

Thu. Oct 26, 2023

Room-G

Carbon neutrality

[1G01-1G05] Carbon neutrality

Chair: Toru Matsuoka (The Japan Petroleum Institute)

1:10 PM - 4:00 PM Room-G (8F-Large hall)

[1G01] Strategies for next-generation fuels to achieve
a carbon-neutral society

Naoto Nobusue (Agency for Natural Resources and
Energy, METI)

1:10 PM - 1:30 PM

[1G02] Ammonia direct combustion

○Hideaki Kobayashi¹ (1. Institute of Fluid Science,
Tohoku University)

2:00 PM - 2:30 PM

[1G03] Synthetic fuel "e-fuel" produced from CO₂ and
renewable hydrogen

○Shigeo Satokawa¹ (1. Seikei University)

2:40 PM - 3:10 PM

[1G04] Expectations for the Petroleum Industry toward
Carbon Neutrality viewed from Plastic Resource
Strategy

○Toshiaki Yoshioka¹ (1. Graduate School of
Environmental Studies, Tohoku University)

3:10 PM - 3:40 PM

[1G05] Direction of activities of the Japan Petroleum
Institute for carbon neutrality

○Atsushi Muramatsu¹ (1. Tohoku University)

3:40 PM - 4:00 PM

Carbon neutrality

[1G01-1G05] Carbon neutrality

Chair: Toru Matsuoka (The Japan Petroleum Institute)

Thu. Oct 26, 2023 1:10 PM - 4:00 PM Room-G (8F-Large hall)

[1G01] Strategies for next-generation fuels to achieve a carbon-neutral society

Naoto Nobusue (Agency for Natural Resources and Energy, METI)

1:10 PM - 1:30 PM

[1G02] Ammonia direct combustion

○Hideaki Kobayashi¹ (1. Institute of Fluid Science, Tohoku University)

2:00 PM - 2:30 PM

[1G03] Synthetic fuel "e-fuel" produced from CO₂ and renewable hydrogen

○Shigeo Satokawa¹ (1. Seikei University)

2:40 PM - 3:10 PM

[1G04] Expectations for the Petroleum Industry toward Carbon Neutrality viewed from Plastic Resource Strategy

○Toshiaki Yoshioka¹ (1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University)

3:10 PM - 3:40 PM

[1G05] Direction of activities of the Japan Petroleum Institute for carbon neutrality

○Atsushi Muramatsu¹ (1. Tohoku University)

3:40 PM - 4:00 PM

1:10 PM - 1:30 PM (Thu. Oct 26, 2023 1:10 PM - 4:00 PM Room-G)

[1G01] Strategies for next-generation fuels to achieve a carbon-neutral society

Naoto Nobusue (Agency for Natural Resources and Energy, METI)

2050年カーボンニュートラルの実現は、並大抵の努力では実現できず、化石エネルギー中心の産業構造・社会構造をクリーンエネルギー中心へ転換する「グリーントランスフォーメーション」を強力に進めていくことが重要となる。このような中、カーボンニュートラルの実現に向けた一つの手段として、バイオ燃料や合成燃料（e-fuel）着目されている。今回は、これら液体燃料を中心に、足下の取組状況や今後の政策の方向性について述べる。

* 本講演につきましては要旨原稿（pdfファイル）の公開はありません。

アンモニア直接燃焼

こばやし ひであき
(東北大流体研) 小林 秀昭

1. 脱炭素燃料としてのアンモニア

20世紀初頭にハーバー・ボッシュ法が開発されて以来、アンモニア (NH_3) は肥料や化学製品の原料として大量に生産、消費されてきた。アンモニアの燃料利用も試みられたが、燃焼性が低いことから主要な燃料とはならなかった。しかし、気候変動問題によって燃焼しても二酸化炭素 (CO_2) を排出しない水素が注目されるようになり、アンモニアは水素キャリアのひとつとみなされるとともに、二酸化炭素を排出しない燃料であるため、燃料利用にも再び関心が持たれるようになった。アンモニアを燃焼させる場合、低燃焼性ととも燃料由来の窒素から生成される窒素酸化物 (Fuel NO_x) が課題となる。この問題に対して、2014年度から5年間に渡り実施された SIP プロジェクト「エネルギーキャリア」¹⁾における技術開発により、火炎安定化技術と Fuel NO_x 抑制技術が開発され、アンモニア燃焼のハードルは大幅に低減された。

