

令和4年度成果報告書

水素社会構築技術開発事業／
総合調査研究（イ）水素製造・輸送・貯蔵・利用等に関する調査研究／
水素製造装置の常用圧力引き上げに係る規制適用の適正化に関する調査

2023年3月

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

（委託先） 一般社団法人水素供給利用技術協会

目 次

要約（和文・英文）

第1章 概要

1.事業目的	1
2.事業概要	1
3.事業内容	1
3.1 海外調査	1
3.2 国内調査	2
4.実施計画	2
5.研究体制	2

第2章 研究成果

1.水電気分解装置の概要	3
1.1PEM 水電解装置	4
1.1.1 水電解の原理	4
1.1.2 装置メーカー	5
1.1.3 関係法令・規格基準	8
1.2AEM 水電解装置	8
1.2.1 水電解の原理	8
1.2.2 装置メーカー	8
1.3 アルカリ水電解装置	9
1.3.1 アルカリ水電解の原理	9
1.3.2 装置メーカー	9
1.4 SOEC	10
1.4.1 水電解の原理	10
1.4.2 装置メーカー	10
1.5 水蒸気改質	11
1.5.1 改質反応	11
1.5.2 装置メーカー	11
2. 水素製造装置に関わる基準	13
2.1 国内の法令・規則・基準	13
2.2 高圧ガス保安法関連	13
2.2.1 一般高圧ガス保安規則及び例示基準	13
2.2.2 特定設備検査規則	14
2.3 労働安全衛生法関連	15
2.4 海外の法令・規格・基準	19
2.4.1 欧州	19

2.4.2 米国	20
3.メーカー調査	20
3.1 欧州メーカー	20
3.2 米国メーカー	20
3.3 国内メーカー	20
3.3.1 超高圧 PEM 水電解装置メーカー	20
3.3.2 伝聞情報	20
3.3.3 低圧アルカリ水電解装置導入事業者	20
4.国内導入における課題	21
4.1 規格・基準の比較	21
4.2 輸入に際してのコスト	21
4.3 水電解装置の常用圧引き上げによる CAPEX・OPEX に関する検討	21
4.3.1 CAPEX（水素製造装置のみ）	22
4.3.2 OPEX	22
5.水素製造装置の常用圧を低コストで 4MPa 程度に上げるために必要な検討事項	23
6.まとめ	23

要約(和文・英文)

件名：「水素社会構築技術開発事業／総合調査研究（イ）水素製造・輸送・貯蔵・利用等に関する調査研究／水素製造装置の常用圧力引き上げに係る規制適用の適正化に関する調査」

(1)海外調査

欧州及び米国の高圧水電解装置のメーカーを調査し、1MPa以上となる箇所の使用材料および設計方法、適用規格基準、設計確認試験や出荷時検査の内容・方法、定期検査・メンテナンスの内容・方法、防爆仕様、設備仕様、維持・運用方法等について調査した。

(2)国内調査（水素製造方法の概要）

水素製造装置について、メーカー・製造方法・水素製造能力等を調査し、その特徴を取りまとめた。

(3)国内調査（海外法令の調査）

PED、ASME及びISOについて、調査した。PEDについては0.5MPa以上で適用されることを確認した。ASMEについては、特定則別添1及びKHKS 0220とほぼ同じであることを確認した。

(4)国内調査（国内法令等の調査）

高圧ガス保安法・一般高圧ガス保安規則・特定設備検査規則・労働衛生安全法・同施行令等を調査し、高圧水電解装置に関係する規制について調査した。

(5)国内調査（国内メーカー・ユーザー等の調査）

国内メーカー及び国内ユーザーについて、架電による調査を行い、海外メーカーが国内規制を誤解していることや特定則別添1を適用して完成検査を受けていることを確認した。

(6)高圧化によるコストメリットの検討

海外製品を輸入するにあたっては、設備の設計変更や使用材料の変更等の必要はなく、コストアップ要因はないことを確認したが、詳細基準事前評価もしくは特定設備検査を受けるための準備が必要であることがわかった。また、水電解セルは、精密に積層されており、解放して内部を確認することが困難な設備であるため、保安検査の方法を検討する必要があることが分かった。

(7) 研究開発項目・評価方法の明確化検討

水素製造装置の高圧化に向け、各種の検討項目を抽出した。

Subject: "Technology Development Project for Building a Hydrogen Society / Comprehensive Research (a) Investigative Research on Hydrogen Production, Transport, Storage, Utilization, etc. / Investigation of Regulations Concerning Increased Pressure of Hydrogen Production Equipment"

(1) Overseas research

We researched manufacturers of high-pressure water electrolyzers in Europe and the United States, and surveyed the materials used and design methods for places where the pressure exceeds 1 MPa, applicable codes and standards, details and methods of design verification tests and shipping inspections, the details and methods of inspection and maintenance, explosion-proof specifications, equipment specifications, maintenance and operation methods, etc.

(2) Domestic survey (outline of hydrogen production method)

We surveyed manufacturers, manufacturing methods, and hydrogen production capacity of hydrogen production equipment, and summarized their characteristics.

(3) Domestic research (research on overseas laws and regulations)

PED, ASME and ISO were investigated. It was confirmed that PED is applicable at 0.5 MPa or higher. ASME was confirmed that it is almost the same as the specific rule Attachment 1 and KHKS 0220.

(4) Domestic research (research on domestic laws and regulations)

We investigated the High Pressure Gas Act, General High Pressure Gas Safety Regulations, Specified Equipment Inspection Regulations, Industrial Health and Safety Law, Enforcement Ordinance, etc., and investigated regulations related to high pressure water electrolysis equipment.

(5) Domestic survey (survey of domestic manufacturers, users, etc.)

We conducted a telephone survey of domestic manufacturers and domestic users, and confirmed that overseas manufacturers misunderstood domestic regulations and that they were undergoing final inspections by applying specific rules Attachment 1.

(6) Investigation of cost benefits by increasing pressure

When importing overseas products, it was confirmed that there is no need to change the design of the equipment or change the materials used, and that there are no factors to increase costs. It turns out there is. In addition, the water electrolysis cell is precisely laminated, and it is difficult to open and check the inside.

(7) Examination of clarification of R&D items and evaluation methods

Various study items were extracted for high-pressure hydrogen production equipment.

第1章 概要

1. 事業目的

国内の水素ステーションでは、再エネを利用したグリーン水素の使用を求められることから、太陽光発電による電力を使用し、電気分解による水素製造が試みられているが、水素ステーションが高圧ガス保安法等による規制を受けるため、1 MPa 以下の電気分解装置を使用している。

海外では、3~4MPa の圧力で設計されており、効率的である。1MPa 以上の水素製造装置、特に、電気分解装置に特定設備検査規則の適用外となれば、一般高圧ガス設備として取り扱われ、さらに、ガス設備(高圧ガス設備内の 1MPa 以下の設備)並みの扱いにできれば、既存の海外製品の輸入が容易となり、水素ステーションの設備コスト低減にも寄与するものと考えられる。

また、国内メーカーに対しても高圧水電解装置の開発を促し、国内だけでなく海外への輸出も可能となる。

2. 事業概要

国内外の水素製造装置に関して以下の項目について調査を実施する。

- ①国内および海外の水素製造装置を調査し、設備仕様および維持・運用方法について調査し比較し、法令上の技術課題を整理する。
- ②国内メーカーが海外市場に参入する際の課題や高圧型水素製造装置開発・製造における国内技術基準や規制に関する課題等を調査する。
- ③水素製造装置の高圧化によって得られるコストメリットを CAPEX、OPEX の観点から検討する。
- ④調査結果を踏まえ、高圧型水素製造装置の技術基準策定に必要な研究開発項目と評価方法を明確化する。

3. 事業内容

3.1 海外調査

調査対象地域は、MW 規模・水素ステーション規模の水電解装置を導入した事業が多くある欧州及び米国とした。水素ステーション用途では、1-2MW が水電解装置の規模となるため、該当規模の水電解装置に関してメーカーの調査を行った。また、中・大容量規模 (6-20MW) の水電解装置(将来の HDV 用ステーション向け)に関しても可能な限り調査を行い、容量による設備仕様について確認を行った。

