

令和 4 年度 沖縄型クリーンエネルギー
導入促進調査事業
(副生水素を活用した工業地域への水素サプライ構築調査)

調査報告書（公開用）

令和 5 年 3 月
内閣府沖縄総合事務局

目 次

はじめに	1
調査の背景	1
調査の目的・概要	2
1. 副生水素の利活用調査	3
1-1 副生水素の生産量	3
1-1-1 副生水素について	3
1-1-2 副生水素の製造のしくみ	3
1-1-3 副生水素の生産量	5
1-2 水素純度の確認	8
1-2-1 現在の副生水素の純度を確認し、純度を確認	8
1-3 水素充填設備の検討	11
1-3-1 副生水素発生状況と工場レイアウトの把握	11
1-3-2 水素出荷設備に必要となる設備、配管レイアウト等	12
1-3-3 必要機器のリストアップと概算費用の算出	22
1-3-4 その他出荷設備に関する専門的観点からの指導・助言	23
2. 水素供給体制の調査	27
2-1 供給方式の検討	27
2-1-1 水素輸送方法に関する調査	27
2-2 供給体制の検討	29
2-2-1 水素供給方法（水素ステーションの方式）に関する調査	29
2-3 供給価格の検討	34
2-3-1 水素ステーション整備、運営に係る費用	34
2-4 供給インフラの検討	38
2-4-1 副生水素を用いた工業地域における供給のために必要なインフラの検討	38
3. 工業地域での水素利用調査、検討	41
3-1 地域における水素車両、重機等の利用可能性の検討	41
3-1-1 一般乗用車及び業務用社用車の FCV 化	41
3-1-2 地域巡回バスの FC バス化	43
3-1-3 中城湾港工業地域における CNP を見据えた重機等の FC 化	43
3-1-4 臨海型産業振興ゾーンにおける運輸部門での FC トラック化	45
3-1-5 漁業、遊覧船の FC 船化	46
3-1-6 うるま市防災拠点（旧具志川運動公園）における防災型燃料電池導入	46
3-1-7 工業地における産業用ボイラーとしての利用	47
3-1-8 発電所等におけるマルチガスタービンでの水素混焼利用	48
3-2 水素需要に関するアンケート調査	50
3-2-1 水素エネルギーに関する中城湾工業地域に関するアンケート調査	50

4. 水素車両等の供給、普及促進策の調査、検討	58
4-1 工業地及び周辺地域内の需要調査	58
4-1-1 中城湾工業地域及び周辺地域での水素関連企業について	58
4-2 メーカーにおける水素車両、重機等開発動向の調査	60
4-2-1 燃料電池自動車(FCV)メーカーヒアリング	60
4-2-2 産業用燃料電池車両(FC フォークリフト等)メーカーヒアリング	60
4-2-3 沖縄における燃料電池車両展開の考え方に関するヒアリング	60
4-2-4 メーカーヒアリング	60
4-3 工業地及び周辺地域への環境効果の検討	61
4-3-1 副生水素利活用における CO2 削減量の試算	61
4-4 普及促進策の検討	63
4-4-1 企業、公共団体向け FCV 導入リースサービスの検討	63
5. 工業地域における水素利用のあり方	67
5-1 地域における水素製造から利用までのあり方を検討	67
5-1-1 委員会における意見収集	67
6. 調査のまとめ	70

はじめに

調査の背景

日本は2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを表明しており、温室効果ガスの排出削減に向けた取り組みを進めており、具体的には、以下のような取り組みが進められています。

- ・再生可能エネルギーの導入

太陽光や風力などの再生可能エネルギーの導入を進め、化石燃料に頼らないエネルギーの利用を増やすことで、温室効果ガスの排出を削減しています。

- ・脱炭素化技術の開発

水素やバイオマスなど、脱炭素化技術の開発に取り組んでいます。また、カーボンキャプチャー技術の導入にも力を入れています。

- ・エネルギー効率の改善

建物や車両などのエネルギー効率の改善を進め、より効率的な利用によって温室効果ガスの排出を削減しています。

- ・持続可能な農業や林業の促進

持続可能な農業や林業の促進を進め、土地利用の最適化や炭素吸収量の増加などを目指しています。

- ・国民の意識改革

国民の意識改革を促すため、省エネやリサイクルなどの環境に配慮した生活を啓発する取り組みを進めています。

これらの取り組みによって、日本は2050年までにカーボンニュートラルを実現することを目指しています。

しかし、沖縄県では地理的・地形的・需要規模の制約から原子力や水力の開発が物理的に困難な状況にあり、太陽光発電等の再生可能エネルギーの導入量についても、全体と比較すると小さく、石油や石炭といった化石燃料に対する依存度が全国と比較して高く、CO₂排出係数は全国で最も高い状況にあります。

また、沖縄県においては運輸部門及び発電部門のCO₂排出量が多く、脱炭素社会への取組強化が求められている中、その手段の一つとして地元で発生する副生水素の活用が期待されています。副生水素とは、**水素**を製造する際に副次的に発生する水素のことを指します。石油精製や化学工業などで水素を製造する際に、水素のほかに副次的に発生する水素があります。この水素は、副生水素と呼ばれます。

副生水素は、再利用されることが多く、燃料電池車の燃料として利用されたり、工業用途で再利用されたりすることがあります。また、副生水素を再利用することで、二酸化炭素などの環境負荷を減らすことができます。

副生水素の利用は、燃料電池車や工業用途などで注目されており、今後の需要拡大が期待されています。また、副生水素を再利用することで、水素の供給量を増やすことができるため、水素社会の実現に向けた一助となることが期待されています。

一方、日本、特に沖縄における水素活用には未だ課題も多く、運輸部門及び発電部門においては以下のような課題があると認識している。

表1 想定している二酸化炭素排出量削減効果

基準とする排出量 (2013年)		2023年	2024年	2025年	2026年	2027年	2030年	2050年
運輸部門	自動車等に係る CO2排出量約 193万t/年	製造・供給に係る整備期		16.2t/年 自動車：10台 トラック等：0台 フォーク等：0台 バス等：0台	33.6t/年 自動車：25台 トラック等：1台 フォーク等：1台 バス等：0台	101.3t/年 自動車：40台 トラック等：2台 フォーク等：2台 バス等：1台	249.1t/年 自動車：100台 トラック等：10台 フォーク等：10台 バス等：2台	35,722.6t/年 自動車：10,000台 トラック等：1,500台 フォーク等：1,500台 バス等：1,000台
産業部門	製造現場等からの CO2排出量約 132万t/年	水素ボイラー等製品開発期			184t/年 2t/hボイラー：2台	368t/年 2t/hボイラー：4台	920t/年 2t/hボイラー：10台	9,200t/年 2t/hボイラー：100台

しかし多くの課題があるものの2030年、2050年の政府脱炭素目標を達成するためには、沖縄においても脱炭素化を推進していく必要があります、これらの課題について検証および解決策検討を実施する必要があります。

調査の目的・概要

本調査事業は2030年に温室効果ガス46%削減、2050年にカーボンニュートラル達成といった日本政府の脱炭素目標を踏まえ、沖縄県においてCO2排出量の多い運輸部門及び産業部門を中心に、脱炭素社会への貢献が期待される副生水素の沖縄本島における工業地域での活用可能性について検討を行うことが必要と考えます。

具体的には、今後5年以内の事業化を見据えた短期的な検討として、うるま市域内で発生する副生水素について「工業地域への供給事業」として展開、広範に今後実現が期待される技術等も含め、より大きな温室効果ガス削減効果が期待される調査を実施いたします。

上記2つの事業の検討にあたっては、課題が存在しており、その検証および解決策検討のため、以下5つの調査・検討を実施いたしました。

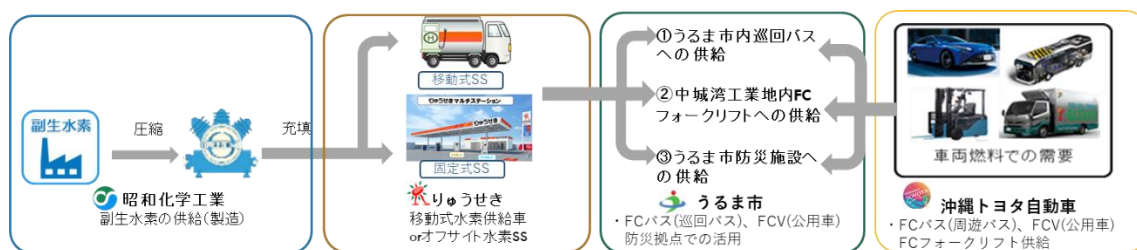


図1 調査事業の概要

1. 副生水素の利活用調査

1-1 副生水素の生産量

1-1-1副生水素について

副生水素とは、**水素**を製造する際に副次的に発生する水素のことを指します。石油精製や化学工業などで水素を製造する際に、水素のほかに副次的に発生する水素があります。この水素は、副生水素と呼ばれます。

副生水素は、再利用されることが多く、燃料電池車の燃料として利用されたり、工業用途で再利用されたりすることがあります。また、副生水素を再利用することで、二酸化炭素などの環境負荷を減らすことができます。

副生水素の利用は、燃料電池車や工業用途などで注目されており、今後の需要拡大が期待されています。また、副生水素を再利用することで、水素の供給量を増やすことができるため、水素社会の実現に向けた一助となることが期待されています。

副生水素の発生量は、産業や工場の種類や生産量、使用する原料や設備、技術などによって異なります。一般に、石油化学工業や製鉄業、自動車産業などの大規模な産業では、大量の副生水素が発生します。

例えば、石油化学工業においては、プラントの規模や種類によって異なりますが、1トンあたり数百から数千Nm³の水素が発生します。また、製鉄業では、1トンの鉄を製造するために数百Nm³から1,000Nm³以上の水素が発生します。

副生水素の発生量は、産業や工場におけるエネルギー管理の改善や、再生可能エネルギーの利用などによって減らすことができます。また、発生した副生水素を再利用することで、エネルギーの効率を高めることができ、温室効果ガスの排出量を削減することができます。

1-1-2副生水素の製造のしくみ

日本における副生水素の発生量は、年々増加傾向にあります。日本化学工業協会の統計によると、2020年における化学工業における副生水素の総発生量は約1,840万Nm³/日（約6,710万トン/年）であり、2005年に比べて約30%増加しています。

石油化学工業が最も多くの副生水素を発生させており、2020年における発生量は約1,460万Nm³/日（約5,330万トン/年）でした。次に、製鉄業が約190万Nm³/日（約700万トン/年）、自動車産業が約80万Nm³/日（約290万トン/年）と続きます。

これらの産業では、環境問題やエネルギー政策の観点から、副生水素の再利用やエネルギー源としての利用が進んでいます。また、副生水素の発生量を減らすために、省エネルギー化や再生可能エネルギーの利用などにも取り組まれています。

副生水素は、化学プロセスの副産物として生じる水素であり、一般に大量に発生することがあります。副生水素は、エネルギー効率を高め、CO₂の排出量を削減するために利

用されることができます。以下は、副生水素の利活用の例です。

○グリーン水素

グリーン水素とは、再生可能エネルギーを用いて製造される水素のことを指します。再生可能エネルギーを使用して水素を製造することで、二酸化炭素の排出量を削減し、環境に優しいエネルギーソースを実現することができます。

具体的には、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーを使用して、電気を生成し、その電気を電解水に使用して水素を製造します。この方法で製造された水素は、再生可能エネルギー源からのエネルギーを使っているため、二酸化炭素の排出量が少なく、環境に優しいものとなります。

グリーン水素は、水素社会の実現や、化石燃料に依存しない社会の実現に大きな役割を果たすことが期待されています。現在、世界中でグリーン水素の生産が進められており、多くの国や企業が水素社会の実現に向けて研究や投資を行っています。

○ブルー水素

「ブルー水素」とは、天然ガスから製造された水素を指す言葉です。天然ガスに含まれるメタンを蒸気改質することで水素を生成し、二酸化炭素（CO₂）を排出することなく、環境負荷の低い水素を生産することができます。

「ブルー水素」は、「グリーン水素」と対比される概念で、グリーン水素は再生可能エネルギー源を利用して生成される水素を指します。再生可能エネルギー源からの水素生成はCO₂排出量が極めて少なく、地球環境に優しいとされますが、技術的な課題が残っているため、実用化には時間がかかる見込みです。

一方、ブルー水素は天然ガスから水素を生成するため、グリーン水素に比べてコストが安く、既存のインフラを利用することができるため、実用化が進んでいます。ただし、天然ガスそのものが化石燃料であるため、環境負荷を完全に解消するわけではありません。また、水素生成過程でCO₂が発生する可能性があるため、発生量の削減が課題となっています。

○グレー水素

「グレー水素」とは、化石燃料から製造された水素を指します。石油や石炭などの化石燃料を原料として、水素を製造しますが、その際に二酸化炭素（CO₂）を大量に排出するため、環境負荷が非常に高い水素です。

グレー水素は、製造コストが比較的安く、水素の需要に応えることができるため、現在は広く使用されています。しかし、環境負荷が大きいとため、温室効果ガス削減の観点からは望ましい水素ではありません。

グレー水素は、燃料電池車の燃料として使用される場合、車両自体は環境負荷が低いものの、水素の製造過程で排出されたCO₂の量を考慮する必要があります。このため、グ

リーン水素やブルー水素のように、環境負荷が低い水素の開発が求められています。

1-1-3副生水素の生産量

これら副生水素について、沖縄県内の化学薬品を製造する昭和化学工業株式会社において苛性ソーダ製造時に副生水素が発生しています。

昭和化学工業で採用している副生水素は、食塩電解プロセスから発生している。食塩電解プロセスとは、イオン交換膜を使用して食塩水を電気分解し、塩素と苛性ソーダを生産するシステムである。

これは、従来の水銀法・隔膜法に比べて有害物質を使用せず、省エネルギーである点が高く評価されている。

図2に昭和化学工業(株)のweb サイトに掲載されている食品電解製品プロセスの概要を、図3に同社の電解室の外観をしめしている。

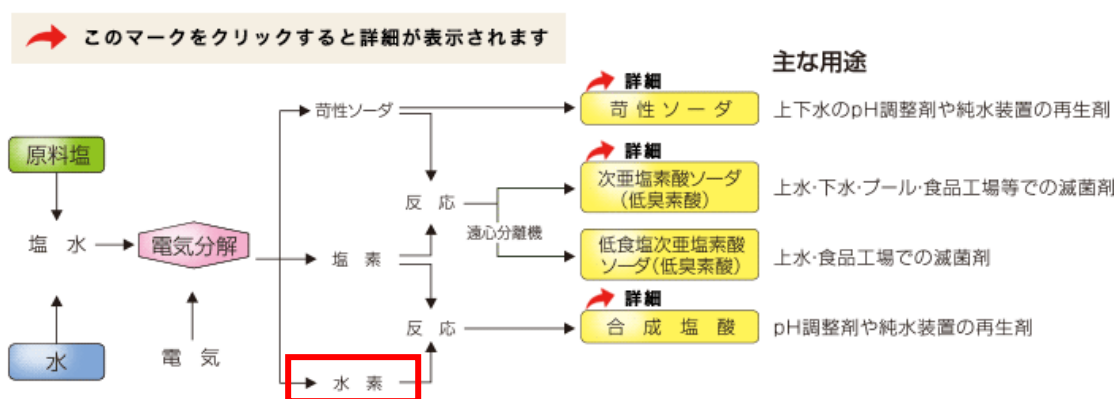


図2 昭和化学工業における食塩電解製造プロセス

出所：昭和化学工業(株)HP



図3 昭和化学工業 電解室風景

出所：昭和化学工業(株)HP

現在、昭和化学工業で発生する副生水素の約3割は合成塩酸製造に用いているが、

残り7割については、未利用の状態であることがわかった。そのため、未利用分の水素について有効活用策を検討するにあたり、現在の製造量を把握する必要があり、昭和化学工業の協力の下、過去7年（平成27年度）までさかのぼり、副生水素の発生量の推移を調べることにした。

昭和化学工業での副生水素の生成量の特長として、図2で示した苛性ソーダを主目的として生産する中で発生する水素であることから、苛性ソーダの生産量に比例することとなり、副生水素を得るために苛性ソーダを増産するのはコスト増や同時に発生する塩素とのバランスの関係上できないこととなる。

(1) 副生水素の発生状況調査

① 年間発生量の推移

昭和化学工業から発生する副生水素の過去7年のデータを比較し傾向を調べることにした。その結果を表2に示す。

表2 副生水素の年度別発生比較表



各年度の発生状況の傾向を前項にて示しているが、平成30年度までは順調に発生していたものの、平成31年度以降は下がり傾向がみられる。

② 月別発生量の推移

昭和化学工業の月別平均発生量について、7年間のデータを基に算出することで、生産、出荷のベース量を把握することが可能となるため、表3のとおり算出してみた。

表 3 副生水素の月別平均発生状況



表10のとおり、月平均の発生量は約2.5トとなり、夏場の生産量が多く、冬場は少ない傾向にある。出荷のベースを考慮すると、冬場の生産量を抑える必要があり、その際の月発生量は約2ト/月となってしまうこととなる。

1-2 水素純度の確認

1-2-1 現在の副生水素の純度を確認し、純度を確保

(1) 水素純度に関する規定

水素は新エネルギーとして注目されているが、もともとは製鉄や半導体製造に用いられていた。しかし、新エネルギーへの利用用途として用いられるにあたり水素の純度も重要となっている。

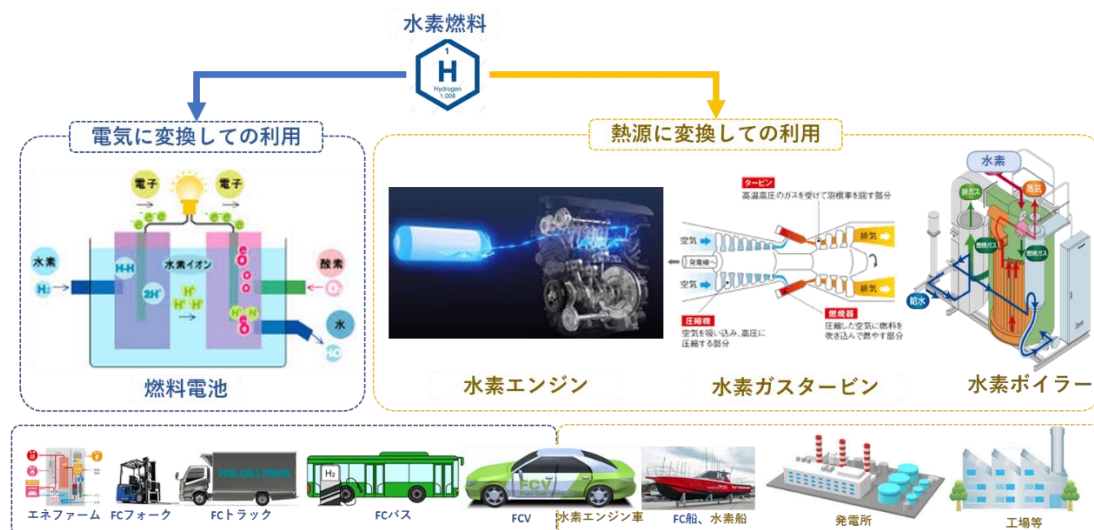


図4 水素エネルギーの利用イメージ

水素を新エネルギーとして用いる場合、図4の様に燃料電池への利用や、水素エンジン、水素タービン等の熱源として用いる場合がある。

燃料電池の反応に用いる際は高純度の水素が必要となり、特に燃料電池自動車に用いる際は13成分の基準値内に収まっていることが必要となり、規格ではISO14687-2の基準で、表4のような成分の品質規格が定められている。

表4 FCV用水素燃料の品質規格 (ISO14687-2)

FCV用水素燃料の品質規格 ISO14687-2 2012年	
水素純度	99.97%以上
不純物	最大濃度 (μmol/mol, ppm)
1. 水分	5
2. 総炭化水素 (CH ₄ 換算)	2
3. 酸素 (O ₂)	5
4. ヘリウム (He)	300
5. 窒素、アルゴン (N ₂ , Ar)	100
6. 二酸化炭素 (CO ₂)	2
7. 一酸化炭素 (CO)	0.2
8. 全硫黄 (H ₂ S 換算)	0.004
9. ホルムアルデヒド (HCHO)	0.01
10. ギ酸 (HCOOH)	0.2
11. アンモニア (NH ₃)	0.1
12. 全ハロゲン	0.05
13. 粒子状物質	1mg/kg