燃料アンモニアにより脱炭素化を目指すには、アンモニアの製造段階から温室効果ガス排出が抑制されなければならない。ハーバー・ボッシュ法によるアンモニア製造は、一般に天然ガスなど化石燃料を原料とするため製造段階で二酸化炭素を排出する (グレーアンモニア)。そこで、製造段階で二酸化炭素を回収して環境中へ排出させない製造法 (ブルーアンモニア)、再生可能エネルギーにより水素を製造し、大気から分離した窒素と反応させて製造する方法 (グリーンアンモニア) の実用化、大容量化が進められている。さらに、回収した二酸化炭素を地下貯留する適地でブルーアンモニアを製造したり、再生可能エネルギーが豊富な地域でグリーンアンモニア製造し、大型タンカーで我が国に輸送するサプライチェーン構築に向けた取り組みが国際協力のもとで活発化している。アンモニア輸送と貯蔵はすでに長い歴史があるため、大量輸送への新たな対応は必要であるものの、コスト面での優位性が大きいことが明らかにされている。

2020年12月に「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が公表され、燃料アンモニア産業が初めて明記されて以来、製造から輸送、利用までの一連のバリューチェーン構築が進められている。アンモニアは、現在のところ水素キャリアとしてよりも直接燃焼可能な脱炭素燃料として、とりわけ発電部門や産業部門のカーボンニュートラル実現に向けたキーテクノロジーとみなされ、様々な技術開発プロジェクトが実施されている。また、再生可能エネルギー資源が乏しく技術開発も遅れているアジア地域において、我が国が先導する燃料アンモニア技術によりアジア諸国のカーボンニュートラル実現に貢献すべく、国際協力による取り組みも開始されている。

2. アンモニア燃焼の科学

微粉炭火力発電におけるアンモニア混焼が度々報道

されていることもあって、燃料アンモニアは化石燃料との混焼が用途であるかのように誤解される向きもあるが、それは大きな間違いである。燃焼の科学と技術からすればアンモニアは混焼も専焼も可能であり、混焼割合20%といった数値は、アンモニア専焼に向けた初期段階を意味するに過ぎない。実際、2 MW 級ガスタービンでは、アンモニア専焼発電は実用段階にあり、工業炉燃焼などの熱利用技術においてもアンモニア専焼が基本である。混焼の取り組みはアンモニア供給の量的制約によることが多い。そのような意味でも、ブルーならびにグリーンアンモニアサプライチェーン構築による大量のアンモニア供給が待たれる。

アンモニア燃焼の課題は、低燃焼性、Fuel NO_x 生成、ふく射伝熱量低下であり、燃焼科学からその解決策を導くことができる。図1はアンモニア/空気予混合火炎の生成物質濃度と当量比 (ϕ) との関係を示している²⁾。やや燃料過濃領域 ($\phi > 1$) に NO 濃度と未燃 NH_3 濃度が同時に小さい値となる、最適當量比 (図中赤矢印) があることがわかる。燃料希薄領域 ($\phi < 1$) で NO 濃度が数千 ppm となるのは対照的である。アンモニア燃焼のこのような特性は SIP プロジェクトの研究で明らかにされたものである。燃焼器内あるいは燃焼炉など燃焼空間に最適當量比となる領域を作り、その下流に不足する酸化剤 (空気や酸素) を導入して完全燃焼させる Rich-Lean 二段燃焼法がアンモニア燃焼の低 NO_x 燃焼技術として開発された。アンモニア燃焼により生成される窒素酸化物には、地球温暖化係数が CO_2 の250倍以上の N_2O が含まれる場合があり、その削減も重要である。アンモニアは歴史ある化学物質であるが、新燃焼の一つに位置付けられ、国際燃焼研究コミュニティにおいて、化学反応機構、基礎燃焼特性、数値解析技術といった研究が活発化している。