- ・ 1MPa 以上となる箇所の使用材料および設計方法
- ・ 設計確認試験や出荷時検査の内容・方法
- ・ 定期検査・メンテナンスの内容・方法
- ・ 防爆仕様
- ・ 設備仕様、維持・運用方法を、高圧ガス保安法（特定設備検査規則含む）の基準と照会し整合性を確認するとともに、法技術的課題を特定した。

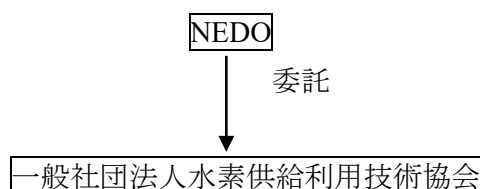
3.2 国内調査

- 1) 4MPa 程度の水電解装置市場に参入するにあたり、現状の技術課題等について国内メーカーを調査した。
- 2) 国内の技術的な法規制の課題を抽出した。
- 3) 水素製造装置高圧化コストメリット検討
常用圧力引上げ（高圧化）による効率化コストの再検証として、国内の法技術課題が解決された際に得られる要件緩和と効率化効果について、国内外メーカーへのヒアリング結果から、定量的な評価を実施。
- 4) 研究開発項目・評価方法の明確化検討
高圧型水素製造装置をガス設備相当として国内で運用するにあたり、必要となる技術基準等に関する研究項目と評価方法を明確化し、本件調査で確認された法技術課題の解決方法・対応を提言した。

4.実施計画

調査項目	2022 年度			
	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期
1) 海外メーカー調査			→	
2) 国内メーカー調査			→	
3) 国内技術基準課題調査			→	
4) 水素製造装置高圧化コストメリット検討			→	
5) 研究開発項目・評価方法の明確化検討			→	

5.研究体制



第2章 研究成果

1. 水素製造装置の概要

水素製造装置には、水やアルカリ水を電気によって分解する水電気分解装置(以下、「水電気分解装置」という。)や都市ガスやプロパンなどの炭化水素を、水蒸気で改質する水蒸気改質装置などがある。

水電気分解装置には、純水を固体高分子膜を介して、水素と酸素に分解する技術であるが、膜の性質により、プロトンが移動する PEM やアニオンが移動する AEM が主流である。一方、従来技術で、水酸化カリウム水溶液等のアルカリ水溶液を電気分解するアルカリ水電気分解、近年研究開発されている固体酸化物膜電気分解 (SOEC) などがある。

また、水蒸気改質装置は、従来より鉄触媒を用いた石油精製など大量の水素を製造する技術で、ナフサ・ブタン・プロパン・メタンを原料に水蒸気で CO 及び水素に改質し、シフト反応 ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO} \Rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$) により CO を取り除くことで精製している。

世界の代表的なメーカーを以下に示す。

1. Sunfire (ドイツ)
2. Thyssenkrupp (ドイツ)
3. Siemens (ドイツ)
4. RWE (ドイツ)
5. H-TEC SYSTEMS (ドイツ)
6. Linde (ドイツ)
7. Hynamics (ドイツ)
8. ITM Power (イギリス)
9. Igas Energy (イギリス)
10. Clean Power Hydrogen Group Limited (イギリス)
11. John Cockerill (ベルギー)
12. McPhy (フランス)
13. SAGIM SA (フランス)
14. elogen(AREVA H2Gen) (フランス)
15. Enapter (イタリア)
16. Hemeth System (デンマーク)
17. Haldor Topsoe (デンマーク)
18. GreenHydrogenSystems (デンマーク)
19. Water2H2 (スウェーデン)
20. Nel (ノルウェー)
21. HydrogenPro (ノルウェー)
22. Plug Power (アメリカ)
23. Bloom Energy (アメリカ)
24. H2U Technologies (アメリカ)

25. Teledyne Energy Systems (アメリカ)
26. Cummins (アメリカ)
27. Hydrogenics (カナダ)
28. Next Hydrogen (カナダ)
29. Hydrogen Optimized (カナダ)
30. Hytron Energy & Gas (ブラジル)
31. 旭化成 (日本)

オンサイト水素ステーション向け電解装置メーカー

1. HYGEAR (オランダ)
2. Bayotech (アメリカ)
3. Standard Hydrogen (アメリカ)
4. Fusion Fuel Green (アイルランド)

(出典：有限会社デジタルリサーチ ホームページ <https://digital-research.co.jp/1773/>)

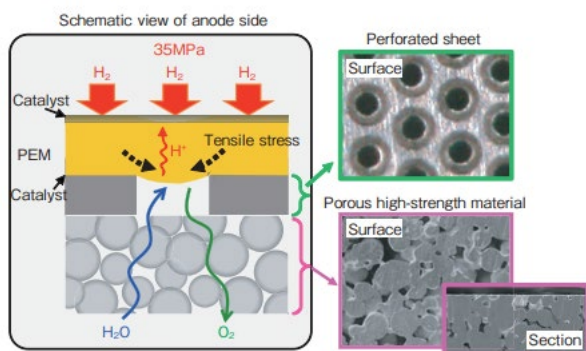
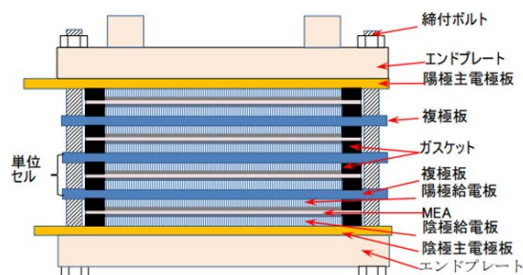
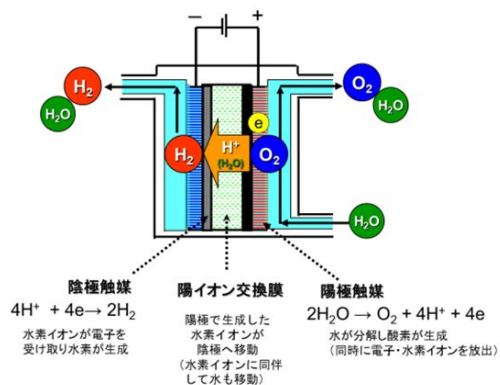
1.1 PEM 水電解装置

PEM (Polymer Electrolyte Membrane or Proton Exchange Membrane) 水電解装置は、燃料電池自動車(FCV)に搭載されている燃料電池に電流を流し、水素と酸素の反応ではなく、水を分解し水素と酸素を生成する逆反応を利用した水素製造装置である。PEM 水電解装置の原理は、電気を使って水を分解することであり、この装置は、導電性の板で構成された陽極と陰極、そしてこれらを仕切るポリマー電解質膜から構成されている。

1.1.1 水電解の原理

PEM 水電解装置は、外部から電気を供給することで水を分解するため、再生可能エネルギー源を使用して、持続可能な水素生産が可能です。また、この装置は、化学反応の速度が非常に速く、反応の正確な制御が可能であるため、高いエネルギー変換効率を実現できます。水電解の過程では、カソードに電気が供給されると、カソード側に送り込まれた水は、酸素ガス (O₂) を発生するとともに、陽イオン (H⁺) が移動します。アノード側では、電子が供給され、水素ガス (H₂) を発生します。

ここで、ポリマー電解質膜は、H⁺イオンを通すことができるが、OH⁻イオンを通さないため、陽極と陰極を分離し、水素ガスと酸素ガスは、それぞれの集合器で収集される。



耐圧性能は、電解質膜とこれを支えるポラスなシートなどで支えられている。

(出典：本田技術研究所 論文サイト <https://www.hondarandd.jp/point.php?pid=47&lang=jp>)

1.1.2 装置メーカー

1) 株式会社イープラン(<http://www.e-plan-net.com/service02.php>)

