

座 談 会

自動車用燃料の低炭素化に関する取り組み ～運輸部門のカーボンニュートラル化に向けたバイオ燃料の寄与～

大聖 泰弘 (早稲田大学 名誉教授)

横山 伸也 (東京大学 名誉教授)

浜本 哲郎 (アメリカ穀物協会 日本代表)

坂西 欣也 (国研) 産業技術総合研究所
エネルギー・環境領域長補佐

澤 一誠 日本環境エネルギー開発 (株)
代表取締役社長

司会：森山 亮 (一財) エネルギー総合工学研究所
プロジェクト試験研究部 部長 副主席研究員



はじめに

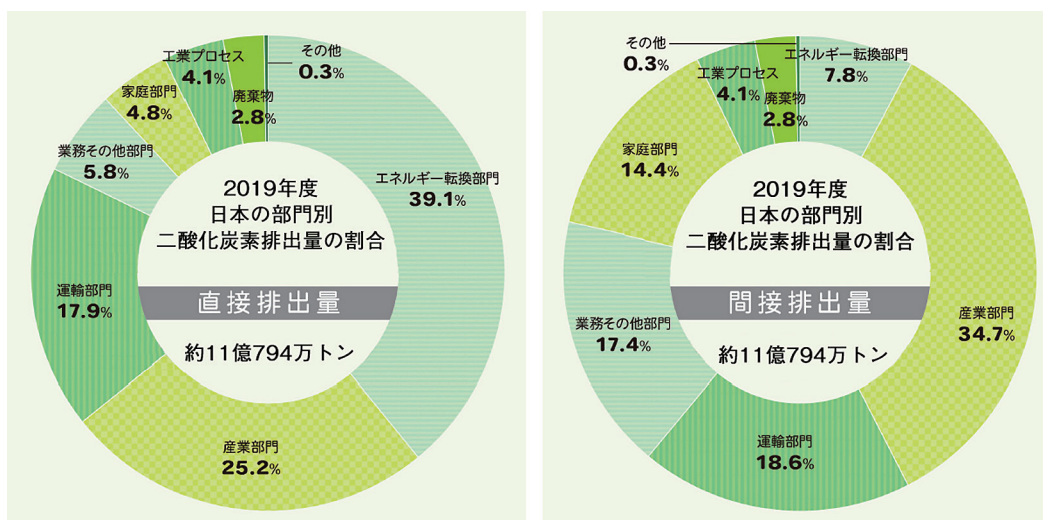
座談会テーマの背景

森山 今回の座談会のテーマは、「自動車用燃料の低炭素化に関する取り組み」についてですが、次世代自動車の普及導入について造詣が深い大聖先生とバイオ燃料の事業や技術開発に携わってこられた有識者をお招きして、運

輸部門のカーボンニュートラル化に向けたバイオ燃料の寄与について議論していきたいと思っています。

「第5次エネルギー基本計画」(2018年)でも、電源に関して再生可能エネルギー(再エネ)の主力電源化が謳われています。しかし、2050年にカーボンニュートラルを達成するには、エネルギー転換部門(発電部門)のみならず、運輸部門も二酸化炭素(CO₂)を削減する必要があります。

図1左に示しますように、CO₂の直接排出



(出所：全国地球温暖化防止活動推進センター (JCCCA))

図1 日本の部門別 CO₂ 排出量

表1 運輸部門の低炭素・脱炭素・カーボンニュートラルに向けた動向

1997年	COP3（京都会議）にて京都議定書；温暖化に対する国際条約が制定
2014年	経済産業省「自動車産業戦略 2014」では、2020年度、2030年度における次世代自動車の普及目標を定めた
2015年	COP21（パリ会議）にてパリ協定；世界全体の温室効果ガス排出量削減のための方針と長期目標の設定
	パリ協定に先立って、提出された日本の約束草案では、温室効果ガスの排出量を2030年度に2013年度26.0%削減
	運輸部門については、CO ₂ 排出量2013年度2.25億トン→2030年度1.63億トン（27～28%減）
2020年	10月の菅内閣総理大臣による「2050年カーボンニュートラル宣言」 経済産業省 12月「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」
2021年	4月 菅内閣総理大臣 日本の2030年度における温室効果ガス削減目標を引き上げると発表。2030年度の排出量を2013年度比で46%削減

量は、エネルギー転換部門、産業部門、運輸部門の順となっています。また、世界の排出量削減に向けた取り組みの流れは、表1のようになっています。特に、わが国では、2020年に「2050年カーボンニュートラル宣言」が出され、2021年には、CO₂排出量を2030年度に2013年度比46%削減するという目標が掲げられました。

カーボンニュートラルとは、どうしてもCO₂を排出しなければならない分は、他のところでCO₂を吸収したり削減したりして、社会全体として差し引きゼロ、正味ゼロ（ネットゼロ）にすることです。図1右に示しますように、日本のCO₂の間接排出量は、

産業部門で34%、運輸部門でも約2割弱の18.6%です。その取り組みとして、現在、電気自動車（EV）やハイブリッド車（HV）、プラグインハイブリッド車（PHV）、燃料電池車（FCV）などの次世代自動車で、運輸部門の一部電化も進められています。表2に示し

表2 運輸部門の低炭素・脱炭素・カーボンニュートラルに向けた動向

車種※	民間努力ケース		政府目標	
	2020年	2030年	2020年	2030年
従来車	80%以上	60～70%	50～80%	30～50%
次世代自動車	20%未満	30～40%	50～70%	50～70%
HV	10～15%	20～30%	20～30%	30～40%
EV・PHV	5～10%	10～20%	15～20%	20～30%
FCV	僅か	1%	～1%	～3%

※HV:ハイブリッド車 EV:電気自動車 PHV:プラグインハイブリッド車 FCV:燃料電池車

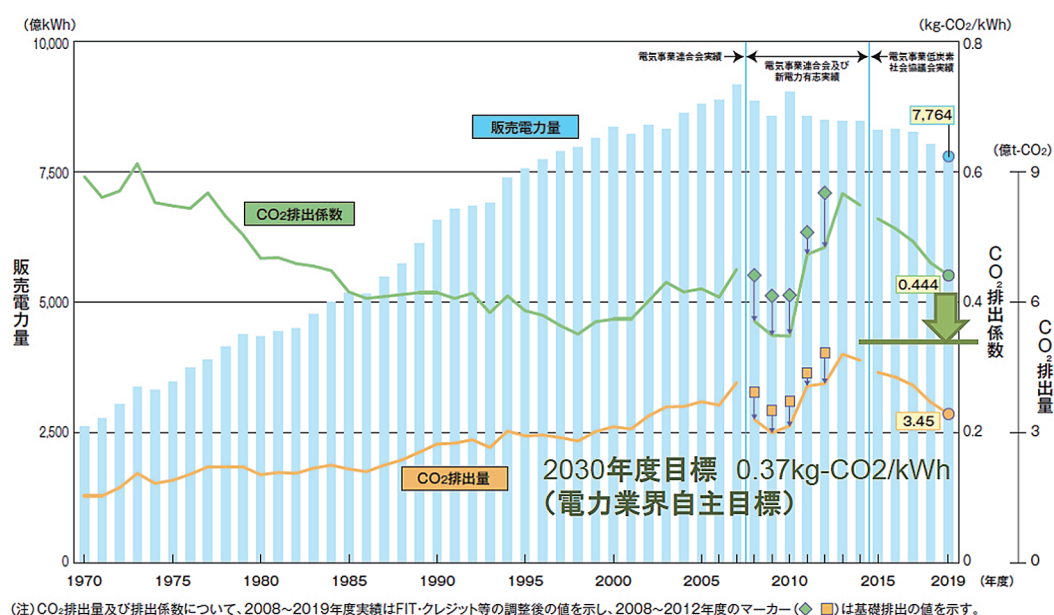
(出所：『次世代自動車戦略 2010』『自動車産業戦略 2014』)

