

座談会

リサイクル・バイオマス・ガス化3部会シンポジウム
学会 100 周年記念事業 パネルディスカッション
「2050 年のあるべき姿と、我々は今、何をすべきか」

開催日:2022 年 5 月 19 日 (木)

開催方式:遠隔開催

パネルディスカッション参加者 (敬称略・講演順):

笹内 謙一 (株式会社 PEO 技術士事務所)

小野田弘士 (早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科)

吉岡 敏明 (東北大学大学院環境科学研究科)

武岡 慶樹 (株式会社カネカ GreenPlanet 推進部長)

岩田 忠久 (東京大学大学院農学生命科学研究科)

行本 正雄 (日本エネルギー学会リサイクル部会長・中部大学工学部)

企画・編集:

リサイクル部会部会長 行本 正雄

リサイクル部会 岩崎 俊彦

ガス化部会 波岡 知昭

バイオマス部会 椿 俊太郎

2022 年度のバイオマス・リサイクル・ガス化 3 部会シンポジウムは、日本エネルギー学会の百周年記念事業の一環として、商業運転のはじまった石炭ガス化発電、バイオマスエネルギー変換、環境エネルギー分野における DX や高効率なリサイクルプラスチックのリサイクル技術、バイオマス由来プラスチックの開発に関して各分野を代表する方を講師としてお招きし開催いたしました。

そして、シンポジウムの最後に各分野を代表する先生方による、「2050 年のあるべき姿と我々は今なにができるのか」をテーマとしたパネルディスカッションを実施いたしました。非常に示唆に富んだ有益なディスカッションとなりましたので、皆様と共有させていただきたく、次頁以降にパネルディスカッション全文とパネルディスカッション中にご提示いただいた資料を記事として掲載することにいたしました。ぜひ、ご一読いただき、研究・開発の方向性を検討する際の参考になさっていただきたいと思います。

なお、パネルディスカッションのライブ感が伝わるよう、また発言者の意図と齟齬がないようにするため、ディスカッション中の文言の編集は最小限にしております。一部、記録に不明瞭な箇所もございますが、ご容赦いただけますようお願い申し上げます。

行本 時間になりましたので、パネル討論会を開催したいと思います。私はリサイクル部会の部会長を務めています中部大学の行本でございます。よろしくお願いいたします。

本日は5名の先生方にパネラーとして参加していただきます。8月3日の日本エネルギー学会 100 周年記念行事では、政策の専門家にお集まりいただきパネル討論をするのですが、今日はそれではなくて、技術者のトップのエンジニア、研究者の方に来ていただいています。2050 年のカーボンニュートラル、さらにその先に向けたエネルギー環境問題への解決や貢献が、今回の日本エネルギー学会 100 周年記念の共通テーマとなっています。本件に関して、事前に各パネラーから一枚のスライドをご準備いただいています。最初に笹内先生から紹介をいただきたいと思います。

笹内 2050 年のあるべき姿ということで(図1)、まず、集中から分散へというキーワード。それから今日の午前中にお話ししましたが、熱電併給の必須、特に工業



パネリスト：笹内謙一氏（株式会社 PEO 技術士事務所）

熱利用が必要ですねと。それと、木質バイオマスは実はあるようで全然ない。本当に真剣に使い出すとないということで、木質以外への展開、バイオマスは多様化しなければいけないということです。

背景にあるのは、一つは今 FIT でバイオマス発電が大ブームになっていますが、FIT は買取期間が 20 年で、2012 年に始まっていますから 2032 年から 2045 年にかけて FIT 制度は終わります。現状のバイオマス発電所は、実は 95%が輸入バイオマスの発電所ということで、FIT がなくなるとおそらく成り立ちません。設備の減価償却はなくなりますが、原料費用が約7割を占めていますので、これが 20 年たって別に下がるわけではない。成り立たないので、これらはおそらく撤去されます。結果今のバイオマス発電所の大多数が消えてなくなります。さらに、今の輸入バイオマスの発電はモノジェネで電力だけが取っていない。エネルギー効率は 30%前後で非常に悪いということです。

日本のバイオマスの賦存量は全エネルギーの数パーセントほどしかありません。だから、仮に真剣に使い出したら、今の日本のバイオマスなどは1年も持たない。全ての1次エネルギーをバイオマスに置き換えた場合1年も持たない、それぐらいの量しかありません。したがって、限られた使い方を効率よくやっていかなければいけない。

効率がいいものでは、私が紹介したようなバイオマスの小規模の熱電併給が各地に分散するというです。それから熱利用の効率化ということで、これも午前中にお話ししたところで、いかに工業熱利用に持つ

2050年のバイオマス小型ガス化CHPのあるべき姿

キーワード：集中から分散へ 熱電併給の必須 工業熱利用
バイオマス燃料の多様化（木質以外への展開）

1. 2032年～45年にかけてFIT制度の終了が終了する
2. 現状のバイオマスFIT発電は95%が輸入バイオマスであり、これらは撤去される
3. 現状の輸入バイオマス燃料による発電は大型のモノジェネ（電力のみ）であり、エネルギー効率は30%前後と悪い
4. 現状の大型（5MW～70MW）バイオマス発電は沿岸に集中している
5. 日本のバイオマス賦存量は全エネルギーの数%程度しかない
6. 高効率（70%以上）のバイオマス小規模熱電併給が各地に分散することによる地産地消の実現
7. 熱利用の効率化 現状は温水のみであるが、蒸気を得ることが可能なため、工業熱利用へ展開する

© 2022 Peo-Bio Co., LTD. All Rights Reserved.