本社 〒882-0024

宮崎県延岡市大武町 5453-5

工場 〒883-0022

宮崎県日向市大字平岩字 8638-1

アルカリ水電解装置及び PEM 水電解装置を製造。

2) 東芝エネルギーシステムズ株式会社

(<https://www.global.toshiba/jp/products-solutions/hydrogen/research.html#rd01>)

AEM 水電解装置を用いた自立型水素供給システム H2One 装置を製造販売している。そのほか、SOEC 固体酸化物型水電解セルや PEM 水電解セルの研究開発も実施している。

水電解セルの膜開発に注力しているとのこと。

3) 日立造船株式会社

(<https://www.hitachizosen.co.jp/business/field/electrolytic-hydrogen/hydrogen-generator.html>)

PEM 水電解装置(Hydrospring)を販売している。高圧ガス保安法に準拠する高圧型電解セルの開発も検討しているとの事。

能力：1、10、50、100、200Nm³/hr

圧力：0.8MPaG

消費電力：5kWh-AC/Nm³

4) nel

欧米で、広く販売し、かつ、多くのプロジェクトに参加し、常圧アルカリ水電解装置と高圧 PEM 水電解装置を取り揃えている。

C シリーズ 能力：10、20、30Nm³/hr

SPECIFICATIONS	C10	C20	C30
Nominal Production Rate	10 Nm ³ /h	20 Nm ³ /h	30 Nm ³ /h
Production Capacity Dynamic Range	0 to 100%	0 to 100%	0 to 100%
Power Consumption by System	6.2 kWh/Nm ³	6.0 kWh/Nm ³	5.8 kWh/Nm ³
Purity	99.9998%	99.9998%	99.9998%
O ₂ -Content in H ₂	< 1 ppm v	< 1 ppm v	< 1 ppm v
H ₂ O-Content in H ₂	< 2 ppm v	< 2 ppm v	< 2 ppm v
Delivery Pressure	30 barg (435 psig)	30 barg (435 psig)	30 barg (435 psig)
Dimensions			
Electrolyser Enclosure – L x W x H	2.5 m x 1.2 m x 2 m	2.5 m x 1.2 m x 2 m	2.5 m x 1.2 m x 2 m
Power Supply Enclosure – L x W x H	1.7 m x 1 m x 2 m	1.7 m x 1 m x 2 m	1.7 m x 1 m x 2 m
Ambient Temperature	5 to 40°C	5 to 40°C	5 to 40°C
Electrolyte	Proton Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane
Feed Water Consumption	0.9 l/Nm ³	0.9 l/Nm ³	0.9 l/Nm ³

H シリーズ 能力：2、4、6Nm³/hr

SPECIFICATIONS	H2	H4	H6
Nominal Production Rate	2 Nm ³ /h	4 Nm ³ /h	6 Nm ³ /h
Production Capacity Dynamic Range	0 to 100%	0 to 100%	0 to 100%
Power Consumption by System	7.3 kWh/Nm ³	7.0 kWh/Nm ³	6.8 kWh/Nm ³
Purity	99.9995%	99.9995%	99.9995%
O ₂ -Content in H ₂	< 1 ppm v	< 1 ppm v	< 1 ppm v
H ₂ O-Content in H ₂	< 5 ppm v	< 5 ppm v	< 5 ppm v
Delivery Pressure	15 barg/30 barg option	15 barg/30 barg option	15 barg/30 barg option
Dimensions – L x W x H	1.8 m x 0.8 m x 1.9 m	1.8 m x 0.8 m x 1.9 m	1.8 m x 0.8 m x 1.9 m
Ambient Temperature	5 to 50°C	5 to 50°C	5 to 50°C
Electrolyte	Proton Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane
Feed Water Consumption	0.9 l/Nm ³	0.9 l/Nm ³	0.9 l/Nm ³

S シリーズ : 0.27、0.53、1.05Nm³/hr

SPECIFICATIONS	S10	S20	S40
Nominal Production Rate	0.27 Nm ³ /h	0.53 Nm ³ /h	1.05 Nm ³ /h
Production Capacity Dynamic Range	0 to 100%	0 to 100%	0 to 100%
Power Consumption by System	6.1 kWh/Nm ³	6.1 kWh/Nm ³	6.1 kWh/Nm ³
Purity	99.9995%	99.9995%	99.9995%
O ₂ -Content in H ₂	< 1 ppm v	< 1 ppm v	< 1 ppm v
H ₂ O-Content in H ₂	< 5 ppm v	< 5 ppm v	< 5 ppm v
Delivery Pressure	13.8 barg (200 psig)	13.8 barg (200 psig)	13.8 barg (200 psig)
Dimensions – L x W x H	0.8 m x 1 m x 1.1 m	0.8 m x 1 m x 1.1 m	0.8 m x 1 m x 1.1 m
Ambient Temperature	5 to 40°C/5-50°C option	5 to 40°C	5 to 40°C
Electrolyte	Proton Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane
Feed Water Consumption	0.9 l/Nm ³	0.9 l/Nm ³	0.9 l/Nm ³

For reference only – specifications are subject to change. Please contact Nel Hydrogen for solutions to best fit your needs.

M シリーズ

能力 : MC : 246、492Nm³/hr M : 1,968、2,952、3,936、4,920 Nm³/h

SPECIFICATIONS	MC250	MC500
Net Production Rate	246 Nm ³ /h	492 Nm ³ /h
Production Capacity Dynamic Range	10 to 100%	10 to 100%
Average Power Consumption at Stack ¹	4.5 kWh/Nm ³	4.5 kWh/Nm ³
Purity – with optional high purity dryer	99.9995%	99.9995%
O ₂ -Content in H ₂	< 1 ppm v	< 1 ppm v
H ₂ O-Content in H ₂	< 5 ppm v	< 5 ppm v
Delivery Pressure	30 barg	30 barg
Dimensions		
Process Container – W x D x H	12.2 m x 2.5 m x 3 m	12.2 m x 2.5 m x 3 m
Rectifier/Transformer Container – W x D x H	6.1 m x 2.5 m x 2.6 m	12.2 m x 2.5 m x 3 m
Ambient Temperature ²	-20 to 40°C	-20 to 40°C
Electrolyte	Proton Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane
Feed Water Consumption	0.9 l/Nm ³	0.9 l/Nm ³

SPECIFICATIONS	M2000	M3000	M4000	M5000
Net Production Rate	1,968 Nm ³ /h	2,952 Nm ³ /h	3,936 Nm ³ /h	4,920 Nm ³ /h
Production Capacity Dynamic Range	10 to 100%	10 to 100%	10 to 100%	10 to 100%
Average Power Consumption at Stack ¹	4.5 kWh/Nm ³	4.5 kWh/Nm ³	4.5 kWh/Nm ³	4.5 kWh/Nm ³
Purity – with optional high purity dryer	99.9995%	99.9995%	99.9995%	99.9995%
O ₂ -Content in H ₂	< 1 ppm v	< 1 ppm v	< 1 ppm v	< 1 ppm v
H ₂ O-Content in H ₂	< 5 ppm v	< 5 ppm v	< 5 ppm v	< 5 ppm v
Delivery Pressure	30 barg	30 barg	30 barg	30 barg
Footprint	Dependent upon configuration	Dependent upon configuration	Dependent upon configuration	Dependent upon configuration
Ambient Temperature	10-40°C	10-40°C	10-40°C	10-40°C
Electrolyte	Proton Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane
Feed Water Consumption	0.9 l/Nm ³	0.9 l/Nm ³	0.9 l/Nm ³	0.9 l/Nm ³

For reference only – specifications are subject to change. Please contact Nel Hydrogen for solutions to best fit your needs.

¹ Total power consumption will be higher and dependent upon system configuration.

² Additional low ambient and high ambient temperature options available for MC units..