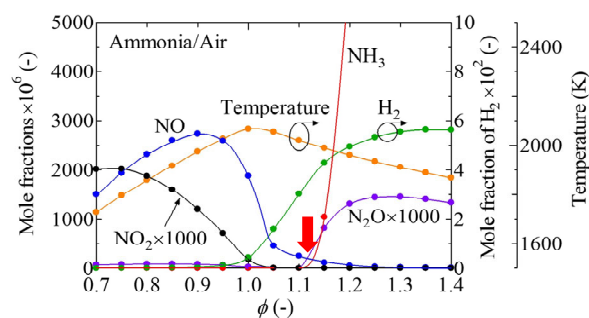


Fig.1 Product gas characteristics on which Rich-Lean Two Staged Combustion is based ²⁾.

- 1) CO_2 Free Ammonia as an Energy Carrier -Japan's Insights-, (Aika, K., Kobayashi, H. eds.), Springer, 2022.
- 2) Kobayashi, H., Hayakawa, A., Somarathne, K. D. K. A., Okafor, E. C., *Proc. Combust. Inst.*, **37**, 109 (2019).

CO₂ と再エネ水素で製造する合成燃料”e-fuel”

(成蹊大) ○里川 ^{さとかわ} 重夫 ^{しげお}*

1. カーボンニュートラル達成に向けて

気候変動を抑制する方法として、大気中の温室効果ガス濃度の上昇を抑える努力が必要とされている。特にCO₂濃度の上昇を抑える取り組みであるカーボンニュートラルを達成するためには、炭素を含む地下資源の利用を止めるか、利用しても排出する二酸化炭素を埋め戻す、いわゆるCCSを行う必要がある。例えば、天然ガスと空気と水からハーバー・ボッシュ法で製造するアンモニアは、燃焼利用してもCO₂を発生しない燃料である。しかし、天然ガスを原料とする限り必ずCO₂を副生するため、そのCO₂をガス田に埋め戻すことでカーボンニュートラルを達成することになる。このような方法で製造したアンモニアをブルーアンモニアという。

一方、CCSを伴わない方法として、大気中のCO₂を回収して利用する方法（CCU）がある。大気から回収したCO₂を利用して燃料や化学品などの炭素を含む製品を製造すれば、燃焼させても大気中のCO₂濃度は実質的に上昇しない。CO₂は炭素原子を含有するが、酸素原子を取り外すためには大きなエネルギーが必要で、炭化水素とするためには水素原子も必要である。したがって、CO₂を利用する場合には、水素を製造する必要がある。水素は水の電気分解で製造できることから、水と電力があれば水素は製造できる。この時の電力に太陽光や風力から得られる再生可能エネルギー由来の電力（グリーン電力）を利用すればCO₂の発生は伴わない水素（グリーン水素）を製造することができる。したがって、CO₂と再エネ水素を利用する方法が最適な方法である。

2. 再エネ水素とCO₂の回収方法

再エネ水素とは前項で述べたグリーン水素のことであり、カーボンニュートラルの達成にはこれらの大量利用が必要不可欠である。比較的安定して得られる再エネ電力に水力発電や地熱発電がある。これらに比べて、太陽光や風力から得られる電力は不規則であり変動性電力と呼ばれる。今後、大量に導入できる可能性のあるのはこれら変動性電力であり、これらを使いこなすためには大量の余剰電力を貯蔵するシステムが必要である。据置型の電池ではNaS電池、レドックスフロー電池などがあり、いずれも電力を化学エネルギーに変換してまた電力として利用する方法である。余剰電力を水素に変換する方法もエネルギー貯蔵方法の一つである。水素に変換する場合、燃料電池で発電して電力として利用するこ