図1 2050年のバイオマス小型ガス化CHPのあるべき姿（笹内氏作成）

ていくかが課題だと認識しています。以上、簡単ですけども。

行本 ありがとうございます。質問等は5人の先生方からのご説明の後にやりたいと思いますので、よろしく願いいたします。それでは次に小野田先生、お願いいたします。

小野田 お題をいただいてというところですが、私もいろいろな議論に参加して、結局バックキャストとフォアキャストが一致しないことが多々あるかと。例えば水素の議論などは典型的にそうかと思っています。それから、いろいろなところで中長期シナリオなどを検討しているのですが、困ると技術開発やイノベーションという話になっていって、それをどうやって実現するかが欠けている点があるとよく指摘しています。

時間軸をとらえた議論が必要ではないかというところは、**図2**を見ていただくと、何だかんだ言って日本は30年とか40年ごとにエネルギー転換を実現してきた。

石炭があって石油の時代があって、天然ガス、原発が出てきて。今は一番右側の40年のところですよ。2011年に1Fの事故やパリ協定が出てきている。ですので、そのフェーズの最初のほうにいたのが現在かと。

ここにいろいろなキーワードを、カーボンリサイクルとかデジタルとか、そういう話も書いてあるのですが、今の段階ですと勝ちパターンというか、これをやったらうまくいくというのが見えていない段階だと思うので



パネリスト：小野田弘士氏
(早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科)

「2050年のあるべき姿と、2050年時点から現在を振り返り（バックキャストし）、我々は今、なにをすべきか・なにができるのか」

H.ONODA

小野田弘士
早稲田大学大学院
環境・エネルギー研究科 教授

- (脱炭素化等を巡る議論で) バックキャストとフォアキャストが一致しない (ex. 水素社会)
- 「技術開発」、「イノベーション」への過度な期待。
- 『時間軸』をとらえた議論が必要ではないか？
- 5年・10年で何をするか考え、地に足のついた議論をする必要があるのではないか？

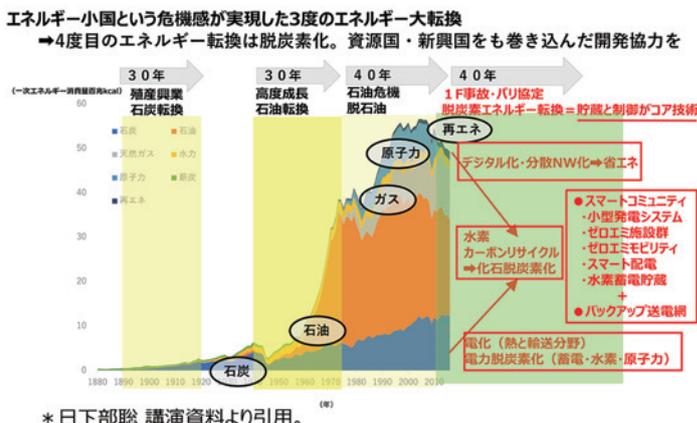


図1 わが国のエネルギー転換の変遷と脱炭素化に向けた方向性



* 筆者撮影。

図2 ある離島における漂着ごみおよび不法投棄の現場

図2 2050年のあるべき姿と、2050年時点から現在を振り返り（バックキャストし）、我々は今、なにをすべきか・なにができるのか（小野田氏作成）

す。ですので、こういうときは賛否両論渦巻きながら、いろいろなことが起きるといえるところが一つです。よくこれで申し上げるのは、では20年ぐらい振り返ってみたときに何が注目されていたかという、実はバイオエタノールが切り札だという議論が盛り上がっていたのです。ただ、それが20年ぐらいたった後に、特にバイオエタノールの輸送用がどうなっていますかというところや、そういった過去の経験をきっちり反省しながらやっていかなければいけないと強く思っております。

あともう一つは、例えばごみ焼却炉とかそういったところも見ておきますと、基本的には息が長いものですよね。ですので、今計画しているものは確実に、例えば今いろいろな地域で構想しているようなものは、2030年ぐらに向けてどうするかという話が私の場合は多いのですが、そのときに建ったプラントは、確実に2050年も現役である可能性が高いわけです。そうすると、2050年はともかく、2030年も結構遠い未来だというようなトーンで議論している場も見受けられます。実は今計画しているものをどうするかということ、もう少しいろいろな形でメッセージを出さないと、結局議論を先送りするだけではないかということが問題意識として申し上げています。

あと、最後のところで、図2の右下にある写真は国内のある離島です。よく漂着ごみなどが海外からきているという話はもちろんそれはそれで問題ですが、実はこれは海流の関係で間違いなく国内のものなのです。たまたまボランティアの方が片付けて、その直後ぐらいに私が行ったのですが、電子レンジとかそういうものがもう流れ着いている。こういう島で何が起きてしまっているかという、例えば出てくるごみを当該搬出をして、それで処理費が高くなっている。その結果、下の写真ですが、島民が島の中で不法投棄をしていることになってしまっているのです。つまり何が言いたいかというと、今の時点で持続可能になっていない状況がもう散見されるわけです。

ですので、先ほどの点も踏まえて申し上げると、2030とか2050とかどこを見るかによりますが、まず短期的には、今ある技術でどこまでできるかをきっちり地に足のついた議論をする必要があるのではないかと。あとは今日議論があったような中長期的な展望が必要な技術やシステム、社会システムのように