また、水素エンジンへの成分表は現在開発中の為公開されていないものの、燃料電池

自動車に用いられる純度より緩いとの意見も聞かれる。

また、水素ガスタービンや、水素ボイラーについても同様にISOの基準より低純度での品質でも対応可能と云われており、製品個々に基準が決められているのが現状である。

なお、ISOの基準以外に日本工業規格（JIS）においても水素純度の基準があり、標準物質と工業用に区分され、表5のとおり1級から4級までの4等級に区分されており、このうち、標準物質は1～3級まで、4等級は工業用のとなる。

表5 JIS K 0512-1995 規格基準表

種類		工業用			
		標準物質			
特性		1	2	3	4
純度 (%)		99.999 9以上	99.999以上	99.99以上	99.9以上
水分又は露点	水分	—	—	—	凝縮しないこと
	露点 (°C)	−70以下	−60以下	−50以下	—
炭化水素	凝縮分	凝縮しないこと	凝縮しないこと	凝縮しないこと	凝縮しないこと
	非凝縮分（凝縮分以外メタンとして） (ppm)	0.3 以下	5.0 以下	10 以下	—
酸素 (ppm)		0.3 以下	0.5 以下	4.0 以下	100以下
窒素 (ppm)		0.2 以下	5.0 以下	25 以下	400以下
二酸化炭素 (ppm)		0.1 以下	1.0 以下	10 以下	—
一酸化炭素 (ppm)		0.1 以下	1.0 以下	10 以下	—
全硫黄化合物（SO ₂ として） (ppm)		0.00 以下	0.00 以下	2.0 以下	10以下
水銀蒸気 (ppm)		0.000以下	0.000以下	0.004以下	—

備考1. %, ppmは、すべて体積比で示す。

2. 露点は絶対気圧 (101.32kPa {760mmHg}) の下で℃で表す。水分量のppm及びmg/lを露点温度に換算するには表2を用いる。

3. 全硫黄化合物及び水銀蒸気で、0.00及び0.000と規定していることは、有効数字の次のけたで数値をJIS Z 8401によって丸めたものである。

水素ガスタービンや、水素ボイラーについてはほとんどの製品がJIS基準内に収まる水素純度であれば使用可能と謳われている。

(2) 昭和化学工業の副生水素の純度

本調査では、昭和化学工業の現時点で発生する副生水素の純度分析はできなかったものの、過去に分析したJISの分析表を確認することができた。

この結果ではJISの4等級の規格を満たしていることがわかる。

しかし、平成24年(2011年)の分析結果では、窒素の量が基準値を超えており、JISの4等級基準値から外れている結果となった。

この原因について、昭和化学工業ではコンプレッサーのシール部の不具合から一部空気の混入の可能性が疑われたとのことであった。

副生水素については、原理上塩水からの水電解を行うことから、水素の純度は非常に高く、高純度といわれており、県外の同様な苛性ソーダ工場から出る副生水素は工業利

用や図5のような不純物改質装置を用いて一部燃料電池自動車への供給が行われており、昭和化学工業からの副生水素についても、現状出荷設備を整備することで工業用として熱源利用はもとより、物改質装置を加え燃料電池自動車向け水素として利用することが可能と思われる。



精製対象ガス

酸素（O₂）、二酸化炭素（CO₂）、一酸化炭素（CO）および水分（H₂O）などの不純物成分を常温で吸着除去し、水素を超高純度に精製します。

図5 高純度水素ガス精製装置イメージ

出所：太陽日酸㈱HP

1-3 水素充填設備の検討

1-3-1 副生水素発生状況と工場レイアウトの把握

(1) 副生水素発生状況

昭和化学工業で採用している副生水素は、食塩電解プロセスから発生している。食塩電解プロセスとは、イオン交換膜を使用して食塩水を電気分解し、塩素と苛性ソーダを生産するシステムである。従来の水銀法・隔膜法に比べて有害物質を使用せず、省エネルギーである点が高く評価されている。

前項で述べた昭和化学工業から頂いた副生水素発生状況の経年データより、未利用副生水素の発生量は、年間ベースでは、約30万Nm³/年、月間ベースでは、約3万Nm³/月と分かることが分かった。

(2) 工場レイアウトの把握

本社工場の全景の写真を図6に示す。



図6 本社工場の全景(写真)

以前は、正門から入った事務所の奥に、かつては水素出荷設備があったとのことですが、現在は建物を改造し倉庫として使用。現在、別の用途で使用していることから、その建物を再利用して再度、水素出荷設備を建設することは難しいと判断しました。また本社工場敷地内は多数の危険物設備を保有しており法規的な離隔距離を鑑みて設置されている為、簡単には移設出来ないことも判明した。

よって、水素出荷設備は新たに土地を確保し建設する必要がある事も判明した。昭和化学工業様と打合せの結果、本社工場内で未着手法地を保有され、危険物設備と十分な法規的離隔距離を保持出来る土地を保有している事も確認した。

1-3-2水素出荷設備に必要となる設備、配管レイアウト等

(1) 水素出荷設備に必要となる設備

①昭和化学工業が保有していた水素出荷設備の概要

既存出荷設備が撤去されていることから、新たに本社工場内の土地の確保並びに、水素出荷設備を建設する必要が有ることが判明した。

新たな水素出荷設備をエンジニアリングするにあたり、以前、昭和化学工業が保有していた水素出荷設備の概要を確認することとした。

当時の資料に関しては、昭和化学工業から提供して頂いた資料にて確認した。

(2) 設備系統図

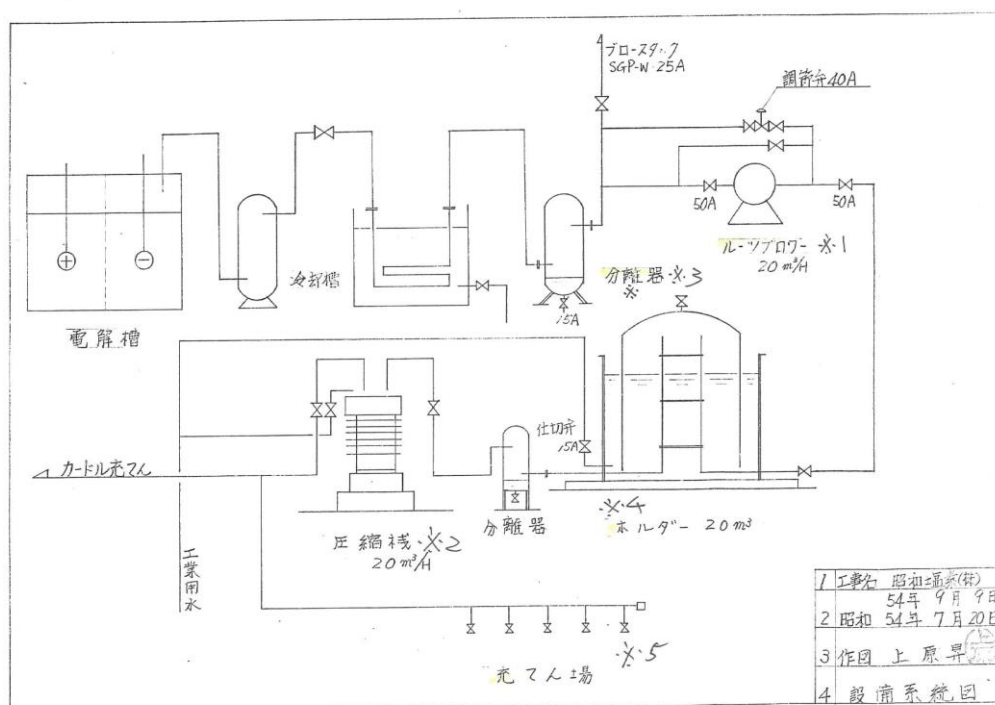


図7 昭和化学工業㈱様が保有していた水素出荷設備の系統図

電解槽から発生した水素ガスは、冷却槽に送られて一次冷却され、更に液体による熱交換にて二次冷却され、分離器によりドレン水を分離したと考えられる。

その後、ルーツブロワーにて昇圧され有水式ガスホルダーへと供給されている。

昭和54年度の資料ではあるが、弊社の関連会社である日酸工業がエンジニアリングに参与していることが判明した。

ルーツブロワーメーカーである富士合金鉄工㈱は、山形県に本拠を置いていたが、

2009年8月までに事業を停止、自己破産申請し倒産していた。

1939年に設立の同社は、ブロワーの製造を主力に事業を展開していたが、海外製の安値な製品との価格競争などで受注が減少し、事業停止に追い込まれた。

なお、富士合金鉄工(株)の業務は、山形県のタカラダ精工に引き継がれている模様。
当時の分離器とルーツブロワー付近の外観を図8に示す。



図8 昭和化学工業(株)様が保有していた水素出荷設備の分離器とルーツブロワーの外観

次に、下流側の構成機器である有水式ガスホルダーを説明する。

また、外観を図9に示す。



図9 昭和化学工業㈱様が保有していた水素出荷設備の有水式ガスホルダー(写真)

有水式ガスホルダーは、水槽に浮かぶガス槽にガスを貯蔵する設備で、低圧ガスの貯蔵設備として 広く用いられている。

作動原理としては、ガス出入管からガスホルダー内部にガスが流入すればガス槽が順次上昇し、払い出せば下降します。

ガス槽同士の継ぎ目はカップ形状となっており、カップ内に溜まった水によってガス

漏れを封じる仕様となっています。

〈長所〉

- ・ 大型化が可能

〈短所〉

- ・ 基礎に大きな荷重が掛かり高コスト
- ・ 100%水分飽和になり、後工程に脱水が必要
- ・ 雨が降ると水封水があふれ水素を含んだ水が外に出る可能性有
- ・ 水素を抜きすぎると減圧下となりタンクの屋根がつぶれる可能性有
- ・ 乾湿を繰り返すため錆を生じやすく外面が汚れる可能性有
- ・ 補修が必要となった場合、面倒の工事が発生
- ・ 点検がガス体側から実施するため、水抜きが必要有

有水式ガスホルダーの下流側には、分離器が設置されている。

その理由は、上記の様に、下流側に供給される水素が100%水分飽和になり、後工程に脱水が必要となり、分離器で脱水していると考えられる。

ただし、水素ガスを冷却しているかどうかは、頂いた資料からは判断出来ませんでした。

次の下流側の構成機器は、圧縮機である。



図 10 昭和化学工業が保有していた水素出荷設備の圧縮機の外観(写真)

資料より、稲岡鉄工所製ということが判明したが、現時点では存在していない会社であることを確認した。

最後の機器がシリンダー充填場となります。

外観を図11、12に外観を示す。



図 11 昭和化学工業㈱様が保有していた水素出荷設備のシリンダー充填場の外観(その 1)
<写真>



図 12 昭和化学工業㈱様が保有していた水素出荷設備のシリンダー充填場の外観(その 2)
＜写真＞

(3) 水素出荷設備に必要となる設備

昭和化学工業㈱様が保有していた水素出荷設備の系統図を検討した結果、有水式ガスホルダー以外は、ほぼ最適な機器を選定していることを確認した。

乾式ガスホルダーを採用する事で、有水式の短所を解決出来るものとする。

詳細を表 6 に記載する。

表6 有水式ガスホルダーの短所と乾式ガスホルダーでの解決策

有水式ガスホルダーの短所	乾式ガスホルダーでの解決策
基礎に大きな荷重が掛かり高コスト	タンクが軽く基礎に費用がかからない
100%水分飽和になり後工程に脱水が必要	水素ガスがドライ
雨が降ると水封水があふれ水素を含んだ水が外に出る可能性有	水が外部に漏れる事はない
水素を抜きすぎるとバキュームとなり屋根がつぶれる可能性有	ガスを抜きすぎるとシールゴムがストッパーとなりバキュームを防止
乾湿を繰り返すため錆を生じやすく外面が汚れる可能性有	外面は錆びにくく美観の保持が可能
補修が必要となった場合、面倒の工事が発生	補修が簡単
点検がガス体側から実施するため、水抜きが必要有	点検はガス体側からも可能

(4)配管レイアウト、水素出荷設備の候補地の選定

今回、昭和化学工業の副生水素を交通部門（燃料電池自動車(FCV)等）、発電部門（想定：沖縄電力吉の浦マルチガスタービンでの混焼）に使用したいとの考えであるため、燃料電池自動車(FCV)への利用は、商用HRSでの使用を考慮し、カードルでの充填を検討する。混焼への利用は、定格4,000Nm³/hということなので、トレーラーへの充填を検討する。充填圧力は、以前、昭和化学工業が保有していた水素出荷設備のシリンダー充填場の充填圧力と同様に19.6MPaとする。その場合、汎用的なカードルの仕様は、図20に示す様に、50L×30本組となり、W1,600mm×D1,800mm×H1,500mmで、重さは2,500kgで、ガス容量は約300m³である。一方トレーラーの仕様は、図21に示す様に、660L×20本組となり、W2,500mm×D9,200mm×H2,700mmで、重さは20,000kgで、ガス容量は約2,600m³である。

混焼への利用は、水素供給量が定格4,000Nm³/hが想定されるとのことで、トレーラー一供給では、複数台、必要であることが想定される。



図 13 19.6MPa×50L×30 本組 水素カードルの外観(写真)



図 14 19.6MPa×660L×20 本組 水素ローダーの外観(写真)

カードル及びトレーラーを常に充填するかどうかは、今後の水素需要量に依存する

が、将来性を見据えて、候補地を確定する必要がある。

昭和化学工業を交えて、上記の状況を報告した結果、

- ・ 混焼用にトレーラー 1 基
- ・ 燃料電池自動車 (FCV) 用にトレーラ 1 基 + カードル 1 基

をベースに候補地の選定を検討した。その結果、原料塩置場奥の公道と接している遊休地に水素出荷設備を設置することとした。詳細は図15に示す。



図 15 水素出荷設備の候補地の選定

(5) 水素出荷設備の主要構成機器のエンジニアリング

次に、出荷設備の主要構成機器のエンジニアリングを実施した。

まず初めに、設置スペースを確保することが難しいことが考えられる乾式ガスホルダーの容量仕様を決定する。その仕様を決定するには、ルーツブロワー、圧縮機の仕様を決定する必要がある。以前、昭和化学工業㈱様が保有していた水素出荷設備の系統図を参考にし、ルーツブロワー、圧縮機の容量能力と同等の仕様で考える。仕様の決定には、未利用副生水素の発生量のベースロードデータを使用する。表 2、3 より、最も少ない発生量は、令和 3 年度の 1、2 月となる。

これらの月のデータを確認し、1 月は 1,774kg/月、2 月は 2,190kg/月であった。ルーツブロワー、圧縮機の容量能力の仕様の決定には最も発生量が少ない 1,774kg/令和 3

年1月のデータで考える。

(安定した水素を確保する為)

約 $1,700\text{kg}/(24\text{h}\times 30\text{日})\times 11.2\text{m}^3/\text{kg}=27.6\text{Nm}^3/\text{h}$

上記結果、約 $27\text{Nm}^3/\text{h}$ となる。

ここで、ルーツブロー、圧縮機の容量能力の仕様を決定するに際して、以前、昭和化学工業㈱様が保有していた水素出荷設備を考慮し機器選定すると、 $20\text{Nm}^3/\text{h}$ が適しているものとする。また、乾式ガスホルダーの容量仕様も、同様に思考すると、昭和化学工業㈱様が保有していた水素出荷設備の有水式ガスホルダーのデータを参考とし、 20Nm^3 とする。

(6) 水素出荷設備への配管レイアウト

(4)で選定した候補地は、本社工場内の地盤面と比較すると10m程度高い位置に設置されている。また、選定候補地の近くまでは、配管や配線が既に敷設されているスタンション(架台)があり、本出荷設備で使用する配管や配線もこのスタンションを利用することで設置工事費用のコストダウンを図ることが可能である。なお既設の設備は、法規的な制約に準拠していることが推測される。

よって、スタンションを利用する設備工事は、出荷設備の設置で規制される法規と適用除外しておく必要が有る。今回の出荷設備で規制される法規は、高圧ガス保安法であり、スタンションを利用する設備工事は、高圧ガス保安法適用除外の範囲であることが必要で有る。つまり、スタンションの水素配管の最高使用圧力は、 1.0MPa 未満に設計しないといけない。

工場内でスタンション状況を図16、17に示す。



図 16 工場内のスタンションの状況(その1)＜写真＞



図 17 工場内のスタンスションの状況(その2)＜写真＞

1-3-3必要機器のリストアップと概算費用の算出

(1) 必要機器のリストアップ

以前、昭和化学工業が保有していた水素出荷設備の系統図を参考に、必要機器のリストアップを実施する。

① 脱水器

以前のプロセスでは、2ステップにて、脱水を実施していた模様である。

詳細が記載されていないので、明確に判断することが出来ないが、1ステップ目が水素ガスの常温冷却による脱水、2ステップ目が冷却水による水素ガスの脱水を実施していることを推測するも、残念ながら、詳細仕様が記載されていない。今回の設備での脱水器は、具体的に、詳細設計し、概算費用を算出するには、電解槽から発生した水素ガスの不純物の定性、定量分析が必要である。なお、水素ガス容量は20Nm³/hである。

② ルーツブロワー

以前の設備では、吸入圧力が0～10mmAq、吐出圧力が200mmAqあった。しかし、今回の設備では、脱水器の詳細仕様が決定出来ないため、圧力損失も考慮し、吸入圧力は0mmAq、吐出圧力は、水素ガスを出来る限り遠い距離まで移送出来ることも考慮し、ルーツブロワーの理想仕様である200kPa程度まで昇圧可能な仕様を探したい。なお、水素ガス容量は20Nm³/hである。

③ 乾式ガスホルダー

以前の設備では、有水式で20m³であった。今回の設備も、容積仕様は、同量とし20m³とする。最高使用圧力は、前回の設備では、圧縮機の吸入圧力が大気圧となっていた。今回のホルダーでは、選定するルーツブロワーの吐出圧力に依存することになるが、理想的には、最高使用圧力を200kPa程度としたい。

④ 圧縮機

以前の設備では、吸入圧力は大気圧、吐出圧力は19.6MPa、容量が20Nm³/hであった。今回の設備も出来れば、同様とし、ホルダーから供給される水素ガスをほぼ大気圧まで減圧し、圧縮機へ供給したい。その様にすることにより、ホルダー内の水素ガスを有効に使用出来ると考える。

(2) 概算費用の算出

前項にて、主要構成機器に関して、理想仕様を選定した。調査期間中で、理想仕様機器が実際に存在するかまでは確認することが出来なかった。引続き機器等の調査を継続する必要がある。存在を確認出来なかった時、システムフローを見直す必要がある。

現在、食塩電解のプロセスも変わり、発生する原料水素の圧力は0.5~0.6MPaの圧力を保有している為、以前の技術を保有した圧縮機メーカーの国内調達も難しく、国外でも該当する製品が無い可能性も高いと思われる。

1-3-4 その他出荷設備に関する専門的観点からの指導・助言

(1) 必要機器の調達

理想仕様の選定で主要構成機器を選定しているが、実際に調達可能かどうかは不明である。調達不可能な場合には、システムフローの全面的な見直しが必要である。

(2) 水素出荷設備の候補地の設置スペース

現時点では、以下の配送機をベースに候補地を選定しているが、大きなスペースを必要とするトレーラーを2基導入することが可能なのか、さらには、出荷設備のスペースには、乾式ガスホルダーから下流側の機器、特に、離隔距離を必要とする高圧ガス保安法該当設備機器を実際に導入できるののかも再確認する必要がある。

- ・ 混焼用にトレーラー1基
- ・ 燃料電池自動車(FCV)用にトレーラ1基+カードル1基

(3) 発電部門（想定：沖縄電力吉の浦マルチガスタービンでの混焼）への利用

水素ガス使用量が約4,000Nm³/hの為、トレーラー供給を見当の際は、複数台必要となる事と、発生水素流量が少ない為、トレーラー1基当たりの充填迄の時間に余裕を持ったスケジュール管理が運用面で必要となります。発電部門への利用は、大型発電所への利用では無く、小型発電所からの実証を検討されることをお勧め致します。