ますように、政府と民間とそれぞれ目標値が掲げられ、2030 年に向け、次世代自動車を増やして運輸部門の低炭素化を狙っています。

ただ、運輸部門のエネルギーが電気に替わるとしても、その電気を作るのにどのぐらいCO₂が排出されるかによってカーボンニュートラルの達成も変わってきます。図2にある

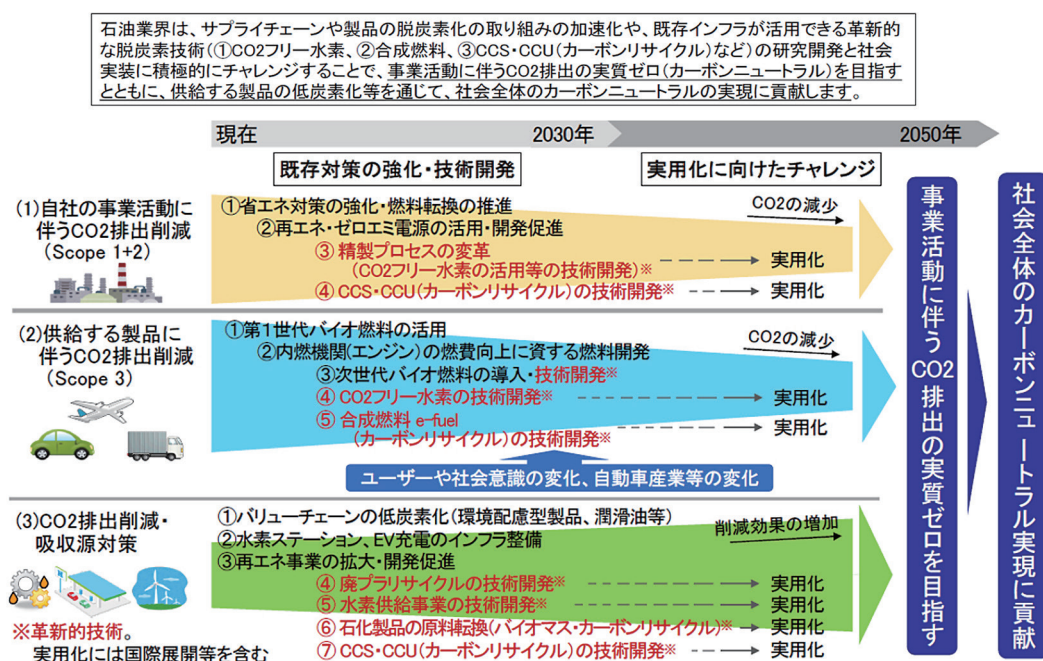
ように、CO₂ 排出量の排出係数は、2019 年で0.444kg/kWh です。2030 年の目標は0.37 kg/kWh ですが、それでもまだ排出するCO₂についても削減のために色々な策を考えていかなければいけません。

最後に、図3にあるとおり、2021 年3月に石油業界のカーボンニュートラルに向けたビ



(出所：日本原子力文化財団「エネ百科」)

図2 発電に伴う CO₂ 排出量等の推移



(出所：石油連盟(2021))

図3 石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン(目指す姿)

ジョンが出されました。2030 年、2050 年に向けて、バイオ燃料も使っていくし、エンジンの燃費向上、さらに合成燃料や e-fuel (CO₂ と水素で作る合成燃料) も使って CO₂ 削減をしていくというビジョンです。

以上を背景に、運輸部門の CO₂ 排出をどう削減していくのか。燃料側の話、それを使う自動車など輸送機器側の話もあると思います。そういったことについて、今回お集まり頂いた有識者の方々からご意見なり取り組み状況の紹介なりを頂いて、意見交換できたらと思っています。

運輸部門での CO₂ 削減の論点

森山 まず、大聖先生から運輸部門の CO₂ 削減に向けた全体的な取り組みについて、最初に自己紹介を含めてお願いいたします。

次世代自動車による排出削減

大聖 私は学生の頃から主にエンジンの燃焼や燃費改善、排出ガス低減の研究を行ってきました。1990 年頃から、エンジンだけでは将来立ち行かないのではないかとということで、次世代自動車といわれる電動化した車やシステムなども研究対象に加え、企業の協力を得てそれらの試作や性能評価をやってきました。

実は、運輸部門の CO₂ 排出の 86% は自動車で占められています。そこで、運輸部門の CO₂ 削減の主要な対策は自動車の低炭素化・脱炭素化だと思っています。

その中で何が技術としてあるか。まず、エンジンの燃費向上技術があります。それによって今後 10 年ぐらいの間に、2 割から 3 割ぐらい燃費が改善され、飽和域に達するものと見えています。そうすると、例えば、HV などでは、そのまま比例的に燃費が改善されることになります。次に、PHV という選択肢があります。



大聖 泰弘 氏

(早稲田大学 名誉教授)

(公社)自動車技術会という学会での議論では、将来の電動化の中で HV と EV の「橋渡し役」、あるいは EV と共存するのは、PHV ではないかと予測しています。この特徴は、搭載するバッテリーの量が EV の数分の 1 で済み、家庭でも気軽に充電できます。PHV で 1 日に何百キロも走るということは、日常生活では考えられませんので、利便性を考えても、そうなるのではないかとということです。バッテリーは、コバルト、リチウム、ニッケルといった希少な資源を使いますから、そういった資源の節約にもなると考えています。

長期的な取り組み

～水素、モーダルシフト、CCS、CCUS～

大聖 それから、やはり水素は長期的に取り組まなければならない燃料だと思っています。様々なソースから作れるという面はありますが、自動車用燃料として使うには、大幅な低コスト化や充填ステーションの配置などの解決すべき課題があります。

では、自動車分野でそういった新しい技術を総動員してカーボンニュートラルになるかということ、どう計算してもならない訳です。冒頭、森山さんがおっしゃったように、材料の製造や生産面での工夫、リサイクルなどをやってもまだゼロにはなりません。では、ど

うしたらゼロになるか。やはり、車の利用のあり方を見直すと、「モーダルシフト」で鉄道などをさらに活用するとかです。さらには、究極的には炭素回収貯留（CCS）とか炭素回収利用貯留（CCUS）があります。炭素排出に価格をつけて排出削減へ誘導する「カーボンプライシング」といった考え方も取り入れて行かなければならないのではないかと思います。

輸送用に セルロース系エタノールなどの カーボンニュートラル燃料を

坂西 産業技術総合研究所（産総研）の坂西です。私自身のバックグラウンドは、石炭液化とか重質油アップグレーディングの研究です。1990年代から輸送用燃料の石油依存の低減ということで取り組んできました。1973年のオイルショックで原油価格が高騰した時、まだ日本でも石炭を掘っていたので、国内外の石炭を液化して石油代替・脱中東依存をしようということも研究の背景にありました。

1999年に私が九州大学から資源環境技術総合研究所（資源環境研）に移籍した時は、重質油アップグレーディングということで、ブラジルのマリーム、メキシコのマヤ、カナダのタールサンドとか非在来型の超重質油をガソリン・軽油にして石油代替していくという研究を行いました。

その後、再生可能な生物由来の有機性資源（バイオマス）の利活用を促進しようという「バイオマス・ニッポン総合戦略」（2002年）との関連で、2003年に産総研・中国センターに設立された「循環バイオマス研究ラボ」（2005年にバイオマス研究センターに改組）に移った時は、非食用である草本系バイオマスからのセルロース系エタノール、廃棄物からのBTL（ガス化経路によるディーゼル燃料）という自動車用燃料を想定したバイオ燃料の研究に従事していました。

2012年ぐらいまで、産総研・中国センターで、王子製紙(株)とかENEOS(株)と一緒にセルロース系エタノールの研究をしていました。NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の「セルロース系エタノール革新的生産システム開発プロジェクト」では、海外のユーカリ等の紙パルプ原料の林地残材を活用して海外生産していけば、40円/ℓの目標を達成できるところまで行き着きました。ブラジル産エタノールのCIF価格（入着価格）が70円/ℓぐらいですから、それを東南アジアで作れば、価格競争力もあります。

東日本大震災後の2012年、固定価格買取制度（FIT）で発電への再エ大量導入促進策が始まったのを契機に、木質系バイオマスや廃棄物を発電利用しようということになり、輸送用燃料を作る優先順位が下がりました。

大聖先生からもありましたように、2050年のカーボンニュートラルを目指していく上では、エタノールやバイオディーゼルをカーボンニュートラル燃料として輸送用燃料に使っていくことが大事だと思います。2019年6月に策定された「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、ジェット燃料や船舶用燃料のカーボンニュートラル化で、バイオマスを活用する研究が出てきました。ATJ（アルコール・トゥ・ジェット）という研究ですが、積水化学工業(株)と米ランザテック社が、廃棄物からバイオ変換でエタノールを作り、それをエチレン経由でバイオケミカルにしていく開発を進めています。