とも出来るが、CO₂と反応することでアルコールや炭化水素に変換することができる。

地上で炭素を循環させることを考えるとCO₂は大気中から回収する必要がある。大気中から直接CO₂を回収、濃縮する方法としてDACシステムがある¹⁾。既に海外では実証済みの技術があるが、大気中のCO₂濃度は400 ppmを少し上回った程度でとても希薄である。大掛かりな装置や回収に大きなエネルギーが必要であることから、これらをいかにコストダウンするかが課題といえる。一方、バイオマスのように光合成により生成した物や、食品廃棄物などバイオ由来の廃棄物は、大気中のCO₂を固定した物であり、容易にカーボンニュートラル燃料を製造するための炭素原料となる。また、これらの燃焼排ガスに含まれるCO₂は数%の濃度であり、DACに比べると低コストでCO₂を回収することができる。

太陽光が豊富にある沙漠地帯や風力が豊富にある南米パタゴニアなどでは、バイオ資源がないので炭素源を得るためにはDACを利用して回収する以外に方法はない。一方、我が国のようにバイオ資源のある場合は、様々な炭素源を想定できるので、どのような方法が良いか十分に検討する必要がある。

3. 合成燃料

e-fuelとは電力から製造した合成燃料の総称である²⁾。一方、バイオ資源から製造した合成燃料をbio-fuelという。燃料の品質としては既存の炭化水素系燃料と同等と考えてよい。既存の燃料に適合させないと混合利用が出来ないことから、今後も既存の燃料と同様の規格で進むものと思われる。利用面からカーボンニュートラル燃料の利用を義務化しているのは航空業界であり、世界中のエアラインが持続可能な合成燃料(SAF)の争奪戦になっている。SAFの利用に関してはASTMのD7566に従い製造された燃料を利用するように求めている³⁾。現在、SAFの原料にはバイオマス資源が検討されているが、将来的には再エネ電力を利用する方法が必要になると想定されている。利用する側からすれば、品質が同じであればe-fuelでもbio-fuelでもどちらでもよく、低コスト燃料から利用されると思われる。e-fuelを製造する場合、再エネ電力で水を電気分解した水素と大気中から回収したCO₂を利用することから、水素とCO₂の混合ガスが原料となる。ここからはメタノール合成経路とFischer-Tropsch合成経路の2つのルートがある。

4. メタノール経由の燃料製造

メタノールは常温常圧で液体であり、貯蔵や輸送に有利な物質である。また、それ自身が燃料として利用できるほか、反応性が高いことから様々な化学品に転換しやすい化学物質である。また、CO₂と水素から製造する場合、メタノールは分子内に酸素を有していることからCO₂還元過程の中間生成物である。含酸素化合物を製造する原料として利用する場合、トータルでの水素の消費を抑えられる可能性もある。したがって、メタノールは燃料にも化学品にも転換できる重要物質といえる。

合成ガス（水素とCOの混合ガス）からメタノールを製造する技術は既に工業化された技術であり、世界中に大型のメタノール製造工場がある。一方、水素とCO₂からでもメタノールを製造できることは知られている。アイスランドのCarbon Recycling International社は地熱に由来する電力とCO₂からメタノールを製造する工場を2011年から運営している⁴⁾。また、我が国でも三井化学で実証プラントを建設したこともあり、経済的に適合すれば社会実装可能である。メタノールからゼオライト触媒を用いて脱水縮合反応させるとジメチルエーテルを経てオレフィン（エチレン、プロピレン）が生成する（MTO反応）。さらにゼオライト触媒にはオレフィンを環化する能力もあるので芳香族を生成してガソリン留分を得ることもできる（MTG反応）⁵⁾。いずれも中国やニュージーランドで工業化された実績があり経済的に適合すれば工業化は可能な技術である。最近では循環流動層型の新しいMTGプロセスが開発されて製造効率も向上しているものと思われる⁶⁾。最近ではメタノールから航空燃料となる炭化水素を合成するMTJet法も開発されており、SAFを製造する有力な方法といえる⁷⁾。

5. Fischer-Tropsch 合成経由の燃料製造

鉄系もしくはコバルト系触媒を用いて合成ガスから炭化水素を製造する方法をFischer-Tropsch合成（FTS）法という。この方法では、鉄系触媒を用いる場合は300～350℃程度、コバルト系触媒を用いる場合は200～250℃程度の温度で、1～3 MPa程度の合成ガスから炭素数の異なる直鎖の炭化水素の混合物を得ることができる。生成物は連鎖成長確率（AFS則）に従い生成するため、ある程度の分子量分布のある生成物となる。したがって、特定の成分のみを製造することは出来ず、気体と液体と固体の炭化水素の混合物として得られる⁸⁾。

