

平成28年度 四日市コンビナートにおける
水素関連事業可能性検討委員会
報告書(公開版)

平成29年3月
四日市コンビナートにおける
水素関連事業可能性検討委員会

目次

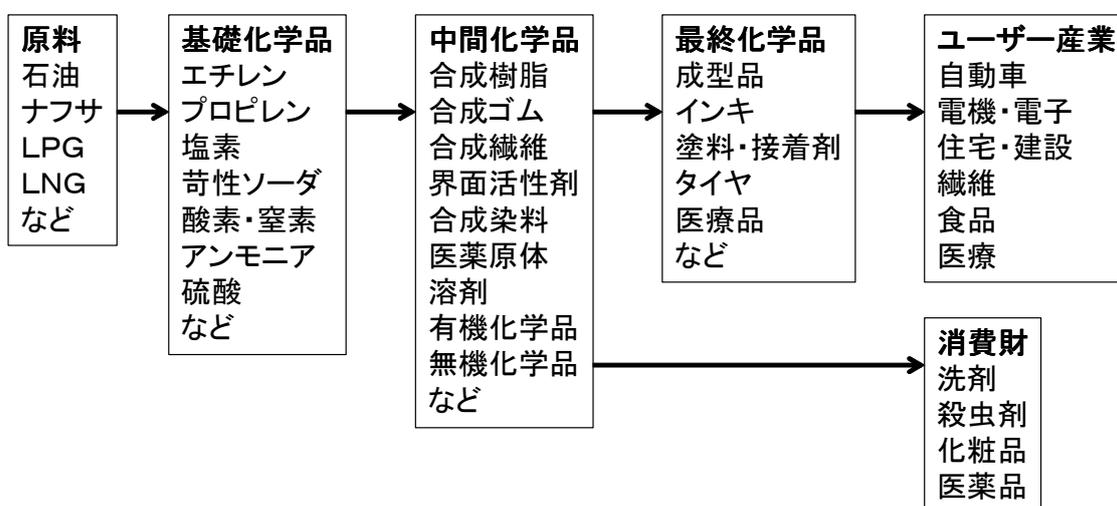
1. はじめに.....	1
2. 委員会の検討経過.....	1
(1) 経済構造の変化について.....	2
(2) 国の水素・燃料電池ロードマップ.....	3
(3) 第1回委員会.....	4
(4) 一巡目のヒアリング.....	5
(5) 第2回委員会.....	6
(6) 二巡目のヒアリング.....	7
(7) 第三回委員会.....	7
3. 委員会検討結果.....	8
課題① 副生水素の原料利用.....	8
課題② 海外再生エネルギー由来の水素.....	8
課題③ 炭素リサイクルの推進（CO ₂ 固定化）.....	9
課題④ 副生水素の燃料利用（水素ガスタービン）に関する検討.....	9
4. 今後の方向性.....	10
【委員名簿】.....	11
【委員会開催状況】.....	11
【注釈】.....	12

概要書

1. はじめに

臨海部コンビナートを中心に産業都市として発展してきた四日市市には、水素関連の技術を有し、水素の製造を行っている事業所や、様々な生産品（図表1）の製造過程で水素を副生する事業所も立地している。これら水素関連の技術や産業基盤の強みを活かすことで、将来に向けてより優位性のある新事業の展開を探り、四日市市のものづくり産業のさらなる集積と高度化を図ることを目的として、四日市市では、四日市コンビナートにおける水素関連事業可能性検討委員会（委員長（伊藤響：中部大学工学部創造理工学実験教育科／応用化学科教授））を設置した。