エタノールの復権

澤 私は20年ぐらいバイオ燃料に携わっています。私は三菱商事(株)在籍時に、産総研の外部評価委員を約8年やらせて頂きました。その後、2016年7月、日本環境エネルギー開発株式会社（NEED）を設立して、現在、私自身バイオマスエネルギーのコンサルタントをやっています。

エタノールとの関連では、2019年12月からアメリカ穀物協会のアドバイザーをやらせて頂いております。実は、10年ぐらい液体バイオ燃料の仕事から離れていたのですが、10年ぶりにエタノールの仕事に携わりました。そのプロモーションもやっております。2020年12月3日に、今日おいでの坂西さんが議長を務められた「第15回再生可能エネルギー世界展示会」(RE2020)で、私と浜本さんと講演をしました。その時の講演会のタイトルは主催者側でつけられた、「エタノールの復権」という非常にアグレッシブなものでしたが、特段ご批判を受けることはありませんでした。

その後、今年の1月29日、バイオマス関連で、石油学会に2つの政策提言をいたしました。私は、液体燃料から離れていた10年間はバイオマス発電の仕事をやっていたので、石油学会での提言の1つは、CO₂削減で石炭火力をバイオマス発電に転換するという、もう1つは、EVやFCVなどによる運輸部門の電動化後も残る内燃機関(エンジン)のCO₂削減策としてのエタノールなどバイオ燃料を使用するというものでした。

私は、早稲田大学・理工学部機械工学科出身ですので、大聖先生のところともご縁がありまして、今日の座談会に参加させて頂いたという次第です。

トウモロコシからガソリン消費量10%相当の エタノール生産を達成したアメリカ

浜本 アメリカ穀物協会の浜本と申します。アメリカ穀物協会の日本事務所も協会本部(ワシントンDC)も60年の歴史があります。アメリカからの飼料穀物、特にトウモロコシの輸入促進をやって来まして、今の日本の畜産業の基礎作りのお手伝いをさせて頂いてきたと思っています。

今から20年ほど前、アメリカではトウモロコシをエタノールの原料にする政策が始まりました。今、全米で売られているガソリンの

10%に相当する量はエタノールを利用しなさいという基準があって、その基準に沿ってエタノールが利用されています。アメリカのエタノール製造産業としては、国内ガソリン消費量の10%に相当する量は既に混合されていることを背景に、海外での利用も広めたいということになりました。それにはエタノールの輸出促進をするところが必要だということで、アメリカ穀物協会に「白羽の矢が立った」という次第です。原料トウモロコシの輸出を促進している協会であれば、派製品であるエタノールの輸出促進もということで、2015年ぐらいからやってきました。それで、アメリカ穀物協会がエネルギーと関係することになった訳です。

私はもともと微生物学を研究していて、1989年、カリフォルニア大学デイビス校に在外研究員として行った時に、米国エネルギー省の予算で、カリフォルニアの稲藁からのエタノールの生産について研究しました。微生物学者の立場から、「これは難しい。そんなに簡単にできないだろう」と思いました。2015年にエネルギーの世界に戻って見たら、その研究はまだ技術開発の途中でしたが、技術革新のスピードは日増しに速くなっていますので、エタノールも「第二世代」の草本系などの原料から作れるようになってくると思っています。

次世代自動車導入が進む中での エタノールの役割

横山 私は学生時代にオイルショックを経験しました。その頃、社会的に大きな混乱があって、「将来、研究者として生きる場合、石油に替わるものを作りたい」とぼんやり考えていました。

その後、当時の工業技術院(現産総研)に職を得ました。入ってから3年ぐらい後に、木材や草本系のバイオマス研究に取り組みまして、ガス化や高温高压処理する液化反応に

よる重油相当の油を作る研究をしました。特に、下水汚泥とかの廃棄物を原料として、重油相当の燃料を作る研究に従事してきました。

バイオマスは当時から「カーボンニュートラル」と言われていましたので、CO₂削減の方策に関わる研究にも携わってきました。車は、将来、EVやFCVに転換していくのですが、当面の相当長い間、内燃機関で動く車が健在なのですから、その中でエタノールの果たす役割はまだあるのではないかという立場で最近は仕事をしています。



横山 伸也 氏

(東京大学 名誉教授)

論点を巡る意見交換

時間軸による論点整理

アメリカで進むエタノール導入／エタノールの復権／食糧競合しないエタノール／モーターシフト

森山 皆さんからのお話で頂いたキーワードを考えます。大聖先生の将来的なFCVやモーターシフトという話、浜本さんのトウモロコシから作るエタノールの話、坂西さんのセルロース系エタノールの話。「時間軸」というのが大事なのではないかと思います。今すぐに、水素のインフラが整って大量にFCVが街中を走る状況が来るかというところという訳ではありません。内燃機関が残っているところで、CO₂削減するために今できるアクションと、インフラ整備含めて考えていかなければならない将来のアクションとは、時間軸で整理していくのが大事だと思います。

時系列で順に考えますと、まず、アメリカで大量に10%エタノールが導入されているという浜本さんの話。次に、電動化後でも残る内燃機関にどれぐらいのエタノールを入れていくかという澤さんの話。もう少し進むと、坂西さんからあった、食糧と競合しないセルロース系エタノールの話とCO₂をどううまく

使っていくかというカーボンリサイクルの話。そして、皆さんの生活を変えるという意味で、大聖先生が言われたモーターシフトやEV、FCVも含めた資源の節約の話があります。

よく「自動車用のエネルギーには何がいいか」と言った時に、時間軸をごちゃまぜにして、「CO₂出さないからEVがいいんだ」とか「水素がいい」という声を聞きます。それに対して「その場では出さないかも知れないけれども、エネルギー転換時に排出している」とか「将来は再生可能エネルギーでCO₂フリーの水素を作る」という話もありますが、そこは時間軸で整理していくことが重要だと感じます。

では、時間軸で少し近い方から、「今実現されているもの」「もう少しで実現しそうなもの」として、バイオ燃料、エタノールについてです。横山先生は、バイオ燃料、エタノールをガソリンに入れる効果を検証されていると思いますが、その知見を頂けますでしょうか？

運輸部門のCO₂削減効果大のE10導入

横山 現在、日本のガソリンには、約83万kl(原油換算50万kl)のエタノールが入っています。実際には、直接ブレンドではなく、E3(エタノール3%混合ガソリン)相当のETBE(エチル・ターシャリー・ブチルエーテル)に

変換したものを入れています。エタノールのCO₂削減率は対ガソリン比55%ですから、現在ガソリンに入れているエタノールのCO₂削減効果は約62万トンです。E3で62万トンですから、E10を入れると、3倍強の約200万トンが削減されることになります。2017年ベースの政府の約束草案では、2030年に運輸部門で2089万トンのCO₂を削減することになっていますから、E10を入れればそれだけで約束草案の目標の約1割という大きな削減になります。

それから、ライフサイクルアセスメント(LCA)的に見ますと、車の場合のCO₂排出は、7割から8割ぐらゐは走行時の燃料燃焼によるもの、2割ぐらゐが車両の部品の製造や組立によるもの、そして、ごく僅かな部分がインフラに関わるものです。ということは、走行時の燃料燃焼によるCO₂排出が相当大きい訳ですから、これを低炭素化することには非常に大きな意味があると思います。そういう意味で、バイオ燃料やエタノールには大きな役割があると考えています。

森山 やはり、今走っているガソリン車の燃料を切り替えるのは、CO₂削減で非常に即効性があると思います。もう少し先のこと、例えば、EVやFCVの場合にはインフラの改善が必要ですが、そういったところで大きな観点はあるでしょうか？

石油業界の許容姿勢で期待されるE10導入

大聖 需要側である自動車のほうでは、E10対策はもう講じられていて、いつでも使える状況にあります。後は供給側のほうで、E10にした時の問題点をクリアしていけば可能だと考えています。