鉄系触媒（主にNa-Fe₃O₄）を用いた場合、炭化水素の成分は低級オレフィンの収率が高く、またアルコール類などの含酸素化合物も生成する。したがって、化学品の製造法としても有望である。また、CO₂と水素を原料とした場合にRWGS反応も進行するため、鉄系触媒はCO₂から直接炭化水素を得ること

ができる（CO₂-FTS）。さらに、ゼオライト触媒と複合化することで、生成した低級オレフィンの芳香族化が可能である。したがって、CO₂と水素の混合物から一つの反応器でガソリン留分相当の生成物が得られることが報告されている⁹⁾。

一方、コバルト系触媒（主にCo/SiO₂）を用いると連鎖成長性が高く、直鎖のパラフィンの混合物が得られ炭素数20以上の固体成分も生成する。したがって石油製品としてはナフサ、ジェット、軽油に加えワックス成分と同等の生成物を得ることができる。ただ、コバルト系触媒にはRWGS反応に対する活性はなく、CO₂と水素の混合物から反応を行うと生成物はほとんどメタンとなりでサバティエ反応が進行する。したがって、FTS反応の前にRWGS反応でCO₂をCOに還元しておく必要がある。

6. 社会実装に向けて

CO₂と水素から液体燃料を製造する方法としてメタノール合成経由とFTS経由の方法を紹介した。どちらも工業化の可能性の高い技術であり、プロセスや触媒の改良開発が行われている。しかし、再生可能エネルギーをどのように調達するか、CO₂をどのように回収するか、製造した燃料の経済性など多くの課題がある。これは国内のみで完結する話ではなく、国際的な取り組みも考えながら進めることが重要であると考えられる。

- 1) D. W. Keith, G. Holmes, D. S. Angelo, K. Heidel, *Joule*, **2**, 1573-1594 (2018)
- 2) 経済産業省ホームページ「合成燃料研究会中間とりまとめ」
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/gosei_nenryo/pdf/20210422_1.pdf
- 3) 国土交通省ホームページ「航空機運航分野におけるCO₂削減に関する検討会（第1回）」
<https://www.mlit.go.jp/common/001395880.pdf>
- 4) Carbon Recycling International 社ホームページ,
<https://www.carbonrecycling.is>
- 5) M. Stöcker, *Microporous Mesoporous Mater.*, **29**, 3-48 (1999)
- 6) ExxonMobil 社ホームページ
<https://www.exxonmobilchemical.com/en/catalysts-and-technology-licensing/synthetic-fuels>
- 7) TOPSOE 社ホームページ
<https://www.topsoe.com/our-resources/knowledge/our-products/process-licensing/mtjet-process>
- 8) Handbook of Heterogeneous Catalysis 2nd, eds. by G. Ertl, H. Knözinger, F. Schüth, J. Weitkamp, Vol. 6, pp. 2965-2994, Wiley (2008)
- 9) J. Wei, Q. Ge, R. Yao, Z. Wen, C. Fang, L. Guo, H. Xu, J. Sun, *Nature Commun.*, **8**, 15174- (2017)

プラスチック資源戦略からみるカーボンニュートラルに向けた石油産業への期待

（東北大学大学院環境科学研究科）吉岡敏明

1. はじめに

プラスチックによる海洋汚染は大きな環境問題となっており、同時に国際的な廃棄物取引は高いレベルで制限されている。将来に向けた新たなリサイクル手法、バイオ素材や生分解性ポリマーへの期待が急速に高まっている。同時に、リサイクル加工や生分解性機能の開発と製品の普及も急務となっている。プラスチックの環境問題については、素材を生み出してきた化学関連などの動脈産業と、従来から資源リサイクルに取り組んできた静脈産業（図1）との産業融合に本格的に取り組む時代を迎えている。