(出典 : Nel Hydrogen ホームページ)

(<https://nelhydrogen.com/wp-content/uploads/2022/06/High-Purity-Brochure-Rev-J-Single-Pages.pdf>)

5) ITM POWER

海外調査の候補であったが、最近の水素製造装置の需要が非常に高まり、受注が多く、対応してくれる部署も多忙を極め、残念ながら、調査することができなかった。

1.1.3 関係法令・規格基準

国内メーカーの PEM 水電解セルは、いずれも 1MPaG 以下のため、高圧ガス保安法（以下、「高圧法」という。）の対象設備ではないが、その容積や圧力によって、労働安全衛生法（以下、「労安法」という。）の対象となる。なお、労安法の詳細については、後述する。

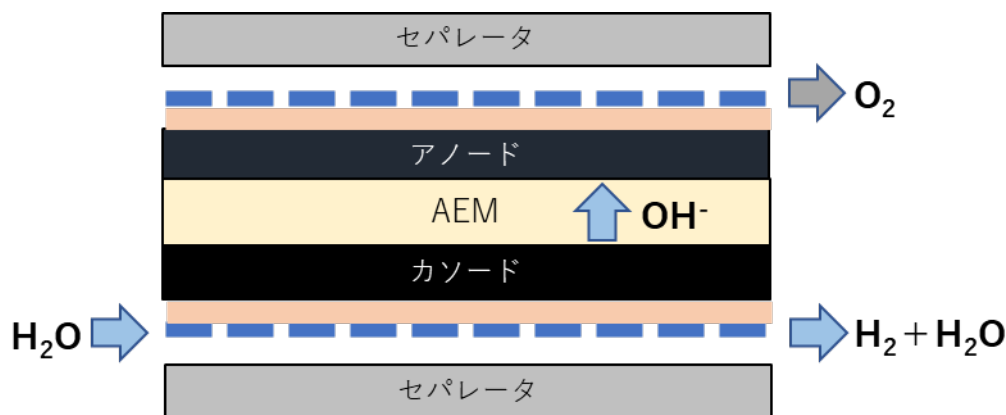
海外の PEM 水電解装置は、3.5MPa 程度で、国内導入にあたっては、高圧ガス保安法対象となり、一般高圧ガス保安規則・特定設備検査規則・関係例示基準等・保安検査基準などの対応（一部、対応が不要なものもある。）が必要となり、1MPa 以下に改造したうえで国内導入を検討するなど、二の足を踏む例がある。

1.2 AEM 水電解装置

1.2.1 水電解の原理

PEM 水電解セルでは、プロトンが移動することで水素を生成しているが、AEM（Anion Exchange Membrane）水電解セルでは、アニオンが移動し、アノード側で酸素を発生させ、カソード側で水素を発生させる。

カソード側に水を供給するため、水素と水がともに排出される。



1.2.2 装置メーカー

1) Enapter(<https://www.enapter.com/ja/aem-electrolyser>)

モジュール式で積み重ね可能な電解装置で、多数の電解装置を組み合わせることでメガワットの生産も可能。

AEM Electrolyser EL4.0

能力：500 NL/hr

圧力：最大 35bar

寸法：幅:482 mm 奥行:635 mm 高さ:266 mm

重量（水無し）：38 kg

AEM Multicore

能力：210 Nm³/h

圧力：35 bar

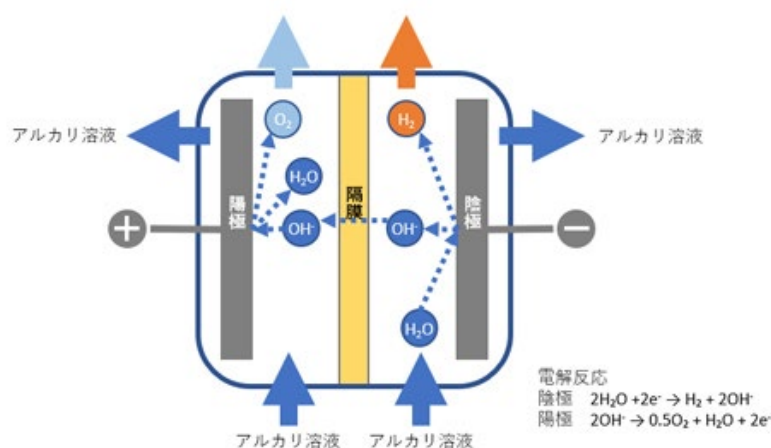
寸法：2.438 m x 12.192 m x 2.591 m

重量（水無し）：約 30 t

1.3 アルカリ水電解装置

1.3.1 アルカリ水電解の原理

主に電極、隔壁及び電解液で構成され、電極には鉄電極あるいはニッケル系材料がもちられ、隔壁は両極で発生する水素と酸素との混合を防止している。ポリエステル系の多孔質膜、フッ素膜、芳香族膜等がもちいられている。電解液は水酸化カリウム水溶液などが使われている。



(出典：株式会社トクヤマ ホームページ

https://www.tokuyama.co.jp/research/recent_study/awe.html)

1.3.2 装置メーカー

1) 株式会社イープラン(<http://www.e-plan-net.com/service02.php>)

本社 〒882-0024

宮崎県延岡市大武町 5453-5

工場 〒883-0022

宮崎県日向市大字平岩字 8638-1

アルカリ水電解装置及び PEM 水電解装置を製造。

2) 株式会社トクヤマ(https://www.tokuyama.co.jp/research/recent_study/awe.html)

オリジナル技術により、世界最高レベルの低電力消費量を実現できるアルカリ水電解装置を開発している。(開発中と思われる。)

3) 旭化成株式会社(<https://ak-green-solution.com/>)

水素製造用アルカリ水電解システム「アクアライザー」を開発し、福島水素エネルギー研究フィールド(FH2R)に採用された。

1.4 SOEC

固体酸化物形電解セル (Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC) は、高温の固体電解質を用いた水の電気分解装置で非常に高温かつ高効率で作動する。現在、各社で研究開発中でまだ、実用化はされていない模様。

1.4.1 水電解の原理

固体酸化物型電解槽は、500～850℃の高温電解を可能にする温度で作動する。電気分解により水素と酸素のガスが発生する。電気分解反応を化学式で以下に示す。水の酸化は陽極（アノード）で、水の還元は陰極（カソード）で行われる。

陽極： $2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^-$

陰極： $\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}^{2-}$

全体： $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

298 K (25 °C) での水の電気分解には、285.83 kJ/mol のエネルギーが必要であるが、温度が上がるにつれギブス自由エネルギーが低下し必要な電圧・電力は低下し、吸熱反応でエネルギーが賄われる。電解槽のジュール熱を高温の水分解反応に利用することで、100%に等しい効率で電気分解できる。（出典：wikipedia）

1.4.2 装置メーカー

1) 株式会社デンソー

(https://www.denso.com/jp/ja/driven-base/tech-design/soec/?utm_source=yahoo&utm_medium=cpc&utm_campaign=rebranding_article&yclid=YSS.1000965148.EAIaIQobChMI2YnQpOK1_gIVVrOWCh1FQQSYEAAAYASAAEgKZovD_BwE)

熱回収等熱管理に注目して、SOEC を研究開発中。

2) 東芝エネルギーシステム株式会社

(<https://www.global.toshiba/jp/products-solutions/hydrogen/products-technical-services/supply-chain.html>)

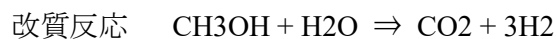
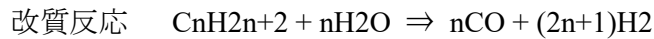
東芝では高性能・大容量の水素製造に向けて水電解装置 SOEC の開発を進めている。

1.5 水蒸気改質

一般的には、天然ガス(都市ガス含む)、プロパン、ブタンなどの炭化水素を水蒸気で改質するものが主流であるが、反応温度が低くなるメタノールなども用いられる。

1.5.1 改質反応

反応は、改質反応で生じた CO をシフト反応で CO₂ に変えることで完了する。



1.5.2 装置メーカー

1) 大阪ガス株式会社(https://www.daigasgroup.com/rd/topic/1310016_53539.html)

都市ガス等の水蒸気改質型のコンパクト水素製造装置(HYSERVE シリーズ)を販売している。

原料：都市ガス等炭化水素

能力：30、100、300Nm³/hr 及び 5Nm³/hr

圧力：0.70MPaG 以下、0.65MPaG 以下(5Nm³/hr)