なところを、どのように社会として育てていくかといった視点が必要なのではないかと思っています。

行本 小野田先生、ありがとうございました。吉岡先生。よろしく願いいたします。

吉岡 講演の中でも申し上げた図3が、将来見なくてはいけない目指すべき姿だということで、私が言いたかったことの部分の二つの図を合わせて示させていただいています。

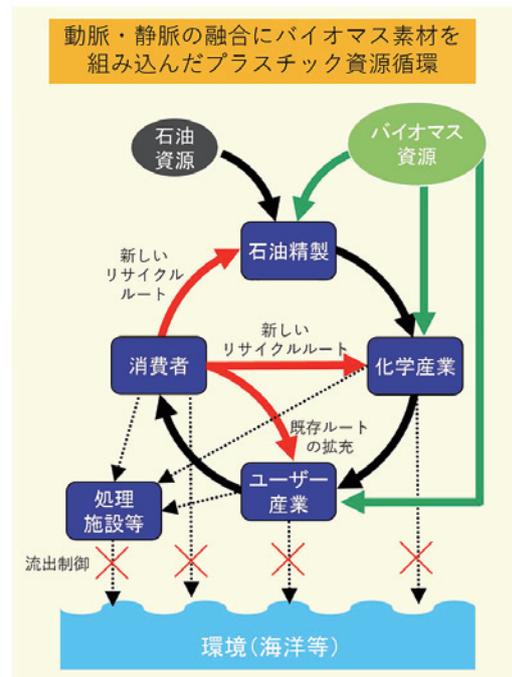
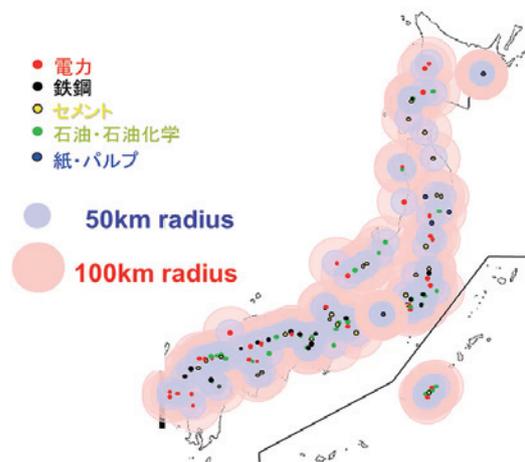
基本的には、きちんとした動脈と静脈をつなぐ循環ルート、炭素循環のルートをしっかり確立しないといけない将来に向けた一つの姿だろうと考えています。そのときにはやはり関係するステークホルダーの人たちが多数いますので、その人たちにどういう回収の仕方をするのか、どういう使い方をするのかは、しっかりと啓発していく必要があると思います。同時に、バイオマス資源をこの中にどう組み込み、基礎化学製品として使えるようにするためには、それなりの技術開発も必要だというようなことは、将来目指さなくてはならない姿と考えています。

ただ、これも個別のリサイクルプロセスというのでは、お金がかかるとかそういう話になってしまいますので、おそらく成り立つのは難しいと思っています。そうしたときにどれだけの量をきちんと集められるのかということと、それぞれの地域への貢献の姿を描かないと、持続可能なプラスチックの資源循環は難しいと思っています。ですので、それぞれの地域で得意とするような循環ルートがおそらくあると思うのです。どのような産業で受け入れて、どういう製品として世の中に出していくのかという、出口戦略も必要になります。それは地域ごとにかなり違ってくる部分もあるでしょう。同じようなところもあるかもしれませんが、地域の特徴も含めた議論が今後必要になります。



パネリスト:吉岡敏明氏(東北大学大学院環境科学研究科)

目指すプラスチック資源循環の姿



43

図3 目指すプラスチック資源循環の姿 (吉岡氏作成)

また、既に動いているプロセスあるいはプラントもですが、もしかしたら隣の技術が自分たちの技術のここに使えるではないかというの、なきにしもあらずだと思っています。われわれの研究でもいくつか金属と複合されたプラスチックを、どうやってリサイクルするかといったときに、熱分解をかけて基礎化学原料ができるというケミカルリサイクルをしつつ、では金属をどうするのかといったときに、実はその金属は既存の精錬プロセスで原料として全く問題なく使えるものもあるのです。

そうすると、炭素循環だけでなく、ほかの元素を考えた循環ループの中にも、実は全体の循環を入れ込むことができるだろうと思います。動静脈の連携や地域との連携が必要になるでしょう。その上で炭素循環を志向しつつ、環境問題への対応が実現できるのではないかと考えています。

行本 吉岡先生、ありがとうございました。講義のセミナーの中でもお話しいただいた内容をさらに深掘りしていただきまして、ありがとうございました。カネカの武岡様、よろしいでしょうか。

武岡 今日、私がお話しさせていただいたところで、ここの「2050年あるべき姿への」というのはあまり語ってはいなかったのですが、一つやはりカーボンニュートラルを目指すという大きな方向の中で、今までも話がありましたが、炭素循環をきちんと回さないといけない。そうするとそういう炭素循環、今のプラスチック資源循環促進法もそうですが、3RとRenewableというこの一番のベースのところをしっかりとやっていくことにめがけて、われわれは化学工業というか産業におりますので、まだまだバイオプラスチックも、生分解性はもっとですが、量的には少ないので、



パネリスト：武岡慶樹氏（株式会社カネカ）

やはりサーキュラーエコノミーを回す技術を自分たちでもしっかり支えていくことが一つ極めて重要だろう。

一方では環境面から、海洋マイクロプラスチック汚染を避けるためにも、先ほど岩田先生からもお話がありました。海洋分解性といった素材が適切な用途に使われていく。こういうことを推進していくことが必要だと思います。

意図せず環境に流出した場合がどうしてもありますが、本来であればそういうことがないのがいいのですが、現実としては年間約800万t、世界で海に流れているという報告もあるわけで、そういったものが一部ここで置き換えていく。ただ、今日のお話にもあったように、おそらく数十万トンしか世界中を集めても作っていないと思います。そこに1000万tというようなオーダーでいうと、二桁ぐらい違うところに向けて、どれだけそういったものが役に立つか。これは化学産業としても考えていかなければいけないところではないかと思っています。

それからヨーロッパが先行しているのですが、コンポスト処理とかバイオガス化処理は環境省の実証事業でも一緒にさせていただいています。図4の下にも書きましたが、やはり日本でそういう炭素循環を促進するためのインフラ整備といったものが、行政というか政

府主導でもっと進まないと思目だと思っています。

生分解性のプラスチック、バイオで生分解性ということですが、それそのものがリサイクルできないと思っている方もたくさんいらっしゃるようです。今いろいろな検討をしていますが、まずはマテリアルリサイクルという観点から、通常の熱可塑性プラスチックと同等にリサイクルできることがほぼ分かっています。これは日本を代表するリサイクラー、早稲田大学の所先生などとも一緒に共同研究させていただいて、もう少しすると、そういった情報をお出しできると思います。

ポリプロピレンやポリエチレンなどが分離されて再生されている。99%以上の純度で再生されている。そういうところに十分のりませし、逆に少量ですが、コンタミにしてもお互いに邪魔をしないことは分かっています。それから、やはりこの生分解性バイオポリマーを促進するためのいろいろな標準化、あるいは認証制度、あるいはもう少し一般の方々の理解が進むことが大事で、トータルとしてカーボンの資源循環が回って、炭酸ガス削減につながっていきたくらうと思います。