図表1 コンビナート生産品の構成



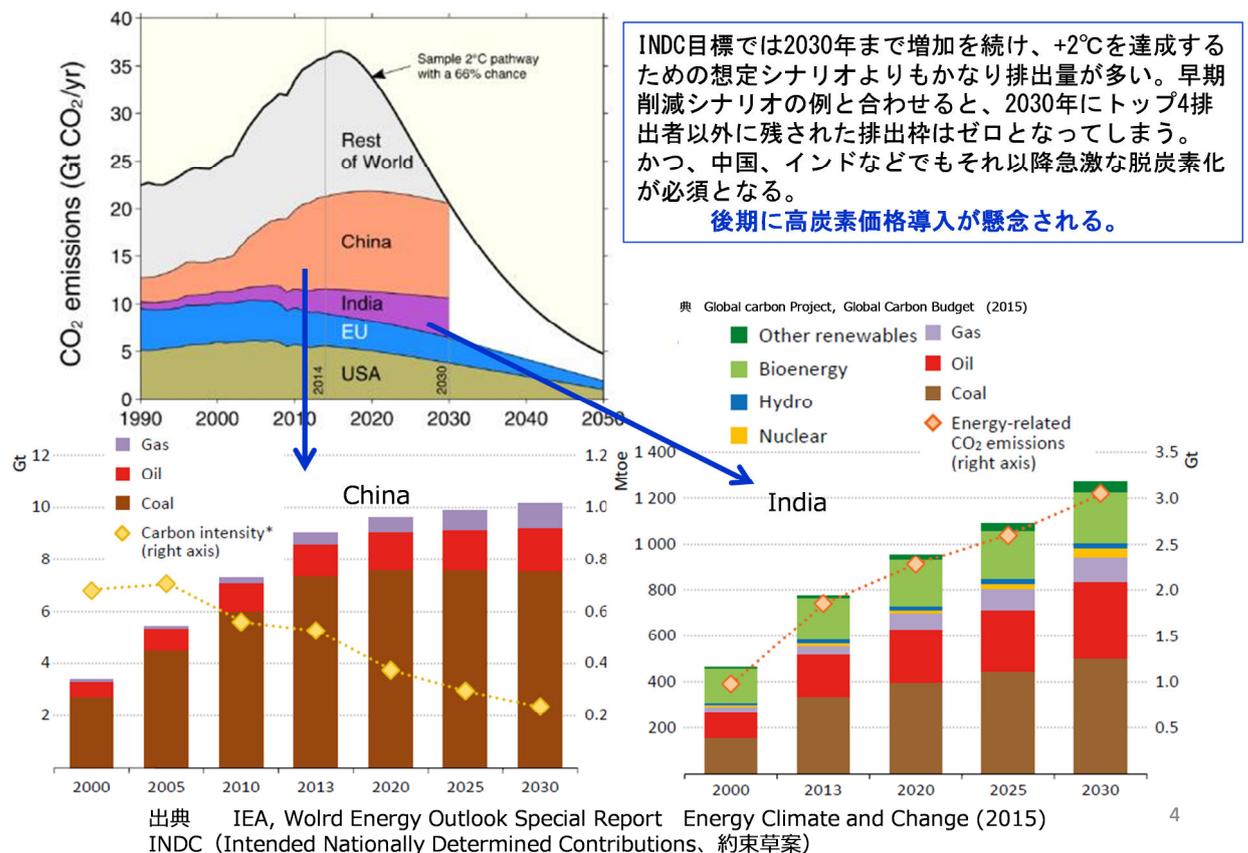
2. 委員会の検討経過

四日市コンビナートにおける水素関連事業可能性検討委員会（以下「委員会」という。）において、4回の委員会と6社各委員への2回のヒアリングの結果を踏まえて「水素社会に向けたコンビナート先進化」検討の必要性を共有した。

(1) 経済構造の変化について

委員会では、まず、マクロ経済構造の変化について認識を共有した。人口減少と高齢化、地球環境問題における CO2 排出抑制（図表2 参照、INDC シナリオ）、あるいは電気自動車や燃料電池自動車の普及などにより、燃料油を供給する石油業界にとっては、事業環境が大きく変化しつつある。また、石油製品の輸出先であったアジアの発展に伴い、消費地における石油精製や汎用化学品製造が進み、競争が激化している。このような経済情勢に於いて燃料油の需要が低下することが予想されているため、国は、エネルギー供給構造高度化法¹⁾ などにより、国内の精油設備に関して、過剰生産能力の削減と製品高度化を進めているのが、現状である。また、原油の輸入量は 1990 年代後半から減少しており、製造業で消費されるエネルギー源を見ると、燃料転換が進み、石油からの代替が進展している。²⁾

図表2 INDC³⁾ シナリオでの GHG 排出削減

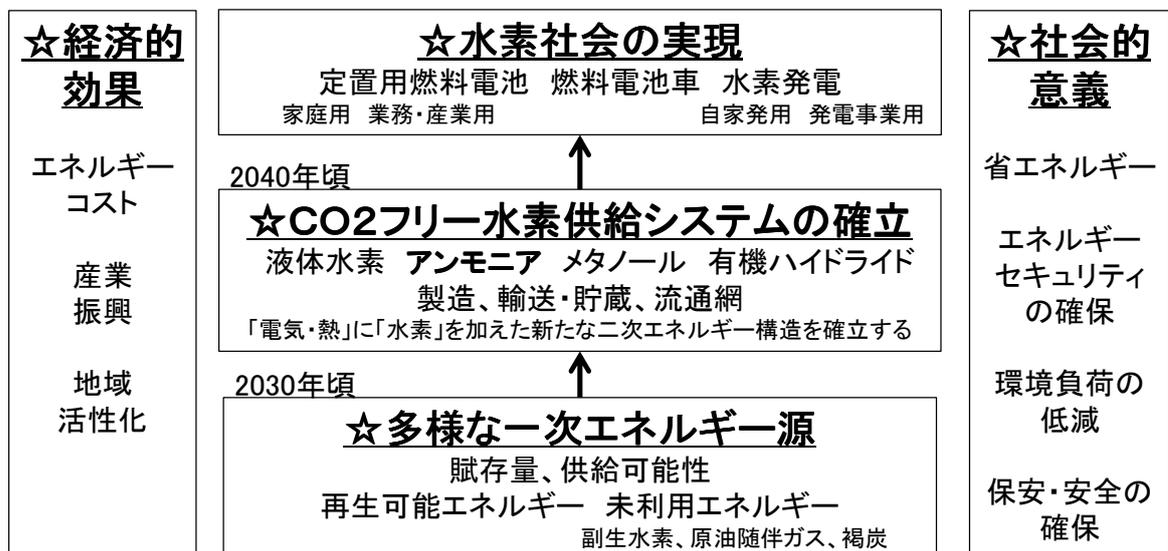


(2) 国の水素・燃料電池ロードマップ

燃料電池発電技術の革新により、燃料電池自動車や業務用燃料電池の普及に向けて、平成 28 年 3 月に水素・燃料電池ロードマップが改訂され、具体的な普及目標が発表された。それによると、中長期的に水素需要が立ち上がるとされており、水素供給ニーズは直近では少ないものの、一定の量が必要になると想定されている。具体的には、2030 年に燃料電池自動車を 80 万台普及（水素消費量は概ね 8 億 Nm³/年相当⁴⁾）などが記載されている。図表 3 に関係各研究機関による水素利用に関する課題認識を俯瞰図として示す。