エタノールのいいところは、従来のガソリンに混ぜて使えるということです。燃焼技術面ではいつでも使える状況なので、後は供給側がどう取り組むかだと思います。また、最

近は、そういったことへの石油業界の受容性も高まってきたと実感しています。

森山 先ほど私が示した図3(石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン)にも「第1世代バイオ燃料の活用」という既述があります。ですから、石油業界もバイオ燃料を選択肢として考えているのは確かだと思います。その点で、澤さん、コメントありますか？

バイオ燃料への姿勢変わる石油業界

澤 実は、10年以上前に三菱商事(株)で「北海道バイオエタノール」というプロジェクトをやりました。その当時は、石油業界の方々はバイオ燃料に対するアレルギーがあって、色々と苦労したのを覚えています。ようやく、「エネルギー供給構造高度化法」の原油換算50万klまで導入するという目標は受け入れられましたが、その代わりに、バイオディーゼルは普及させないという方向でした。

バイオマス発電用はFITによって様相がガラッと変わりましたが、液体バイオ燃料も随分様相が変わりました。過去にバイオエタノール利用の弊害が強調された中で、一番大きな課題は「食糧との競合」でした。その次に、当時は技術的にも「バイオエタノールをガソリンに直接購入すると層分離をするからETBEにしないとダメだ」ということが強調されたと記憶しています。

その後、技術的な問題も「食糧との競合」の問題もクリアされてきました。アメリカのトウモロコシなどは収率が飛躍的にあがったことで、今はほとんど食糧と競合しないのではないかというレベルまで来ていると聞いています。この辺りの環境が随分と変わってきたと思われまゐす。

一方、日本に限らずエネルギー産業そのものが大転換しているから、石油業界も生き残りをかけて、総合エネルギー企業として生まれ変わるために色々模索されていると思いま

す。その1つとして、液体燃料について言いますと、エタノールやバイオディーゼルを取り扱うことを検討する方向が出てきたのではないかというのが私の感想です。

森山 まさに、石油業界というくくりではなくて、今までの石油会社、ガス会社が、例えば、新電力に事業を広げて総合エネルギー企業になろうとしているようです。従来のガス、電力、石油という業界も変わりつつあると実感しています。

先ほど話がありました「食糧との競合」だとか、日本でエタノールを大量に導入していくに当たっての調達のポテンシャルだとかの観点を含めて、浜本さんからコメントあればお願いします。

エネルギーセキュリティ確保で始まった アメリカとブラジルのエタノール利用

浜本 アメリカやブラジルでは、どういういきさつでエタノールが使われているのか。そして、エタノールを入れるためにインフラや車のことでどういったことが行われてきたのか。それから、エタノール価格がガソリンと比較してどうなのか。そして、「食糧との競合」をどう考えるのか。これらについて、お話しさせて頂こうと思います。

まず、最初にエタノールを燃料として使おうとしたのはブラジルです。ブラジルでは、1973年のオイルショックで原油供給が細ったことへの対策として、まずエネルギーセキュリティ（エネルギー安定供給）のために、1975年に沢山採れるサトウキビからエタノールを作り、それをガソリンの代わりに車の燃料として使おうという法制を整えました。それからエタノール導入が始まったのです。

アメリカでは、2005年に再エネ基準の下でガソリン消費量10%相当量のエタノールを利用する政策が導入されました。エタノールの導入・利用の理由は2つあります。1つは環

境です。この再エネ基準の元の法律となる大気浄化法での大気汚染防止の観点から導入を図りました。もう1つはブラジルでの導入と同じエネルギーセキュリティ。アメリカも自国で燃料を生産しようということです。当時はまだシェールガス、シェールオイルがなくて、中東依存・中南米依存が大きかったのです。今、アメリカではガソリン消費量10%相当量のエタノールが使われていますが、それを導入するに当たって、ガソリンスタンドなどのインフラの調整が若干必要だったと聞いています。また、2001年製以降の車についてはエタノール15%の混合までは使えるようになっています。多くのガソリンはエタノールを10%まで混合したE10として給油されています。エタノールをガソリンに入れるに当たっては、ガソリンとのバランスで蒸気圧の調整が若干必要と聞いていますが、それは供給サイドで行われています。

日本では、澤さんから話がありましたが、政府主導で実証実験まで行われ、E10で実際に車を走らせて実証済みです。また、今後の導入時、若干のチューニングやパッキンの調整が必要となった場合には、日本には車検制度があるので、その時に交換していくということで比較的対応し易いと思います。

価格競争力あるアメリカ産エタノール

浜本 価格については、アメリカ穀物協会が毎週のニュースレターで価格データを出しています。6月9日のニュースレターによると、米国産エタノールをメキシコ湾岸、主にヒューストンから輸出する場合の価格は64.9セント/ℓです。一方、ブラジル産エタノールは、ブラジルのサントス港のFOB価格（積み出し価格）で71.5セント/ℓになります。ガソリン価格ですが、メキシコ湾岸出しで、55.8セント/ℓです。相場によって、エタノールもガソリンも価格が変わりますので、エタノールが安くなったり、ガソリンが安くなったり

と日々変わっています。そういう状況で、現時点では若干エタノールのほうが高いですが、べらぼうに高い訳ではありません。55.8セント対64.9セントで、米国産エタノールは、ガソリンに対して競争力があると思っています。

生産性向上で「食糧との競合」を克服

浜本 最後に、「食糧との競合」ということで。図4の折れ線グラフは、トウモロコシの生産量の推移です。アメリカも中国も、1980年から2016年までの間に1.5倍以上、2倍弱ぐらい生産量が伸びています。生産量が上がってきている理由は何か。アメリカの場合、図5左のグラフで分かるように、単位面積当たりの収量（単収）が右肩上がりに伸びています。この増加傾向は、今後しばらく続くと見えます。栽培面積は伸びていないので、今ある農地での生産性向上によって生産量が増えてきていると言えます。

図5右のグラフの右端にE15の棒がありますが、これは全米のガソリン消費量の15%相当量のエタノール混合で必要となる量です。そこまでエタノール利用が増えて行っても単

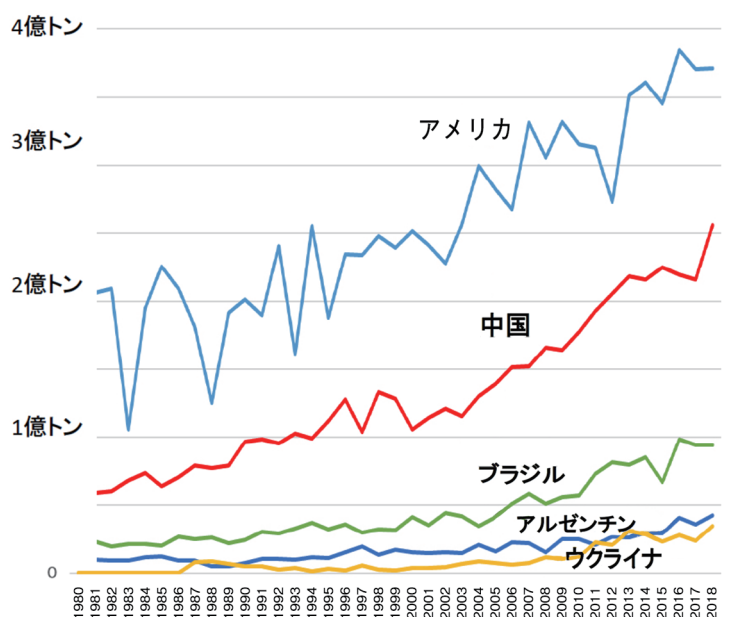


浜本 哲郎 氏

（アメリカ穀物協会 日本代表）

収の伸びがあればトウモロコシの供給に問題はないと考えています。

また、「食糧との競合」ということにもつながってきます。「食糧との競合」が声高に言われたのが2008年のリーマンショックの時でした。図6で、そこまでが青い点線のボックスで囲ってあります。そこまでは、穀物価格とバイオ燃料の生産量は同じような傾向で増えていたので、「エタノールにトウモロコシを使うから穀物価格が上がった」と言われていました。その後、赤いボックスに入りますが、リー