行本 それでは、最後のご講演をいただきました岩田先生からよろしくお願ひいたします。

岩田 最後のところでお話ししたように、一つの循環サイクルを考えなければいけないわけですが、重要な

kaneka パネルディスカッション キーワード

カガクでネガイをカナエル会社

2050年のあるべき姿

カーボンニュートラルとプラスチックごみの新たな海洋流出ゼロ

脱炭素化とプラスチック資源循環

3R+Renewableを基盤とした資源の高効率循環による脱炭素化
再生可能資源の調達持続可能性面からの制約を想定し3Rの徹底

製品原材料の再生可能資源化（バイオプラスチックの普及）

バイオマスプラスチックの3R徹底

3Rが困難な用途での焼却処理の最小限化

生分解性プラスチック利用と堆肥化・バイオガス化処理による炭素循環システム構築

プラスチック資源循環システム構築に向けて

（生分解性バイオポリマーの普及を目指すカナカの期待）

- ✓ 炭素循環サイクルをプラスチック資源循環に位置づけ、
生分解性ポリマーの利用・回収のためのインフラシステムの構築と拡大
- ✓ 生分解性評価方法の標準化とラベリング制度の導入と国際標準化
- ✓ 生分解性ポリマーの有用性理解の促進
- ✓ 生分解性ポリマーの炭素循環による環境負荷低減実証するための研究開発推進
- ✓ グローバル展開

図4 2050年のあるべき姿（武岡氏作成）

のは非可食のバイオマスにどのようにしていくかが一つのポイントかと思います(図5)。

それから、これまでは私ももそうですし、糖あるいはポリエステルということですが、今後、耐熱性等々を考えた場合には、芳香族化合物の入ったものをどう使っていくか。リグニンなどを含めて、そういうところをどう使えるか。それから、酵素触媒のような生体触媒を使ってプラスチック材料化するか。微生物からプラスチックを作るのも一つの微生物の中の触媒を作っているわけですが、それを取り出したような形の酵素を触媒重合に使う。さらに常温常圧水系、この辺が重要かと思います。

今、武岡さんから話があったように、バイオマスプラスチックといえども、やはりマテリアルリサイクル

をまずはやるんだ。生分解性プラスチックであっても、可能な限り集めてリサイクルするんだ。でも、燃やしたほうがいいものは燃やすということで、いろいろなことを多面的に考える。多角的に考えて進める。このプラスチックの問題を考えるのは頭のいい体操になると思うのですが、一つこれがいいというのではなくて、いろいろなことを考える。それがよりよい社会になっていくのではないかと考えています。また、いろいろなことを実証しようとするときに、いきなり大きなところからやるのではなく、将来的にはいろいろなリサイクルやバイオマス発電、あるいはコンポストのファシリティ、日本には残念ながらコンポストのファシリティはほとんどありませんが、そういうことをやった場合には、地域が非常に重要になってくるのではないかと考えています。

さらにリサイクルの観点でいうと、完全にモノマーに戻すかというだけではなく、使える中間代謝物に戻す。確実に結合はしているけれども、分解するときにはやさしい条件で分解されて、中間代謝物のもので、またそれが利用できる。そういうところが増えてくるのではないかと考えています。簡単ですが以上です。

行本 岩田先生、ありがとうございました。今チャットを入れましたが、この後5人の先生方の一枚シートで説明いただいた内容や、あるいはセミナーの中で質問が足らなかった点、今回のテーマとしては2050年に



パネリスト：岩田忠久氏
(東京大学大学院農学生命科学研究科)



図5 プラスチックと人類および環境との共存を目指して (岩田氏作成資料)



行本正雄氏

(日本エネルギー学会リサイクル部会長・中部大学工学部)

向けたカーボンゼロということですが、もしご質問がある方はよろしくお願ひしたいと思います。

今日お話しいただいた内容は二つに絞ることができると思います。材料で言うとバイオマスプラスチック、バイオマス、それからプラスチックの話。もう一つは、2030年というものを大事に考えなければいけないと小野田先生からお話がありました。2030年と言いますと、SDGsがちょうど2015年から2030年ということで、SDGsという考え方から、今回お話しいただいた技術なり製品なり、そういったものについて少し考えてみてはどうかと私は思っています。

それから、私はリサイクル部会の部会長ですので、今回の今年度の4月から実際に施行されているプラスチック資源循環促進の新たな法に関して、各先生方の意見をもう少し深掘りしてお聞きしたいと思っています。まず、小野田先生、よろしくお願ひします。2030年というところでSDGsの話を差し上げたのですが、その辺りはどのようにお考えになっていますか。

小野田 ありがとうございます。SDGsという言葉表現に使うかどうかは別にして、やはり持続可能は一つのキーワードかと思ひます。昨今の情勢もそうですが、急激な変化があるといろいろなダメージが大きくなることもあって、だからその辺をどう持続可能な仕組みにしていくかは重要な視点だという認識はそのとおりだと思ひます。ついでに、プラのことをコメントしましょうか。

行本 よろしくお願ひします。

小野田 例えば今の話で、今日も先生方の質疑応答の中でもあったのですが、私もどちらかという自治体を見るケースが多いのですが、ちょっと大変だなというところがあります。ただでさえ既存の分別のやり方その

ものが大変になっている。その状況の中で、一時、脱焼却をやった地域があって、どちらかという分別を徹底して、そこはそれぞれSDGsですごく知られた自治体なのですが、実は焼却というプロセスがないことによって、出てくる容リプラがすごく汚れているというところがあって、結果的にリサイクルに回っていない状況もあるわけです。

私がよく審議会等でも申し上げているのは、こういうリサイクルが進んだときに、では本当に焼却炉とか焼却処分のようなところも含めて、どういうインフラが必要なのかをきっちりやっけていかなければいけないのではないかと思っています。

行本 ありがとうございます。今のご意見に対して、吉岡先生にもコメントをいただきたいのですが。吉岡先生、よろしいでしょうか。

吉岡 SDGsという切り口で全てを網羅できるかはなかなか、小野田先生と同じような見解を持っているようですが難しいのですが、SDGsそのものは、みんなに関連するものの議論をできるための旗印なのですよね。Goalsとは言いつつも、ですので、SDGsの切り口で今回のカーボンニュートラルの話やリサイクルの話、あるいはバイオマスの有効利用などが議論できるのではないかと思っています。2030年ぐらいまでには議論を習熟させましょうという理解でいます。