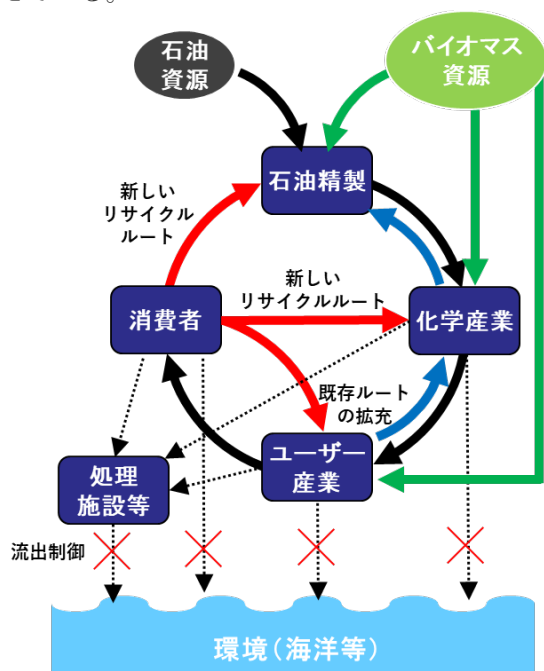


図1 カーボンニュートラルを実現する動静脈連携によるプラスチック・バイオマス資源循環

2. カーボンニュートラルにおける石油・化学産業の役割

日本を例にとると、マテリアルリサイクル（MR）量は、輸出と国内でリサイクルされる量を合わせて約210万トンであり、技術開発等でMRが活発化したとしても大幅な増加は厳しいと言われている。一方、ケミカルリサイクルへの期待は国内外で非常に高くなってきており、プラスチックの原料と

して処理される原油量の約2%分をケミカルリサイクルで賄うとすると、現在の40万トンから約300万トンにまで引き上げられることが期待できる。さらに、現在の低効率なエネルギー回収が高効率なエネルギー利用に転換すると、材料や化学品として利用できないプラスチックのうち、約360万トンエネルギー回収に仕向けることで、廃棄されるプラスチックの全量を有効利用することが可能となる。

革新的なプロセスの開発とプロセス全体を統合・最適化するシステムの構築は各分野で不可欠であり、特にケミカルリサイクルは重要である。プラスチックの原料は原油の10%を占めるナフサである。輸入ナフサと合わせて、国内原油の3%がプラスチック原料とみることができる。言うまでもなく、石油精製はプラスチックの原料を含む基礎化学製品を石油化学に供給しており、各産業はプラスチックの生産に深く関わっている。持続可能な炭素循環を実現するためには、石油・化学産業においても新たなルートで炭素循環を確立することが不可欠である。原料を製造・供給する立場にある石油精製・石油化学産業は、廃プラスチックをケミカルリサイクルにより再資源化する基礎技術とプロセスを有しており、廃プラスチックを受け入れるための技術革新が必要である。また、将来を見据え、原料がバイオマスへ転換した場合の想定も重要なポイントである。例えば、バイオマスをC2～C5相当の基礎化学原料に変換する技術の開発に大きな期待が寄せられている。特に、様々な技術蓄積のある既存の設備を、廃プラスチックやバイオマスなどの持続可能な炭素原料を受け入れる技術戦略が必要となる。

【謝辞】本研究については、JSPS 科研費基盤研究S（20H05708）、ERCA 環境研究推進費（S-19）（JPMEERF21S11900）、NEDO 先導研究（JPNP14004）を受けております。御礼を申し上げます。

カーボンニュートラルに対する石油学会の活動の方向性

(石油学会・会長)○村松 淳司^{むらまつ あつし}

1. 緒言

本日は石油学会大阪大会にご参加いただきありがとうございます。この大阪大会では特別にカーボンニュートラルセッションを立ち上げ、本日4件のご発表をいただきました。この発表のみならず大阪大会においてはカーボンニュートラルに関するご発表が多数あり、関心の高いことがうかがわれます。

CO₂排出を減らす、またなくすというのであれば、石油の使用をやめればよいわけです。しかしながら、石油は燃料として、素材の炭素供給源として20世紀半ばから人々の暮らし、産業活動において中心的役割を果たしてきましたので、供給する側、利用する側も技術的、経済的に直ぐには転換できない状況です。転換先に唯一無二の石油代替品があるわけではありません。