図表 3 水素利用に関する課題の俯瞰図

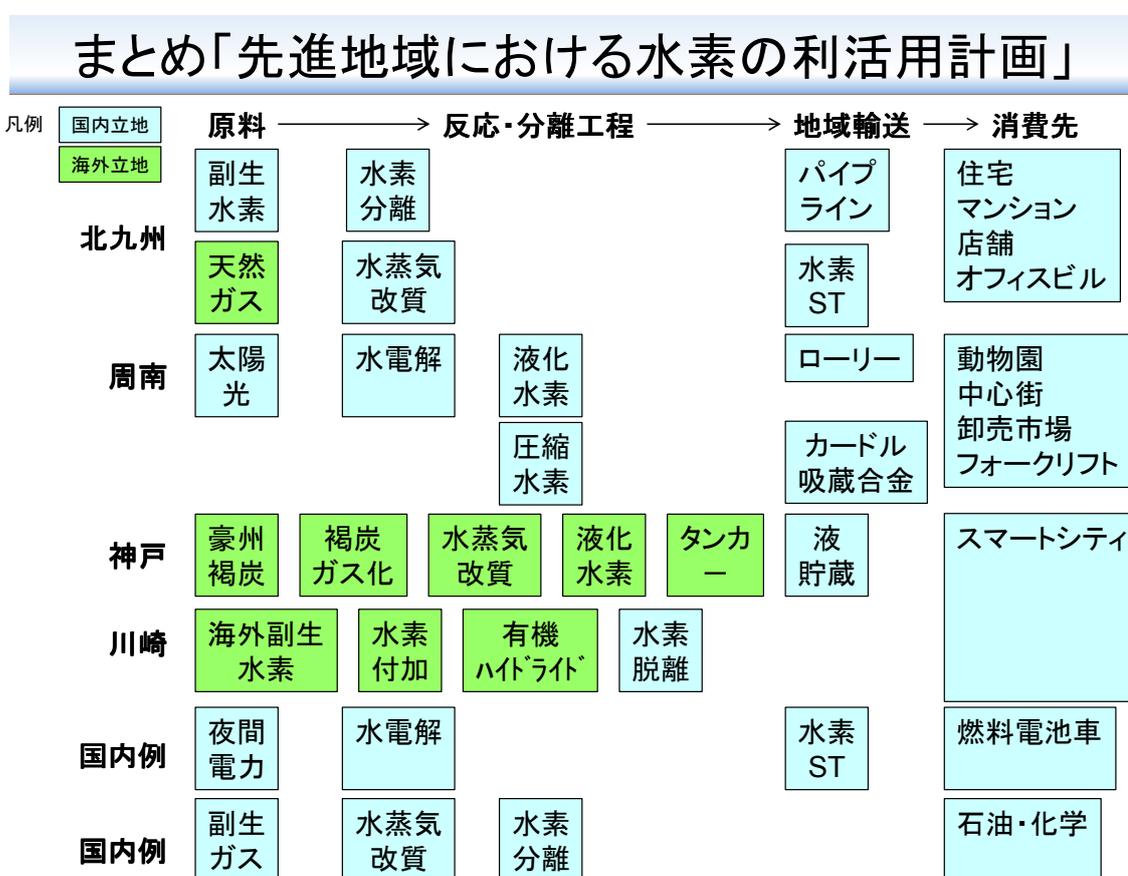
IEEJ・NEDO・TENPES・IAE・METIIによるエネルギー分野の関連情報よりMCTR作成



(3) 第1回委員会

第1回委員会では、日本の政策概要（経済産業省の水素・燃料電池戦略ロードマップ改訂版、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の水素エネルギー関連の取り組み）や三重県の新エネルギービジョン、さらに先進地域の水素社会に向けた検討状況（図表4）などの公開情報から、水素社会の方向性を各委員で共有した。その後、各委員企業への訪問ヒアリングの結果及びその内容について確認した。

図表4 先進地域における水素の利活用計画の分析



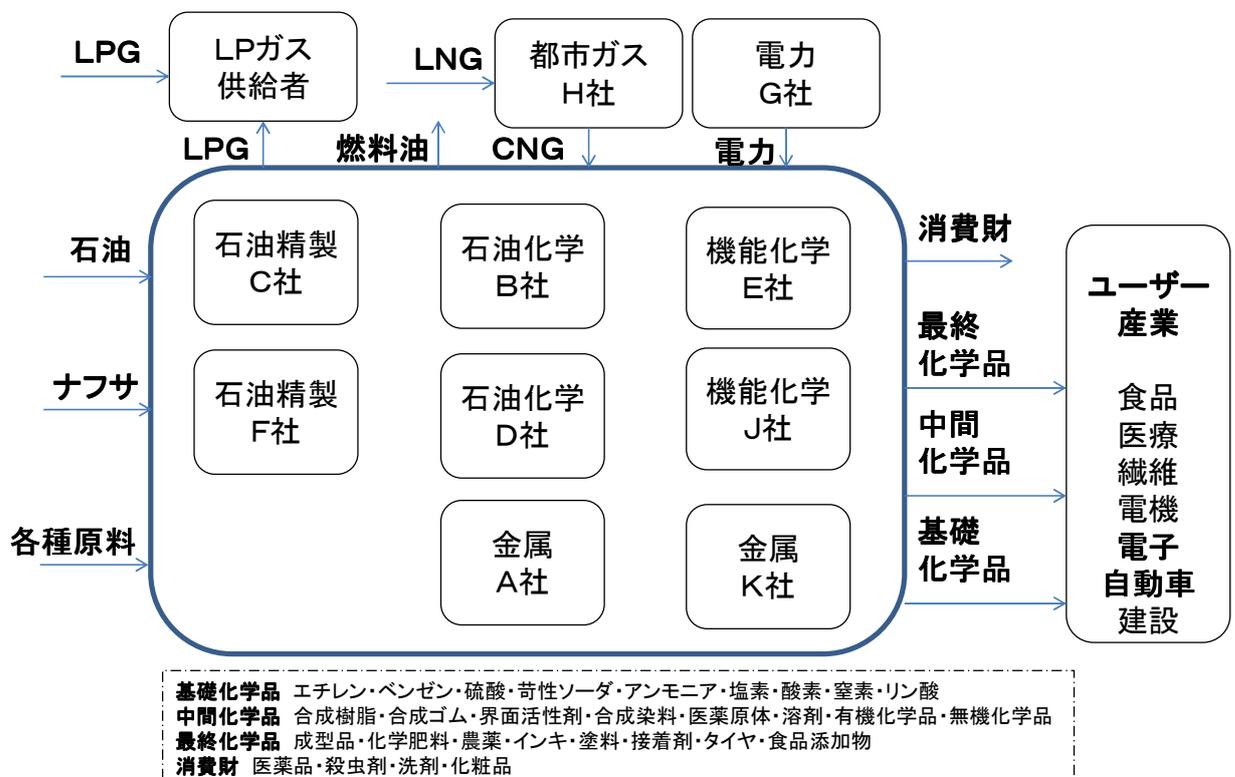
※副生水素、ガス：鉄鋼(コークス)・石油・化学産業等の製造過程で副生する水素やメタンなど。