（出所：アメリカ穀物協会）

図4 世界のトウモロコシ原料バイオエタノールの将来展望

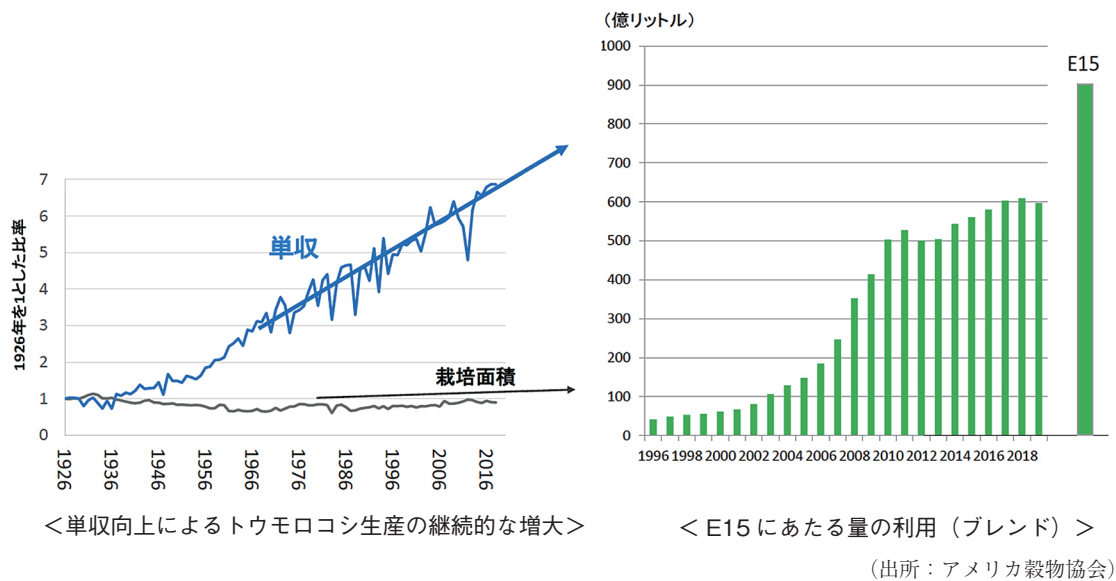


図5 将来の米国トウモロコシ生産トレンド

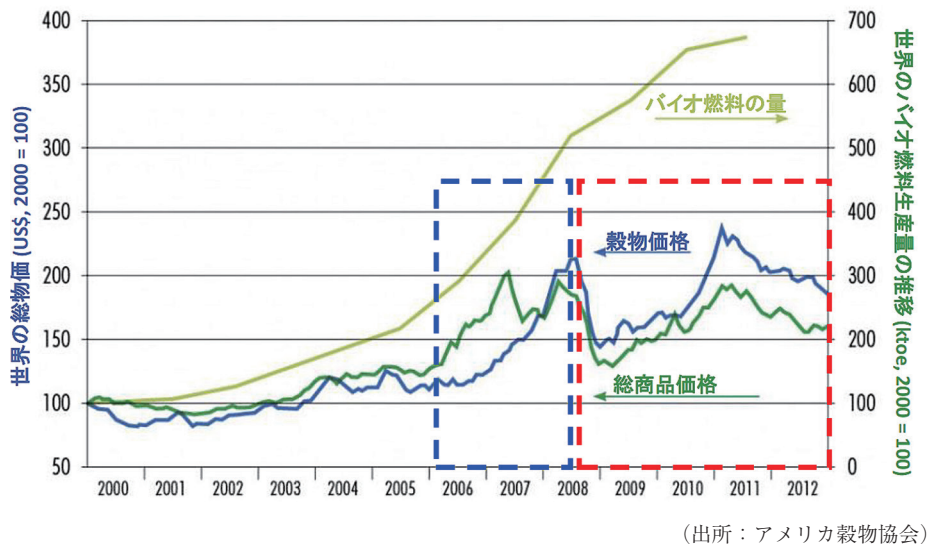


図6 世界の物価、穀物価格とバイオ燃料生産量の推移

マンショックで穀物価格がガクンと下がって原油価格を含めた総商品価格も下がりました。このことが何を意味しているかというと、「トウモロコシ価格が上がっていたのは、エタノールを作るようになったために需給がひっ迫したことが理由ではない」ということです。つまり、総商品価格と連動しているトウモロコシ価格の上昇には、機関投資家の投資による相場の推移が影響したのではないかと思います。

では、将来的に大丈夫なのか。私たちは「レイショニング」(rationing)と言っていますが、

需給バランスというのは若干タイムラグがあっても、需要と供給が互いにバランスをとりあって調整されていきます。今後、エタノール原料のトウモロコシの需要が増えた場合には、それに見合う供給ができてきます。逆に言うと、需要がない限り、供給側は価格が下がってしまうので生産へのインセンティブが下がり、生産は減退してしまいます。今後もトウモロコシの供給については、メインの家畜飼料とバイオエタノール生産への供給も並行して行っていけると考えています。

高まってきた国内バイオマス利活用の気運

坂西 図6に関連して。リーマンショックの2008年、日本では農林水産省の「バイオ燃料技術革新計画」が出て盛り上がったところでした。私たちはセルロース系エタノールの研究をやっていたのですが、バイオマス研究センターが立ち上がった2005年には、80ドル/バレルを超えるくらいの高値安定だった原油価格が、リーマンショックで100ドル/バレルを超えて、ガソリンが瞬間的に200円/ℓになったのです。

当時、私たちは、逆にこれを「国産エタノールのチャンス」と思ったのです。アメリカもブラジルもエネルギーセキュリティを考えて、自国農産物の余剰分をエタノール燃料にしたように、2008年頃の日本でも「倉庫に眠っている古米が100万トン以上ある」とか「約38万ヘクタールの耕作放棄地に多収穫米、飼料米を植えて、それをエタノールにする」とかいうプロジェクトが沢山立ち上がりました。建築廃材や古紙といった廃棄物系のものをエタノールにすれば、6000万klのE3用のエタノール180万klはすぐにできるということで、当時、「6000万klのE10用に600万klだ」という農水大臣の発言が新聞に出ました。セルロース系エタノールを研究している私たちも「では、札幌のビート残渣とか1.5世代という農業残渣でエタノールを作ろう。砂糖や米など食べられるものは採って稲藁とか農業残渣をエタノールにする。天麩羅の廃油もバイオディーゼルにする」とか。もう総掛かりで日本にあるバイオマスを燃料に変えようと、盛り上がり過ぎた感があります。行き過ぎてしまって、「米をエタノール燃料にするなんて」という「食糧との競合」の話や持続可能性の話が国内外から出て、その後、少し原油価格も下がったので国産エタノールの話も少し落ち着いてしまいました。その時にある程度、E3とかE10の導入まで行っていたら、ある程度、今のガソリンスタンドでもE10が給油

できるようになっていたと思います。

それが今、2020年を過ぎて、また、海外から買ってくるだけではなくて、廃棄物系エタノールも含めて国内のバイオマス資源を有効利用しようという動きが盛り上がってきているかなと思っています。

今後 LCA ベースで

厳しく評価される自動車からの CO₂ 排出

大聖 その際、問題になるのは、カーボンニュートラルに向かって車をどう評価したらいいのかということです。LCAをベースにしたCO₂の排出量が判断基準となりますが、そうすると、燃料の原料採取、生産から、輸送、消費、土地利用も含めたトータルの評価が今後シビアに行われてくると思います。

欧州連合(EU)では2025年にそういう基準を作って、中国も検討中ですが、それを満たさない車は排除しようという動きがあります。その典型的な対象は、バッテリーなのです。バッテリーは、LCAでは非常にCO₂を出します。原料の採掘・生成と製造とで大体半々程度出すようです。そういったシビアな評価として、原料をどこから持ってきたか、どんなCO₂排出レベルの電力で製造したかがチェックを受けるようになります。やはり、燃料もそういった視点からの評価が行われることになると思います。バイオ燃料も水素も代替燃料全てに言えることであり、今後そういう視点も重要であると考えています。

森山 先ほどの浜本さんの話に戻りますと、アメリカの状況を含めて、今まで言われていた「食糧との競合」とか「バイオ燃料は高い」というのは、かなり解消されていて、「食糧との競合」も少なくともアメリカ国内では十分に食べる量を賄いつつ余剰分でやっているということ、価格もかなりガソリン価格に近づいているということでした。後、広く持続可能性の指標には、単に「食糧との競合」だけでなく、