そうは言っても、日本は資源小国です。1973年の石油危機以降、石油・石油化学に関係する産学官において石油は有限の資源であり、省エネルギーにより如何に石油の使用量を減らすか、石油製品を如何に効率よく生産するか、石油に代わる燃料、炭素資源を作り出すかについて研究・技術開発が進められてきました。これらの知見は石油学会の研究発表会や講演会等で発表され、また、論文誌や会誌『ペトロテック』などに掲載されて、学会の知的財産として相当に蓄積されております。カーボンニュートラルの時代に向けて、今まで培った石油や天然ガスなど炭素資源に関する知見に加え、再生可能エネルギー利用との融合あるいは棲み分けを念頭においた新たな研究・技術開発を学会の核にして、あるいは学会をそうした研究に関する討論や情報共有の場としていくことにより、石油学会の重要性が益々増していることは、間違いありません。そこでは、科学的原理原則を覆すことはできませんから、イノベーション＝技術革新だけを期待するのではなく、より幅広い視点で研究開発、事業展開が進められなければなりません。

2. 石油に関するカーボンニュートラルに向けた取り組み

気候変動に対する取り組みは、1997年に京都市で開かれたCOP3で採択された京都議定書、そして2015年のCOP21で採択されたパリ協定に引き継がれます。その間、石油学会に参加している事業者、研究・技術者は石油に代わる「水素社会」に向けた検討を始め、天然ガス等の炭素資源を利用した燃料、化学品の研究、そしてCO₂回収・貯留技術(CCS)などの開発に取り組んでまいりました。

カーボンニュートラルは、2019年に発表され

た欧州グリーンディールが皮切りでした。2020年10月26日、当時の菅総理大臣は、所信表明演説において、「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことを宣言しました。それ以降、気候変動対策・環境対策と経済成長の両立を目指した「成長戦略」へと移行しています。そこで、石油資源開発分野、石油精製分野、石油化学分野においてもカーボンニュートラルに向けたビジョンが作成され、今、実行されつつある状況です。

3. カーボンニュートラルに向けた不確実性

しかしながら、これらビジョンを達成するためには様々な分野で困難な状況や二律背反の状況が起こりつつあります。まず、何より実現するためには高いハードルをクリアしなければなりません。IEAが示した世界石油需要予測とカーボンニュートラル目標が大きく乖離してしまっています。特に、日本では再生可能エネルギーが化石資源と比べ、まだまだ科学的に経済合理性が難しいことが挙げられます。すなわち、経済的見地から見たとき、エネルギー消費においてすら、化石資源から再生可能エネルギーに完全に変換するまでには相当の時間がかかるだろうということです。

つまり、カーボンニュートラル社会を実現するには、必要な政策・法令の充実はもちろんのこと、経済合理性が欠如している現在の議論に、コスト低減のための技術的支援や、あらゆるカーボンニュートラル関連のプロセス開発実現のための生産技術への支援が不可欠です。また、再生可能エネルギーの増産により環境破壊を起こしてはなりません。

石油は一極集中型であるのに対し、再生可能エネルギーは分散型となり、集中型のエネルギー供給体制だけでなく、多くの方の理解と協力、事業参加のもと需要と供給が行われる仕組みが求められます。

4. 世界石油会議での議論から

今年9月17日からカナダのカルガリーにおいて、第24回世界石油会議が開催されました。その冒頭、開催地のアルバータ州首相は「私たちは、排出を隔離しながら世界が炭化水素の恩恵を享受できるようにするクリーンテクノロジー産業を発展させています。それが私たちの目標です。石油や天然ガスを段階的に廃止することではなく、排出量を段階的に削減することです。」と発