(4) 一巡目のヒアリング

図表5に四日市コンビナート各社の繋がりを示す。一巡目のヒアリングでは、各事業所の事業環境の認識、副生水素のバランス状況、副生留分⁵⁾(特にC4⁶⁾に注目)の利用状況、各企業の設備稼働状況、今後の水素を含む事業見通しなどを聴取した。その結果、副生水素は、余剰分を燃料として燃焼処理している量は少なく、石油精製では脱硫用に使用し、石油化学においても製造工程で有効活用が図られており、それぞれの事業所内で需給バランスが取れていることが判明した。また、一部外販している水素については、外販先の水素利用量に変動があるため、需要量が一定していないことも判明した。さらに、副生留分に関しては、各社とも競争力を左右する重要な要素であることを認識しており、自社内での原料としての活用や他社への供給など有効活用を図っているが、その一方で、燃料として利用している副生留分については更なる有効活用が課題との感触を得た。

併せて、水素社会におけるビジネス機会について、後出の図表8に示す水素利用に関する課題候補をベースとして意見交換を実施し、各委員から多くの質問と課題の提起をいただいた。

図表5 四日市コンビナート各社の繋がり



(5) 第2回委員会

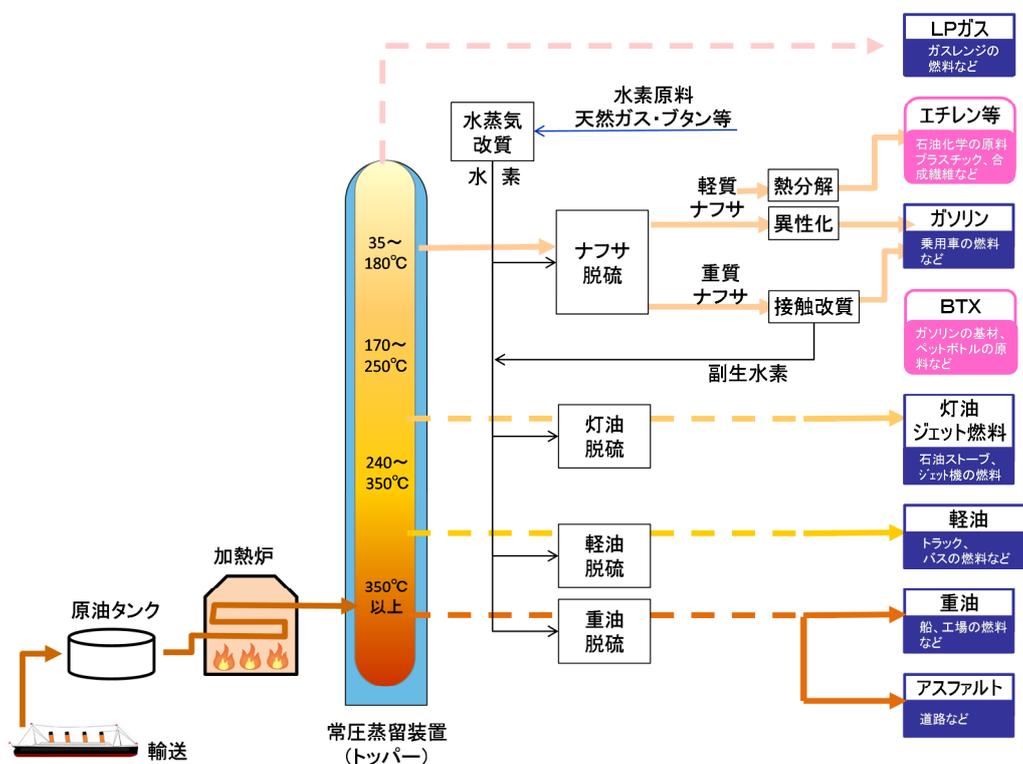
第2回委員会では、一巡目のヒアリング結果を、石油精製フロー（図表6参照）、副生留分関連ブロックフロー、水素社会に向けた課題一覧、などとして整理し、各委員のご意見をいただいた。その内容は、以下の通りである。

- ア) 副生水素・副生留分は事業所内でバランスが取れている。
- イ) 事業環境変化への対応はまさに進行中であり、企業戦略にも繋がることである。
- ウ) 水素社会における事業所の立ち位置を検討課題として認識している。

換言すると、水素社会に向けた検討と並行して、石油・石化産業の事業構造変化に伴い、生産設備の集約や再編による生産効率の向上、石油企業と石化企業の連携強化による生産体制の最適化など、近い将来において対応が必要と考えられる課題については、各事業所において対応策を検討している状況にある。

そこで、討議の結果、「水素社会に向けたコンビナート先進化」を意識した時にどんな可能性があるのか、各社検討課題の整理と連携課題の抽出を目指し、二巡目のヒアリングを実施することになった。

