなく、シール設計や機能試験の実施など、H(ハード)とS(サービス)の両面から各種ユーザーの課題解決を総合的にサポートさせていただき、今後も高付加価値のあるソリューションを提供していくことで、次世代水電解水素発生装置の実用化とカーボンニュートラル社会の実現に貢献していく所存である。

4. 参考文献

- 1) 国連機構変動枠組条約第21回締結国会議(COP21)、2015
- 2) 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議、2017
- 3) 2050年カーボンニュートラルにむけた若手有識者研究会資料、2022
- 4) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発

機構、令和4年度成果報告書、2023

6)川村敏夫、バルカーレビュー、Vol.26、No.6、1982

5)圖師浩文、バルカーテクノロジーニュース、No.36、2019

※TOUGHUOROは株式会社バルカーの商標または登録商標です。



圖師 浩文

H&S事業本部
商品企画開発部
エラストマーチーム