設置例：大阪ガス大阪水素ステーション HYSERVE -30(30Nm³/hr)

大阪ガス北大阪水素ステーション HYSERVE-300(300Nm³/hr)

2) 住友精化株式会社(<https://www.sumitomoseika.co.jp/product/gas/engineering/detail04/>)

メタノールを水蒸気改質する高純度水素製造装置を製造販売している。

パッケージタイプ

原料：メタノール

能力：50、100、150、200Nm³/hr

圧力：0.784 MPaG

メタノール：0.66～0.70kg/H₂-Nm³

電気：0.60～0.75kW/H₂-Nm³

一般形

原料：メタノール

能力：500、1000、1500、2000Nm³/hr

圧力：0.784 MPaG

メタノール：0.58kg/H₂-Nm³

電気：0.04kW/H₂-Nm³

補助燃料：0.021Nm³-プロパン/H₂-Nm³

3) 三菱化工機株式会社(<https://www.kakoki.co.jp/products/p-001/index.html>)

都市ガスやLPGを水蒸気改質するHygeiaを製造販売するとともに、製油所などでも使用される大型水素製造装置も手掛けている。

原料：都市ガス、LPG

能力：50,100,200,300,500,1000Nm³/hr

圧力：0.7MPaG

4) エア・ウォーター・プラントエンジニアリング（株）

(<https://products.awi.co.jp/ja/industrial/business/plant/id002496>)

天然ガスを水蒸気改質する水素発生装置VHRを製造販売している。水素精製にPVSA（真空再生方式）を採用。

原料：天然ガス

能力：100,200,300,400Nm³/hr

圧力：不明

2. 水素製造装置に関わる基準

2.1 国内の法令・規則・基準

水素製造装置としては、国内に法令等はないが、その装置の圧力や容積によって、高圧ガス保安法や労働安全衛生法により規制を行ける場合がある。

2.2 高圧ガス保安法関連

1MPa以上の装置では、容積のいかんにかかわらず高圧ガス保安法が適用され、一般高圧ガス保安規則やコンビナート等保安規則及びそれらに関連する例示基準が適用される。

また、圧力(MPa)と容積(Nm³)の積が0.004以上では、特定設備検査規則も適用される。

2.2.1 一般高圧ガス保安規則及び例示基準

一般高圧ガス保安規則(以下、「一般則」という。)第2条第18号りに「水電解水素発生昇圧装置(水の電気分解により水素及び酸素を発生し、かつ、発生した水素のみの圧力を上昇する装置をいう。)」と定義されている。

また、第7条の3第14号に「一の圧縮水素スタンドにおいて、常用の圧力の異なる複数の蓄圧器、液化水素昇圧ポンプに接続される送ガス蒸発器又は圧縮機(水電解水素発生昇圧装置を含む。以下この号及び第十六号並びに次項第三十号及び第三十四号並びに第十二条の二第二項第五号において同じ。)が配管(圧縮水素を送り出すために蓄圧器、液化水素昇圧ポンプに接続される送ガス蒸発器に取り付けられる配管に接続されるものに限る。)で接続される場合には、当該配管に、常用の圧力が高い蓄圧器又は圧縮機から常用の圧力が低い蓄圧器に圧縮水素が流入することを防止するための措置を講ずること。」とあり、圧縮機と同等の逆流防止対策を求めている。

例示基準55の3. 流入防止措置では、

1. 流入することを防止する措置は、逆止弁とし、逆止弁の取付け位置は、2.のとおりとする。
2. 図 略

さらに、第17号に「水電解水素発生昇圧装置により、圧縮水素を製造する場合は、当該水電解水素発生昇圧装置には、爆発、漏えい、損傷等を防止するための措置を講ずること。」とあり、第7条の3第2項第6号に定められた圧縮機への措置と同等の対策を求めている。

なお、第7条の3第1項では、圧縮機に爆発、漏えい、損傷等を防止するための措置は求められていない。

例示基準58の2. 圧縮水素を製造する水電解水素発生昇圧装置の保安措置では、次のように規定されている。

圧縮水素スタンドの圧縮水素を製造する水電解水素発生昇圧装置には、次に掲げる保安措置を講ずること。

1. 水電解水素発生昇圧装置の水素及び酸素の放出管の開口部は、付近に滞留するおそれのない通風のよい場所に設置するとともに、酸素の放出管の開口部を、水素の放出管の開

口部の高さより低い位置に設置すること。また、酸素を放出する際には、空気又は不活性ガスと混合し、他に危害を及ぼすおそれのない濃度で放出すること。

- 2.水素と酸素を分離する膜（支持体を含む）は、設計上の最高圧力に対し、十分な強度を有すること。
- 3.水電解水素発生昇圧装置において、水素と酸素を分離する膜に破裂、破れ等が生じ、水素に酸素が混入するおそれが生じた場合には、自動的に当該装置を停止する措置を講ずること。
- 4.低温による水の凍結に伴う水電解水素発生昇圧装置の損傷を防止する措置を講ずること。
- 5.水素気液分離器、酸素気液分離器、水封器等の液面計故障時の対策が考慮されていること。

完成検査に規定では、第14号について、「常用の圧力が高い蓄圧器、液化水素昇圧ポンプに接続される送ガス蒸発器又は圧縮機から常用の圧力が低い蓄圧器に圧縮水素が流入することを防止するために配管に講じた措置の状況を目視等により検査し、当該措置の機能を作動試験又はその記録により検査する。」、また、第17号について「水電解水素発生昇圧装置に講じた爆発、漏えい、損傷等を防止するための措置の状況を目視等によるほか、図面又は記録により検査し、当該措置の機能を作動試験又はその記録により検査する。」と記載がある。

なお、コンビナート等保安規則も同等の記載がある。

2.2.2 特定設備検査規則

高压法第56条の3に定める特定設備に関する検査規則で、高压ガスの製造（製造に係る貯蔵を含む。）のための設備のうち、高压ガスの爆発その他の災害の発生を防止するためには設計の検査、材料の品質の検査又は製造中の検査を行うことが特に必要なものとして経済産業省令で定める設備の製造をする者は、経済産業省令で定めるところにより、その特定設備について、経済産業省令で定める製造の工程ごとに、経済産業大臣、協会又は経済産業大臣が指定する者（以下「指定特定設備検査機関」という。）が行う特定設備検査を受けなければならない。

特定設備の範囲として、第3条に「法第五十六条の三第一項の経済産業省令で定める設備は、高压ガス設備のうち次の各号に掲げる容器以外の容器及び当該容器の支持構造物（塔（一般高压ガス保安規則第六条第一項第十七号に規定する塔をいう。）又は貯槽（貯蔵能力が三百立方メートル又は三トン以上のものに限る。）（以下「塔槽類」という。）と一体のもの（以下「特定支持構造物」という。）に限る。）とする。」とあり、次の容器は該当しない。

- 一 容器保安規則（昭和四十一年通商産業省令第五十号）の適用を受ける容器
- 二 国際相互承認に係る容器保安規則（平成二十八年経済産業省令第八十二号）の適用を受ける容器
- 三 法第五十六条の七第二項の認定を受けた容器（令第十五条第一号に定めるものに限る。）

- 四 設計圧力（特定設備を使用することができる最高の圧力として設計された圧力をいう。以下同じ。）をメガパスカルで表した数値と内容積を立方メートルで表した数値との積が 0.004 以下の容器
- 五 内容積が 0.001 立方メートル以下であつて、設計圧力が三十メガパスカル未満の容器
- 六 ポンプ、圧縮機及び蓄圧機に係る容器
- 七 ショック・アブソーバその他の緩衝装置に係る容器
- 八 流量計、液面計その他の計測機器及びストレーナに係る容器
- 九 自動車用エアバッグガス発生器に係る容器
- 十 蓄電池に係る容器