なので、2030年は一つの目標ではあるのですが、実際に実装しながら世の中に根づいていくまでには2030年ではかなり厳しいと正直思っています。そうすると、2050年を目標にして30年までにどんなことができるてはいけないのか、あるいはどんなことをしなくてはいけないのかを詰めていくことが実は大事かと個人的には思っています。

行本 時間軸は大事ですね。それから、先ほど小野田先生から二つ目の話で、製品プラと容リプラのことです。吉岡先生、すみません、もう少し。ケミカルリサイクルの場合は、それほどきれいではなくてもいいと今までは言われていた。例えば、大変失礼ですが、鉄鋼会社などのケミカルリサイクルだとそんなに分別が厳しくはないと思うのですが。今日のお話ですと、石油化学に戻すことになる、その辺りは結構シビアに考えなければいけないかと思うのですが。

吉岡 そうですね。たぶん現場で動いている方々は、やはり規模が大きいところに対してちょっとしたダメージというのは、とんでもない損失につながったりすることがありますから、そういう意味では、今動かしているスペックを変更するのはなかなかハードルが高いというのが現実だと理解をしています。

ただ、ある程度の組成幅を持って天然資源を使っていた、あるいは使う技術を持っているわけですから、そこをどのようにもう少し受け入れる品質のスペック幅を広げられるかという、ちょっとした技術的な背伸びは必要なのだらうと思っています。

汚くてもという言い方になりますが、品質に限度はあるものお互いのプロセス、あるいはお互いの技術がそれぞれが重ね合わせられるぐらいまでの技術開発は、必要だと思っています。ただ、やはり限度はありますから、その前にすべきことは社会システムを整えとか、前処理の選別システムをきちんとやるとか、そういうことも併せて必要と思っています。

ケミカルリサイクルだから何でもいいという話ではないでしょう。特に化学メーカーがケミカルリサイクルをターゲットを決めてやろうとしたときには、ある程度の純度が求められると思います。

行本 ありがとうございます。JERAの山本さんから質問ということですので、よろしく願いいたします。質問する先生のお名前を教えてください。

山本 皆さんにお聞きしたいのが、先ほどごみの焼却場の話がありましたが、少しリアルな話をすると、公害を出しにくいもっとよい新設のごみ焼却場を大きく別のところに造ろうとすると、そこの住民たちに反対されて頓挫してしまったり、結局ずっと。

よくある、こんなことを言っただけですが、今で言うと基地の問題とか、火葬場もそうですが、そういう問題がどうしても出てしまうので、そういう科学的なものではないところでなかなか進まない面もあるのではないかなと思うのですが、その辺をどのように進めていくのが一番よいでしょうか。皆さんのご意見を聞ければと思っています。

行本 ありがとうございます。では小野田先生、口火を切っていただいて。

小野田 私はそういう動きのど真ん中におります。おっしゃるとおり、なかなかそう簡単にはいかない。それで、

何を中心に考えるかですが、例えば焼却施設などもやはり立地をどうできるかということがすごく、例えばそこから出てくるエネルギーを効率的に使えるかとか、出てくるCO₂をどうするかという話も含めて、非常に重要なのです。

やはりその辺の議論が、何となくこういうのが理想ですよねという話が出てきても、現実的にそういう動きが進んでいるかという、ごく限られたケースでしかないのが現実かと思います。

われわれなどは、どちらかというともう少しポジティブな側面を評価しましょうという感覚でやっていますが、いざ現場に行くとNIMBYのイメージが払拭できていないケースはいろいろな地域で現実にも起こっている、それは実際そういう状況だということがあります。

行本 ありがとうございます。笹内先生、小規模のバイオマス発電の専門家でいらっしゃると思いますが、実際にプラントの建設だとか運営に携わっておられたと思うのですが、今の住民反対の問題、いわゆるNIMBYといわれているものですが。

笹内 私は廃棄物資源循環の技術士をやっているのですが、ごみの話もよく聞いていますが、地域にメリットがないではないかというところが一番大きくて。公害だけまき散らす。公害というわけではない、最近はいろいろな装置が付いて、別に公害はまき散らさないのですが、例えばごみ収集車が入り出すとか、それも嫌ですよ。そういう要はメリットがない、デメリットばかりではないかということでやはり反対が起こる。

バイオマスも一緒です。バイオマスの燃料を常に運んでくるので、やはりほこりも出るし、交通事故の可能性も出る。そういうところを、ではどうやったらメリットある形を地域に提供できるかに尽きてくると思うんです。

ごみ焼却の場合は、最近いろいろ動きが出ていますが、一つはBCPです。災害時のBCPの拠点にする。これは環境省が今推進しています。いざとなったときに住民の避難先として役立つ。あるいは最近、特に新しい焼却場などは住民がすごく集まりやすいようなコミュニティ施設を設けたり、それがいざとなったときの避難所に活用できる。発電と熱供給ができますから、そういったところに住民が来れば、とりあえずライフラインは確保できる。そういう新しい発想で発電

所を造りましょうという動きがあると思います。

バイオマスでも全く同じで、小規模の場合は特に地域で自治体に持っていただくのがたぶん一番いいと思うのですが、ブラックアウトしたときに、そこに行けば自立で電源があります。あるいは熱供給が当然あるので、お湯に浸かれます。それが公民館あるいは道の駅のようなところに分散してあれば、ある程度、数百人レベルの人たちが災害時の避難拠点として使うことができる。そういったところに組み合わせていくことが住民に受け入れられやすい施設を作る一つのポイントではないかと考えています。

行本 ありがとうございます。質問がたくさんきていますので、次にいきたいと思います。群馬大の野田先生、ご質問をお願いいたします。

野田 今日、いろいろな視点からのお話を聞いて、大変印象深く感じたのですが、いくつかあるのですが、まずバイオマスプラスチックについてお伺いしたいのですが、これはカネカの武岡様と東大の岩田先生にですが。