CO₂ 排出量だけでもない、正に、2015 年に国連サミットで採択された「持続可能な開発目標」(SDGs)と言われる 17 のゴールがあります。例えば、バイオ燃料を使う時には、それらが SDGs のゴールに見合うかを考えないといけません。バイオ燃料だけではなく、化石燃料から作った水素というのは製造工程のどこかで CO₂ が出ている訳ですし、極端な話、再エネの電解で作った水素であっても、太陽光パネルはどうやって作ったのかとかまで考えないといけません。本当にカーボンニュートラル社会を目指すのであれば、その辺も注意深く見ていく必要があると思います。

e-fuel を巡るヨーロッパと日本の動き

森山 先ほど「時間軸」の話をさせて頂きましたが、今のバイオ燃料から少し時間軸を移させて、カーボンリサイクルや内燃機関を考える時、バイオ燃料だけではない、水素も含めたこの先の燃料、転換、利用の技術で注意すべき観点はありますでしょうか？

坂西 ヨーロッパが先行している e-fuel というのがあります。再エネで作った水素と回収した CO₂ で液体燃料を作る話です。さっき言われたとおり、2050 年時点で世界的に見ても全てが大きく変わる、EV や FCV に替わるといのはなかなか難しいので、内燃機関は段階的に無くなっていくとしてもある程度残るでしょう。ですから、ヨーロッパでは、内燃機関に必要なカーボンニュートラル燃料として、カーボンリサイクルで CO₂ を回収して、再エネ水素で液体燃料化していくという「CO₂ の水素化」が始まってきています。

経済産業省も同じような視点で、e-fuel とちょっと違った「合成燃料」という言い方で力を入れていると記者発表しています。

それで問題になっているのが、再エネで作った水素と CO₂ を回収する場所というのが一致しないということです。石炭火力や鉄鋼・化



坂西 欣也 氏

(国研) 産業技術総合研究所
エネルギー・環境領域長補佐

学では、石炭を使って CO₂ を出していますが、その場所と再エネ水素を作っている場所がなかなか一致しません。例えば、オーストラリアで褐炭をガス化して水素を作るとか、中東で膨大なメガソーラーの電気を使って水素を作り、アンモニアの形で運ぶということでアラムコが日本に売り込むとか。色んなやり方が出てきていますが、燃料を作る場所と CO₂ を回収する場所とがなかなか一致しません。ですから、ヨーロッパが先行している e-fuel の場合は、CO₂ が出ている場所に見合う再エネ水素で液体燃料化(Oxy 燃料とも)するとか、現実的なブレンドが出てきています。

日本の場合、合成燃料を大量に作るということですが、価格は現状では 200 円/ℓ 以上で、結局、水素の値段で決まってくるという段階です。今、問題になっているのは、カーボンリサイクルの CO₂ が化石資源由来であれば、それと再エネ水素で作った液体燃料が本当にカーボンニュートラルなのかということです。要するに、化石資源由来 CO₂ と再エネ水素だと、プラスマイナスゼロみたいな話ですが、どこかで化石燃料から出ている CO₂ を再エネ水素で液体燃料にして、燃焼させてまた CO₂ を出すということなので、ニュートラルにならないという議論です。

見直されてきたバイオ燃料

坂西 ですから、今回の座談会のテーマになっているバイオ燃料がすごく見直されてきているんです。バイオジェット燃料も含めて、先ほどのCO₂削減の基準、持続可能性の基準を満たし、カーボンニュートラルということが「売り」になっているので、見直されてきているのかなと思います。「カーボンリサイクル技術ロードマップ」には、主にバイオジェット燃料だけが入っています。セルロース系エタノールに関しては、ある程度技術開発が一段落して、廃パルプ、廃菌床とかの国内廃棄物で作ったエタノールの価格は約70円/ℓまで来ています。この価格は、ブラジルから買ってくるエタノールの値段を想定しています。そこで、このエタノールを、アメリカ並みでガソリン消費量の1割程度は導入していくことが必要な段階にあると考えています。

CO₂の利用も処理も現場でできる トウモロコシ原料エタノールの優位性

横山 今、坂西さんがCO₂の出所について議論されましたが、それとの関連で、図7を使ってエタノールを作る工程について話そうと思います。図7の上のルートは、アメリカのコ

ンからのエタノールを作るプロセスです。原料のコーンを発酵させると、エタノール、家畜飼料（DDGs）、CO₂が出てきますが、重さで言うと、おおよそ1：1：1です。アメリカで生産されているエタノール量は6000万klですから、重さは5000万トンです。DDGsも5000万トン、CO₂も5000万トン出るわけです。このCO₂はバイオ由来ですから、クリーンでグリーンな不純物のないCO₂です。今、風力発電の電気で水電解して作った再エネ水素と上のバイオ由来CO₂を反応させれば、またエタノールができます。このプロセスは、ランザテック社が開発した合成ガス発酵ですが、米アルゴンヌ国立研究所の最近の研究によれば、これにより、エタノール生産量が37%アップ（2200万kl増）すると報告されています。すなわち、新たにコーンを必要とせず合成ガス発酵でエタノールもできるわけです。また、図7の下ルートに示したように、コーンの葉、茎、穂軸をガス化して得られるCOと水素を反応させFT合成と合成ガス発酵でe-fuelができます。

それから、ATJ法でジェット燃料も作れます。エタノールの場合には、脱水してエチレンを作り、そのエチレンのポリメリゼーションでジェット燃料ができる訳です。コーンの場合には、このような多様な利用形態が可能であると

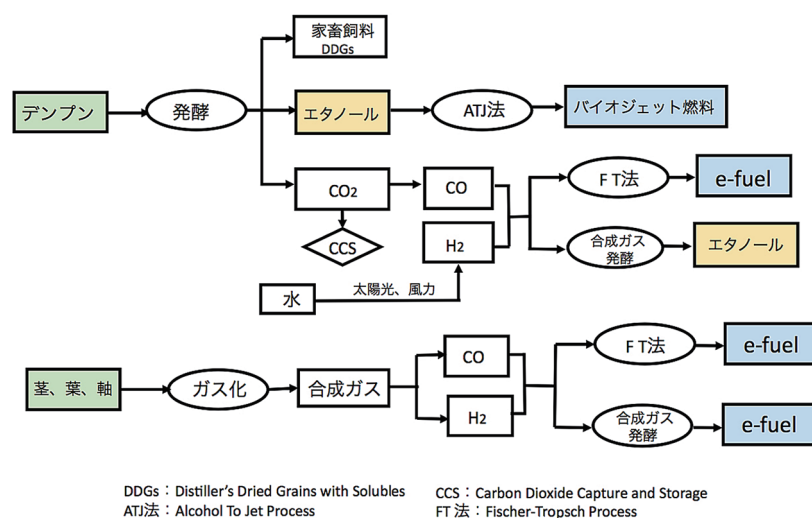


図7 コーンからのエタノールおよび e-fuel 生産

いう優位性があり、さらにはCO₂の地下貯留いわゆるCCSも可能なので、バイオエタノール産業は発展性があると考えています。

大聖 ちょっと補足させて頂くと。例えば、先ほど坂西さんがおっしゃったBTLで、食糧と競合しないバイオマスを1回ガス化し、後はFT合成でe-fuelを作るという経路もありますね。

坂西 そうです。

大聖 ですから、例えばフィンランドのNeste社がe-fuelを売り込んでいる訳です。そうやってできた自動車用燃料としては、実は直鎖系の燃料が一番出てきやすいのですので、セタン価の高い燃料となり、ディーゼル車にとっては向いています。ですから、特にディーゼル重量車のメーカーがリーズナブルな価格のe-fuelの登場に大いに期待している訳です。

車にバッテリーや水素を搭載するとなると、充電や水素の供給インフラが新たに必要となり、車両の構造自体も変わり重量も増えたりするのです。ですから、やはり液体燃料のメリットに対する期待は特に大きいです。そうすると、その液体燃料をどうやって作るかというと、ディーゼルの場合は、バイオディーゼルかBTLその他の脱炭素合成燃料となります。

コスト、CO₂削減効果で優れるエタノール混入

坂西 図7で意外と知られていないのは、FT合成で作ったガソリン留分には直鎖パラフィンが多くオクタン価が非常に低いので、ガソリンとしては使いにくいことです。と言うことで、先生がおっしゃたように、C10～20、ジェット燃料とかの軽油留分だとセタン価が高いので使えます。南アフリカのSasol社などは、鉄系触媒を使ってわざわざパラフィニックなものを異性化してガソリン留分を作って