PEM 電解セルや AEM 電解セルは、容積が小さいため、第 4 号又は第 5 号に該当する可能性が高い。前提条件 3.5MPa 、 1L ($=0.001\text{m}^3$)。

第 4 号の例 $3.5\text{MPa} \times 0.001\text{m}^3 = 0.0035 < 0.004$

第 5 号の例 $0.001\text{m}^3 \leq 0.001\text{m}^3$ 、 $3.5\text{MPa} < 30\text{MPa}$

なお、本田技研工業の SHS に用いられている PEM 水電解セルは 35MPa のため、適用除外にはならないが、水電解水素発生昇圧装置は第 6 号の圧縮機の例ではないかという解釈もありうると考える。

なお、特定設備検査規則（以下、「特定則」という。）の例示基準には、別添 1～7 まで例示されている。

別添 1 「特定設備の技術基準の解釈」

別添 2 「平底円筒形貯槽の技術基準の解釈」

別添 3 「バルク貯槽の技術基準の解釈」

別添 4 「特定設備の部品等の技術基準の解釈」

別添 5 「特定設備製造設備及び特定設備検査設備の技術基準の解釈」

別添 6 「品質管理の方法及び検査のための組織の技術基準の解釈」

別添 7 「第二種特定設備の技術基準の解釈」

PEM 水電解セルや AEM 水電解セルは、別添 1 を適用するものと考えられる。ただし、第 46 条 耐圧試験が困難な設備である場合には、応力解析や圧力サイクル試験等による耐圧性能を補完する試験が必要と考えられる。

2.3 労働安全衛生法関連

労働安全衛生法は、労働基準法（昭和二十二年法律第四十九号）と相まって、労働災害の防止のための危害防止基準の確立、責任体制の明確化及び自主的活動の促進の措置を講ずる等その防止に関する総合的計画的な対策を推進することにより職場における労働者の安全と健康を確保するとともに、快適な職場環境の形成を促進することを目的とする法律である。

この法律の第 37 条第 1 号に、「特に危険な作業を必要とする機械等として別表第一に掲げるもので、政令で定めるもの（以下「特定機械等」という。）を製造しようとする者は、厚

生労働省令で定めるところにより、あらかじめ、都道府県労働局長の許可を受けなければならない。」とあり、別表第1を以下に記載する。

別表第一（第三十七条関係）

- 一 ボイラー
- 二 第一種圧力容器（圧力容器であつて政令で定めるものをいう。以下同じ。）
- 三 クレーン
- 四 移動式クレーン
- 五 デリック
- 六 エレベーター
- 七 建設用リフト
- 八 ゴンドラ

このうち、第1種圧力容器とは、小型圧力容器並びに船舶安全法の適用を受ける船舶に用いられるもの及び電気事業法、高圧ガス保安法、ガス事業法又は液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律の適用を受けるものを除くとされており、高圧ガス保安法の適用を受けない容器であつて、小型圧力容器や第2種圧力容器に該当しない容器を言う。

また、第42条には、特定機械ではないが、「特定機械等以外の機械等で、別表第二に掲げるものその他危険若しくは有害な作業を必要とするもの、危険な場所において使用するもの又は危険若しくは健康障害を防止するため使用するもののうち、政令で定めるものは、厚生労働大臣が定める規格又は安全装置を具備しなければ、譲渡し、貸与し、又は設置してはならない。」として、別表第2を以下に記載する。

別表第二（第四十二条関係）

- 一 ゴム、ゴム化合物又は合成樹脂を練るロール機及びその急停止装置
- 二 第二種圧力容器（第一種圧力容器以外の圧力容器であつて政令で定めるものをいう。次表において同じ。）
- 三 小型ボイラー
- 四 小型圧力容器（第一種圧力容器のうち政令で定めるものをいう。次表において同じ。）
- 五 プレス機械又はシャーの安全装置
- 六 防爆構造電気機械器具
- 七 クレーン又は移動式クレーンの過負荷防止装置
- 八 防じんマスク
- 九 防毒マスク
- 十 木材加工用丸のこ盤及びその反発予防装置又は歯の接触予防装置
- 十一 動力により駆動されるプレス機械
- 十二 交流アーク溶接機用自動電撃防止装置
- 十三 絶縁用保護具
- 十四 絶縁用防具
- 十五 保護帽

十六 電動ファン付き呼吸用保護具

第2種圧力容器及び小型圧力容器が厚生労働大臣が定める規格又は安全装置を具備しなければならぬ容器に該当する。

第1種圧力容器とは、以下イ～ニに掲げる容器で、ゲージ圧力 0.1MPa 以下で使用する容器で、内容積が 0.04m³ 以下のもの又は胴の内径が 200mm 以下で、かつ、その長さが 1,000mm 以下のもの及びその使用する最高のゲージ圧力を MPa で表した数値と内容積を m³ で表した数値との積が 0.004 以下の容器を除くとあり、PEM 水電解セル、AEM 水電解セル、アルカリ水電解セルは該当しないものと考えられる。

- イ 蒸気その他の熱媒を受け入れ、又は蒸気を発生させて固体又は液体を加熱する容器で、容器内の圧力が大気圧を超えるもの（ロ又はハに掲げる容器を除く。）
- ロ 容器内における化学反応、原子核反応その他の反応によつて蒸気が発生する容器で、容器内の圧力が大気圧をこえるもの
- ハ 容器内の液体の成分を分離するため、当該液体を加熱し、その蒸気を発生させる容器で、容器内の圧力が大気圧をこえるもの
- ニ イからハマまでに掲げる容器のほか、大気圧における沸点をこえる温度の液体をその内部に保有する容器

第1種圧力容器は、（簡易）容器及び小型圧力容器のいずれにも該当しない規模の大きい圧力容器で、製造許可をはじめ、製造又は輸入、設置などの各段階での都道府県労働局などによる検査が義務付けられ、また、使用開始後は年に1回登録性能検査機関による性能検査が義務付けられている。

小型圧力容器は、第一種圧力容器のうち、次に掲げる容器をいうが、PEM 水電解セル、AEM 水電解セル、アルカリ水電解セルは第一種圧力容器に当たらないので、これに該当しないものと考えられる。

- イ ゲージ圧力 0.1MPa 以下で使用する容器で、内容積が 0.2m³ 以下のもの又は胴の内径が 500mm 以下で、かつ、その長さが 1,000mm 以下のもの
- ロ その使用する最高のゲージ圧力を MPa で表した数値と内容積を m³ で表した数値との積が 0.02 以下の容器

小型圧力容器は、労働安全衛生法施行令第1条第6号に定める圧力容器で、（簡易）容器より規模の大きい圧力容器で、小型ボイラー及び小型圧力容器構造規格に基づく製造、製造時又は輸入時に個別検定の受検、1年に1回の定期自主検査などが義務付けられている。

（簡易）容器とは、前述の第1種圧力容器のイ～ニに掲げる容器のうち、第1種圧力容器以外のもの（ゲージ圧力 0.1MPa 以下で使用する容器で内容積が 0.01m³ 以下のもの及びその使用する最高のゲージ圧力を MPa で表した数値と内容積を m³ で表した数値との積が 0.001 以