(4) 未利用の副生水素を交通部門（燃料電池自動車(FCV)等）への利用

燃料電池自動車(FCV)用水素の水素品質規格及び水素品質管理規格は、ISO国際規格に定められており、また、国内では一般社団法人水素供給利用技術協会（HySUT）がISO 国際規格に沿って「水素品質管理の運用ガイドライン」を制定している。ISO水素

品質規格（ISO14687）では、99.97% 以上の水素純度と燃料電池自動車(FCV)の性能に影響するとされる13成分の不純物濃度が規定されている。厳しい品質基準を満たすための製造管理が求められるとともに、品質管理に要する手間とコストは、商用HRSの運営上の課題となっている。

表 7 ISO14687(2019)

Constituents (assay) [指標 (分析)]	Type I、Type II Grade D*
Hydrogen fuel index [水素燃料比率]	99.97%
(minimum mole fraction [最小モル率]) ^a	
Total non-hydrogen gases [全非水素ガス]	300 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
Maximum concentration of individual contaminants [最大不純物濃度]	
水 (H_2O)	5 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
全炭化水素 ^b (C1 換算)	2 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
メタン	100 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
酸素 (O_2)	5 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
ヘリウム (He)	300 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
窒素 (N_2)	300 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
アルゴン (Ar)	300 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
二酸化炭素 (CO_2)	2 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
一酸化炭素 (CO) ^c	0.2 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
全硫黄化合物 ^e (H_2S 換算) ^d	0.004 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
ホルムアルデヒド (HCHO) ^c	0.2 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
ギ酸 (HCOOH) ^c	0.2 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
アンモニア (NH_3)	0.1 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
ハロゲン化合物 ^e (ハロゲンイオン換算)	0.05 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
最大微粒子濃度 ^f	1 mg/kg

* Type I (grade D)は高分子電解質膜型 (PEM; Polymer Electrolyte Membrane) 燃料電池自動車向け気体水素燃料。

Type II (grade D)は PEM 燃料電池自動車向け液化水素燃料。

^a 水素燃料比率は本表中の全非水素ガス濃度を 100 モル%から差し引いた値をモル%で表記したもの。

^b 全炭化水素 (メタンを除く) には含酸素有機化合物を含む。全炭化水素は1炭素換算 ($\mu\text{mol/mol}$) で測定されたものである。

^c 一酸化炭素、ホルムアルデヒド、ギ酸の測定値合計は 0.2 $\mu\text{mol/mol}$ を越えてはならない。

^d 最低でも全硫黄化合物には H_2S 、 COS 、 CS_2 、メルカプタンを含む。これらは天然ガスに典型的に含まれるものである。

^e ハロゲン化合物は例えば H-Cl 等の無機塩化物等や R-Cl 等の有機塩化物等。

^f 微粒子は固体微粒子やオイルミストなどの液体微粒子を含む。大粒径微粒子は FCV システムに有害なので ISO19880-1 規定のフィルターで除去する。

出典: ISO14687 (2019): Hydrogen fuel quality — Product specification

燃料電池自動車(FCV)へ水素ガスを供給するには、上記の 13 成分を分析する必要がある。

次に、参考までに、昭和化学工業と同様に、食塩電解にて水素ガスを発生させている(株)トクヤマ徳山工場の状況を記載する。図 18 に徳山工場にて採用している「食塩電解工程及び水素ガス精製工程フロー」を示す。

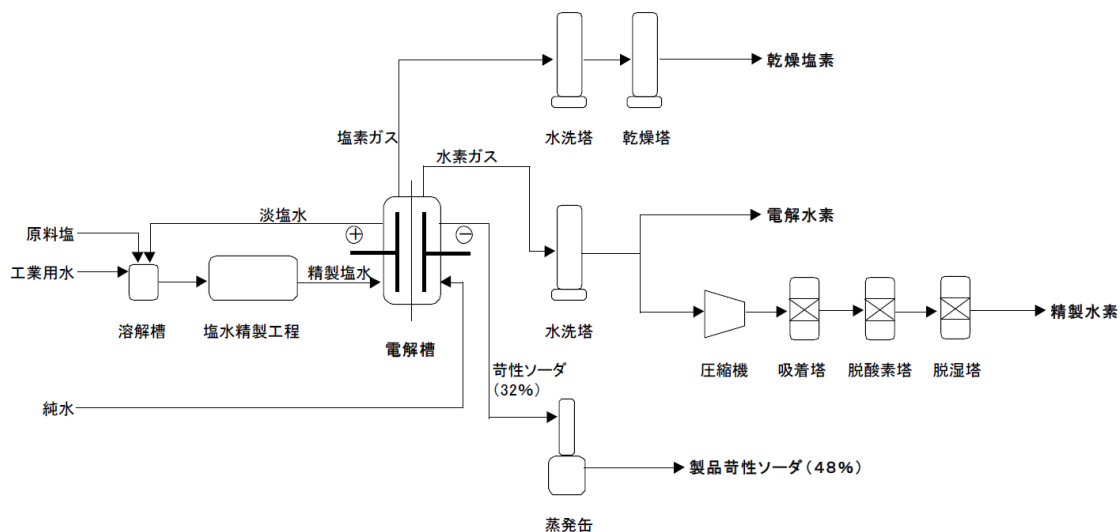


図 18 食塩電解工程及び水素ガス精製工程フロー

出所：(株)トクヤマ徳山工場 HP

水素ガスは、同伴する NaOH のミストを除去するため水洗塔に送られて純水で水洗・冷却され、そのまま、特定ユーザーで使用されるもの（以後電解水素と表記）と、精製工程を経たのち使用されるもの（以後精製水素と表記）に分類される。精製方法は、スクリー圧縮機で 2MPa 程度に昇圧し、ドレン水を分離した後、油分除去のため活性炭吸着を経て、PtPd 触媒で微量に含有する酸素を還元し、最後にモレキュラーシーブ等で脱湿している。

食塩電解槽より発生する水素ガスの純度を、表 8 に示す。食塩電解からの水素ガスは、原理的に副生物や不純物を含有しないため純度は高く、他の副生水素ガスのような分離・濃縮等の必要は無い。

表 8 食塩電解副生水素の純度

項 目	O ₂	N ₂	CO ₂	CO	油分	露点	H ₂ 純度
単 位	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	°C	%
電解水素	20	2	－	－	－	－	－
精製水素	0.01	2	0.01	ND	0.1 以下	－90 以下	99.999 以上

電解水素は、水洗塔出口で約30℃のため、その温度における平衡水蒸気を同伴している。不純物としては、陽極反応の副生物である酸素や純水その他プロセス中に混入する微量の空気等を含んでいる。塩酸合成や燃料とする場合では、この電解水素で十分使用出来ると考えられている。

圧縮・脱酸素・脱湿工程を経た精製水素は更に純度が高く、酸素濃度 0.01ppm、露点 -90℃以下となっている。この精製水素は、大陽日酸㈱でも産業ガスとして利用しており、また、燃料電池自動車(FCV)用としても、まったく問題なく使用されている。

電解水素を見た場合、トクヤマ㈱徳山工場のデータより、酸素濃度は、ISO14687を満たすことが出来ないため、昭和化学工業様のプロセスでも、脱酸素工程と脱水工程を必要とする可能性も有り得る。何れにせよ、燃料電池自動車(FCV)用に使用する場合、電解槽出口側の定性、定量成分を実施し、後工程が必要の有無を検討する必要がある。

2. 水素供給体制の調査

2-1 供給方式の検討

2-1-1 水素輸送方法に関する調査

今回の調査対応である副生水素の場合、工場からの出荷を考えた場合、高圧水素ガスによる水素輸送となる。

陸上で水素を輸送する手法として国内で最も用いられている方法は、圧縮して輸送するのが一般的である。通常は水素を 19.6 MPa に加圧してシリンダーに充填し、それを束ねて図 19 にある水素カードルとして運搬する。



図 19 19.6MPa×50L×30 本組 水素カードルの外観(写真)

大量に水素を輸送する場合は、図 20 にある長さ 6 m 以上の大型シリンダーを集結した水素輸送ローダーで搬送する。この場合の水素圧力は 19.6 MPa である。水素ステーションに供給する場合、1 回の配送における水素供給量の増加と、水素ステーションでの昇圧の負担減のために、輸送時の高圧化が求められている。



図 20 19.6MPa×660L×20 本組 水素ローダーの外観(写真)

しかし、高圧ガス輸送は技術的にも確立されているが、圧縮にはエネルギーを要する。最終的には水素ステーションで 70 MPa 以上に昇圧されるため、圧縮に用いたエネルギーは無駄にならないといえる。圧縮機や高圧貯蔵容器については、低コスト化に向けてさらなる技術開発が必要である。

また、1 MPa 以上の高圧になると高圧ガス保安法の規制対象となり、関連法規への対応が必要となる。さらに、現状の道路法では危険物搭載車両とされ、海底トンネルや 5 km を超えるトンネルは通行できない。

また、輸送に伴う法規制については、「高圧ガス保安法」の範疇となり、同法における各貨物の高圧ガスにおける分類については「圧縮ガス（法第 2 条 1）」「可燃性ガス（一般高圧ガス保安規則第 2 条 1）」のとおりとなる。

特に、高圧ガスの貯蔵に当たっては、同法第 16 条において、容積 300m³（液化ガスの場合は 3 トン）以上の高圧ガスを貯蔵するときは、あらかじめ都道府県知事の許可を受けて設置する貯蔵所においてしなければならない、とされている。

ここで、高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）では、例えば長時間駐車しているタンクローリー上の容器から受入れ用貯槽に概ね 2 時間を超えて接続される場合、タンクローリー上の容器は「貯蔵設備」に含まれ、その置かれている場所は「容器置場」となる。

2-2 供給体制の検討

2-2-1 水素供給方法（水素ステーションの方式）に関する調査

経済産業省では、水素社会の実現を目指し様々な施策を展開しているが、水素ステーションについては、2014年に世界に先駆けて燃料電池車（FCV）を商用化して以降、本格的に水素ステーションの整備を着実に進めている。

燃料電池自動車の普及促進に向けた水素ステーション整備 事業費補助金 令和3年度予算額 110.0億円（120.0億円）

資源エネルギー庁
省エネルギー部 新エネルギー部
水素・燃料電池戦略室
03-3501-7807
資源エネルギー庁 資源・燃料部
石油流通課 03-3501-1320（※）
（※）SS事業窓口



図21 水素施策「燃料電池自動車の普及に向けた水素ステーション整備補助金」概要

出所：経済産業省 資源エネルギー庁

しかし、FCVの普及は依然として限定的（約6,000台程度）であり、また、水素ステーションの整備費及び運営費も事業自立化のために更に引き下げていく必要があると考えている。そうした中、今年5月の行政レビュー公開プロセスにおいて、燃料電池自動車普及促進に向けた水素ステーション整備事業費補助金（図21）が、KPIの設定方法を含めて様々な課題を指摘され、結果、抜本的な見直しが有識者から求められている。

一方、今年6月に改定されたグリーン成長戦略において、カーボンニュートラルを目指すに当たり、商用車を含む各種モビリティの普及も見据えた水素ステーションに関する新たな政府目標（2030年1,000基）も設定されたところある。

こうした状況を踏まえ、FCV及び水素ステーション事業自立化を達成するための今後の水素ステーション政策（図22）に活かしていくと述べられている。

- FCVの普及やインフラの整備状況、顧客層・導入されうるモビリティ等は地域で差異があるだけでなく、時間経過によって変化する。
- そのため、足下の状況に対応した最適な水素STを選択し、かつその状況変化に合わせてSTを拡充等出来るようにすることは、コスト・リスクを抑えつつも、利便性の向上や顧客層の拡大を行うことを可能とし、早期の水素モビリティの普及拡大・効率的なST事業の自立化に寄与する。
- 係る観点から、事業者には、長期的な自立化等に向けた事業ビジョンの提示を求めつつ、想定されうる状況変化に柔軟に対応出来るような支援を行うこととしてはどうか。

例：ある地域におけるFCV等の普及段階に応じた、水素ステーションの変遷（イメージ）



図22 水素ステーション整備の基本的な考え方

出所：経済産業省 資源エネルギー庁

水素の活用方法として、水素ステーションから燃料電池車両（FCV）への供給がもっとも一般的である。現在、国内における水素ステーションは図23にあるように、日本ステーションネットワーク合同会社(JHyM)が公表しているデータによると、2022年1月時点での水素ステーションの数は全国で161箇所となっている。

このうち関東圏が58箇所、中部圏が50箇所、近畿圏が22箇所、九州圏が14箇所、その他の地域が17箇所となっている。

なお、現状では世界各国の中で日本が最も多くの水素ステーションを有している。

全国で161カ所の商用水素ステーションが稼働している

全国の商用水素ステーション一覧（2022年6月時点）



図23 全国における水素ステーション整備状況

出所：JHyM HP

水素ステーションは大きく分けて、その場で水素も製造しているオンサイト型と、ガソリンスタンドのように他から水素を持ってくるオフサイト型、また複数の場所で運営可能な移動式ステーションがある。

図 24 に示したオンサイト型では、都市ガスや LPG 等を原料に水素を製造したり、電気で水を電気分解して水素を製造したりしており、最近では再生可能エネルギー由来電力を用いて水素を製造する水素ステーションも設置されている。

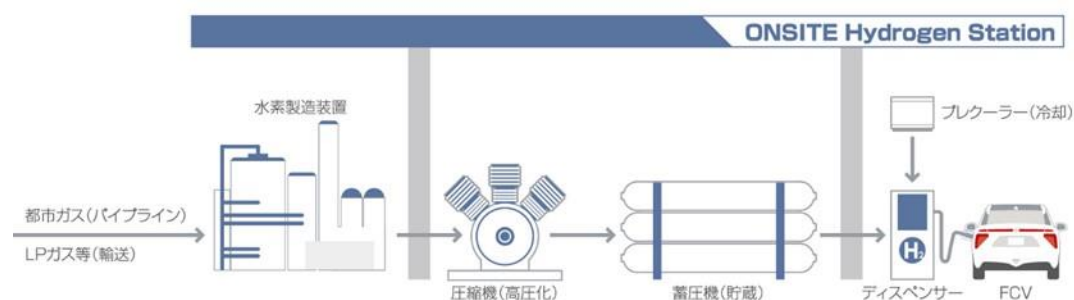


図24 オンサイト型水素ステーションのイメージ

出所：JHyM HP

図 25 に示すオフサイト型は、製油所や工業プラントで大規模に製造されている水素の一部を、水素ステーションに運び水素を充填している。

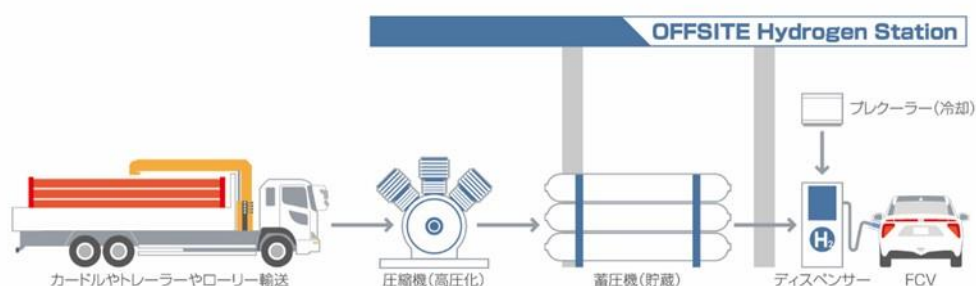


図26 オフサイト型水素ステーションのイメージ

出所：JHyM HP

オンサイト型とオフサイト型はそれぞれ特徴があり、その土地や運営方針等により選択される。

図 27 に示す水素ステーションの構成として、近くに大規模に水素を製造する工場があるなら、オフサイト型のほうが安価に水素を供給できる可能性があり、そのような工場が近くにないなら都市ガスや LPG で水素を製造するほうが安価になる可能性がある。

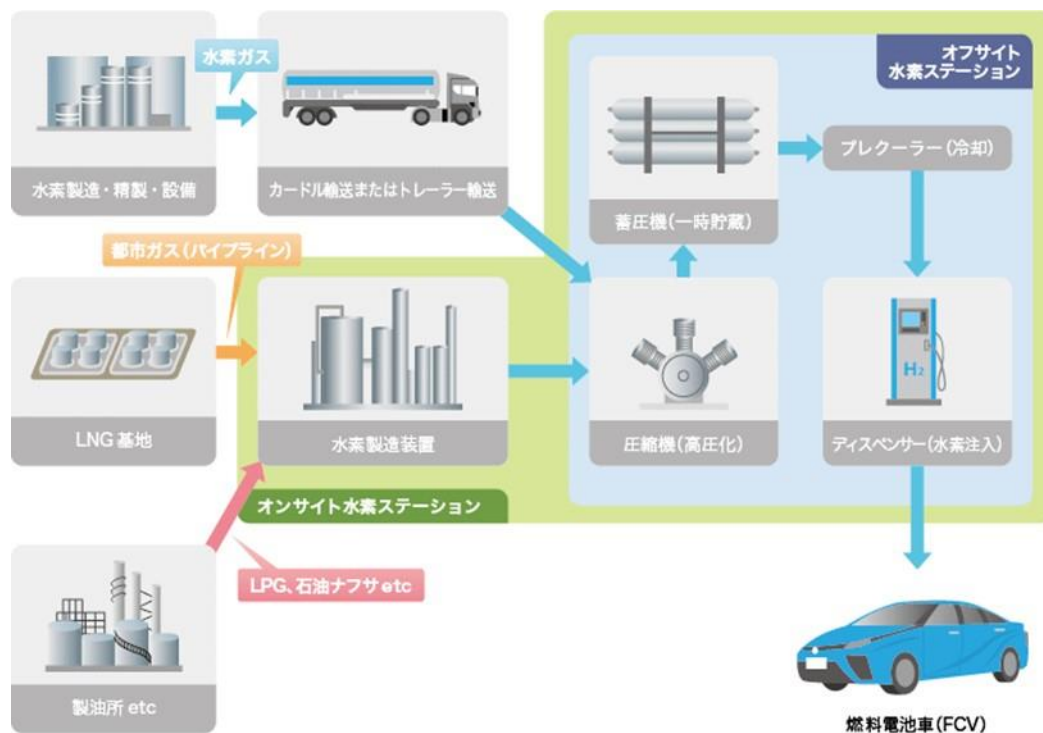


図27 水素ステーションの構成イメージ

出所：資源エネルギー庁 燃料電池推進室

また、燃料電池自動車の普及が少ない黎明期に応じて、水素ステーションを移動しながら供給する移動式水素ステーションもある。

移動式水素ステーションは、図 28 に示すとおり大型のトレーラーに水素供給設備を設置し移動できるステーションである。工場や他のオンサイト水素ステーションで水素を調達し、水素を運んでくるもので、必要な場所に応じて比較的容易に水素ステーションを設置できるため、FCV 普及初期には有益な方法と言われている。

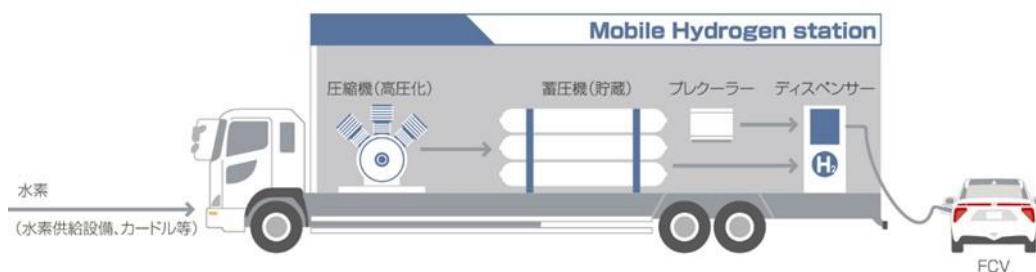


図28 移動式水素ステーションのイメージ

出所：JHyM HP

なお、水素ステーションは高圧ガス保安法の対象施設であり、運営にあたって図 29

に示すような知識と資格を持った人員を配置する必要がある。

5. 水素スタンドの保安管理体制



水素スタンド

水素スタンドでは高圧ガス保安法上、高圧ガス製造責任者免状と一定以上の経験を持つ者を事業所ごとに選任し、保安管理体制を確保することが決められている。

水素出荷設備を併設したスタンド

適用法規	保安管理体制	必要人員		資格者数 (最少人数)
高圧ガス保安法 一般則		資格者の要件		
		必要資格 (いずれか)	必要経験	
第6条 水素出荷設備を併設したスタンド等	保安統括者：1名 保安統括者代理：1名※ 保安技術管理者*：1名 保安技術管理者代理*：1名※ 保安係員○：1名 保安係員代理○：1名※	甲種化学／機械 乙種化学／機械 甲種化学／機械 乙種化学／機械 丙種化学	高圧ガスの製造経験1年以上 高圧ガスの製造経験1年以上	3名 
第7条の3 一般的な水素スタンド	保安監督者：1名	甲種化学／機械 乙種化学／機械 丙種化学	圧縮水素の製造経験6月以上	1名 