澤 一誠 氏

(日本環境エネルギー開発 (株)
代表取締役社長)

いました。通常のFT合成で作った直鎖パラフィンが主成分のガソリン留分は使えないということを知っておくべきです。エタノールというのはガソリンブレンド基剤としては一番オクタン価が高いので、そのまま混ぜられます。極端に言えば、E85やE100でも車が走ります。ですから、その部分を、ガソリンへのエタノールブレンドがコスト的にも一番CO₂削減メリットが大きいというのを、きちんと伝えることが大事だと思います。

バイオ燃料生産に関する外国企業の動き

澤 Neste社は15年ぐらい前からシンガポールに作った85万トンのプラントで、パーム油を調達してバイオジェット燃料を作っています。なかなかパーム油を調達できずに苦労しましたが今は脚光を浴びています。基本的に彼らが考えている出口はジェット燃料なのですが、できた留分によっては、ディーゼル燃料代替にもなります。

先ほどのBTLについても、アメリカのランザテック社はFT合成の代わりにマイクロブで燃料を作っていますが、そういう燃料もこれから出てくると思います。

いずれにしても、持続可能性というキーワードで言うと、最近バイオ燃料の持続可能性

についても、LCA での評価が大事になってきていると思います。LCA はバウンダリーとデフォルト値で違ってくるとは言え、ある程度、数値が出てきますから、LCA での評価というのは持続可能性を考える上では最も重要だと思います。

品質、量、価格の議論が必要な新燃料の開発

澤 最近、新しい燃料を検討する上で、品質、量、価格をどう考えるかという議論が忘れられている気がします。先ほどの量と価格ということで言うと、水素などもそうです。水素をどう調達するかという部分で、水の電気分解で作る「グリーン水素」が王道だと思いますが、オーストラリアの褐炭からの水素は、いわゆる「グレー水素」なのですが、作る際に出てくる CO₂ を CCS で地下に貯留することによって「ブルー水素」になるという解釈があります。さらに、電気分解する際の電気を再エネではなく原子力でやると「パープル水素」というそうです。「グレー」や「ブルー」というのは、本当は反則なはずなのですが、「とりあえず色は問わない」という意味不明な状況になっているようです。

ただ、水素社会は大事だと思います。先ほどの品質と量と価格ということで言うと、将来、品質と量は確保できるでしょうが、最後に価格の部分で相当課題が残ります。今、水素価格は 100 円 /Nm³ で、2030 年の目標を 30 円 /Nm³ と言っていますが、これかなりしんどいと思います。更に 2050 年の目標値は 20 円 /Nm³、今の 5 分の 1 ですが、これでようやく経済性が合うかどうかというところだと思います。その時、現実として、海外で大量に水素を作って日本に持ってくるしかないだろうと思うからです。そうすると、あらゆる手段の「合わせ技」でとなった場合でも、日本国内で作るのは水素もアンモニアも他も難しいと思うのです。国産には限界があることを現実として受け止め、全体の量と価格の議

論をしながら色々な手段を講じ、全体のポートフォリオで成り立たせるという構図にすべきだと、最近すごく感じます。

足下と将来の両方を見た技術開発が必要

大聖 私も澤さんの今の意見に賛成です。それにもう 1 つ付け加えますと、やっぱり「昨日までガソリン。明日から E10」という話ではないと思います。必ず「過渡期」という目標に至るまでの段階的なプロセスがあります。エタノールが有用でコストが安く環境にも良くて CO₂ 削減できるということであれば、突然、何万トンとか言わず、徐々に入れて行けばいいのです。合成燃料もいきなり大量に作れないので、「ドロップインフューエル」という混合して使う考え方で着実に増やしていったら、その目標値に到達するということだと思います。

そのいい例がバッテリーです。バッテリー価格はまだ高い上、電源が CO₂ を出す化石燃料では問題ではあるのですが、では、その電源が脱 CO₂ になるまでバッテリー開発を待つかということ、それはない話です。今からどんどん性能をアップしていかないと、車両用としても広範には使えない訳です。ですから、バッテリーの開発は電源の脱炭素化と併行して進める必要があります。それは、PHV がいい例です。PHV の場合、バッテリーの量が調整できるので、バッテリー価格が高いうちは搭載量を抑え、バッテリーが安くなり、リサイクルやリユースもうまくできるようになると搭載量を増やし、ハイブリッド運転での燃料の使用量を減らして行けばいい訳です。もう 1 つ、運良く合成燃料が使えるようになれば、PHV はかなり有力なパワーシステムになるのではないかなという意見が我々の学会ではあります。

森山 少し先の時間軸で考えると、合成燃料が使えるようになり、PHV が主流になって行くかも知れませんが、水素が出てくるかも知れません。色々な選択肢がある中で、今どれ

かに舵を切る必要はないと思います。それぞれ、将来の主力になることを目指して開発しているのではないのでしょうか。

運輸部門だからこそ求められる

カーボンニュートラルな燃料

森山 今回、自動車用燃料でテーマを設定したのも、合成燃料であれ水素であれ、作る過程でCO₂を出すか出さないかが非常に重要になってくるからです。例えば、大規模な発電所から出たCO₂は、全部でないにしろCCSで処理できますが、自動車や飛行機だとCO₂がそこから大気中に出てしまいます。また、燃料自体が可能な限りカーボンニュートラルとするために、燃料を作る過程で使う電気もカーボンニュートラルである必要があります。ですから、やはり、運輸部門に目を向けて議論すべきではないか、というのが今回の座談会テーマを設定した理由でもあります。

持続可能性と環境ということでは、横山先生のご提案のように、バイオ燃料を作る過程で出てきたカーボンニュートラルなCO₂を使って燃料を作るのも一手だと思います。

将来に向けた注力点

輸入エタノール利用と国産エタノール開発

森山 将来に向けて、いくつか選択肢がある中で、運輸部門の低炭素化をどう考えて行ったらいいのか、注力して行ったらいいのか。少し皆さん方からのご意見を頂けたらと思います。

浜本 先ほど「過渡期」という言葉が出ましたが、それは非常に重要なことだと思います。「解は1つではない」ということ、2050年を見据えた新たな技術革新をやりつつ、やはり

足下で併行してできることをやっていくというのが非常に重要だと思っています。

私の立場から言えば「液体燃料で低炭素燃料を」です。1つの例がエタノールですが、今はコスト的には草本系から作る「第二世代」も難しいし、国産原料を利用するエタノールは、農作物から作る「第一世代」ですら難しいと思います。ただ、2050年を見据えた時、「第二世代ができるようになる」とか、「日本でも非常に効率化が図れて農産物の生産量が増える」とか、「エタノールを作るのに適した農作物が休耕地で作るようになる」とかをただ座して待っているのではなく、今できることをやって行ったらいいと思うのです。

当面、輸入エタノールでコストを抑えつつ、インフラや車側の技術を輸入エタノール混合に合わせて調整する必要があるでしょう。そうすれば、「第二世代」あるいは国産エタノールが経済的にも見合う価格でできるようになった時には、すぐに国産エタノールに置き換えて行くことができます。そしてその先、e-fuelやエタノールを含めたカーボンニュートラルフューエルが新たにできてくれば、それらを組み合わせて使っていくことができます。

なので、長い目で見える部分と足下で着実にやっていく部分が、両輪としてうまくやって行けるといいと思っています。

森山 先ほど大聖先生から「昨日までガソリンだったのが、今日からE10というのは難しい」という話がありましたが、「昨日までガソリンだったのが今日から水素」はもっと難しいと思います。やはり、新しい燃料が従来の燃料インフラで使えるというのも大事な視点だと思います。

CCS との組み合わせで

カーボンネガティブになるエタノール

横山 先ほどエタノールを作る際にCO₂が出てくるという話をしました。現場で出るCO₂

を CCS で地下に埋めるという話もあって、実際にアメリカの食品大手 ADM 社はそれを行っています。そうしますと、これまでカーボンニュートラルという扱いだったエタノールの燃焼で排出される CO₂ がカーボンネガティブという扱いになります。これもエタノール産業の持つ優位性だと思うのです。