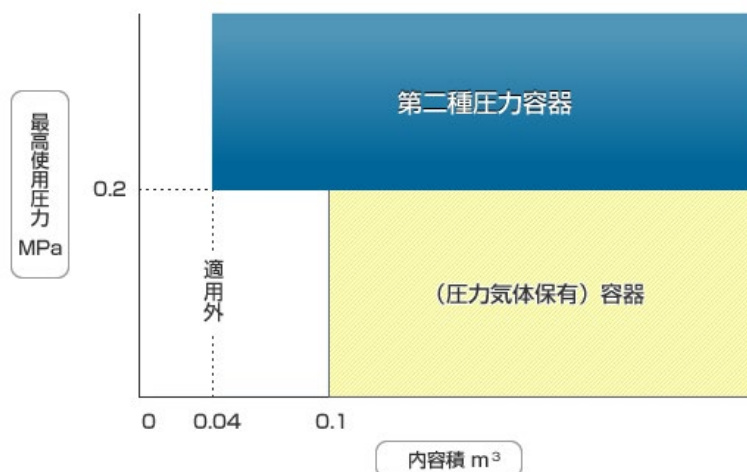
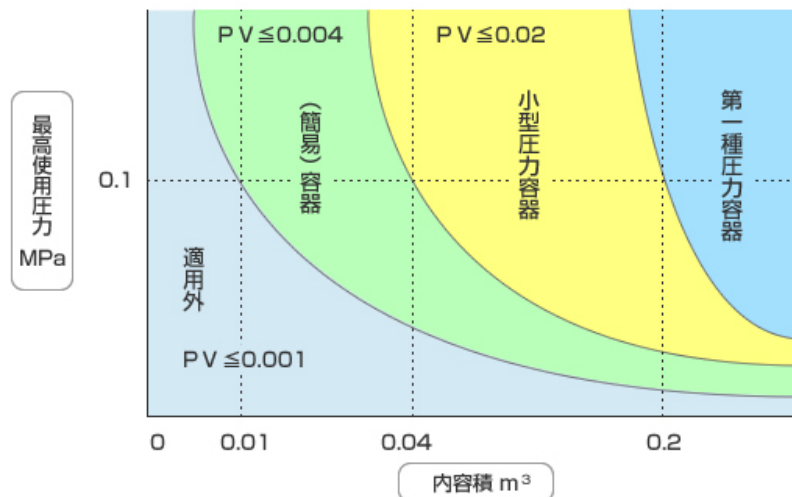
下の容器並びに船舶安全法の適用を受ける船舶に用いられるもの及び電気事業法、高圧ガス保安法、ガス事業法又は液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律の適用を受けるものを除く。)をいうが PEM 水電解セル、AEM 水電解セル、アルカリ水電解セルは第一種圧力容器に当たらないので、これに該当しないものと考えられる。

なお、簡易ボイラー等構造規格の遵守が義務付けられているが、都道府県労働局、労働基準監督署又は登録性能検査機関などによる検査は義務付けられていない。

第2種圧力容器とは、労働安全衛生法施行令第1条第7号に「ゲージ圧力 0.2MPa 以上の気体をその内部に保有する容器（第一種圧力容器を除く。）のうち、次に掲げる容器をいう。

イ 内容積が 0.04m³ 以上の容器、ロ 胴の内径が 200mm 以上で、かつ、その長さが 1000mm 以上の容器」とあり、PEM 水電解セル、AEM 水電解セルは、該当しないものと考えられる。

(簡易) 容器より規模の大きい圧力容器であり、第二種圧力容器構造規格に基づく製造、製造時又は輸入時に個別検定の受検、1年に1回の定期自主検査などが義務付けられている。



(出典：一般社団法人日本ボイラー協会ホームページ
<https://www.jbanet.or.jp/examination/classification/vessel-2/>)

以上、労安法関連の定義等から、PEM 高圧水電解セルや AEM 高圧水電解セルは、(簡易) 容器の範囲に入るが、前述のイ～ニに該当しない為、特に制約を受けるものではない可能性がある。さらなる詳細検討が必要。

$$0.001 \leq PV = 0.0035 (= 3.5 \times 0.001) \leq 0.004$$

2.4 海外の法令・規格・基準

PEM 高圧水電解セルや AEM 高圧水電解セルは、欧州では、EU による圧力機器指令 (PED: Pressure equipment Directive) に基づき、各国の法令や ISO 規格などが適用されている。一方、米国では、ASME (The American Society of Mechanical Engineers) などが適用されている。

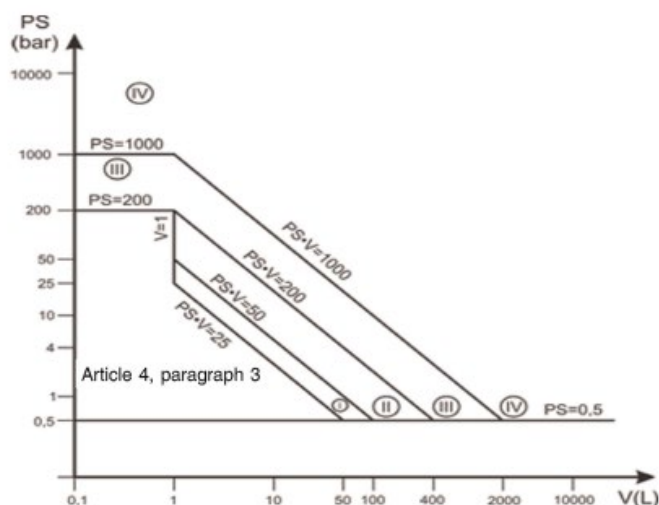
2.4.1 欧州

Pressure Equipment Directive 2014/68/EU (PED) は、すべての EU 加盟国の圧力機器に適用される指令であり、最大許容圧力 0.5 バール (0.05 MPa) 以上の圧力装置 (容器、配管、安全装置、付属品) に適用される。

適用される機器は以下の通り。

- ・ 圧力容器
- ・ 熱交換器
- ・ 蒸気ボイラーおよび部品
- ・ 圧力ガスシリンダー
- ・ 配管 および パイプライン
- ・ 貯蔵タンク
- ・ 安全と圧力アクセサリ (安全、リリーフバルブ、調節器、破裂板など)

PED では、危険度 (グループ 1 またはグループ 2)、最大許容圧力値 (PS) と容量 (V) または配管サイズ (DN) によりカテゴリが決定されます。



(出典：DIRECTIVE 2014/68/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 15 May 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of pressure equipment)

PEM 高圧水電解セルや AEM 高圧水電解セルは、PS=35bar、V<=1L 程度であるので、Article 4, paragraph 3 に該当。

この圧力装置およびアセンブリは、健全な技術対応 (Sound Engineering Practice) に従って設計および製造されなければならない。

圧力装置およびアセンブリには、適切な使用説明書が添付されている必要があります。

その添付がない機器またはアセンブリは、第 18 条で言及されている CE マーキングを付けてはならないと記載されているが、健全な技術対応 (Sound Engineering Practice) が、国内法令等に合致しているかなどさらなる調査が必要である。

一方、ISO では、ISO22734(2019) Hydrogen generators using water electrolysis - Industrial, commercial, and residential applications が発行されており、今回、調査した海外メーカーでもこれに準拠していた。

2.4.2 米国

米国では、配管、乾燥装置等は、ASME に準拠している。詳細は不明であるが、おそらく ASME Section 8 division 1 若しくは division 2 を採用しているものと思われる。詳細な追加調査が必要。

3. メーカー調査

3.1 欧州メーカー

欧州高圧水電解装置メーカーの装置の仕様、安全対策、適用法規・基準等詳細に調査した。詳細は割愛する。

3.2 米国メーカー

米国高圧水電解装置メーカーの装置の仕様、安全対策、適用法規・基準等詳細に調査した。詳細は割愛する。

3.3 国内メーカー

3.3.1 超高圧 PEM 水電解装置メーカー

- ・ 超高圧であるため、特定設備に該当する高圧ガス設備にあたる。ただし、処理量が小さく、これを設置した事業者は第 2 種高圧ガス製造者に該当し、保安検査は対象外となっている。
- ・ 特定設備検査規則関係例示基準別添 1 に準拠、ただし、強度に関して 4 倍加圧試験に代わる解析等を行っているものと推察される。

- ・4MPa程度のPEM水電解装置では、セル容量が小さく、特定設備に該当しない可能性を示唆。また、水素製造昇圧装置は、印加電圧により昇圧しており、化学反応による暴走反応はなく、特定設備の反応器には該当しないのではないかとの見方を示唆。

3.3.2 伝聞情報

- ・A社は、PEM水電解装置を開発・上市しているが、海外同様の高圧(3~4MPa)化を目指して開発しているが、常用圧の取り扱いに関する規制の見直しは、開発まで控えてほしいとのこと。
- ・B社は、膜の耐久性向上により対応することで研究開発も進めており、常用圧の引き上げの要望はないとのこと。