言しました。さらに、サウジアラビアと米国のトップ石油生産会社サウジアラムコとエクソンモービルの最高経営責任者（CEO）は、石油需要のピーク予測を先送りし、エネルギー転換には従来の石油・ガスへの継続的な投資が必要になると述べました。さらに、現在のエネルギー転換の物語は「非現実的な」仮定とシナリオに基づいており、世界のエネルギー安全保障とよりクリーンなエネルギー源への手頃な移行を確保するには石油とガスへの投資を続けることが重要だとし、そうしないと、中長期的に再び危機が起こり、石炭や現在入手可能な他の安価な製品をますます使用するという点で後戻りすることになると、指摘しました。また、サウジアラムコのCEOは、グローバル・サウスの大部分にとってエネルギーへのアクセスと「経済的生き残り」が優先事項である一方、先進国はネット・ゼロを推進するという、不均衡があり、これに対処するためには「より現実的」かつ「複数のスピードで」対応できる一連の戦略を求めました。つまり、先進国が進める移行計画では、従来のエネルギー源である化石燃料の役割を「認識」する必要がある、一方で投資と資本配分はクリーン資源と従来のエネルギーの両方に向けられる必要があるとしました。



5. 石油学会の方向性

石油分野の研究の歴史を、1958年の石油学会の創立から石油危機を経て代替燃料、水素への研究に至る石油学会での研究発表動向から見たときに、石油学会ができることは、下記のように考えています。

- (1) 科学技術・理論に裏打ちされた提言
「CN 社会とそれまでの移行プロセスを構築する指針」
- (2) CN 技術のレベルアップの推進
- (3) 海外の CN 動向調査（欧州、米国、中国、産油・産ガス国など）
- (4) 他の学協会、関連機関、地方公共団体などとの連携
- (5) CN と石油に関する広報・情報提供
- (6) CN を議論できる場の提供
(CN=カーボンニュートラル)

さて、これまで石油・石油化学分野の研究・技

術開発は化学反応を中心として進められてきました。しかしながら、炭素供給の源として植物や廃棄物そしてCO₂が利用され、加工するためのエネルギーは、再生可能エネルギーが電気として供給されるため、電気を源とする加工技術が必要となり、社会に実装されていくこととなります。このため、化学のみならず電気、機械、農学などといった幅広い分野の連携が必要となってきます。

さらに経済合理性を満たすためには、科学技術では達成できないこともあり、より幅広い連携が重要となってきます。「技術的目利き力を高め、公平な目で見て、将来を予測していく」ためには、幅広い分野の研究者・技術者が情報を交換し議論することが重要で、学術団体の果たす役割は大きいと感じています。中でも石油学会は専門分野の異なる研究者が石油というキーワードのもとに横断的に集まっています。今後さらに分野を広げて議論する場を作っていく必要があります。

産学官が協力するとともに、大都市のみならず地方との連携、大企業のみならず中小企業、個人の連携が不可欠と考えています。大エネルギー企業が安価な再生可能エネルギーを供給してくれるとは限らず、個人がエネルギー供給者であり同時に消費者になる時代を迎えることも考えなければなりません。そして最も考えておかなければならないのが、エネルギーの経済性と安定供給です。エネルギー供給者の活動維持の環境整備とその源泉となる安定的な炭素価格は重要です。例えば、輸送用燃料の将来を予測するためには、エネルギー政策に交通政策を一体化し、資源小国、少子化（人口減少）といった変えられない事実は受け入れて戦略を練ることが必要となっています。科学技術を発展させるためにも必要な基盤を整備しておくことも重要です。

これまで石油は枯渇するものだと思い込んできました。そして石油に代わる新たなエネルギー・炭素資源を模索してきましたが、経済性、安全性、安定供給などすべてを満たすエネルギー・炭素資源は見つかっていません。様々なエネルギーの長所短所を理解し、最適な組み合わせを行うだけでなく、スマート社会との連携などにより進展させなければならないと考えています。また、新たな社会への移行戦略の立案も重要です。技術的目利き力をさらに付けて、維持していくためには、石油学会において多くの皆様の議論、情報発信の場の提供を続けることだと考えております。

石油学会ができることは、本章の冒頭に書いた以外にもいろいろとあるだろうと思いますので、会員の皆様からのご意見を積極的に採り入れていきたいと思っています。是非、ご意見をお寄せください。