保安統括者代理と保安技術管理者代理及び保安係員代理は兼任可。

保安統括者が資格及び経験を持っていれば保安技術管理者の選任は不要。この場合保安技術管理者代理の選任も不要。¹⁵

保安係員と保安係員代理は兼職の必要あり（その他は兼職の必要なし）。

図29 水素ステーションにかかる保安管理体制

出所：燃料電池実用化推進協議会 (FCCJ)

水素ステーションでは、高圧ガス保安統括者や保安統括代理、保安技術管理者、保安監督者を置く必要があり、資格としては「高圧ガス甲種/乙種の機械/化学」のいずれかの資格取得者が必要となる。また、水素ステーションでの作業に携わる従業員には、『水素ステーション作業従事者』という資格が必要となる。水素ステーションは高圧ガスの取扱いや安全管理についての知識を持った者となる。

今回の調査において、副生水素の利活用を前提としており、昭和化学工業の副生水素を水素ステーションにおいて活用する場合を考えると、オフサイト型水素ステーション(図 32)の様に水素カードルや水素ローダーによって副生水素を水素ステーションまで運搬し、そこから燃料電池車両 (FCV 等) へ供給する方法が考えられる。

また、移動式水素ステーションにおいても、水素充填拠点において移動式水素ステーション車両に加え、水素カードルや水素ローダーを横付けし、不足する水素を補充し活用する方法も考えられる。

これらの活用方策を用い、工業地域で必要な水素について効果的に副生水素を供給していく方法が有効と考える。

2-3 供給価格の検討

2-3-1 水素ステーション整備、運営に係る費用

水素ステーションの整備には、1カ所当たり4億円台に上る水素ステーションの建設費、さらに運営費というコストの壁が水素供給網の拡大を鈍らせている。

内訳としては、図30に示すとおり水素圧縮機が0.6億円、蓄圧器が0.6億円、プレクーラーが0.2億円、ディスペンサが0.2億円、その他工事費が1.7億円、ここまでで計3.3億円となっている。

ただ、これは経済産業省が示した2019年の補助金対象部分のみである。この費用に加えて、水素ステーション事業者は自己負担でキャノピー（屋根）や障壁といった構造部を建てなくてはならない。これには約1億円の追加費用が必要である。合計すると、建設費は4億円台に膨らむ。

水素ステーションはガソリンスタンドとは異なり、700気圧（約70MPa）以上の高压ガスを扱う。よって、圧力に対して高耐久で安全な設備でなければならない。特有の安全機能が必要になり構成する素材も高価になる。

水素ステーションの建設費の内訳



※2013年度水素供給設備整備補助金申請額の平均値
出展:「NEDO水素エネルギー白書2014」の数値を引用して作成

構成機器の日本と欧州の比較

単位:億円

費目	日本	欧州	差異の理由
圧縮機	1.3	0.8	・使用材料 設計基準の差
蓄圧器	0.6	0.1	・安価なType2容器 ・汎用材を使用
プレクーラー	0.4	0.2	・量産を見込んだ 価格設定
ディスペンサ	0.5	0.2	・汎用材の使用
合計	2.8	1.3	

※水素供給能力を340Nm³/hに揃えた場合
上記表は工事費を含まない金額
出展:「NEDO水素エネルギー白書2014」の数値を引用して作成

図30 水素ステーションの整備に係る費用

出所: 経済産業省 資源エネルギー庁

さらに、約4億円という整備費が標準規模の水素ステーションの建設費で、この規模での水素の充填は乗用燃料電池車（FCV）が主な対象であり、水素タンクの容量が大きい車両、例えばトラックやバスなど商用FCVへの安定的な充填は難しくなる。対応するには充填能力を高めなくてはならず建設費はさらに増える。

政府目標では、図31に示すとおり補助金の対象部分である3.3億円の建設費を25年に2億円へと抑える目標を掲げている。しかし、補助金の対象外である屋根や障壁を含めたおおよその合計額は3億円となる。

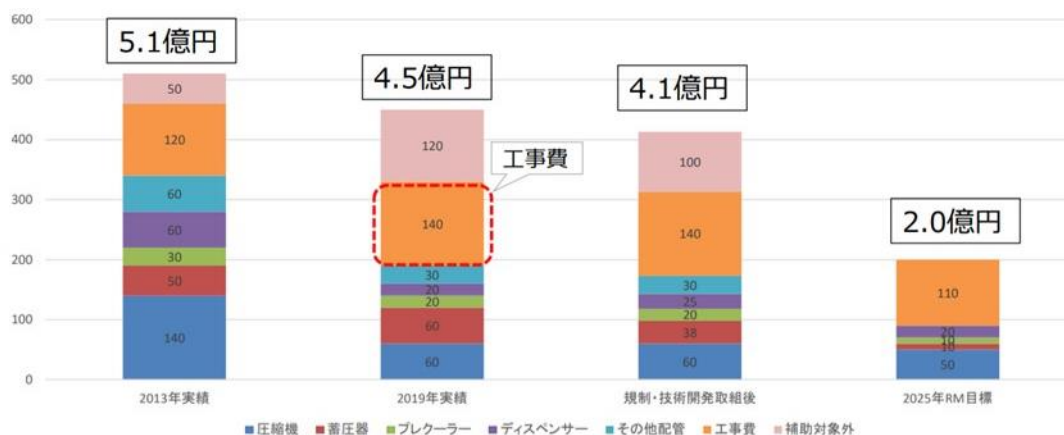


図31 水素ステーションの整備コストの予想推移

出所：経済産業省 資源エネルギー庁

水素ステーション運営に係る費用については、現在、水素ステーションを1箇所運営するにあたり必要とされる運営コストは、図33のとおり年間が4～5千万円と言われており、欧米の運営費2～3千万円に比べて割高になっている。

○整備費	機器費（圧縮機、蓄圧器 等）、工事費 等
○運営費	人件費、修繕費（定期検査費用）※、修繕費、電気代、輸送費 等
○原価	水素原価 等

図32 水素ステーションの運営に係る経費の内訳

出所：経済産業省 資源エネルギー庁

欧米との差異は、主に高圧ガス保安規制により義務付けられる特殊材料・機器のコスト、年1回の法定保安検査（約2千万円の費用がかかり、検査の間、30日間休業する必要あり）、従来はセルフ充填が認められていなかったため保安管理者の常駐が求められること等に起因しているとされている。

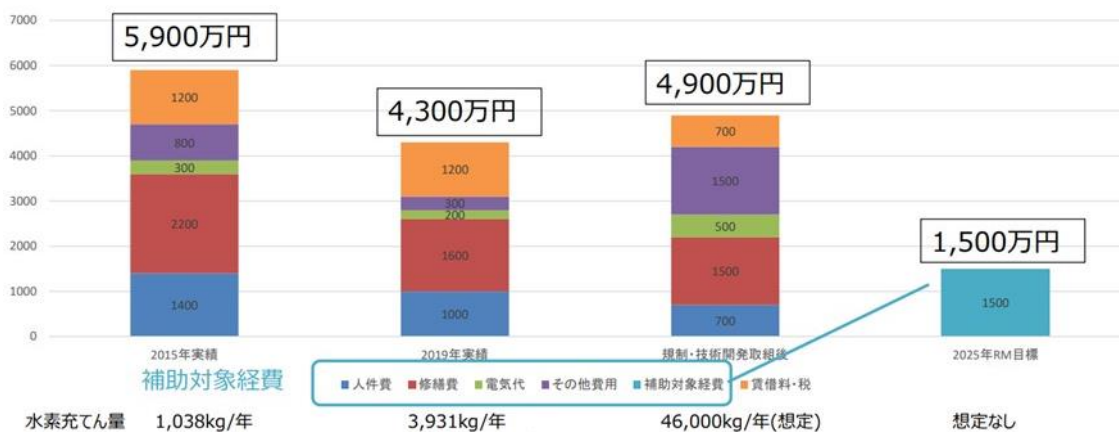


図33 水素ステーションの運営に係る経費の予想推移

出所：経済産業省 資源エネルギー庁

資源エネルギー庁の試算では水素ステーションを自立させるためには FCV（乗用車）が1ステーション当たり900台とされ、この水準に到達するにはまだ時間が必要なので、それ以前の段階でも水素ステーションが「商売になる」仕組み作りが、整備を加速するためには必要である。

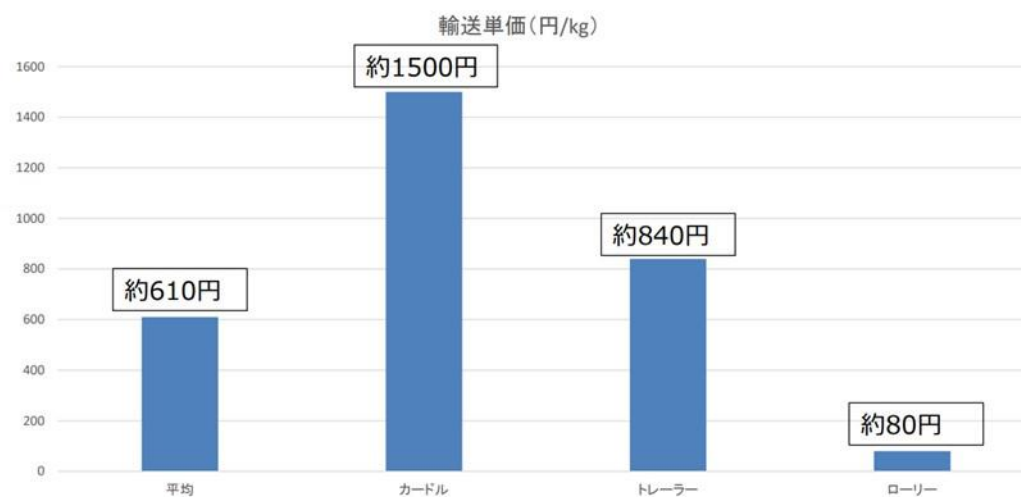


図34 水素の輸送に係る経費の内訳

出所：経済産業省 資源エネルギー庁

水素ステーションの採算性については、図35に示すとおり、政府の試算では水素の価格を、30年に1N³当たり30円、50年に20円以下にすることを導入量達成の前提にしている。だが現状は同100円程度とされ、大きな隔りがある。

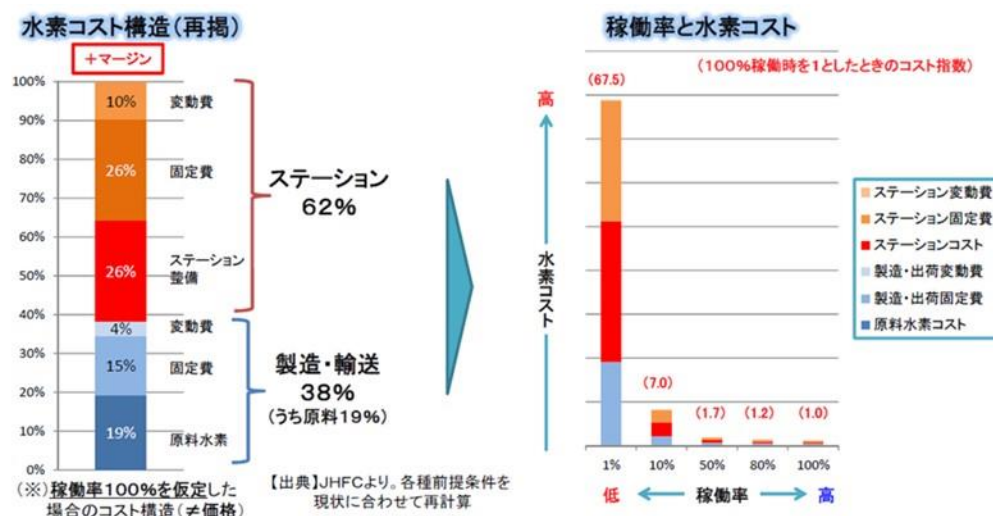


図35 水素販売に係るコスト構造の内訳

出所：経済産業省 資源エネルギー庁

2020年12月現在、現時点での水素ステーションで販売している水素の価格は都内では1,210円/kg(税込)であり、この価格で発電しても不採算で、売電できず事業採算性も悪いため投資には不向きと判断されやすい。価格を10分の1程度に下げることができた場合、発電し、その電力を売電、FCVにも水素を供給することで、水素の消費が爆発的に多くなり経済性がよくなるといわれている。

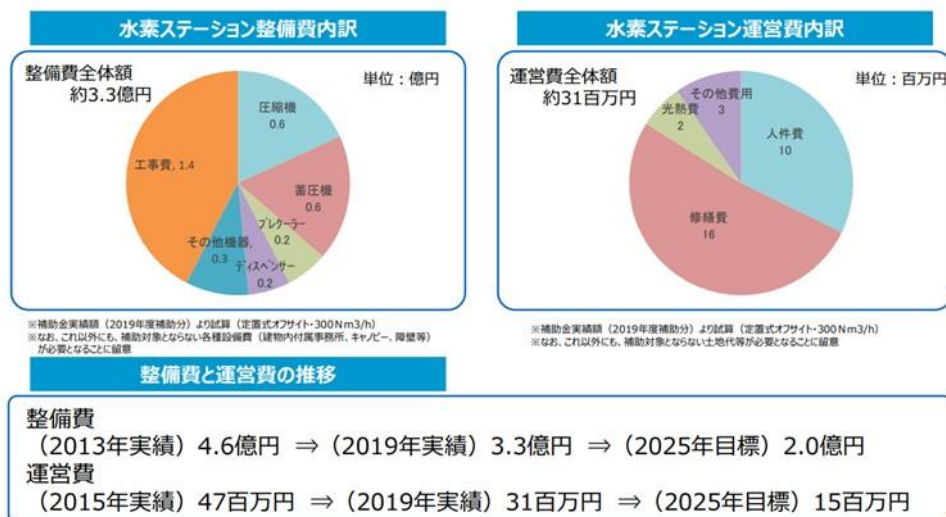


図36 水素ステーション整備と運営に係る経費及びその推移

出所：経済産業省 資源エネルギー庁

しかし、これまでの取組により整備費・運営費は低減しているものの、依然として目標水準からは乖離がある状況である。

2-4 供給インフラの検討

2-4-1 副生水素を用いた工業地域における供給のために必要なインフラの検討

(1) 水素出荷設備

① 出荷設備のフロー

1-3-4 の結果より、以下の水素出荷設備フローをベースに 1-3-6 の課題にて上げられた機器の詳細検討を今後実施する必要があると考える。

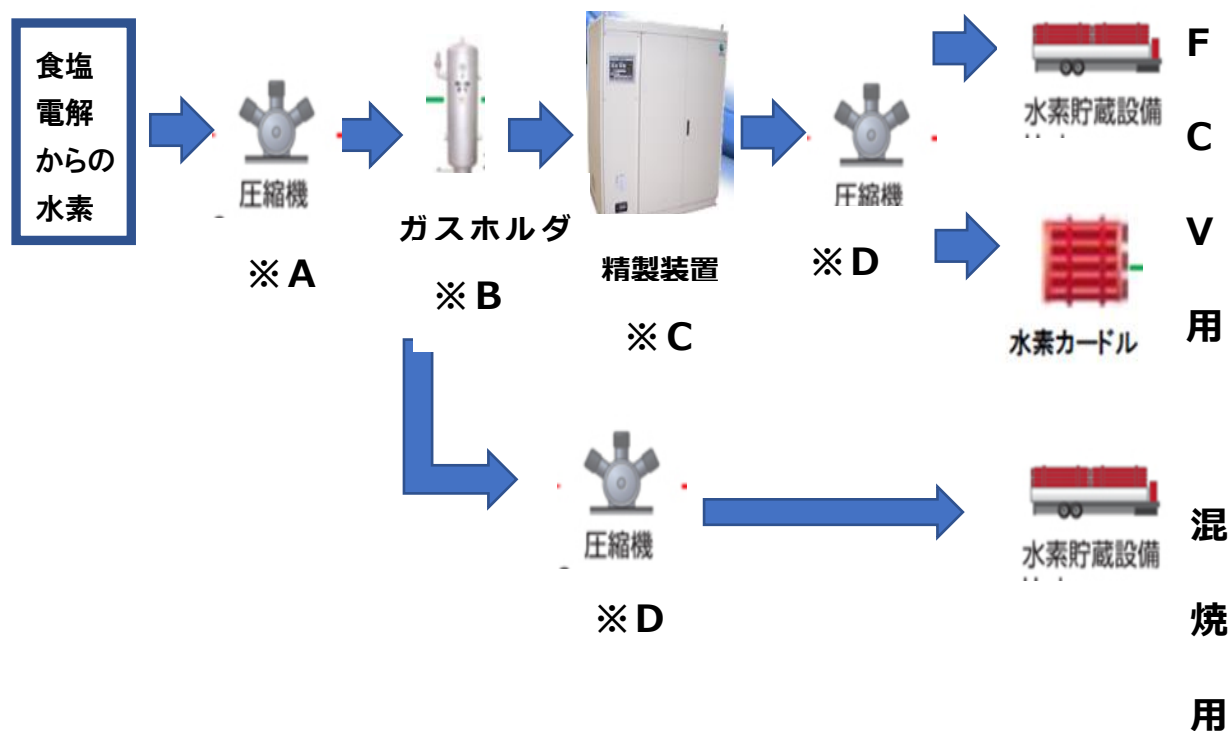


図 37 水素出荷フロー

② 出荷設備整備の課題

上記図 37 の水素出荷設備フローより、出荷設備の整備にあたっての課題を列举する。

※A：ルーツブロワーについて

大気圧から 0.6MPa 迄、昇圧可能なルーツブロワーが、製作されている機器が見つかるのか、この設備の実行において非常に重要な要因と考える。

※B：ガスホルダーについて

20m³ の製作になる為、屋外に設置。スペースの確保が必要。なお、圧力は、上記に対応すること。

※C：精製装置について

低圧用の精製装置は、大陽日酸㈱が製作可能。但し、FCV 用で使用する為の条件を満たしているのか、現状のガス分析が必要。

現状のガス分析を行い、対応が必要な物質を対象に吸着材を選定し対応する事が必要となる。

※D：圧縮機について

※Aのルーツブロワーの能力が決定された後、19.6MP a 迄、昇圧し吐出量が 20Nm³/h を満たすことが出来る昇圧機を選定する必要がある。国内の昇圧機メーカーでは対応が難しいと考える。海外メーカーであっても対応出来る条件としては、入口の圧力が必要な要因と考える。

※配管ルート・材質について



図 38 出荷拠点までの工場内配管ルート

配管ルートは、図 38 の上記の青ラインで配管を敷設する考えで検討している。

圧力が低い場合は、HIVP 等の塩ビパイプで対応する事が可能だが、ルーツブロワーの選定によっては、鋼管（SGPW 材 or SUS 材）の選定が必要となる。

(2) 水素ステーション設備

副生水素を活用した水素ステーション設備の検討については、2-3-1 で述べたように水素ステーション自体の整備、運営費が非常に高額となってくる。

また、水素ステーションの立地については、FCV の特性（長距離走行、充填時間等）

を鑑み、産業用車両（トラック、バス等）や自家用車両（社用車、レンタカー等）での需要が見込まれる。その辺の特性から、産業集積地域での立地が好ましいと考える。産業集積地域では、国土交通省が推進するカーボンニュートラルポートの推進もあり、港湾、産業、工業集積地域で活動する車両、船舶、重機のカーボンニュートラルが求められており、将来的にこれら車両は特性上 FC 車両へ置き換わると考えられ、高需要で採算性が求められる水素ステーションの立地には最適と考えられる。