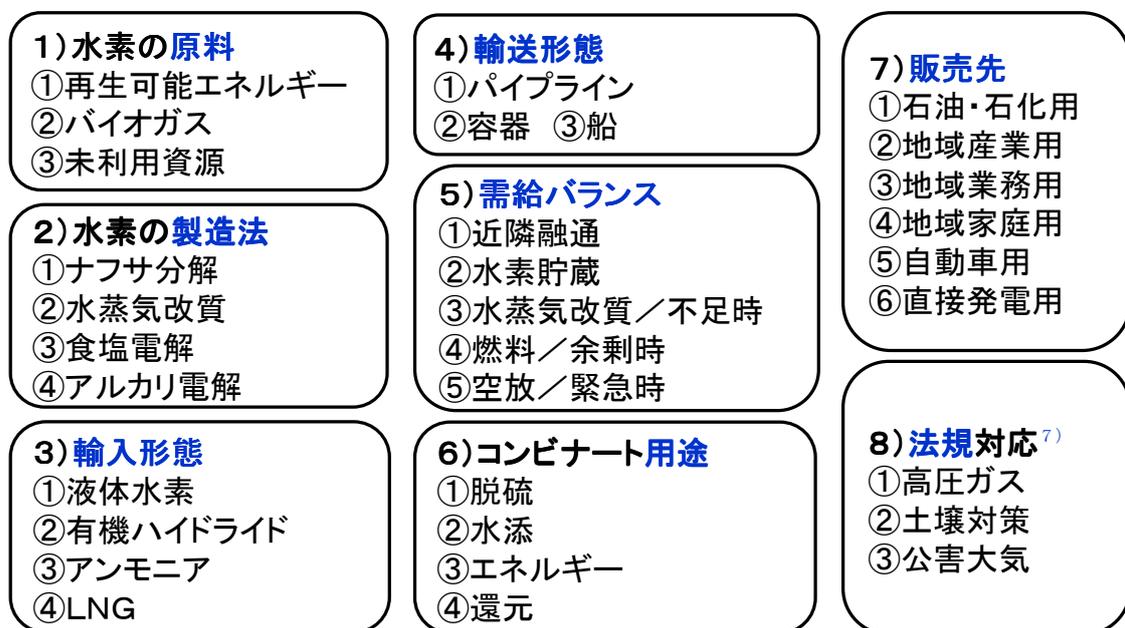
図表6 石油精製プロセス例



(6) 二巡目のヒアリング

二巡目のヒアリングでは、図表6に示す石油精製フローをベースとして、副生水素および副生留分について、その生産プロセスと需給バランス、水素およびCO₂の需要増、将来的な副生水素の余剰、海外再生エネルギー由来の水素利用、共通検討課題の抽出などについての意見を聴取した。その内容は、水素の原料の調達、製造方法、近距離および遠距離の運搬方法、需給バランス調整法、需要先、価格、保安・安全、規制緩和など、多岐に及んだ。その結果を図表7水素社会構築に向けた検討項目に整理した。

図表7 水素社会構築に向けた検討項目



(7) 第三回委員会

二巡目のヒアリングにおいて、委員各社から意見の出た下記6つの検討課題候補について討議を実施した。

- ア) 化学反応^{8) 9)}によるCO₂固定化技術
- イ) 未利用留分の有効活用(燃焼処理留分の原料活用)
- ウ) 副生留分⁵⁾の反応・分離技術
- エ) 接触改質¹⁰⁾由来の副生水素の利用技術
- オ) エネルギー源(電気・蒸気・水素)の地域活用事例研究
- カ) 海外再エネ由来の水素キャリア¹¹⁾と地域利用技術

3. 委員会検討結果

第4回委員会では、それまで実施した委員会（第1回～3回）、ヒアリングを取りまとめ、「水素社会に向けたコンビナート先進化」をビジョンとして、継続的な技術検討基盤において、平成29年度以降、下記の課題①、②を中心に議論していく方向でまとまった。

- ①水素社会に向けた副生水素に関する検討
- ②海外再エネ（再生可能エネルギー）由来水素に関する検討

課題① 副生水素の原料利用

人口減少やエコカーの普及等により燃料需要が減少するため、需要とバランスのとれた石油精製能力や石油製品の高付加価値化が求められている。コンビナートの製油所においては、一次処理能力（原油の常圧蒸留）の適正化が求められる可能性があり、一次処理に伴う脱硫用水素の需要が低下し、水素発生設備（水蒸気改質^{1 2)}）に能力的な余剰が出てくる。一方で、石油精製の2次処理工程（接触改質^{1 0)}）では、付加価値の高い化学製品を作る際に、他の製油所から発生する中間製品のナフサを活用して二次処理（接触改質）を行うと、副生する水素が多くなる可能性がある。この副生水素を各種原料として利用する技術の調査検討を行う。

課題② 海外再生エネルギー由来の水素

将来的にCO₂フリーの水素として脚光を浴びるであろう、海外再生エネルギー（再エネ）由来の水素に注目し、水素キャリアについて考える。但し、保安・安全面で取扱いが難しい水素キャリアについては、各種燃料や化学品の取扱いに慣れているという前提の元で、

- ア) コンビナートにおける水素の分離
- イ) 需要に合わせた仕様への精製
- ウ) 同時に発生する副産物を安定的な処理
- エ) 水素の導管供給可能性

などを、F/Sの前段階において、これらに焦点を合わせた調査と検討を行う。

委員会では継続的な技術検討基盤として、仮称「四日市コンビナート先進化技術プラットフォーム」を事務局から提案し、各委員企業から検討課題①、②、およびその他の可能性について意見を聴取した。その他の可能性については、企業間連携・CO₂固定化技術・水素供給・水素ガスタービンによる燃料利用などについて意見交換を実施し、課題③CO₂固定化技術、課題④水素ガスタービンを加えた。

課題③ 炭素リサイクルの推進（CO₂固定化）

発電など燃焼プロセスから排出されるCO₂を、コンビナート内において、副生水素を利用したオキソ反応・メタネーション等の化学反応により、固定化する技術の可能性について調査研究を行う。