バイオマスプラスチックをリサイクルしていきましようというお話が出てきたと思うのですが、一方で大きなマテリアルの流れを考えたときに、結局、この後で出てくるのはエネルギー側にもたくさんバイオマスが流れていくという中で、リサイクルをどう捉えればいいのかということところが少し、私の頭の中がもやもやしていて、もしお考えがあれば教えていただきたいというのがまず1点目になります。

武岡 今ご指摘の野田先生がおっしゃった件は、大変難しいと思います。それは何かというと、まさに私が申し上げたように、われわれの卑近な例で恐縮ですが、廃食用油を使って生分解性ポリマーを作るほうがいいか、廃食用油を使って飛行機を飛ばすのと、どちらが世の中のためになっているのだというような、まさにそういうご議論かと思うのです。

これは非常に難しく、やはりバイオマス資源も、先ほどから皆さんおっしゃるように大変限られているというところで、私たちが目指すのは、燃料にも使えないようなもう少し、何というか、癖のある有機分を炭素源にしてやるような技術を開発していく側に行くのが正当な道かなと。

ただこれは、とてもではないですが、もう今は2022

年ですから、2030年までにできるかどうかは非常にあやしいですが、やはり2050年を目指してやるような技術で、まだ申し上げるような段階ではありませんが、そういったことを社内でもいくつか検討しています。私からはご参考になりますか、そういう感じです。

行本 ありがとうございます。岩田先生、よろしくお願いいたします。

岩田 では少し違う視点から。たぶんバイオマスプラスチックなどをどうリサイクルするかということ、あるいはよく聞かれるのは、ポリプロピレンなどと一緒にしているものをどうやってバラバラにしてリサイクルするかは、かなり大きな課題になると思います。

私は今、環境省の実証などでもやっているのは、可能な限りものをリースする、レンタルにするという社会システムを作るのが一つ重要ではないか。企業の方々が作る製品は、その企業では完全にどこにどのパーツが使われているかは把握しているわけで、ポリプロピレンとバイオマスプラスチックがAパーツ、Bパーツであってもその企業は把握しているわけです。どのような状態で、きれいな状態で戻ってくるか、単一のものが戻ってくるかということ、リースをもっと徹底する。地域の中で徹底するといいいのではないかとということで、今そういうことをやっています。日本人は結構リースが嫌いですが新品至上主義なので、その性質、性格を直さないといけないかなと思っています。

野田 引き続き、あともう1件だけ質問です。今度は吉岡先生と笹内さんです。私はガス化の部会長でバイオマス転換技術開発をずっとやって、エネルギー側なので、岩田先生とは逆で、私は全部燃やしてしまえと言ってしまいそうなタイプの間人ではあるのですが、バイオマスの資源と考えたときに、直接燃やすよりも一段マテリアルをかませて、その後、燃料化する道があると思います。

これは吉岡先生にですが、マテリアル転換のところでは少しアップグレーディング的なものをかませて、マテリアルとしてプラスチックにして、その後、液体燃料のようなパスはあり得ないのか。それから笹内さんには、先ほどもありましたが、木質以外のところに展開していかなければいけないとなったときに、バイオプラスチックのようなものは視野に入ってくるのかこないのか。これをお伺いしたいと思いました。

吉岡 私の感覚からいうと、あらゆる手法はアグリーだと思っています。ただ、どこで使うのかによって、一番効率のいい使い方が変わってくるのだと思うのです。例えば近くに化学原料に転換できるような技術があるにもかかわらず、燃やしたほうがいい、エネルギーを取ったほうがいいということにはならないと思います。効率が全体の資源性がいいのであれば化学原料に転換することを施行したほうがやはりいいのだろうと思います。

その一方でそういうところがないところだったとしたら、例えばエネルギーで回収ができる施設が近くにあるのなら、バイオマスなどは特にその施設で使っても全く問題ないのではないかと考えています。近くにどういいうンフラがあって、それに携わる人たちがどういことをそこに求めるかによって、たぶん変わってくると思うのですね。そうすると、NIMBYの問題なども出てくると思うのですが、自分たちのやっていることがこれだけメリットがあって自分に還元されるのだというのが見えてくれば、やはりそのシステムはその地域で生きていけるようになるんだと思っています。

だから、どの手法がいいか悪いかという競争のようなものは、むしろやめたほうがいいのかかなと思っています。

野田 要は、ソリューションは1個ではなくて。

吉岡 そうそう、そうです。

野田 その場所場所で最適なソリューションが変わるであろう。そのための技術オプションのようなものがそろっていて、何をやるかみたいなものをやっていく必要があるという意味でしょうか。

吉岡 そうだと思います。

野田 ありがとうございます。

笹内 私も野田先生と全く一緒に、何でも燃やしてしまえの人間なのですが、バイオマスは野田先生もよくご存じのように、そんなにはないのです。

野田 ないですよ。

笹内 ないのですよ。それを皆さん認識していただくかなと。少しだけスライドいいですか。(講演に使用されたPPTの)4ページは大正2年の滋賀県の野洲の山です(図6)。禿げ山です。このころの1次エネルギーはバイオマスしかなかった。まだこれは大正ですから、今のエネルギー消費量に比べたら、もう数十分

のぐらいのころでもこのありさまなんです。本当にこれは今、山は豊富ですが、まともにバイオマス利用したらどうなるかと思って、(講演に使用されたPPTの)5ページの資料で計算してみました(図7)。

計算をしてあまりにも衝撃的だったので。今は日本の炭素のうちの93.9%、1066 MtCO₂がほぼエネルギーから出ているということです。これがどのぐらい該当するかと思って、1066 Mt/年を1億2000万人で割ると、1人当たり8.883 t。僕らはバイオマスの人間なので、これを木に置き換えると、1本の立木、これ森林総研に資料があったので、だいたい1本当たり250 kg-CO₂を燃やせば出るということです。そうすると1人当たり、今、われわれ赤ん坊まで全部入れて、年間で35本を燃やしている。日本全体で木だけで1次エネルギーを全部賄おうとすると、10億m³/年必要です。この10億m³/年がどのぐらいの量に相当するかというと、全然足りない。日本の森林の材積量ですが、今52.4億m³しかないということで、全部1次エネルギー、森林バイオマスに置き換えると、わずか5年で全部なくなってしまう。計算してあまりにも、本当にこんなにかいた驚いた次第です。