加えて、このような産業集積地域では、工業用地、準工業地域指定区域が多く、住宅がほぼ立地していないため、水素ステーションの各種法規の基準をクリアできることが多く、事故等の面から不安感も軽減され整備、運営が進めやすくなると思われる。

さらに、燃料電池自動車（FCV）の普及が爆発的に普及することが無ければ、運営費は常に赤字となり事業運営が困難となってくる。

2-2-1 の水素ステーションの方式から、燃料電池自動車（FCV）の普及黎明期には、需要（FCV）に応じて時間、場所を変えられるは移動式水素ステーションにおける運営が好ましいと思われ、燃老電池自動車（FCV）の普及が一定程度増えてきた場合に定置式となるオフサイトステーションにおいて供給することが効果的と考える。

その場合の分岐点について検討した結果、移動式水素ステーションの場合、車両価格が約 4.5 億円（最大充填可能台数：FCV 約 20 台/日）、定置式オフサイト型水素ステーションの場合、整備コストが約 5 億円（最大充填可能台数：FCV 約 32 台/日※設備等により変動する）することを鑑み、様々な要素を考慮した結果、図 39 に示すとおり 1 日当たりの充填台数を 15 台以下の場合は移動式水素ステーションでの運営が効果的であり、15 台以上の場合は定置式オフサイト型水素ステーションの方が有利となる。

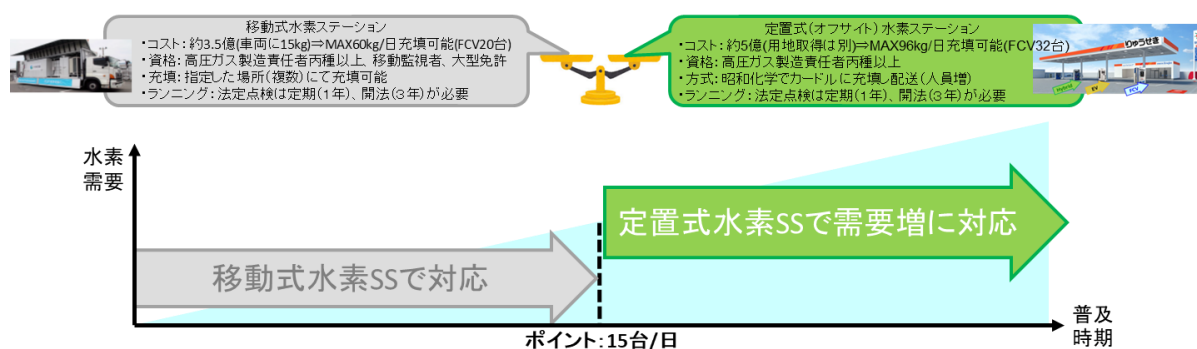


図 39 副生水素を活用した水素ステーションの整備、運営展開イメージ

3. 工業地域での水素利用調査、検討

3-1 地域における水素車両、重機等の利用可能性の検討

地域における副生水素の利用方法としては、図 40 に示すような利用用途が挙げられる。

はじめに、燃料電池車の燃料として利用する方法で、副生水素を燃料として使用することで、燃料電池車の走行に利用することができる。燃料電池車は、水素を燃料として使用し、電気を発電することで走行することから、副生水素を燃料として使用することで、水素を友好的に活用することができ、思料する車両からの排出ガスをなくすることができる。

また、副生水素は工業用途でのエネルギー源として利用することができ、工業用ボイラーなどで使用され、副生水素を再利用することで、エネルギーのコストを削減することができます。

さらに、副生水素をエネファームや工業用燃料電池として利用することで、一般家庭のみならず事業所、工場等でも利用することができる。

副生水素は、エネルギーとして利用することで、温室効果ガスの排出量を減らすことができ、持続可能な社会を実現するための重要なエネルギー源の一つとして注目されている。

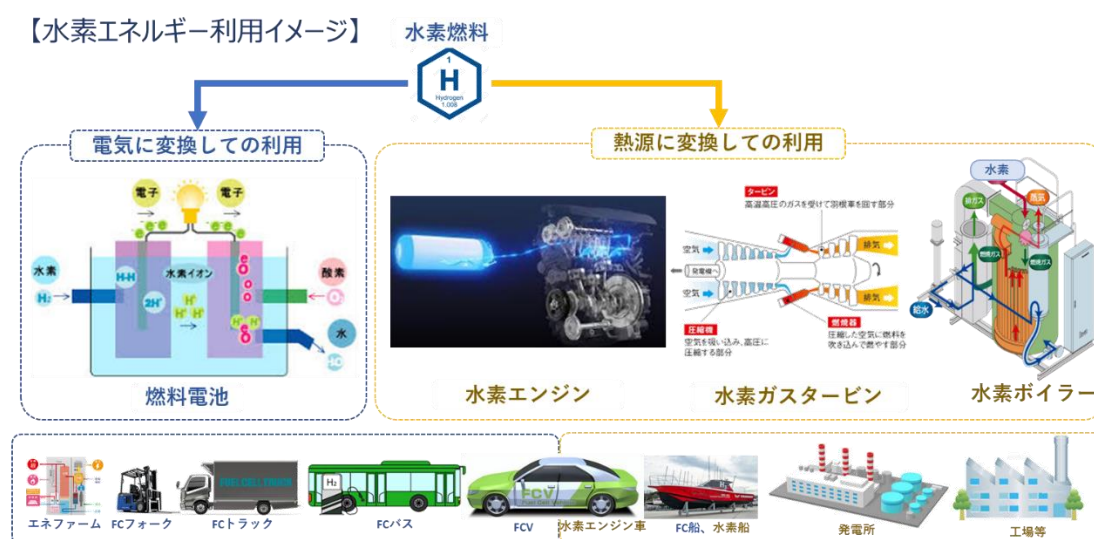


図 40 副生水素を活用した利用イメージ

今回、工業地域やその周辺地域を想定し、利用イメージを以下の様に想定してみる。

3-1-1 一般乗用車及び業務用社用車のFCV化

副生水素を活用する際、最も利用しやすい利用用途として、燃料電池自動車 (FCV) が挙げられる。

燃料電池自動車 (FCV) は、水素を燃料として使用して発電する燃料電池を搭載した自

動車のことを指し、電気自動車と同じように、電気モーターを動かして走行するのですが、その電力は図 41 に示されたとおり、車内に搭載された燃料電池モジュールから供給される。

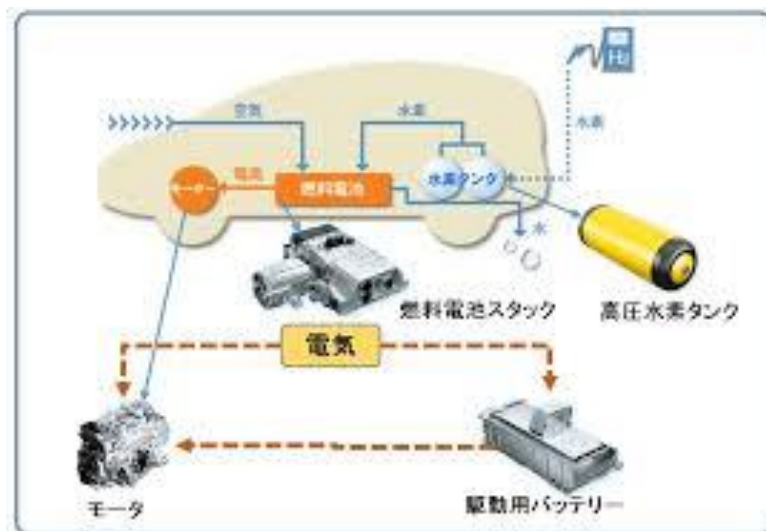


図 41 FCV の仕組みについて

出所：ものづくりドットコム

燃料電池自動車（FCV）の最大の利点は、電気自動車と同様に、二酸化炭素や窒素酸化物などの温室効果ガスを排出しないことである。

また、燃料電池の効率は高く、燃料として使われる水素のエネルギーを効率よく電力に変換できる。

さらに、水素は充填時間が短く、充電回数によるバッテリー寿命の問題もないため、遠距離ドライブにも適している。さらに、エネルギー効率が低い点がある。現時点で、ガソリン内燃機関自動車のエネルギー効率（15～20%）と比較して、2 倍程度（30%以上）と非常に高いエネルギー効率を実現しており、燃料電池自動車は低出力域でも高効率を維持できる。

また、天然ガスやエタノールなど石油以外の燃料が利用可能なため将来の石油枯渇問題にも対応できる。また、太陽光やバイオマスなどクリーンで再生可能なエネルギーを利用して水素を製造することにより環境への負荷を軽減が期待される。

このような車両については、一般的に利用されるだけでなく、企業の営業車として活用も可能であり、工業地域等事務所が集積する地域において燃料電池自動車（FCV）を導入することで、これら地域における脱炭素にも貢献できる可能性がある。

さらに、燃料電池自動車（FCV）は電気を生むことができるため、ほとんどの車両に電源取り出し口があり、緊急時の電源供給車としての利用も可能であり、これら車両が多く普及することで、レジリエンスの面での貢献も可能となる。

3-1-2 地域巡回バスのFCバス化

FCバスは、Fuel Cell Bus（燃料電池バス）の略称であり、燃料電池を動力源としたバスのことをいう。FCバスは水素を燃料として走行する。

FCバスの利点は、二酸化炭素や窒素酸化物などの温室効果ガスを排出しないことに加えて、エンジンがないため騒音が少なく、快適な乗り心地を提供できることが挙げられる。また、水素の充填時間が短く、燃料電池の効率がいため、長距離走行も可能である。

ただし、FCバスの課題としては、燃料電池自体が高価であるため、車両の価格も高く、さらに、水素の貯蔵や輸送には高い技術力が求められるため、安全性やコスト面でも課題が残っている。

現在、FCバスは、日本や欧米などの先進国を中心に、都市部の公共交通機関として導入されつつあり、将来的には、大規模水素ステーションの整備や技術の進歩により、より普及が進むことが期待されている。

国内では、トヨタと日野自動車を図 42 に示す燃料電池バス「SORA」の型式認証を FCバスとして国内で初めて取得し、2018 年 3 月より販売を開始した。これは、2020 年の東京オリンピック・パラリンピックに向けて、東京を中心に 100 台以上の FC バス導入を想定し、水素ステーション環境が整った都内をメインに導入が進んでいる。

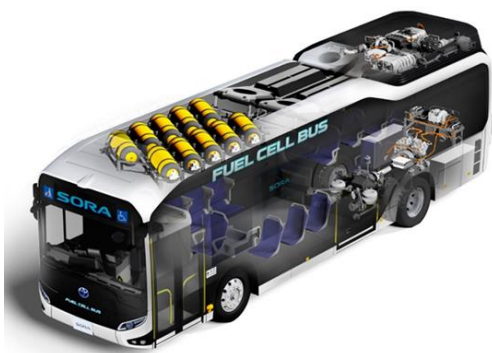


図 42 FC バス SORA



図 43 FC 小型バス

出所：トヨタ自動車 HP

さらに、同社では図 43 に示す FC 小型バスを開発しており、現在、福岡県において試作車を用いて実証試験を実施しており、うるま市の様な道路整備された離島を抱える地域や、自治体が運航する域内巡回バス等での利用も考えられ、今後の普及展開に期待が持たれる。

3-1-3 中城湾港工業地域におけるCNPを見据えた重機等のFC化

工業地における FC の重機については、現在 FC フォークリフトが販売されている。

FC フォークリフトは、Fuel Cell Forklift（燃料電池フォークリフト）の略称であり、燃料電池を動力源としたフォークリフトのことを指す。

フォークリフトの従来の駆動方式はガソリンや軽油等のエンジン式が主流で、排ガス等が発生する。しかし、倉庫等の閉鎖的環境下での活用や、昨今の環境配慮等の面から電動式フォークリフトも存在する。そこで、燃料電池(FC)のフォークリフトの開発が進められ、現在、欧米では環境配慮の面から FC フォークリフトが発売され、米国では1万5千台が稼働するなど普及が始まっている。

FCフォークリフトの利点は、二酸化炭素や窒素酸化物などの温室効果ガスを排出しないことに加えて、エンジンがないため騒音が少なく、快適な作業環境を提供できることが挙げられ、また、水素の充填時間が短く、燃料電池の効率がいため、長時間の作業も可能である。

ただし、FCフォークリフトの課題としては、まず水素の充填インフラが整備されていないことが挙げられ、また、燃料電池自体が高価であるため、フォークリフトの価格も高くなっている。

国内では現在、倉庫や物流センターなどでの実証実験が進められつつあり、将来的には、充填方法や技術の進歩により、より普及が進むことが期待されています。

豊田自動織機・トヨタ L&F カンパニーは、図 44 に示す 1.8t 積燃料電池(FC)フォークリフトの販売を 2019 年の秋に発売し、同社は 2016 年 11 月、日本初となる FC フォークリフトの販売を開始し、国・自治体の実証実験を含め累計で約 160 台を納入。これまでは 2.5t 積タイプ 1 種類だったが、より小型な FC フォークリフトへの要望に対応するため、環境省の「CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」を通じて開発に取り組み、1.8t 積タイプの発売しており、旧タイプに比べ大幅なコストダウンを行ったが、従来型のエンジンフォークリフトに比べ同サイズ比で約 150 万円ほど高額となっている。



図 44 FC フォークリフト

出所：トヨタ L&F HP

このような重機等は、中城湾港湾地域において多く用いられ、活用されており、これら重機が FC に代わることで工業地域の脱炭素に貢献できるものとする。

3-1-4 臨海型産業振興ゾーンにおける運輸部門でのFCトラック化

工業地において輸送を担うトラックは非常に重要な車両である。これらトラックについても現在燃料電池化がすすめられ、燃料電池を動力源としたトラックとして水素を燃料として使用する FC トラックの開発が進められている。

FC トラックの利点は、二酸化炭素や窒素酸化物などの温室効果ガスを排出しないことに加えて、エンジンがないため騒音が少なく、快適な運転環境を提供できることが挙げられます。また、水素の充填時間が短く、燃料電池の効率が高いため、長距離走行も可能で、動力も力強いといわれている。

ただし、FC トラックの課題としては、開発中ではあるが、燃料電池自体が高価であるため、トラックの価格も高額となることが予想され、さらに、水素を貯蔵するためのタンクレイアウトや出力向上に高い技術力が求められ、これら課題が残っている。

現在、FC トラックは、いすゞ自動車とトヨタ自動車、日野自動車の 3 社が、Commercial Japan Partnership Technologies(CJPT)、量販燃料電池(FC)小型トラックの企画・開発を共同で行ない市場導入を進めており、スーパーマーケットやコンビニエンスストアでの物流などで使われることが多く、冷蔵・冷凍機能を備えた上、1 日複数回の配送業務を行なうが、長時間使用・長距離走行が求められる一方、短い時間での燃料供給などの条件も満たす必要がある。こうした使用環境においては、走行時の CO2 排出がなく、エネルギー密度の高い水素を燃料とする燃料電池 (FC) 技術の活用が求められている。

そのため、3 社が共同で量販 FC 小型トラックを推進し、CJPT が企画を行ない、いすゞ・日野のトラックの技術とトヨタが持つ FC 技術を組み合わせ、図 45 のような小型トラックに求められる性能や条件を満たす商品を追求して開発を進めており、2023 年 1 月以降に市場導入し、福島県と東京都における社会実装プロジェクトにおいて、実際の物流現場で使用する計画が発表されています。



図 45 FC 小型トラック

出所：CJPT プレス資料



図 46 FC 大型トラック

出所：日野自動車プレス資料

また、大型トラックの分野でも、バッテリーEV化しようとする、一充電当たりの航続距離を確保するためには大量の（＝重く、場所を取る）バッテリーを搭載する必要があり、トラックの生命線である積載量（容積・重量）がバッテリーに取られてしまう。

またバッテリーが大容量化すればするほど、充電にも長い時間を必要とし輸送効率が低下してしまうので、大型トラックの電動化にはバッテリーと比較してエネルギー密度が高く、内燃機関車と同程度の時間で燃料の充填ができる FC 車が最適との考えの下、図 46 の様な FC 大型トラックについて日野自動車やいすゞ自動車にて開発が進められている。

3-1-5 漁業、遊覧船のFC船化

水素を利用した船舶は、航続距離が長く、環境にやさしいことから、船舶分野においても注目されている。船舶業界でも、国際海事機関において温室効果ガス排出ゼロを目指す指針が採択されており、世界的な環境規制強化が進みつつある。国内では、ヤンマーホールディングスとグループ会社のヤンマーパワーテクノロジーは 2021 年 3 月より、水素燃料を利用した将来のパワートレインの技術開発の一環で、図 47 のとおり船用水素燃料電池システムの実証試験を開始した。

実証試験艇「FC プロト艇」は、トヨタ自動車の燃料電池自動車『MIRAI』（ミライ）用燃料電池などを組み合わせて開発した船舶用燃料電池システムを、自社製ボートに搭載しており、国土交通省の「水素燃料電池船の安全ガイドライン」に国内で初めて正式に準拠した船舶となり、将来的には、2025 年までの実用化に向け、燃料電池システムの複数台連結による大容量パッケージを開発し、より大型の船舶に対して水素燃料を使用したソリューションの提供を目指すとしている。



図47 ヤンマー水素燃料電池実証船

出所：ヤンマーホールディングス(株)HP

うるま市は漁業も盛んであり、このような遊覧船や漁船の FC が進むことにより水産業の分野でも脱炭素化につながる事となる。

3-1-6 うるま市防災拠点（旧具志川運動公園）における防災型燃料電池導入

家庭用燃料電池と同様に、業務用ではガスのみならず純水素を用い産業用では数～数百 MW の発電容量となる燃料電池システムの開発が進んでいる。

パナソニックでは早い段階から水素の可能性に着目し、1999 年に燃料電池の基礎技術

開発に着手している。

2009年には家庭用燃料電池コージェネレーションシステム「エネファーム」を世界に先駆けて発売し、これまでに累計 20 万台以上を生産してきた実績を持つ。

図 48に示す「H2 KIBOU」は「エネファーム」の技術を応用した燃料電池であり、「エネファーム」の7倍以上となる 5kW に発電出力を強化しており、現在、自社の滋賀県草津工場において 5kW 「H2 KIBOU」を 99 台（495 kW）と太陽電池（約 570 kW）を組み合わせた自家発電設備であり、そして余剰電力を蓄えるリチウムイオン蓄電池（約 1.1 MWh）を備えた大規模な実証施設を設置し、ここで発電した電力で草津拠点内にある燃料電池工場の製造部門の全使用電力を賄うとともに、3 電池連携による最適な電力需給運用に関する技術開発および検証を行っている。

この 3 電池を組み合わせることで、広大な設置面積が必要となり、かつ天候の影響を受けやすい太陽光発電の特性を補完し、工場の屋上など限られたスペースでの自家発電設備の設置も可能になり、また、蓄電池との連携により、電力使用量がピークになった時でも燃料電池と蓄電池からの電力供給をコントロールすることで、必要な電力を自家発電設備で安定的に賄うことができる。