従来車の燃費改善と液体燃料で乗り切る 「過渡期」

横山 また、自動車は、すぐに「次世代」に行くのではなく、じわじわと進んでいくと思います。今、1 単位の CO₂ を削減するコストが一番安いのは、従来車の燃費改善や HV です。次がエタノールを従来車あるいは HV や PHV に入れることです。これは削減コストが非常に安く有利ですが、それに比べると、EV や FCV の場合は車体価格が高いので削減コストも非常に高くなります。

従来車の燃費改善や従来車や HV にエタノールや e-fuel を使ったりしながら、徐々に次の世代に行く。「過渡期」をうまく乗り切るにはコストも大事ななので、それら辺も考慮しながら、なだらかに 2050 年に向かって行くというのが「あるべき姿」だと考えています。

森山 コストの観点と CO₂ のネガティブエミッションという観点ですね。「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC) も CO₂ をマイナスにするには、植林かバイオマス CCS かぐらいの技術オプションしかないとっています。電気を低炭素化した後に残る少しの排出量を少しでも減らそうと思ったら、植林かバイオマス CCS ぐらいしかないとしますね。

坂西 大規模植林とバイオマス炭素貯留 (BECCS) や利用 (BECCU) は、重要視されてきていると思います。バイオマスは、単に発電に使うよりもリユース、化学製品化も含めて液体燃料やガスの形で使う方向に向かっ

ていると思います。

技術開発が進むバイオメタンと「地産地消」

坂西 私、最近、「グリーンイノベーション基金」との関係で、日本 LP ガス協会の「グリーンプロパンガス」のプロジェクトにも携わっています。また、メタネーションのプロジェクトリーダーもさせて頂いていて、再エネ水素と CO₂ で作ったカーボンニュートラルメタンを都市ガス代替にするというプロジェクトもやっています。例えば、スウェーデンに行くと、ゴミから作ったメタンでバイオ CNGV (圧縮メタン自動車) が走っていますし、アウディ社も “e-gas” と言って、メタン発酵からのメタンを濃縮したバイオメタンを作る工場を建設しています。私たちの研究では、バイオガス (メタンが 60, CO₂ が 40) をドライリフォーミングでメタンと CO₂ を反応させて合成ガス (CO と水素の混合ガス) にできます。そういうふうには、バイオマスから合成ガスを作るとか、中国センターにいた時からやっていた「木から水素を」のように、バイオマスから水素を作ることでもできます。

「地産地消」ということで、ゴミでバイオメタンを作る。日本でもそこを見直さないとならないと思います。今日はエタノールが主題ですが、日本も「バイオマス・ニッポン」の時にやった、廃棄物をメタンやエタノール、ディーゼル油にする取り組みを、また、できる範囲でやることが重要だと思っています。

私がすごく印象に残っているのはブラジルでやった SATREPS プロジェクトです。ブラジルでは、サトウキビの収穫期 (5 月～11 月) には、製糖工場とエタノール工場が動いていてバガス (サトウキビの搾りかす) も使われています。その期間はエタノールが安くなるので、みんなエタノールを車に入れて E100 で走ったりする訳ですから、ブラジルは地産地消をやっているのです。ところが、11 月から 5 月はエ

タノールが生産されないので、エタノール含量減らして E25 とかで使う訳です。そこで、私たちの SATREPS プロジェクトでは、バガスとか葉っぱとかの余ったものを 5 月から 11 月の間に糖液に変えておくと工場が 300 日稼働できて、ブラジルでもセルロース系エタノールを増やせるということをやりました。

アメリカでもトウモロコシ農家の方が余剰分で作った車用のバイオエタノールが飲めないようにガソリンとブレンドして、飲料用のアルコールと区別するとのこと。これも「地産地消」です。

原料調達で海外と組む「地産地消」戦略

澤 ブラジルは、「スイング・プラント」、「スイング・ポリシー」でエタノールを作っています。アメリカもそういったことができます。なぜブラジルやアメリカがそれをできるかというと、やはり原料があるからなのです。ところが、日本の場合、自国内で完結するのはほぼ不可能に近いのです。そうした時、「バイオマス・アジア」ではないのですが、原料豊富なアジアと日本が組めば、同じようなことができるかも知れません。

そうでないと、ヨーロッパと比べても難しいということになります。例えば、イギリスも原料が全くありません。そこで、例えば、ドラックス社が石炭火力発電所（660MW × 4）でやったのは、全量バイオマスへの転換で、その改修を手がけたのは三菱重工業㈱なのです。それで燃料は、とりあえず、アメリカから 700 万トンを持って来るのです。次のステップは、バイオマス炭素回収貯留（BECCS）です。

また、イギリスは、2030 年にはガソリン車を禁止して EV の普及加速を図るという過激なことを言いながら、他方で E10 の義務化を発表しました。つまり、両方やっているのです。その辺はしたたかです。自国にはない原料をどう調達するかですが、日本がイギリスを全部真似する必要はないのですが、日本の



森山 亮 氏

（一財）エネルギー総合工学研究所
プロジェクト試験研究部 部長 副主席研究員

場合、カナダ、アメリカから全部という訳にいかないのでアジアも含めてということであれば、「地産地消」っぽいこともできるのではないかという気がします。

森山 海外からのエネルギー資源の調達は、従来から日本が戦略的にやってきたことなので、そういったことでの強みはあります。もちろん、地産地消を否定する訳ではありません。日本で採れるものは、その場で有効利用しつつ国の重要なエネルギーセキュリティの確保では、エネルギー資源を海外でどう調達するか戦略的に動くことが必要だと思います。そこは今後やっていかなければならないことだと思います。では、最後に大聖先生、お願いいたします。

短距離は EV、長距離は FCV、長距離トラックには液体燃料とモーダルシフトも

大聖 今日は大変勉強になりました。ありがとうございました。今後、短距離を走る小さい車は EV になっていき、長距離を走りたいなら、PHV や FCV になると思います。ところが、FCV は、水素を水の電気分解で作る時に 2 割ぐらいロスがあります。それから、FCV の効率は最高で 60% ぐらいなので、行っ

て帰ってくるとエネルギーが半分になります。ですから、短距離だと、EVの方がエネルギー的に得なのです。ですが、バッテリー容量に限界があるので、FCVのほうが長距離走れるという利点があり、両者を使い分けることになります。

ところが、物を運ぶ長距離トラックをどうするかは、自動車分野の脱炭素化においても一番難しい課題で、液体燃料の価値は、その辺にあると思っています。

その一方で、私、最近鉄道貨物にも注目しています。JR貨物では、コンテナのスタンダード化や荷物のICT化が進められています。ただ、貨物は旅客用の線路を借りて運行されているので、縮小均衡の状態なのですが、鉄道貨物輸送は究極のEV（Electric Vehicle：電気で動く乗り物）と言えます。特に長距離輸送において、トラック輸送との連携複合化をさらに進めれば、脱炭素化につながるものと期待されます。

坂西 モーダルシフトですね。

大聖 そうです。モーダルシフトです。物を運ぶ、人の移動、それらの距離も含めて、多様なエネルギー比べながら賢く使っていないといけません。また、国際的な取り組みがすごく必要だということについては、私も大賛成です。国内で生産できるエネルギーには限界がありますし、今輸入している液化天然ガス（LNG）や石炭、石油を水素に替えなければならないとなると、その量は膨大になります。それをどこから持って来るか。日本の技術を展開しながら、東南アジアやオーストラリアから資源を持つてくるという、国際貢献しながら日本のプラスにもなる戦略が必要です。結局、国際貢献をする商品として展開できるのは、やはり自動車です。私は、自動車産業のアジアでの展開は、これからが「正念場」だと思っています。そういう中で、燃料もセットにした戦略が国際貢献にもなるし、

日本の自動車産業の盛衰にも大きく影響すると予想しています。

おわりに

森山 皆さんから展望をお話し頂き、十分な議論ができたと思います。燃料の話もそうですし、環境から国際的な話も含めて、時間軸という意味では、将来どうしていくのか。答えと言うよりも選択肢として、そういった取り組みを進めて行かなければならないという課題は見えてきたと思います。

これ以上、特にご意見がなければ、座談会を終了させて頂きたいと思います。本日は皆さんお忙しい中、また、コロナ禍の中、お越し頂いて本当にありがとうございました。