課題④ 副生水素の燃料利用（水素ガスタービン）に関する検討

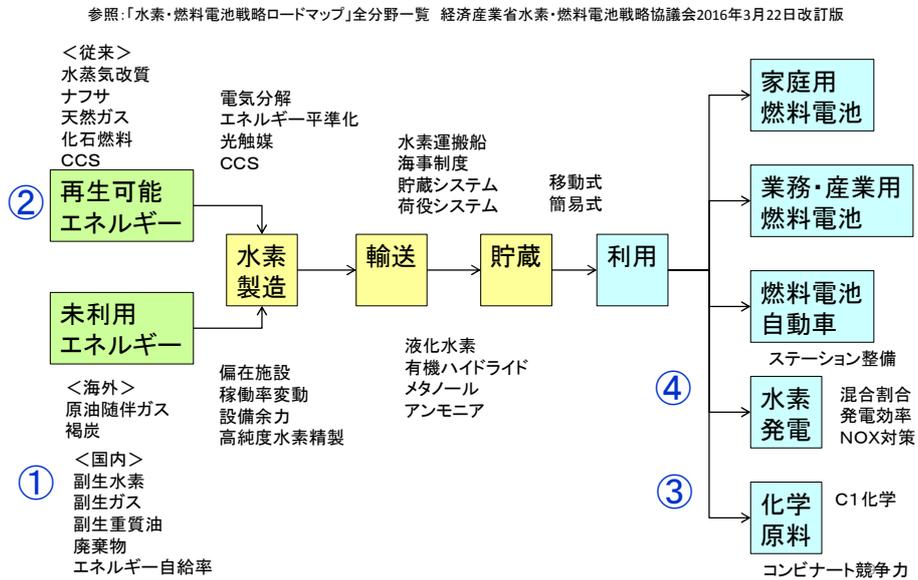
コンビナートにおける副生水素供給の可能性の1つとして、化石燃料を用いず100%水素で発電できる水素専焼ガスタービン等による蒸気・電気の発生について調査研究を行う。

4. 今後の方向性

委員会では、水素フロー（図表8）および拠点構想（図表9）などをベースに、平成29年度以降も継続的に議論していくことでまとまった。また、水素社会に向けてコンビナートの先進化を図るために「将来の大きなモデルを念頭におきながら、足元の小さなモデルから」「コンビナートの内と外、供給元と使い道を」考えていく方向で取り組んでいくとの認識を共有した。

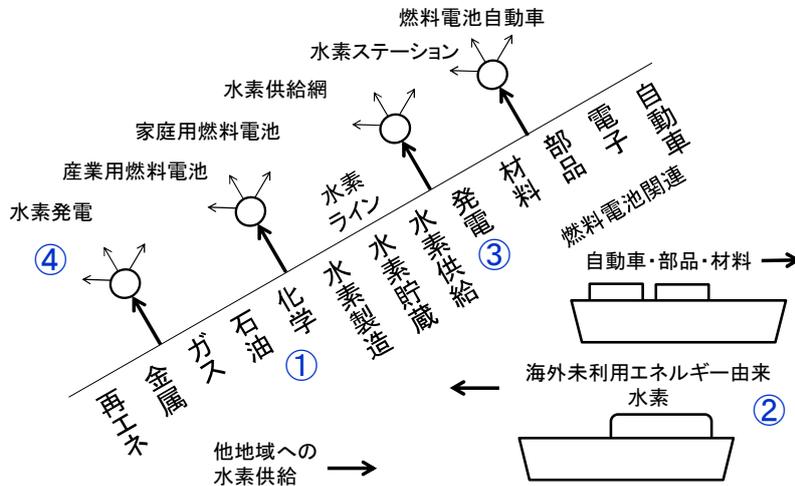
今後、仮称「四日市コンビナート先進化技術プラットフォーム」において、業種を超えて地域各社の関心事を相互に共有し、技術に裏打ちされた情報の流れと人の繋がりを形成する。これらをもとに、水素社会に向けて課題検討や調査研究などを引き続き実施し、四日市コンビナートの競争力強化および事業機会の創出を期待する。

図表8 水素フローに沿った検討課題の整理



図表9 四日市臨海部水素産業拠点構想（仮称）

1) 先端に行く水素社会インフラ 2) 国際的な水素産業拠点 3) 先進的な水素利用市民生活



【委員名簿】

〔委員〕

(敬称略)

団体名	役職	氏名
中部大学	工学部創造理工学実験教育科／応用化学学科・大学院工学研究科応用化学専攻／創造エネルギー理工学専攻教授	伊藤 響*
石原産業(株)四日市工場	酸化チタン生産部付部長兼プロセス改善・技術グループリーダー	高橋 靖
KHネオケム(株)四日市工場	管理部長	村田 繁
コスモ石油(株)四日市製油所	技術課長	土屋 祐治
昭和四日市石油(株)四日市製油所	管理部長	北原 正孝
東ソー(株)四日市事業所	生産・技術管理グループリーダー	森 義明
三菱化学(株)四日市事業所	企画管理部長	藤巻 精一

*・・・委員長

〔関係行政機関等〕

団体名	役職	氏名
中部経済産業局	電力・ガス事業課ガス事業室長	岸 近男
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)	新エネルギー部燃料電池・水素グループ主任研究員 プロジェクトマネージャー	大平 英二
三重県	エネルギー政策・ICT活用課長	山岡 哲也
四日市市	副市長	藤井 信雄
	商工農水部長	須藤 康夫

【委員会開催状況】

	開催日	場所
第1回	平成28年7月13日(水)	四日市市役所6階 本部員会議室
第2回	平成28年10月7日(金)	四日市市役所6階 本部員会議室
第3回	平成28年11月18日(金)	四日市市役所6階 本部員会議室
第4回	平成29年1月27日(金)	四日市市役所6階 本部員会議室

【注釈】

1) エネルギー供給構造高度化法

エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律（以下「エネルギー供給構造高度化法」という。）は、電気やガス、石油事業者といったエネルギー供給事業者に対して、太陽光、風力等の再生可能エネルギー源、原子力等の非化石エネルギー源の利用や化石エネルギー原料の有効な利用を促進するために必要な措置を講じる法律。