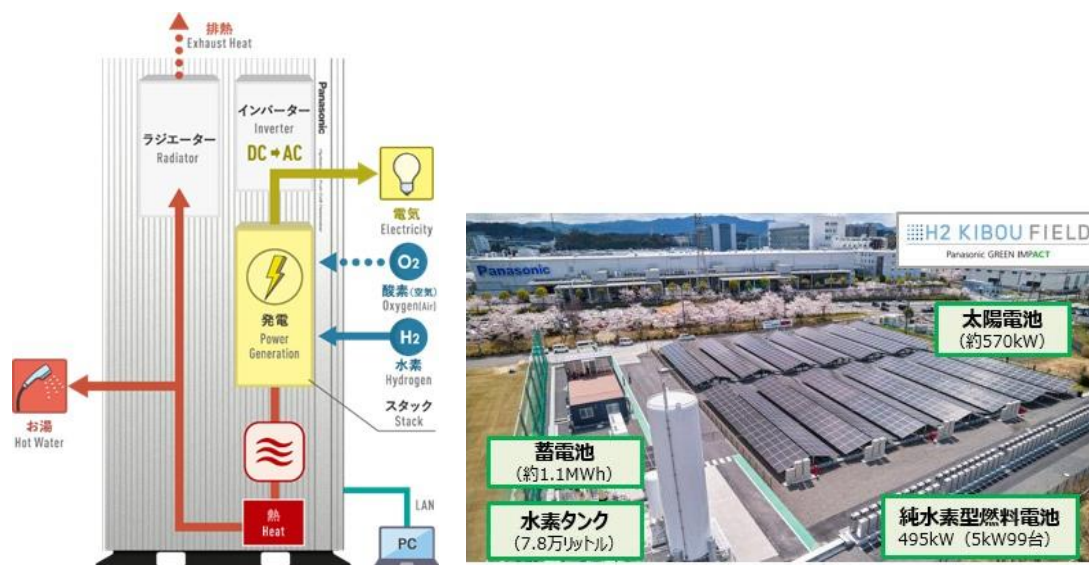


図48 パナソニック製純水素燃料電池 H2 KIBOU及びH2 KIBOU FIELD

出所：Panasonic HP

このような設備を防災施設に設置することで、常時には電力と温水を供給しつつ、防災時も避難施設として災害に影響されず常に電気と温水を供給することが可能となるため、脱炭素とレジリエンスの面から貢献することが可能と思われる。

3-1-7 工業地における産業用ボイラーとしての利用

水素を燃料として利用するボイラーは、燃焼時に発生する二酸化炭素や窒素酸化物などの有害物質の排出量が少なく、環境にやさしいエネルギー供給が可能である。

また、燃料の取扱いや燃焼時の燃料特性がよいことから、効率的なエネルギー供給が期待される。

産業用ボイラーのトップメーカーである三浦工業株式会社は、図 49 の様な水素燃料ボイラーの低 NO_x 仕様のバーナ開発にかねてより取り組んでおり、開発した低 NO_x バーナを搭載した水素燃料貫流ボイラーが、全国の自治体で初めて水素燃料を使用する蒸気ボイラーとして 2021 年 5 月に開催された「東京都低 NO_x・低 CO₂ 小規模燃焼機器委員会」の認定審査を受け、新たな認定区分（グレード H）として認定されている。

開発した低 NO_x バーナは、燃焼用空気を高速で噴出することで炉内の燃焼ガスを誘引し、燃焼反応を緩慢化させ、局所的な火炎の温度上昇を抑制することで NO_x を低減し、これにより全運転範囲において NO_x 排出量を 40ppm（O₂=0%換算値）以下の大幅な NO_x 低減に成功している。



図 49 水素燃料ボイラー

出典：三浦工業株式会社 HP

うるま市は中城湾工業地域を有しており、工業用ボイラーの需要も大きく、燃料に化石燃料（A 重油や灯油等）が用いられていることから、これらを水素燃料ボイラーに替え副生水素を燃料とし利用することで同地域の脱炭素化に貢献できるものと思われる。

3-1-8 発電所等におけるマルチガスタービンでの水素混焼利用

水素を燃料として使用する発電には、水素燃料電池や水素燃焼発電がある。

水素燃料電池は、防災拠点の部分で述べたとおり、水素と酸素を反応させて発電する

方法で、燃焼によって発生する二酸化炭素や窒素酸化物の排出量が少ないため、環境にやさしい発電方法として注目されており、水素燃料電池を搭載する車両や船舶、建物等での利用が最適とされている。

一方、水素燃焼発電は、水素を燃やして発電する方法で、水素を燃やすことで発生する熱エネルギーを利用して、タービンを回して発電するため、燃料電池よりも簡単な技術で実現でき、比較的安価に設置することができるといわれている。

水素の燃焼発電では、図 50 の様に、水素ガスタービンを用いて水素を燃料として使用する発電システムの一つで、一般的なガスタービンと同様に、空気を圧縮して燃料を噴射し、高温高圧の燃焼ガスを発生させてタービンを回転させ、発電機で電力を発生させる仕組みである。



図 50 水素ガスタービン

出所：川崎重工業(株)HP

水素ガスタービンの最大の利点は、水素を燃料とすることで二酸化炭素や窒素酸化物などの温室効果ガスを排出しないことで、燃焼ガス中には水蒸気しか含まれないため、排出される物質が大気中に与える影響も小さいとされている。

一方で、水素ガスタービンにはいくつかの課題もあり、まず、水素ガスタービンは、高温高圧の燃焼ガスを扱うため、高い耐熱性が求められる。

さらに、水素ガスタービンでの水素利用にあたっては、使用する水素の量が非常に膨大となるため、その水素の確保が大きな問題となる。

3-2 水素需要に関するアンケート調査

3-2-1 水素エネルギーに関する中城湾工業地域に関するアンケート調査

うるま市と沖縄市に隣接する中城湾工業地域（図 51）には産業集積地として沖縄県内の産業を支える企業が多く立地している。脱炭素を巡る国内外の動きの中で、エネルギー源の主流は再生可能エネルギーなどにシフトすることが予想され、当該地区は今後も沖縄のエネルギー供給拠点であることから県内のエネルギーシフトの重要な地区であると位置づけられている。



図 51 中城湾工業地域（写真）

出所：中城湾開発推進協議会 HP

今回、有限責任監査法人トーマツ及び株式会社りゅうせきは各々の委託事業である「うるま市企業誘致推進事業（委託者：うるま市 受託者：トーマツ）」及び「沖縄型クリーンエネルギー導入促進調査事業（委託者：沖縄総合事務局 受託者：りゅうせき）」の一環で中城湾やその周辺における、昨今の「2050年カーボンニュートラル宣言」によるエネルギー需要の変化に対応したエネルギーシフトや脱炭素に係る取り組みについてアンケート調査を実施し、特にりゅうせきのパートでは水素に関連する設問を設け実施し、その結果を以下の通り記する。

【アンケートの詳細】

- ・対象：中城湾新港地区協議会及び中城湾開発推進協議会会員 152 社
- ・期間：2023 年 1 月上旬～2023 年 1 月下旬
- ・手法：メール及び FAX による送付（回答方式：メール及び FAX）
- ・回答：16 社

(1) アンケートの質問、回答

今回のアンケートにおいて、水素に関連する内容の結果を以下のとおり記する。

- ① 貴社の「水素」や「水素エネルギー」についてどの程度知っているかお伺いします。
該当するものをお答えください。

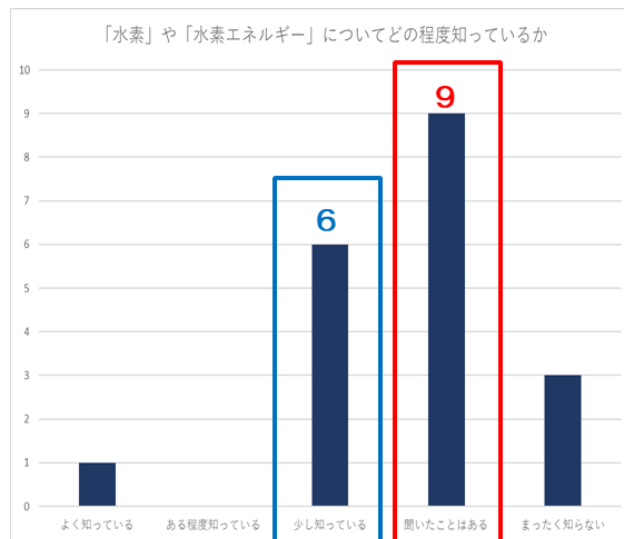


図 52 設問①に対する回答グラフ

考察：図 52 のとおり、水素に関して「聞いたことがある」との回答が最も多く、「少し知っている」が次いで多かった。

- ② 「水素エネルギー」についての興味についてお伺いします。該当するものを選んでください。

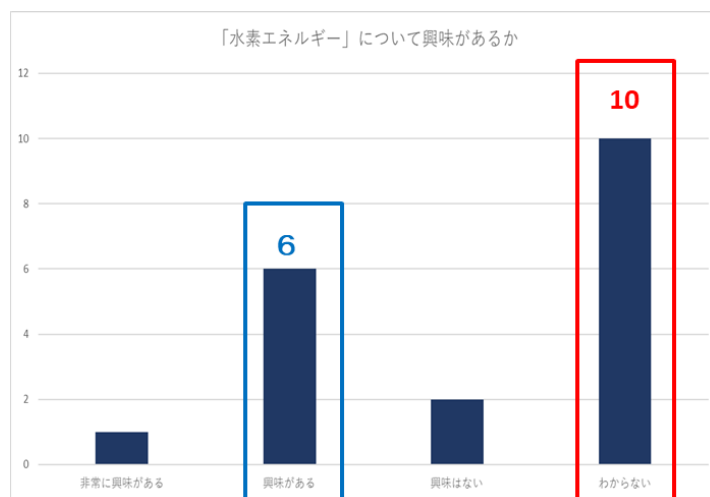


図 53 設問②に対する回答グラフ

考察：図 53 のとおり、水素エネルギーへの興味については、「わからない」が多く、次いで「興味がある」となった。

③ 貴社は水素を燃料とした新エネルギー製品をどのくらい知っていますか。

【複数選択可】

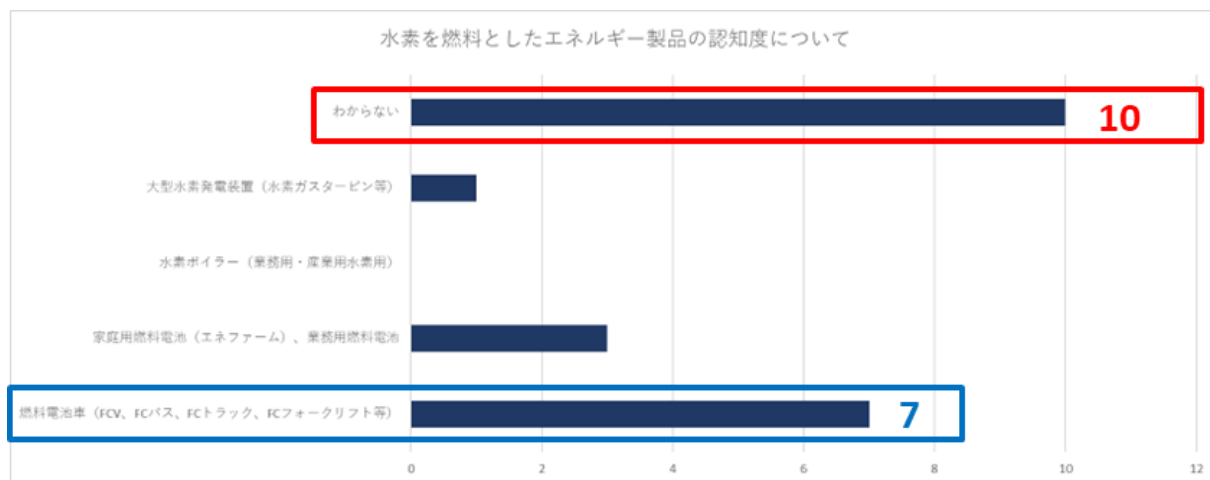


図 54 設問③に対する回答グラフ

考察：図 54 のとおり、水素エネルギー製品に関する認知度の質問では、「わからない」が最も多く、次いで「燃料電池車両」が多かった。

④ 貴社は、燃料電池車についてどう思いますか。【複数選択可】

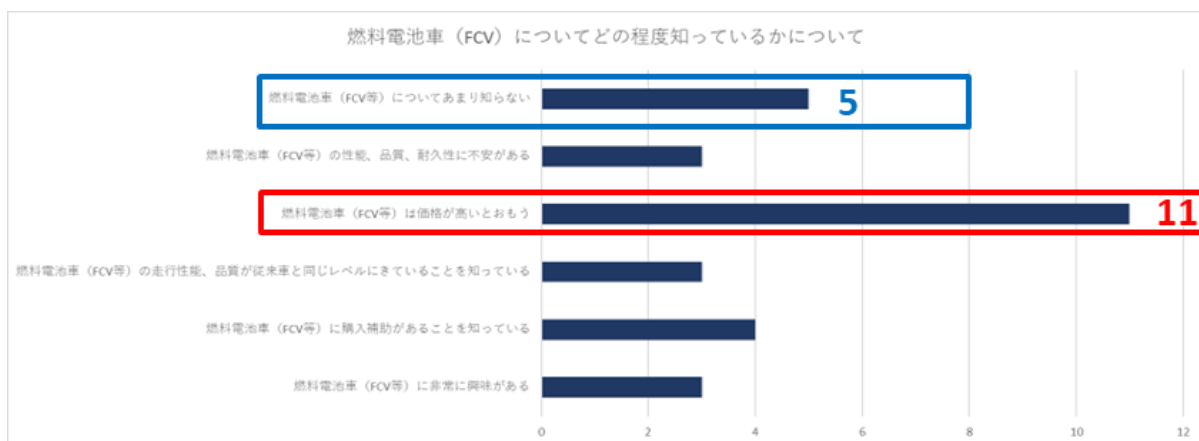


図 55 設問④に対する回答グラフ

考察：図 55 のとおり、燃料電池車両に対する認知度については、「価格が高い」との回答が多く、次いで「あまり知らない」の結果となった。しかし、「購入補助がある」ことや「走行性能、耐久性」の面で一定数の認知度もあった。

⑤ 貴社は、どのタイプの燃料電池車に興味がありますか。【複数選択可】

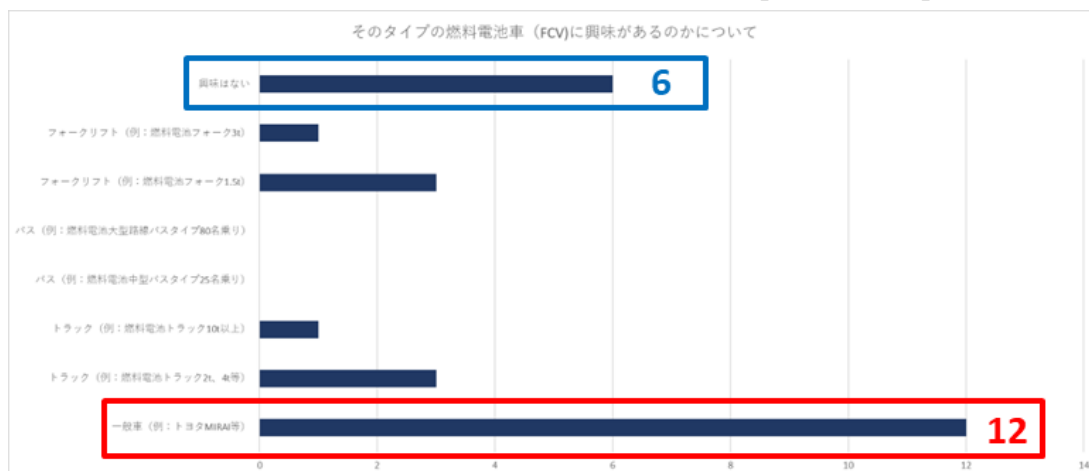


図 56 設問⑤に対する回答グラフ

考察：図 56 のとおり、燃料電池車両に関し、タイプ別の興味についての回答では、「一般車（乗用車）」タイプとの回答がもっとも多く、次いで「わからない」との回答が多かった。また、フォークリフト、トラックの回答も一定数あった。

⑥ （⑤で「8. 興味はない」以外に回答した方にお聞きします）貴社が燃料電池車を購入したいと思った理由はなんですか。【複数選択可】

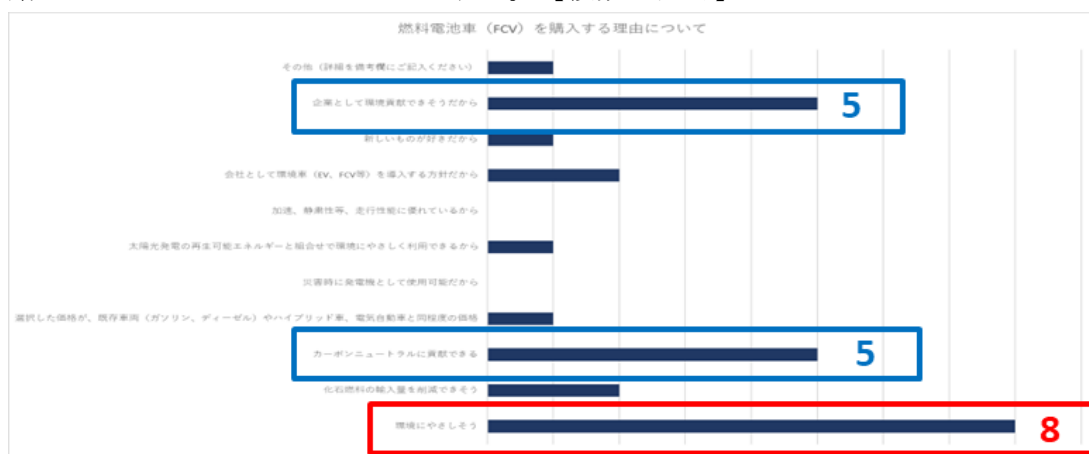


図 57 設問⑥に対する回答グラフ

考察：図 57 のとおり、燃料電池車両に関し、タイプ別の興味についての回答では、「一般車（乗用車）」タイプとの回答がもっとも多く、次いで「わからない」との回答が多かった。また、フォークリフト、トラックの回答も一定数あった。

- ⑦ 燃料電池自動車には水素を充填する（水素を補給する）必要があります。貴社は、燃料電池自動車にかかる燃料費がどの程度なら燃料電池自動車を購入したいと思いますか。従来の燃料車（ガソリン、軽油等）にかかる燃料費と比較してお答えください。

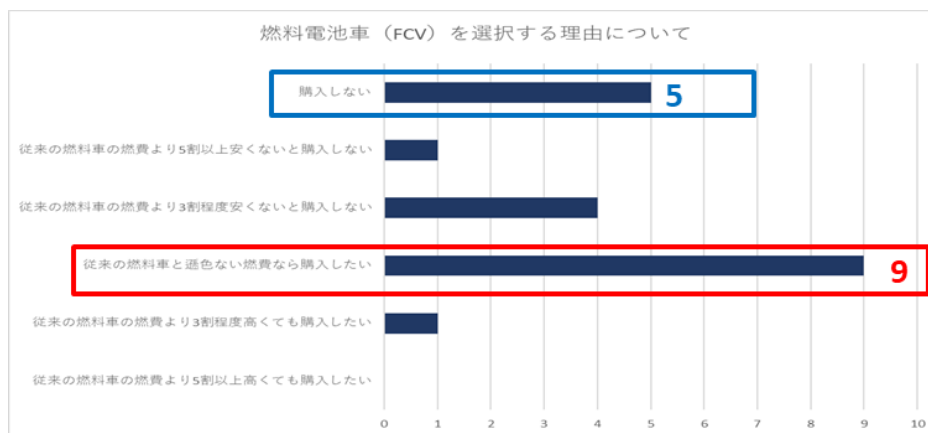


図 58 設問⑦に対する回答グラフ

考察：図 58 のとおり、燃料電池車両を購入する際の検討条件については、「従来車と遜色のない燃費性能」と回答が最も多く、次いで「購入しない」との回答の結果となった。

- ⑧ （⑤で「8. 興味はない」と回答した方にお聞きします）貴社が燃料電池自動車に興味はないと思った理由はなんですか。【複数選択可】

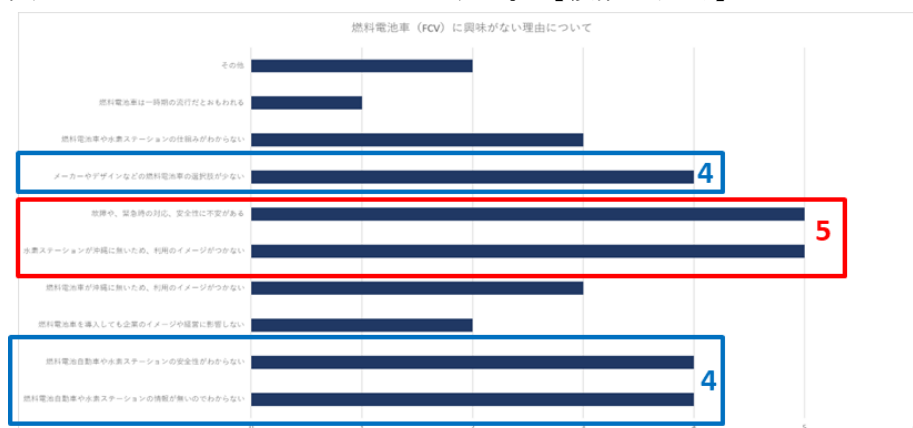


図 59 設問⑧に対する回答グラフ

考察：図 59 のとおり、燃料電池車両に興味がない理由については、「故障や安全性が不明、沖縄に水素ステーションが無いため利用イメージがつかない」との回答が多く、次いで「メーカーやデザインの選択肢が少ない、信頼性、実用事例がない」との回答となった。