そういうことで、先ほどバイオプラスチックを混ぜるのはありというような話、あと農業残渣とか、いろいろなものを単に燃やしている、捨てているのはできるだけ変えていかなければいけない。ただこの場合、CO₂はノーカウントと言っていますが、またきちんと植えていかないと、そのCO₂が吸収できないというのが

滋賀県野洲市 立石国有林 山腹工施工前の荒廃状況
大正2年頃(1913年)



写真提供:滋賀森林管理署

出典:全国植樹祭60周年記念写真集/国土緑化推進機構

図6 大正2年頃に撮影された滋賀県野洲市立石国有林の荒廃状況の写真

2種類の炭素とCO₂排出量

1. エネルギー・燃料用の炭素

2. 食料・原材料用の炭素

- 1の炭素が90%以上を占める
- (発電、産業、建物、運輸部門での燃焼でのCO₂排出量：
- 世界: 92.0% (33513 MtCO₂/36420 MtCO₂)
- 日本: 93.9% (1066 MtCO₂/1136 MtCO₂) [1,2] 2018年)
- ・圧倒的にエネルギー・燃料用のCO₂排出が多い

[1] Hansen, M. T.; Bornak, L. P.; Riva, A. D.; Lindboe, H. H. The Future Role of Thermal Biomass Power in Renewable Energy Systems – a Study of Germany (IEA Bioenergy, Task 32), 2019.

[2] Hansen, M. T.; Bornak, L. P.; Riva, A. D.; Lindboe, H. H. The Future Role of Thermal Biomass Power in Renewable Energy Systems – a Study of Germany (IEA Bioenergy, Task 32), 2019.

図7 2種類の炭素とCO₂排出量

カーボンニュートラルですから、その辺りの整合性をどうとっていくのかがまた一つ出てくる課題になると思います。

野田 ありがとうございます。たぶん日本国内だけだと全然足りないの、日本はやはり資源を輸入しなければいけなくなり、バイオマス資源のようなものも海外から、そこでどういう形でというのも含めた議論になっていくと思うのですが、時間がないので。私もいろいろ考えたいと思いました。ありがとうございました。

行本 野田先生、どうもありがとうございます。

それでは時間も押し迫っておりますが、最後に先生方に一言ずつ、今日は日本エネルギー学会の100周年のテーマということで、一枚のスライドを用意していただいて、ご専門の分野から議論をしていただきました。一言で結構ですので、日本エネルギー学会にアドバイスというか、こういうところを頑張ったらいいのではありませんか、こうしたらいいのではないですかというような、今日は齋藤会長も聞いておられますし、ぜひ一言ずつお願いしたいと思います。発表順に笹内先生から一言。エネルギー学会への期待をお願いします。

笹内 学会へ入らせていただいてもう20年近くになります。最初は技術をいろいろ学びたくて入ったのですが、やはりエネルギーは経済とすごく密接に絡んでいるので、最近特にこういうウクライナの問題が起こってきたりして、経済情勢が非常に乱れている中で、ロシアからのエネルギーが入ってこなくなったりして、経済とエネルギーの技術はかなり密接に関係していると感じて

います。

したがって、今後の技術開発も学会に期待したいところはあるのですが、もう少し経済的なところ、経済的というのは経済性ではないです。経済とのリンクをうまく考えた上で、先ほど分散とか言いましたが、今まではどちらかというところ画一性を求めて経済の効率化を図っていった。あるいは集中して経済の効率化を図っていった。あと、スピードを上げて、経済の効率化を図っていった。全てこれは経済と密接にリンクしているのです。

この価値観を変えていかなければいけない。画一性に対しては多様性、集中に対しては先ほども散々申し上げていますが分散です。スピード重視に関しては少し、これは人間の生活の考え方ですが、スローです。

そのようなことに変えていくにあたって、どのような技術が経済との両立を一番成り立たせるような形になるのかということ、私も全然これは分かりません。非常に難しいテーマだと思うのですが、そういった観点をもって技術開発していかなければいけないのではないかと考えております。

行本 ありがとうございました。8月3日にカーボンニュートラル政策の話を中心にパネル討論会が行われますが、その場でいろいろな結論が出てくるのではないかと思います。

それでは小野田先生、申し訳ございません。一言お願いいたします。

小野田 本日は貴重な機会をいただき、ありがとうございます。学会の運営にあまりお手伝いできていなくて、大変恐縮なのですが。

行本 いいえ。機械学会でお世話になっています。

小野田 そちらの学会全体の視点でお話をすると、これはよく申し上げているのですが、私だと日本機械学会とか、行本先生にもお世話になっていますが、あと吉岡先生の廃棄物資源循環学会とか、そういう形で少しずつ重なり合いながら活動しているような流れがあって。そうすると、大きなところの目標は実は共通している部分もあると思うんです。

です。そういう少し重なり合っているところを全体として、どんな動きを取っていいのかというところは、そろそろ議論するタイミングなのかなと思ってるのが一つ。その一方で、それぞれの学会の強みのようなところがあると思いますので、そこでどう特徴を出していく。だから大きな流れと今まで積み上げてきたものをどうやって対外的にも発信していくかが重要かと思っています。引き続きよろしくお願ひします。

行本 ありがとうございます。それでは吉岡先生、申し訳ございません。一言お願いいたします。

吉岡 人間の幸福あるいは経済活動と、資源あるいは環境、ここの部分とのデカップリングがよくいわれるのですよね。だから経済活動と資源のデカップリングをどうするのか。あるいは経済活動と環境影響のデカップリングをどうしていくのかというところがあって。たぶんその問題が今一番大きいのかと。そのときにエネルギーという位置づけが資源あるいは環境のところと強く結びつくのか、あるいは経済活動と強く結びつくのか。ここのところが実は私もよく分からないというのが正直なところなのです。