3.3.3 低圧アルカリ水電解装置導入事業者

- ・海外の小型水素供給設備を導入しているが、この設備に低圧アルカリ水電解装置が含まれる。
- ・海外メーカーの勧めにより、高圧ガス保安法の対象とならないよう1MPa以下に改造して導入した模様。
- ・導入事業者も高圧ガス保安法の対象となった場合の負担(保安検査・設計変更)などについて知識がなく、メーカー推奨を受け入れたとの事。

4.国内導入における課題

4.1 規格・基準の比較

海外メーカーの製品は、圧力機器としてはPED、ASMEに準拠し、設備としてはISOに準拠しているものの圧力が3.5MPa程度で、容器容積が1L以下であれば、健全なエンジニアリング技術によって、製造されている。今回調査したメーカーでは、SUS316等の材料が使用されており、国内基準である20MPa以下の実績材と合致し、材料問題はないように考える。

一方で、国内基準では耐圧性能の証明が必要と考えるが、耐圧試験ができない容器なので、これに代わる耐圧性能を示す手段を講じる必要があると考える。国内企業のヒヤリングの中で、特定則適用の機器では、やはり耐圧試験が困難なため、応力解析や圧力サイクル試験を行った例があり、さらなる調査の上、対応を検討する必要があると考える。海外メーカーでも応力解析を行っている企業もあり、参考にすべきである。

4.2 輸入に際してのコスト

国内ユーザーの調査の中で、SUS316を使用しているにもかかわらず、日本に輸出する場合には材料の変更など設計変更が必要で、コストアップになるため、1MPa以下の装置として海外メーカーから購入した例がある。

詳細基準事前評価等で対応すれば、設計変更の必要はなく、設備自身のコストアップにはつながらない可能性があると考え。ただし、耐圧性能を示す手段として応力解析や圧力サ

イクル試験などが必要かと思われるが、そのための試験費用等についてのコストアップがある可能性を否定できない。

4.3 水電解装置の常用圧引き上げによる CAPEX 及び OPEX に関する考察

4.3.1 CAPEX (水素製造装置のみ)

効果：水素製造能力 300 Nm³/h の 4MPa 級の装置を改造なしで、約 2 億円で導入可能
海外メーカー製装置導入の場合、現行（改造あり）に比べて約 1 億円の削減
海外メーカー製装置導入の場合、国内メーカー製装置（1MPa 以下）導入に比べて約 1 億円の削減

前提：

水素製造能力：300 Nm³/h

規制：基準整備等により、4 MPa 級の水素製造装置を実質的に高圧ガス保安法の規制なく導入できる

試算 1 海外メーカー製装置を導入する際のコスト効果

本体コスト：200 百万円

国内法規対応費：100 百万円(本体コストの 50%) ※海外メーカーの説明による

効果：国内法規対応費が不要となるため、100 百万円のコスト低減効果がある

試算 2 国内メーカー製装置との比較

国内メーカー製本体コスト：300 百万円(100 百万円/100Nm³/h から推算)

効果：海外メーカー製装置とのコスト差として、100 百万円のコスト低減効果がある。なお、国内メーカーのスケールアップ効果や量産効果は含めていない。

4.3.2 OPEX

効果：水素原価を約 3.5 円/Nm³ 削減

内訳：圧縮機ユーティリティコストとメンテナンス費の削減により約 300 万円/年の削減、電解の必要電力の増加によるコスト増加

前提：

圧縮機稼働時間 2,000h/年

電力料金 15 円/kWh

年間水素製造量 600,000 Nm³ (54,500 kg)

電解効率 国内製 5.0 kWh/Nm³(日立造船パンフより)

海外製 5.1 kWh/Nm³(各社公表値より 4.4-5.4 kWh/Nm³ の 3 社単純平均)

- ・圧縮機に係るユーティリティコスト

0.6→82 MPa に比べて 3.5→82 MPa の圧縮動力は約 40%減

現行の圧縮機動力を 110 kW として、年間 1,320,000 円/年 (110 x 0.4 x 2000 x 15) のコスト低減

- ・ 圧縮機メンテナンスコスト

0.6→82 MPa が 3.5→82 MPa となることにより、圧縮機段数 1 段減となりメンテナンス費 25%削減

現状の圧縮機メンテコストを 600 万円/年として、年間 150 万円/年 (600 万円/年 x 0.25) のコスト低減

- ・ 電解装置の効率

国内製低圧 PEM の効率 : 5.0 kWh/Nm³ 海外製高圧 PEM の効率 : 5.1 kWh/Nm³ として、
0.1 x 15 = 1.5 円/kWh のコストアップ

5.水素製造装置の常用圧を低コストで 4MPa 程度に上げるために必要な検討事項

①米国で適用される規格基準 (ASME) 及び欧州で適用される規格基準を詳細に調査するとともに、海外メーカーが実際にどのように検査しているのかを詳細に調査する。

②国内法令、特に労安法関連の圧力容器について詳細調査し、当該製品に求められる制約を明確にすると共にその差異を比較検討する。

③運転中の挙動をさらにヒヤリングし、暴走反応などを起こす可能性や対策を調査し、特定則に該当するか否かを見極めること。

④耐圧性能を示す方法を検討するとともに、特定則に該当する場合、試験検査方法を調査し、明確にする。

⑤保安検査方法を検討する。

⑥一般則第 6 条適用施設、一般則第 7 条の 3 及び第 7 条の 4 適用施設における仕様や用途を考慮し、追加すべき技術基準等の検討を行う。

⑦CAPEX 及び OPEX について、更なる詳細検討を行い、高圧化することの効果を確認する。

⑧欧米高圧水電解の調査対象を拡大し、PEM 水電解・アルカリ水電解メーカーの製品調査を行うと共に、水蒸気改質法による水素製造についても高圧化の検討を行う。

6.まとめ

1) 海外メーカー調査

海外の水素製造装置について、基本仕様、および維持・運用方法を調査した。

高圧水電解メーカー 2 社について、その基本仕様、適用法規及び維持・運用方法についてヒヤリング調査した。

ただし、一部の海外メーカーについては、水素製造装置受注が極めて活発となり、輸出先対象として下位にある日本からのヒヤリングを断られたメーカーがあり、今後の調査に委ねる。

2) 国内メーカー調査

国内の水素製造装置について、基本仕様、および維持・運用方法を文献等により調査した。国内メーカーのうち、水素スタンド向け高圧水電解装置については、ヒヤリングを行い、高圧ガス保安法適用、特に特定設備検査規則適用に関し詳しく調査した。

3) 国内技術基準課題調査

国内調査の結果から、海外市場への参入障壁、および高圧型水素製造装置の研究開発・製作する際の国内技術基準に関する課題認識と必要な規制見直しなどの意見を整理した。その結果、海外メーカーの国内法規等に関する誤解や国内ユーザーの誤解など国内法規等の対応方法に関する解説を早急に取りまとめることが肝要であり、今後の調査に委ねる。

また、高圧ガス保安法適用外（1MPa 以下）の対応やガス事業法適用に対する対応等についても解説が必要。

4) 水素製造装置高圧化コストメリット検討

常用圧力引上げ（高圧化）による効率化コストの再検証として、国内の法技術課題が解決された際に得られる要件緩和と効率化効果について、国内外メーカーへの調査結果から、定量的な評価を実施した。

海外の低廉な設備コストと国内メーカーの設備コストには大きな開きがあり、3) に示した国内法規等への誤解を解くことができれば、改造や仕様変更は不要となり、国内法規適用（完成検査や保安検査等）に関する軽微な費用負担で国内導入が可能と予測される。但し、海外メーカーの諸検査方法やその結果については、詳細にヒヤリングはできておらず、今後の調査に委ねる。

5) 研究開発項目・評価方法の明確化検討

高圧型水素製造装置をガス設備相当として国内で運用するにあたり、必要となる技術基準等に関する研究項目と評価方法を明確化し、本件調査で確認された法技術課題の解決方法・対応を提言した。

以上

契約管理番号

2 2 1 0 1 5 4 9 - 0