- ⑨ 貴社は、燃料電池自動車に水素を充填する水素ステーションの設置についてどう
 思いますか。【複数選択可】

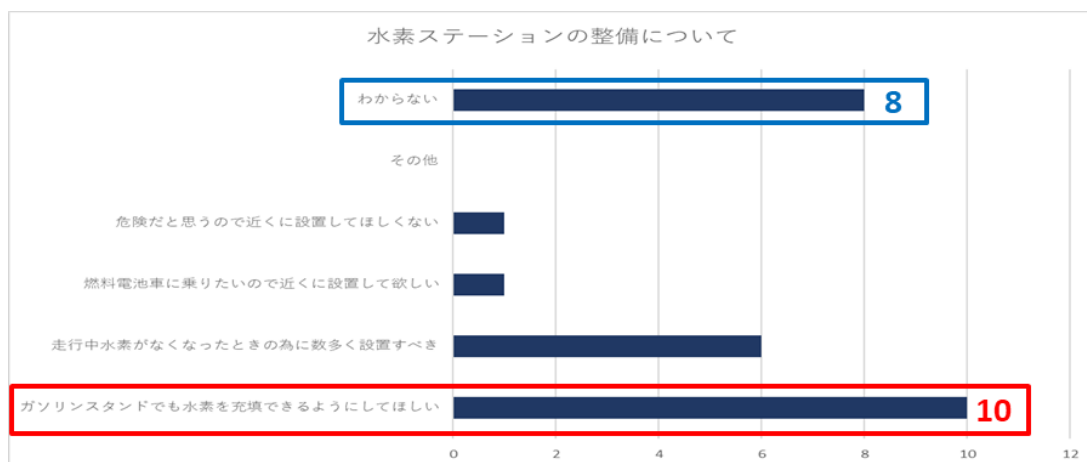


図 60 設問⑨に対する回答グラフ

考察：図 60 のとおり、水素ステーション設置に関する要望については、「通常のガソリンスタンドで水素も充填できるようにしてほしい」との回答が多く、次いで「わからない」との回答となった。

- ⑩ 貴社は、水素ボイラーに興味はありますか

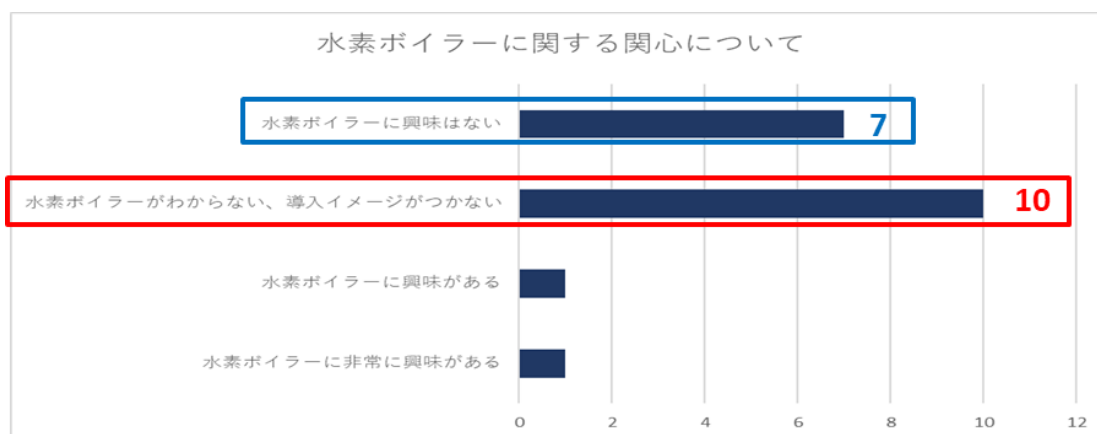


図 61 設問⑩に対する回答グラフ

考察：図 61 のとおり、水素ボイラーに関する関心については、「わからない、導入イメージがつかない」が最も多く、次いで「興味がない」の回答順となった。

- ⑪ 水素社会とは、エネルギー利用過程で水素をエネルギーとして効果的に活用することにより、自動車、工場、家庭での省エネや、再生可能エネルギーの効果的な活用が進む、環境負荷が少なく、災害に強い社会のことをいいます。実現されると、二酸化炭素を全く排出しない社会を構築できる可能性があります。貴社は、沖縄地域において水素社会はいつごろまでに実現することを期待しますか。

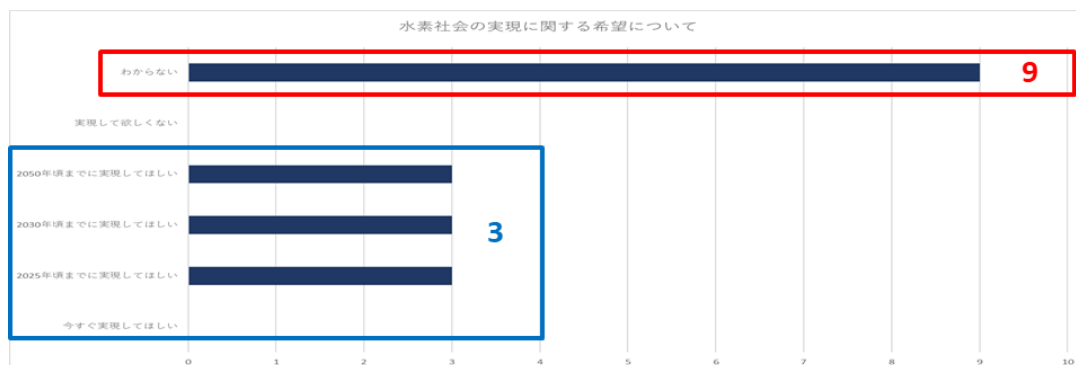


図 62 設問⑪に対する回答グラフ

考察：図 62 のとおり、水素エネルギーの普及時期について、「わからない」との回答がもっとも多く、次いで、「2030 年、2040 年、2050 年」の回答となった。

- ⑫ 水素エネルギー（燃料電池車や家庭用燃料電池など）を普及させ、水素社会を構築するためにはどういったことが必要だと思いますか。【複数選択可】

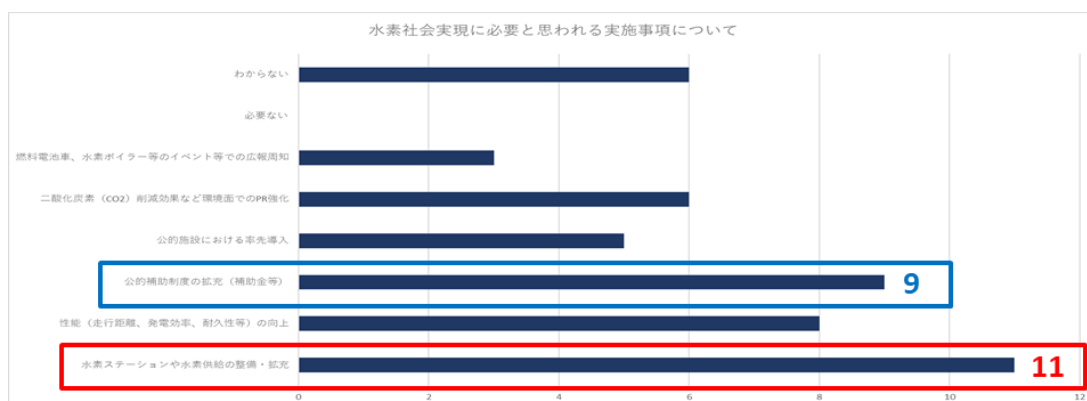


図 63 設問⑫に対する回答グラフ

考察：図 63 のとおり、水素社会構築に必要な条件については、「水素ステーションの整備」がもっとも多く、次いで「公的支援制度の充実」の回答となった。

(2) アンケート調査のまとめ

今回のアンケート調査結果では、水素エネルギーについて聞いたことはあるものの、関心について「わからない」との意見が多いが、「興味がある」と回答した企業も多くあった。その中で、「水素エネルギー製品」については「わからない」と回答した企業が多いが、燃料電池車両の存在を知る企業も一定数あり、その中でイメージとしては「価格が高い」という認識を多く持たれていた。

さらに、興味については「一般車タイプ」の回答が多く、一部に「フォークリフト、トラック」の回答もあったが、購入する場合の条件としては「従来車と遜色のない燃費性能」が求められている。

一方、燃料電池車に興味がない企業へ、その理由を伺ったところ、「故障や安全性が不明、水素ステーションが無いためイメージがつかない」との意見が多く、次いで「メーカー、デザインの選択肢が少ない」などの意見もあった。

水素エネルギーを供給する水素ステーションに対する要望としては、「ガソリンスタンドでの充填」が要望されている。

その他の利用用途として、「水素ボイラー」に関する興味を伺ったところ関心度は少なく、利用イメージがつかない等の回答が多かった。また製品を知らないため導入イメージもつかず、普及には利用や性能等の周知が必要と思われる。

最後に、水素社会の実現については、わからないとの回答が多かったものの、2030年代、40年代、50年代と同数の会とがあり、まだまだ不明ではあるが、水素社会実現に向け水素ステーションの整備から始め、水素製品の導入には公的支援制度の充実が必要との回答から、沖縄における目に見える水素社会を周知していくことが必要と思われる。

4. 水素車両等の供給、普及促進策の調査、検討

4-1 工業地及び周辺地域内の需要調査

4-1-1 中城湾工業地域及び周辺地域での水素関連企業について

水素のエネルギーとしての価値が高まる中、中城湾工業地域や周辺地域において水素に関連する企業について調査を行った。

I-PEX株式会社はものづくりソリューションエキスパートとして、精密金型を主軸に、精密プラスチック部品、半導体製造装置等の精密電子機器、部品等を扱う企業として本社を京都府京都市に構え、本県においては豊見城市に沖縄オフィスとアイペックスグローバルオペレーション(株)を、また、うるま市に沖縄工場と沖縄イノベーションセンター(図64)を立地させ展開している。



図64 I-PEX沖縄イノベーションセンター（写真）

出所：I-PEX(株)HP

特に、うるま市に立地している沖縄イノベーションセンターでは、新規事業として再生可能エネルギーを利用した水素製造・発電の試作開発を行っており、2022年7月に国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が公募し、琉球大学が受託した「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」における「水素利用等高度化先端技術開発」の研究開発メンバー(再委託)として、水素の簡便な保管と取り出しを行えるアンモニアボラン(NH₃BH₃)を燃料とする発電システムの開発を行っている。

また、2022年6月には内閣府沖縄総合事務局経済産業部が公募し、アイペックスグローバルオペレーションズ株式会社が受託した「令和4年度沖縄型クリーンエネルギー導入促進調査事業(2次公募)」における「沖縄地域における水素またはアンモニアの導入に

関する調査事業」として、オンサイト水素電源装置を搭載した車両を用い、離島における水素製造・電源活用および再生可能エネルギー利活用に関する調査を琉球大学と共に行っており。今後、調査結果を基に実証事業へ進める予定となっている。

このような水素製造機等ができる企業が市内に立地し、今後水素需要が高まる中で、同社の装置が貢献できる可能性も高く、今後、同地域における水素普及について情報交換を図り、連携していくことが重要と思われる。

4-2 メーカーにおける水素車両、重機等開発動向の調査

4-2-1 燃料電池自動車(FCV) メーカーヒアリング

燃料電池自動車(FCV)の現在の状況や今後の動向について状況を把握すべく以下のとおりヒアリングを実施した。

ヒアリング日時：2022年11月15日(火)

訪 問 先：トヨタ自動車株式会社 本社 国内商品事業部 商品計画室

4-2-2 産業用燃料電池車両(FCフォークリフト等) メーカーヒアリング

産業用燃料電池自動車(FCフォークリフト等)の現在の状況や今後の動向について状況を把握すべく以下のとおりヒアリングを実施した。

ヒアリング日程：2022年11月16日(水)

訪 問 先：株式会社豊田自動織機 産車用FCプロジェクト担当

4-2-3 沖縄における燃料電池車両展開の考え方に関するヒアリング

燃料電池車両に関する島しょ地域での展開について、現在の状況や今後の動向について状況を把握すべく以下のとおりヒアリングを実施した。

ヒアリング日程：2022年11月17日(木)

訪 問 先：トヨタ自動車株式会社 名古屋オフィス 国内業務部
この町いちばん活動推進グループ

4-2-4 メーカーヒアリングまとめ

上記、メーカーヒアリングの結果から、沖縄における燃料電池自動車を含めた車両に対する今後の活動について以下の様に取りまとめた。

- ◆ 高残価型リースや割賦商品の開発 (FCEV新車および中古車)
⇒ ユーザーの購入ハードルを低減させるような商品を開発し、FCEVを県内で流通しやすくする仕組みを考える
- ◆ 沖縄県に対する、FCEV購入補助金導入の提言
- ◆ 水素ステーション開業前での、FCEVの営業活動
- ◆ FCEVの普及促進をテーマとしたイベントの開催
- ◆ 社用車のFCEV導入
- ◆ レンタカーのFCEV導入促進
- ◆ トヨタ車以外のFCEVを取扱う他メーカーとの連携

これらの活動内容を活かし、沖縄における燃料電池車両の普及拡大に向け自動車ディーラーとして活動を進める。

4-3 工業地及び周辺地域への環境効果の検討

4-3-1 副生水素利活用におけるCO2削減量の試算

昭和化学工業から発生する副生水素量については、前項の「1-1-3副生水素の生産量年度別発生量」において、年間平均約31^{トン}（約35万Nm³）発生することがわかっている。この副生水素を利活用した際のCO2削減効果について、以下のとおり試算を行った。

(1) 交通部門における副生水素利用によるCO2削減効果

交通部門においては、一般車は燃料電池自動車（FCV）に、トラックは燃料電池トラック（FCトラック）、路線バスは（FCバス）の様に水素を活用できる車両をモデルに、昭和化学工業から出る副生水素の年間平均31^{トン}を用い、表9のとおりに各車両が年間使用する水素量を算出したうえで、それら車両が通常のエンジン車両だった場合のCO2発生量から削減効果を算出した。

表9 交通部門における燃料電池車両での副生水素利用によるCO2削減量試算

車種	水素年間使用量	FC代替台数	CO2計数	CO2削減効果
FCV	72kg/台	約430.5台	1.7 ^{トン} /年/台	約731.9 ^{トン}
FCトラック	1,920kg/台	約16.1台	17.1 ^{トン} /年/台	約275.3 ^{トン}
FCバス	2,400kg/台	約12.9台	22.3 ^{トン} /年/台	約287.7 ^{トン}

上記表のとおり、FCVの約430台へ年間供給できる量からのCO2削減量として、約731^{トン}/年が期待でき、FCトラックの場合、約16台へ年間供給できる量からのCO2削減量として、約275^{トン}/年が期待され、FCバスの場合だと、約13台へ年間供給できる量からのCO2削減量として、約288^{トン}/年が期待することができる。

この数値から、FCVでの利用が望ましいが、本試算はあくまでも31^{トン}の副生水素を交通部門の各車両だけに使った場合の試算となる。

(2) 発電部門における副生水素利用によるCO2削減効果

前項の「3-1-8 発電所等におけるマルチガスタービンでの水素利用」で述べた通り、水素を燃料としてマルチガスタービンを用いて発電することは可能であり、現在様々なメーカーが実証試験を行っている。

現在、水素だけでの発電については試験的に実施しているメーカーも存在するが、多くのメーカーは主燃料となるガス（LNG等）に一部水素を混ぜて使う混焼を行っており、混焼については配合率を増やすほど技術的に制御の難易度が高くなるといわれている。

今回、一部メーカーの公開されているデータを基に表10のとおりに水素混焼におけるCO2

削減効果の試算を行った。

表10 発電部門におけるマルチガスタービンでの副生水素利用によるCO2削減量試算

発電機種	水素使用量	水素混焼率	CO2削減効果
マルチガスタービン	350,000Nm ³	10%	約220 ^{トン}

上記表のとおり、小型マルチガスタービン（3万kWクラス）を用いた試算では、水素混焼率を10%とし、昭和化学工業から年間発生する副生水素量35万Nm³を使用した際のCO2削減効果は約220^{トン}となった。

3-1-8でも述べたとおり、ガスタービンでの利用にあたっては、昭和化学工業から発生する副生水素量をもっても大幅に足りず、混焼を10%と想定しても数日程度で枯渇することが想定される。そのため、昭和化学工業の副生水素はあくまでもベースとして、交通部門、発電部門で使用する量を定め、交通部門での利用が薄い場合に発電部門で使用する等、利用に関する効果的なオペレーションを行うことで、CO2削減に効果をもたらすことが可能と思われる。

4-4 普及促進策の検討

4-4-1 企業、公共団体向けFCV導入リースサービスの検討

交通部門に置ける水素利用促進策として、一般の方々に燃料電池自動車(FCV)の訴求する方法が一般的であるが、燃料電池自動車(FCV)は企業向けの社用車や自治体向けの公用車としての利用も考えられる。

その際、企業や自治体では所有する場合もあるが、大半はリース契約等で導入しているケースが多い。そのため、高額な燃料電池自動車(FCV)を導入しやすいリースサービスの検討を以下のとおり行った。

(1) 沖縄県におけるモビリティサービス

昨今の車両保有に関する概念が新たな利用サービスの展開により、図65に示すとおり、従来の交通手段は新たなモビリティサービスに代替えされると想定される。

しかし、鉄軌道の無い地方都市では法人所有型のモビリティは継続すると想定される。

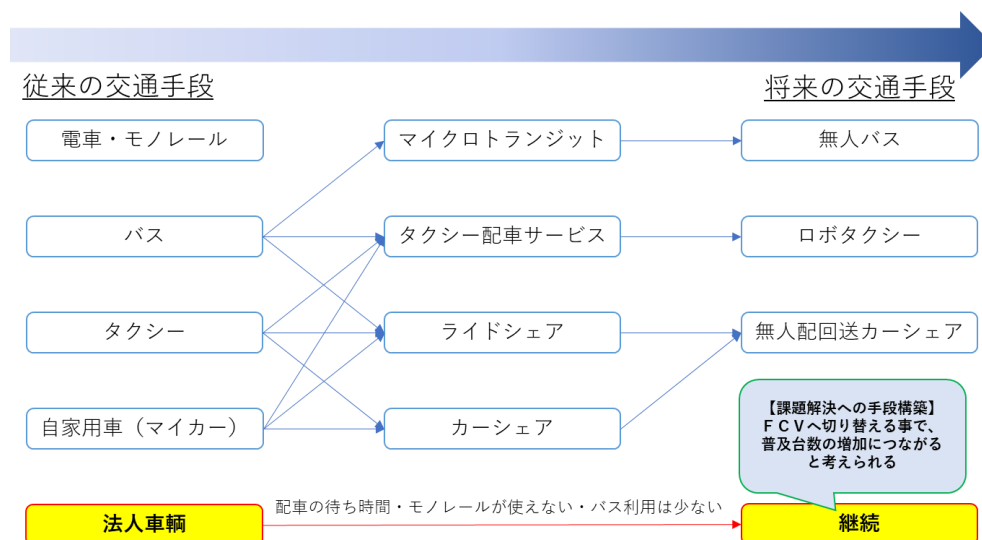


図65 沖縄における将来の交通手段イメージ

法人車両について、現在と同様な活用手法が継続されることを想定し、それら車両について燃料電池自動車(FCV)への切り替えることで利用する企業の環境貢献にもつながる効果が得られる。