ただ、どう考えても経済活動とエネルギーは切っても切れない関係にあるのだとすると、ではエネルギーのリソースをどのように資源デカップリングしていくのが、今後の大きな課題かと思っています。これが難しいかどうか、要するに資源の転換を図ってエネルギーをどうやって確保することになるのか。あるいは資源を上手に使いながら、デカップリングまではいかないけれども、カップリングを少し弱めながら資源の利用をして、環境の影響と切り離して、なおかつ経済活動あるいはエネルギー活動をどんどん上げていくのか。こ

こをどういう仕組みでやっていくのかがおそらく今後の課題かと思っています。

具体的な答えになっているかどうか、非常に分かりませんが、経済活動、エネルギー、これと資源、ここをどうデカップリングしていくのが大事だという認識でいます。

行本 ありがとうございます。サーキュラーエコノミーは、そういう意味でなかなか実現するのは難しいですね。

吉岡 でも、もう世の中は難しいと言って、ではそれで手を上げてしまうのか、できるだけサーキュラーに近づけていくような取り組みをしないといけないのかというところは、重要と思っています。

コメントというが質問の中にもありましたが、日本が仕組みやコンセプトでどんどんとヨーロッパなどに後れをとっているのではないかと見ています。技術的な面も含めて、今後は日本においてかなり先事例を作っていく必要があると見ています。

行本 ありがとうございます。今お話がありました。技術士の池田先生からも同じようなコメントが出ております。

それではカネカの武岡様、一言、これに対して。

武岡 私はあまりエネルギー学会にご縁がなかったので、違う分野でやってまいりました。そういう意味で言いますと、すみません、今日の生分解性バイオポリマーということではなく、化学産業からということですが、ご承知のように化学産業は、現在でもだいたいどこでも大型工場は自家発電をしていますし、そういう大量エネルギー消費型で、かつそれに伴って炭酸ガスもたくさん出している。カーボンニュートラルに向けて、技術として、特にエンジニアリング技術、それから最近ではIoT、AI、DX、いろいろな場面で駆使した中で、そういったものをどうやって減らしていくのかがあります。

それから私どもカネカの話になりますが、なぜか最近、国産太陽電池モジュールメーカーはほとんどなくなってしまって、海外勢に席卷されているわけですが、弊社はこれも研究開発でいうと40年、事業からでも20年を超える太陽電池のモジュールの生産をしています。残念ながらまだ少量ではありますが。

コマーシャルには、商業生産しているものでは世界

最高効率の太陽電池を作っていますので、そういったもののコストを下げてもっと普及を図る。これは少なくとも、いろいろご議論あるかとは思いますが、必ず全体としてはいい方向に動いていくと信じていますので、化学業界に身を置く者として、その方向で頑張りたいと思います。本日はありがとうございます。

行本 ありがとうございます。それでは最後に東京大学の岩田先生、よろしく願いいたします。

岩田 私は農学部の林産学科におります。林産、林の産業の学科におりまして、昔からずっと木材を対象にしている学科です。木というのはCO₂を非常に長く固定できる材料です。燃やしてしまえば燃料として使うことができますが、やはりこれをしっかり長く使い倒す。例えばまず建材として使う。端材となったらそこから成分を取り出して、高機能材料として使う。そして余ったものは燃やすというふういろいろな側面で利用できますので、いろいろなものは可能な限り、最終的には燃やすというのは重要なことだと思うのですが、使い尽くす。そういう社会にする。

そのときにはエネルギーとして使うのか、高機能材料として使うのか。長く使う、そういう素材開発をする。その辺が重要だと思います。先ほど日本の森林の量も出てきましたが、木は非常に重要で、日本はお山の大将という言葉があるように、木、山は自分のもの思っていて、なかなかうまく(活用)できないのですが、国の政策とバイオマスのエネルギーもたぶんリンクしてくると思いますので、いろいろ多面的に、政治も含めてこれから考えていくのが重要ではないかと思います。

行本 ありがとうございます。5名の先生方、すばらしいコメントをいただきまして、ありがとうございます。日本エネルギー学会の会長ほか、役員のメンバーも聴いていますので、ご意見を参考にしてみたいと思っています。どうもありがとうございました。それでは波岡先生、最後の挨拶ということで司会に戻したいと思います。よろしく願いいたします。

波岡 中部大学の波岡でございます。電力中央研究所の山本様、バイオマス部会長として、最後のクロージ

ングの言葉をお願いできますでしょうか。

山本 電力中央研究所の山本です。今日は朝10時から6時まで長時間にわたり、皆さま、ありがとうございます。ご参加いただき、ありがとうございました。

今回は日本エネルギー学会の100周年の記念企画ということで、リサイクル、RGBシンポジウムですが、化石燃料またバイオマスの高効率利用、またデジタル技術を使ったリサイクル、そしてその生分解プラスチック、これら非常に重要な、相互にまたリンクするテーマに関して、新しい知見、また将来的な方向性までお示しいただき、非常に勉強になりました。

現在のところ、CO₂は日本では少し減り気味ですが、減っているのは、どうも日本の元気がなくてエネルギー消費自体が減って、それでCO₂が減っている状況だと思います。今回お示しいただいたような新しい技術、そういうところも活用して、成長しながらCO₂を減らすような方向性に持っていければという、そのためにもこのシンポジウムは重要だったと思います。

今日は講演者の皆さま、参加者の皆さま、また幹事の皆さま、本当にありがとうございました。次回は、現在の状況では緊急事態宣言も解除の方向なので、RGBシンポジウムも来年はリアルな開催ができるかと思っています。また来年もよろしく願いしたいと思います。以上で私からの挨拶ということでクロージングの挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。

波岡 山本先生、ありがとうございます。最後に事務局からの連絡となります。本日、12時12分ぐらいに皆さまに連絡がいていると思いますが、本日の講演の要旨がダウンロードできるようになっています。これは5月31日までダウンロード可能となっておりますので、ダウンロードする方は忘れずをお願いしたいと思います。もしダウンロードができないなど不具合があるようでしたら、事務局まで連絡をお願いします。

それでは、定刻より少し過ぎてしまいましたが、講師の皆さま、事務局の方、聴講された皆さま、本日はどうもありがとうございました。以上でRGBシンポジウムを終了いたします。