2) エネルギー白書 2016

資源エネルギー庁 エネルギー白書 平成 27 年度エネルギーに関する年次報告

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2016pdf/>

3) INDC

「自国が決定する貢献（INDC）」とは 2030 年の温室効果ガス排出削減目標。2013 年の COP19 におけるワルシャワ決定により、全ての国に対して、2020 年以降の削減目標について、自国が決定する貢献案（INDC：intended nationally determined contribution）を 2015 年 12 月の COP21 に十分先立ち作成することが招請された。各国が作成した自国が決定する貢献案は、それぞれの国のパリ協定締結後は、自国が決定する貢献（NDC：nationally determined contribution）となる。日本の自国が決定する貢献案は、2015 年 7 月に地球温暖化対策推進本部において、「日本の約束草案」として決定された。2020 年以降の温室効果ガス削減に向けた我が国の「約束草案」は、エネルギーミックスと整合的なものとなるよう、技術的制約、コスト面の課題などを十分に考慮した裏付けのある対策・施策や技術の積み上げによる実現可能な削減目標として、国内の排出削減・吸収量の確保により、2030 年度に 2013 年度比▲26.0%（2005 年度比▲25.4%）の水準（約 10 億 4,200 万 t-CO₂）にする。

http://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000121.html

4) 水素消費量の試算

2030年80万台の燃料電池自動車の普及目標に対して、水素消費量を試算すると、約8億Nm³/年である。

圧力	70 MPa
容量	122.4 L
容量	85.68 Nm ³

連続走行距離	650 km
燃費推算	7.586 km/Nm ³
改め	10 km/Nm ³

時期	2020年		2030年	
普及目標	40,000	200,000	800,000	台

年間	10,000 km/年/台
----	---------------

参照:水素・燃料電池戦略ロードマップ改訂版

参照:国土交通省

時期	2020年		2030年	
燃料量	0.4	2.0	8.0	億Nm ³ /年=台数×走行距離/燃費

	1	億Nm ³ /年
330日24hr	1.26	万Nm ³ /hr

四日市コンビナートの水素取扱量を試算すると、約10万Nm³/hr級(×330日/年×24hr/日=8億Nm³/年)であると考えられる。

5) 副生留分

石油業界や化学業界で、それぞれの生産工程で目的生産物を得る際に、副次的に発生する成分のこと。なお、留分とは混合液体を分別蒸留したときに得られる各成分。

6) C4

炭素数4の石油留分または石油化学品を指す。二重結合の数によりパラフィン・オレフィン・ジエン・アセチレン類など、10以上の成分がある。化学品原料として多様な用途に用いられている。

7) 法規対応

取扱い物質である水素キャリア種・取扱量等によって適用法規は変わる。工程としては陸揚、貯蔵、分解、供給、利用が対象となり、適用法規は工場立地に関する法規(用地)、危険物・有害物等の法規、製造施設・設備等に関する法規、環境汚染防止法規などを検討する必要がある。

8) オキシ

オキシ反応とはオレフィンと一酸化炭素(CO)と水素(H₂)を反応させ、アルデヒドを合成する反応である。別名、ヒドロホルミル化反応とも呼ばれている。アルデヒドからは、さらにアルコール、合成脂肪酸、エステルなどのさまざまな誘導体を合成することができる。

9) メタネーション

再生可能エネルギーで製造した水素（または副生水素）と、炭化水素の燃焼により排出した二酸化炭素（CO₂）からメタンを合成する。CO₂ 固定化技術の一種であり、メタンを水素キャリアとして用いる。まず、二酸化炭素を水素で還元して一酸化炭素（CO）を合成（逆シフト反応）、次いで一酸化炭素と水素から再びメタンを合成する（メタネーション反応）2段階反応である。

10) 接触改質

重質ナフサを原料として、接触改質により、改質ガソリンおよび化学品原料 BTX（ベンゼン、トルエン、キシレン）を製造するプロセス。同時に副生水素が発生する。

11) 水素キャリア

水素キャリアを字義どおり解すれば“エネルギーを運ぶもの”ということになるが、ここでは水素エネルギーを輸送、貯蔵する手段という意味で使っている。水素を燃焼させることによって得られる水素エネルギーは、燃焼時に H₂O（水）しか排出しない。そして水素は、再生可能エネルギーと地球上に豊富に存在する水からつくることができる。しかし、水素の利用にあたっては、その基本物性に由来するいろいろな問題を解決する必要がある。燃料としての水素の問題の一つは、水素は重量当たりの発熱量はガソリンの約3倍に上るほど大きいですが、水素は体積当たりの水素密度が低すぎるので実用的な燃料とは言えない。また、水素は輸送、貯蔵などの取扱いが非常に難しい物質でもある。そこで、水素を液化、圧縮するなどによって体積当たりの水素密度を高めるといった方法や、体積当たりの水素密度が大きく取扱いが容易な別の物質に変換し、燃料として使用する際にその物質から水素を取り出して利用するといった方法が考案されている。このようにして用いられる物質は水素キャリア（水素を運ぶ物質）と呼ばれている。

<http://ieei.or.jp/2014/09/expl140916/>

12) 水蒸気改質

天然ガス・ブタンなどの炭化水素を原料として、水蒸気改質により水素を製造するプロセス。製造した水素は、主に石油留分の脱硫・水添プロセスにおいて使用する。

平成28年度 四日市コンビナートにおける水素関連事業可能性検討委員会報告書(概要版) 平成29年3月

1. はじめに

臨海部コンビナートを中心に産業都市として発展してきた四日市市には、水素関連の技術を有し、製造を行っている事業所や、様々な生産品(図表1)の製造過程で水素を副生する事業所も立地している。これら水素関連の技術や産業基盤の強みを活かすことで、将来に向けてより優位性のある新事業の展開を探り、四日市市のもづくり産業の更なる集積と高度化を図ることを目的として、四日市コンビナートにおける水素関連事業可能性検討委員会(以下「委員会」)を設置した。

2. 委員会における検討

委員会では、4回の会合および2回のヒアリングを実施し、「水素社会に向けたコンビナート先進化」検討の必要性を共有した。

1)まず、検討委員会ではマクロ経済構造の変化について認識を共有した。人口問題、GHG(温室効果ガス)排出削減(図表2)、次世代自動車の普及、アジア経済の発展など、石油・石化業界の内外環境が大きく変化しつつある。それに伴い、燃料油需要(図表3)が低下することが予想されるため、国は産業競争力強化法(図表4)などにより、過剰生産能力の削減と製品高度化を進めている。

2)一方、平成28年3月改訂の水素・燃料電池ロードマップによると、中長期的に水素需要が立ち上がるとされており、先進地域では水素社会に向けた検討が始まっている(図表5)。