そこで、沖縄県における法人車両の台数を把握するため、車両登録情報から法人車両台数の調査を行ったが、これら情報について明確な台がわかる情報が得られなかったため、図66の様に現在沖縄県内で登録されている保有台数から世帯あたりの普及台数と世

帯数を用い、差し引きで法人車輛の台数を試算してみた。

沖縄県の自家用乗用車の世帯当たり普及台数

都道府県	世帯当たり普及台数	保有台数 <small>※貨物・乗合・特殊・事業用車両除く</small>	世帯数	差し引き (法人所有と想定)
沖縄県	1.285	869,556	676,643	192,913

※自動車検査登録情報協会 自動車保有車両統計データ（無償版）/有料版でより詳細なデータ取得可能（価格52,360円）

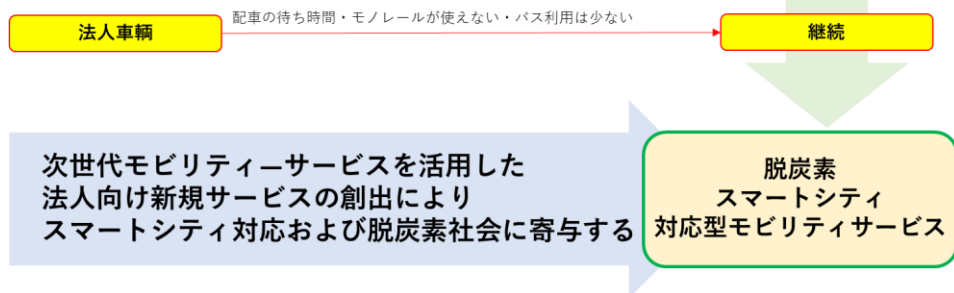


図66 法人車輛台数の試算

その結果、想定される法人車輛の台数は約19.3万台となり、これら車両を対象に燃料電池車両(FCV)への代替えプランの検討を行った。

(2) 新モビリティサービスの検討

今回、法人向け燃料電池車輛のリースサービス検討するに、現在狩猟の差一リースサービスの現状を調査した。

サービスとしては、販売ディーラーとお客様である法人の間にカーリース会社を挟み、法人は利用したい車両を選定し、その車両を扱うディーラーはカーリース会社をとおして車輛を法人に貸出し、法人は毎月定額の利用料金として支払いを行っている。

メリットとしては、「毎月定額の支払い」「残価設定が可能」「経費扱いでの会計処理が可能」「メンテナンス等のプランも充実」等のメリットがある。

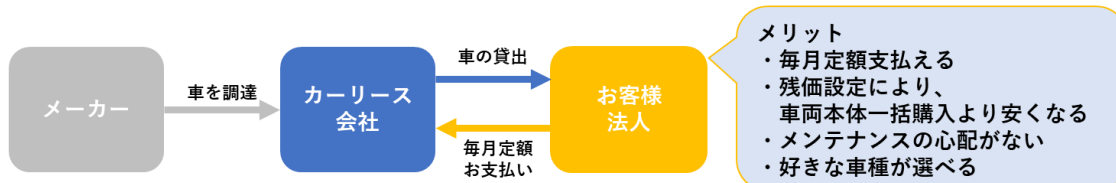
しかし、課題も存在し、「営業担当一人一人に車両を配備することで、車輛台数も多く必要で、未稼働時間も存在する」「車輛を多く利用することで環境イメージが悪くなる」「車輛の駐車スペースが必要となる」「代替えタイミングが各々違い、車両の均一化が難しい」「運行管理を行う必要がある」等、課題も多く存在する。

そのため、課題部分について改善を図りつつ、そこに燃料電池自動車(FCV)への代替えを促す方策として、課題となっている車輛の利用率を高め、車輛本体の環境価値を高める「企業内でのカーシェアリング」のサービスを加えることで付加価値を創出することを検討してみた。

企業内カーシェアリングは、図67に示す通り、現状利用している法人車輛の稼働実態を測定し、営業時間内での稼働率を算出し、利用率の低い車両を把握する。そのデータを基に、稼働率の低い車輛について法人側と実態について検討を図り、実態と意向も踏

まえ利用率が低い車輛に対し、予約管理・運行管理システムを導入しつつ、利用頻度の低い車輛について環境車輛、この場合燃料電池車 (FCV) との代替えを訴求するサービスを展開する。

既存：カーリースサービスの概要



法人向けカーリースの課題



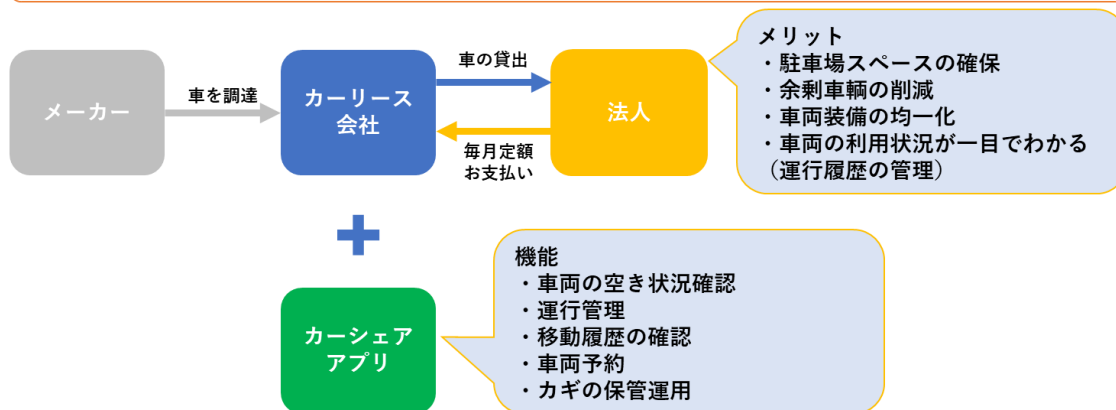
- ・営業担当一人一人に車両を配備しているが、皆が同時に使うわけではない。
- ・駐車スペースが少ない。
- ・代替タイミングが違い車両の均一化が難しい。
- ・運行管理を行う必要がある。

新規サービスとの融合により付加価値の創出



カーシェアサービスの予約管理・運行管理の仕組みに着目
法人向けカーリースとの融合により新たな価値の創出を目指す。

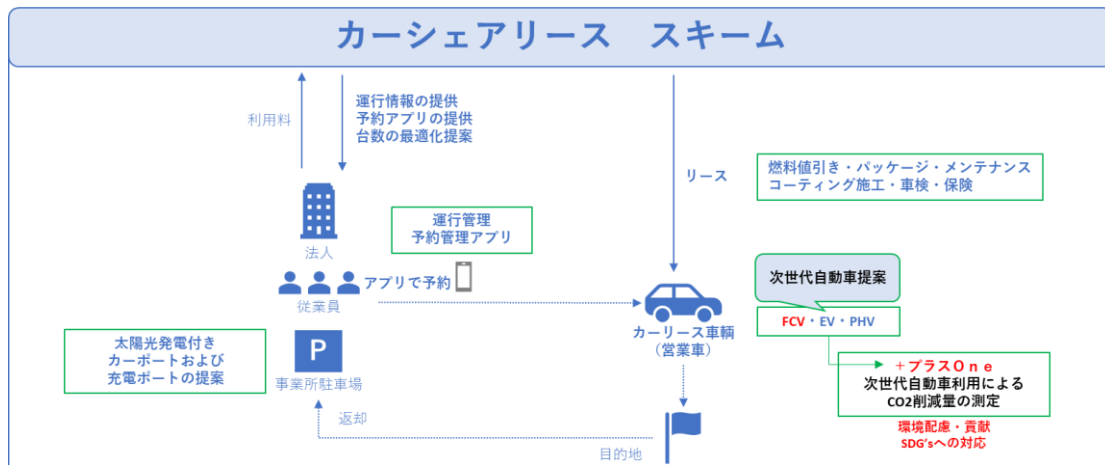
カーリースサービスにプラスα



**カーシェアサービスアプリの機能を活用し、
既存の法人向けカーリースで抱える課題を解決する。**

図67 新たな法人向けカーリースサービスのイメージ

図68に示す新たな法人向けカーリースサービスを展開することで、保有する法人車輛の削減や車輛稼働率の向上、なにより燃料電池車輛 (FCV) 等の環境車両の導入に繋げる可能性が深まる。



法人カーリースのワンストップサービスを構築する。

図68 法人向けカーリースのスキーム

県内において、このような法人向けカーリースサービスの展開を今後進めるため、カーリースを行う企業との連携を進めていく。

5. 工業地域における水素利用のあり方

5-1 地域における水素製造から利用までのあり方を検討

5-2-1委員会における意見収集

今回の調査では、昭和化学工業で発生する副生水素をベースに、工業地域及び周辺地域において活用するため、「つくる」「ためる・はこぶ」「つかう」の観点から調査を実施してきた。

その調査結果を基に、プレイヤー4者（昭和化学工業、沖縄トヨタ自動車、うるま市、りゅうせき）において、委員会として以下の通り開催し、互いの意見や疑問等を集約し、調査のまとめや、今後の展開も含め意見交換を行った。

委員会の概要

開催日時：令和5年3月22日 15:00~17:00

意見交換内容：表11のとおり

質問及び意見とその回答	
Q1	整備の際には補助金等はあるのか？
A1	FCVに対する補助金はあるが、その設備を使って発電用に出荷はできない。また、発電用では研究開発等の事業活用となり、FCVへの出荷ができない。現在、両方を利用できる事業を現在模索中である。
Q2	FCVにする予定なので、ISO(水素純度)の検査は必要だと思うが今後の予定は？
A2	副生水素の利点は不純物が少ない。しかし、ISOの基準で分析を行い不純物が含まれる場合は設備に不純物除去装置(PSA)の投資が必要となる。
Q3	純度の問題に関しては、当初から想定していたのか？
A3	調査を実施している中で発覚した。
Q4	MIRAIの容量は？走行距離は？
A4	満タン5.6kg、800 ^{km} (実燃費：600 ^{km})
Q5	水素ステーションの金額は？
A5	オンサイト：約6億、オフサイト：約4億かかるといわれている。
Q6	理想としてはオフサイト型か？
A6	オンサイトのMAXが300Nm ³ になるので、オフサイトが理想と思われる。
Q7	移動式の価格は？
A7	3.5億円になるが、フォークリフト(35MPa)、FCV(80MPa)の両方の充填が可能。
Q8	足りない場合はどうするか？
A8	昭和化学のみでの供給は足りないと考えている。 R6：水電解装置とR7：ガス改質装置(100Nm ³ /h)。
Q9	バス、トラックについての走行距離はどの程度か？
A9	100～150km(毎日：10 ^{km} 充填)
Q10	各自自治体がゼロカーボンシティの計画を策定中だが、企業との連携が必要である。うるま市は先進的に取り組んだ形だと宣伝効果もあると考える。
A10	環境省のゼロカーボンシティについてはモビリティだけでの構想ではなく、全体的な計画が必要になる。ハードルが高い(宮古島でも落とされている)うるま市でもエリア限定でもよいか。
Q11	苛性ソーダの生産量については、コロナで低下していたが、収束すれば復帰するか？
A11	戻ることを希望している。PFASの問題で、北谷浄水場が停止しているのも影響している。

Q12	水素STについて従業員については資格等が必要になるのか？
A12	水素ST、1MPa以上であれば、乙種機械、乙種化学の資格が必要。 経済産業省では運営コストを下げるため、マルチステーションを推奨している。
Q13	フォークリフトについては移動式STで現場に行くのか？
A13	駐車場等で周囲 8 mの空地に移動式水素ステーションでの充填が想定される。
Q14	特定事業推進費については、広域連携もあるのか？
A14	広域連携もある。 NEDO予算で、昭和化学の出荷設備を負担することがは可能だが、用途制限により難しいと考えている。
Q15	有事の際に、水素で電気をつくることは可能なのか？
A15	MIRAIでは、1500W×3の供給が可能。 SORA（FCバス）でも千葉の台風停電で活用された事例あり。
意見	普及を考えると、行政がプレイヤーにならないと感じている。民間からもそのような意見が多い。需要者に優しい商品開発につなげる等のことロードマップにまとめてもらえるとありがたい。
意見	包括連携協定を組んでいるので、成果報告については、4社での報告会にするほうが、今後の動きも行政としても取りやすい。

表11 委員会における質疑、意見交換内容

これら委員会での意見を基に調査内容を取りまとめ、副生水素の工業地域及び隣接地域における利用について、後項に取りまとめた。

6. 調査のまとめ

今回の調査事業において、昭和化学工業から発生する副生水素を工業地及び周辺地域において利用する方策について、調査結果を基に検討した結果、図69に示したとおり昭和化学工業に副生水素の出荷設備を整備することで、工業地及びその周辺地域への環境車輛や設備へ水素を供給し環境保全に貢献することができる。

例えば、工業地では、輸送に関する車輛や社用車において燃料電池車輛(FCV、FCトラック、FCフォークリフト等)により活用することで、車輛から排出されるCO2排出量の削減に貢献されると想定される。

また、離島を巡回する周遊バスを燃料電池車(FCバス)に代替えることにより、CO2排出量の削減に貢献しつつ、離島への環境配慮と住民へのサービス提供に貢献することが可能になると考える。

さらに、純水素燃料電池システムを地域の各防災拠点に整備することで、通常時の電気や温水供給のみならず、台風等の防災時の避難時に停電等の影響も受けず、電気、温水の供給を継続することが可能となり、防災インフラの確保が可能となる。

これら水を活用した方策を、地元から発生する副生水素を用いて対応することで、地産地消のエネルギー有効活用となり、環境面、防災面での貢献が可能となる。



図69 副生水素を活用した工業地及びその周辺地域における活用方策

しかし、現状を鑑みると副生水素を活用することは困難であり、副生水素にかんする出荷設備の整備が必要となる。しかし、水素出荷設備は非常に高額になることが想定され、現状を鑑みると、民間企業の出資だけでは非常に困難であると思われる。

そのため、用途制限に係らない公的支援制度の活用が必要になるとと思われる。図70に示すように、水素出荷設備の整備には、各プレイヤーと自治体が協力し公的支援制度を

活用することが求められ、今回出荷設備の整備が必要となるため、主体者をメインに公的支援制度への提案を行い、整備につなげる必要がある。

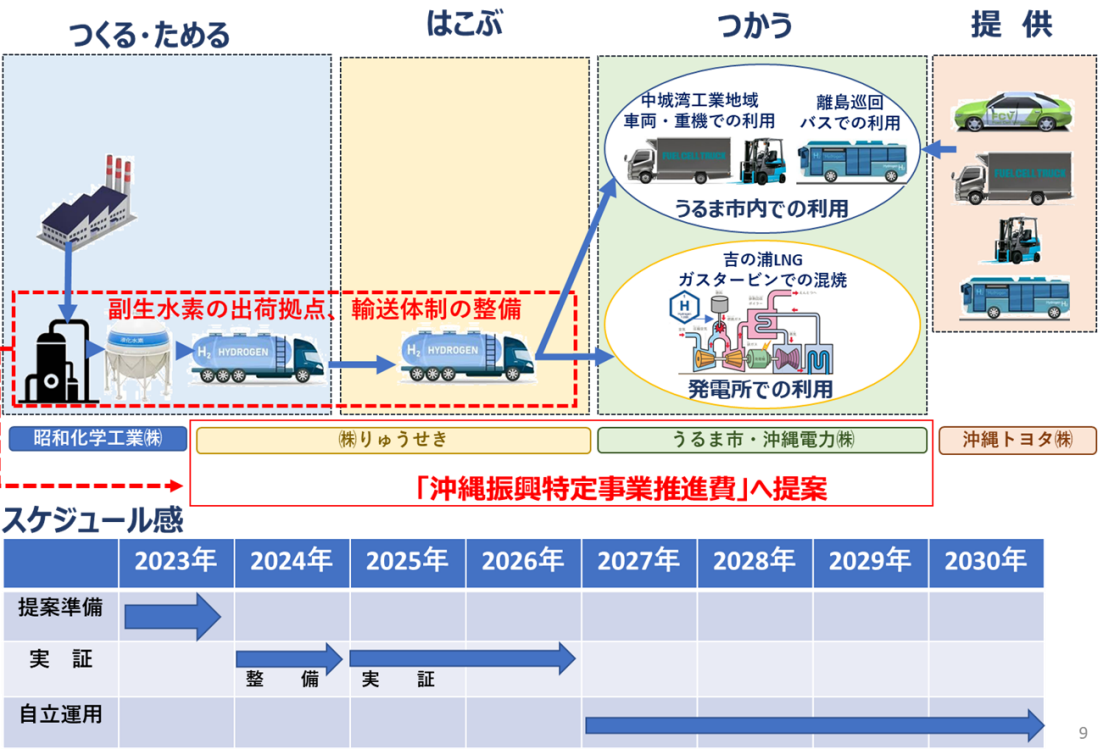


図70 副生水素活用に向けた設備整備のイメージ

現状を鑑み、内閣府が実施している図71に示す「沖縄振興特定事業費」が当該出荷設備の整備に最適な事業制度と思われ、環境貢献や地域産業の脱炭素化の推進を目的とし

て当該事業への提案において副生水素出荷設備の整備が好ましいと考える。

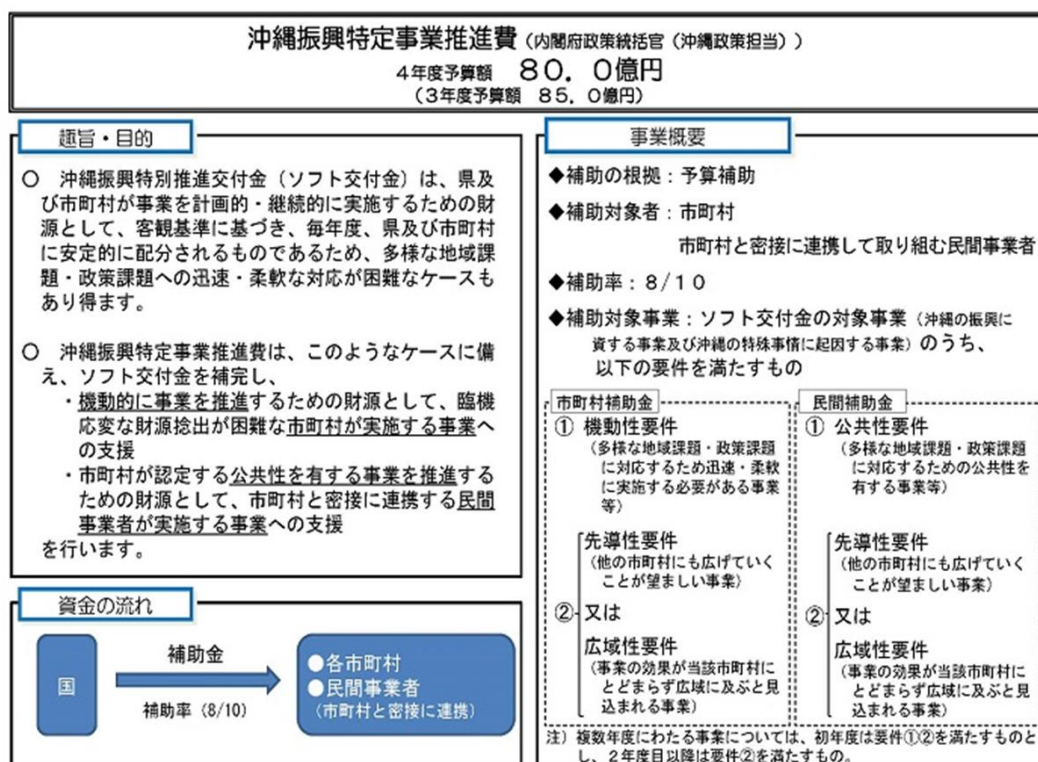


図71 副生水素出荷設備整備のための公的支援制度例

今回の調査事業を通じて、地域の副生水素を地域の資源として効果的に活用することにより、環境貢献、産業支援につながると思われ、また、沖縄の様な島しょ地域において地域資源の有効活用策を創出できることは、国内や大洋州等の島しょ地域でも活用できる方策と考える。

そのため、副生水素の有効活用策として整備、活用モデルを実現し、国内外へ広く発信することで、沖縄型の環境貢献モデルを発信することができると考える。