3)そこで、6社委員に副生水素・水素需要・その他の副産品について聴取したところ、脱硫用途などで、現状はほぼ需給バランスが取れていると判明した。しかし、各事業所とも、副産品の有効活用が競争力を左右すると認識しており、本格的な検討は始まっていないが、水素社会への対応が必要であると考えている。聴取の際の質疑内容を水素社会の課題(図表6)としてまとめた。

3. 委員会検討結果

第4回委員会では、水素フロー(図表7)および拠点構想(図表8)などを基に、平成29年度以降も、下記課題①②③④を中心に議論していくことで合意した。

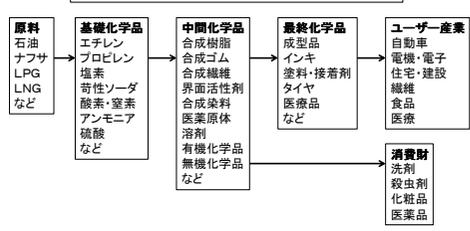
- 課題① 水素社会に向けた副生水素に関する検討
- 課題② 海外再エネ(再生可能エネルギー)由来水素に関する検討
- 課題③ 炭素リサイクルの推進(CO2固定化)
- 課題④ 副生水素の燃料利用(水素ガスタービン)に関する検討

4. 今後の方向性

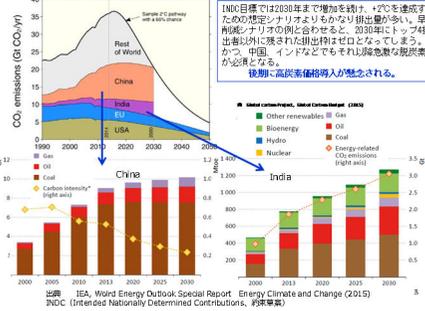
第4回委員会において、水素社会に向けてコンビナートの先進化をはかるために「将来の大きなモデルを念頭におきながら、足元の小さなモデルから」コンビナートの内と外、供給元と使い道を」考えていく方向との認識を共有した。

今後、仮称「四日市コンビナート先進化技術プラットフォーム」において、業種を超えて地域各社の関心事を相互に共有し、技術に裏打ちされた情報の流れと人の繋がりを形成する。これらをもとに水素社会に向けて、課題検討や調査研究などを引き続き実施し、コンビナートの競争力強化および事業機会の創出を期待する。

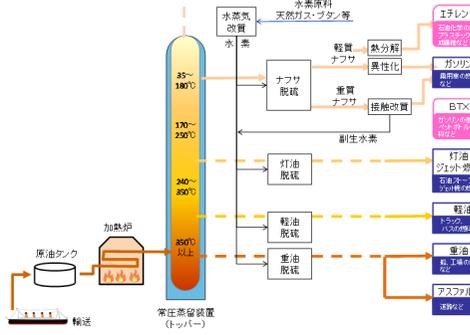
図表1 コンビナート生産品の構成



図表2 GHG排出削減(INDCシナリオ)



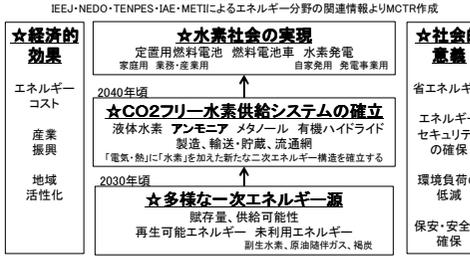
図表3 石油精製の概要



図表4 事業環境の変化「産業競争力強化法」

1. 製造所の生産性向上
 - (1) 過剰生産能力の解消(需要に合った生産体制の構築)
 - (2) 統合運営による設備最適化
 - (3) 設備稼働率を支える稼働信頼性(設備保全)の向上
 - (4) エネルギー効率の改善
 - (5) 高付加価値化(残油処理能力の向上、石油化学品等得率の向上)
2. 戦略的な原油調達
3. 公正・透明な価格決定メカニズム等の構築
4. 海外事業等の充実による国際的な「総合エネルギー企業」への成長

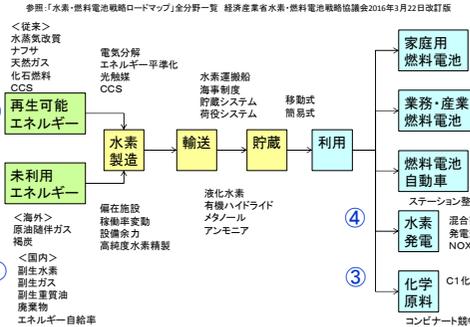
図表5 水素利用に関する課題の俯瞰



図表6 水素社会の課題(ヒアリング結果から)

1. 水素の原料
 - ① 再生可能エネルギー
 - ② バイオガス
 - ③ 未利用資源
2. 水素の製造法
 - ① ナフサ分解
 - ② 水蒸気改質
 - ③ 食塩電解
 - ④ アルカリ電解
3. 輸送形態
 - ① バイブラン
 - ② 容器
 - ③ 船舶
4. 水素の製造法
 - ① 近隣融通
 - ② 水素貯蔵
 - ③ 水蒸気改質/不足時
 - ④ 燃料/余剰時
 - ⑤ 空放/緊急時
5. 輸入形態
 - ① 液体水素
 - ② 有機ハイドライド
 - ③ アンモニア
 - ④ LNG
6. コピー用用途
 - ① 脱硫
 - ② 水添
 - ③ エネルギー
 - ④ 還元
7. 販売先
 - ① 石油・石化用
 - ② 地域産業用
 - ③ 地域業務用
 - ④ 地域家庭用
 - ⑤ 自動車用
 - ⑥ 直接発電用
8. 法規対応
 - ① 高圧ガス
 - ② 土壌対策
 - ③ 公害対策

図表7 水素フローと検討課題①から④



水素社会構築は2020年から2040年に向けた長期的な課題(中内外環境変化とコンビナートの先進化と合わせて検討していくことになる)

図表8 臨海部水素産業拠点構想(叩き台)

