

座談会 温室効果ガス排出の大幅削減に向けて

温室効果ガス排出の大幅削減との関わり

古澤 本日はお集まりいただきまして、誠にありがとうございます。ごぞいます。

2015年3月に公開された気候変動に関する政府間パネルの第5次評価報告書では、工業化以前からの世界平均気温の変化を2℃未満に抑えないと人間や自然のシステムに対する著しいリスクが伴うため、温室効果ガス(GHG)の排出量を大幅に削減する必要があると報告されており、2016年11月に正式発効されたパリ協定においてもGHGの排出削減が盛り込まれています。

日本でも、こうした世界の潮流の中で、パリ協定にて2030年に26%、地球温暖化対策計画にて2050年に80%というGHG排出削減目標が明文化されています。

2030年の26%削減に関しては、徹底的な省エネと再エネの導入によって達成することを目指しています。一方2050年の80%削減に関しては、様々なキーワードは挙げられていますが、具体的な姿は不明瞭です。

まず皆様には、自己紹介を交えて、2050年に向けたビジョンとシナリオについて率直な考えや思いを伺いたいと思います。

村上 日本製鉄の村上です。35年前に化学工学科を卒業し、当時の新日本製鉄に入りました。現在、フェローとしてプロセス技術と計算科学を担当し、主にCO₂問題とデジタルトランスフォーメーション(DX)の研究指導をおこなっています。



村上英樹氏

入社後比較的早い時期から、省エネ、環境負荷低減、副産物リサイクルの技術開発に関係し、地球温暖化問題に関

しては2008年から関わるようになりました。現在は、日本鉄鋼協会の地球温暖化対策計画の実現に向けた鉄鋼技術検討会議と、NEDOのゼロカーボン・スチールの実現に向けた技術開発プロジェクト、の主査を担当しております。

2016年にビジョンシナリオ「GHG排出80%削減」が閣議決定されたときは、個人的には正直かなり唐突さを感じました。鉄鋼は世界の9%、日本では14%のCO₂を排出し、製造エネルギーの効率化は非常に重要な課題であると認識していますので、京都議定書のときも、業界としての自主行動計画に従って9%削減を達成し、現在、2030年に向けて、政府の低炭素社会実行計画を何とか実行していこうと技術をこつこつと積み上げていました。そこへいきなり2050年80%削減という目標が出ました。

意気込みとしては非常にすばらしいですが、今までの積み上げでは到達できない目標です。従来の延長線上にない技術が必須で、非常に高いハードルで、個社としても厳しい議論をおこなっています。

市川 広島大学の市川です。元々は理学系の物理が専門でしたが、水素貯蔵材料、二次電池材料、最近ではエネルギー変換などに興味を持ち研究をしています。3年前から工学部の機械系に学内異動しました。学会活動としてはエネルギー学会の水素新エネ部会の副部長と、水素エネルギー協会の理事を仰せつかっています。

再生可能エネルギーは調整力がない、そこをどうするかということで、短期間の変動には電池で何とか対応できるけれども、季節間変動などの長周期の変動に対応するにはやはり水素しかないかと私は考えています。さらにエネルギーの大陸間輸送を考えた場合でも、水素は、様々な物質に変換して輸送できる可能性があります。エネルギーを貯めて運ぶことを想定しながら、最近では全てのエネルギーを再エネで賄える社会がどうしたら作れるのかを考えています。

広島県の大崎にカーボンリサイクルの技術開発の研究拠点を作ることが発表されて、広島県内で大きな話題となっていますが、CO₂と水素を使って化学品を作るなど、カーボンリサイクルという点でも水素は注目できると思っています。

関口 三井化学の関口と申します。バックグラウンドは理学部の化学で、研究、事業、コーポレート部門を経験の後、現在は研究開発企画管理部に在籍しています。日本や

2020年10月30日受理

世界の動向を見つつ、弊社が進むべき方向やそこに必要な研究の方向性を考え、プランニングしています。

本日は、クラッカーを2機保有する高GHG排出企業として弊社にお声掛けいただいたものと受け止めております。化学品の製造においては、低炭素な原料・燃料への転換、製造エネルギーの削減、再生可能エネルギーの積極利用等、様々な施策により、大幅なGHG排出削減に貢献したいと考えています。弊社はプラスチックメーカーとして、気候変動対応も考え合わせて、リサイクルやバイオマスに注力しています。課題はありますが、原料転換の1つとして、バイオマスからプラスチックを作る検討も進めています。

2050年のGHG排出削減目標に対し、立场上「できない」とは申せませんが、非常に厳しい目標であることは間違いありません。水素も1つだと思います。色々な技術を組み合わせ、機会とリスクを的確に捉えながら、目標に向けて頑張るしかないですね。

所 早稲田大学の所と申します。石炭や鉱石などの固体資源を鉱山から取り出し、物理的、機械的、化学的、物理化学的、色々な方法を組み合わせ、それを経済的に成り立つように分離濃縮して純度を上げていくための技術開発をおこなう資源工学が私の専門です。できるだけエネルギーを消費しない分離濃縮プロセスの研究をしています。

現在、都市鉱山も重要視されていますが、元素としての経済的価値が高い金属資源だけでなく、ガラスやプラスチックなども含めて、如何にバランスよく全体を循環させるかといったリサイクル、資源循環の課題も研究しています。

再エネの1つとして太陽光パネルが大規模に導入されています。確かに使用中はCO₂排出削減に大きな役割を果たしていますが、廃棄後のことが十分に考えられていないため、機能や価値が十分に残る形で分離されなければ、最後は埋立処分されます。リチウムイオン電池も、少しずつコバルトフリーになって金属価値が下がっているの、それだけの価値観でリサイクルを捉えてしまえば同様に埋立処分になるかもしれない。そういった問題を見ていると、CO₂排出削減の問題は、省エネ、再エネ導入で第1段階を乗り切る構想だと思いますが、この段階で既に資源循環に関しては課題山積です。

現に国際連合環境計画でも、CO₂排出をシナリオどおりに削減すれば温暖化問題は解決するかもしれないが、資源消費量は加速的に増加すると報告されています。資源を投入して新しいデバイスや技術を導入し、CO₂排出削減を目指すわけですが、最後に資源循環問題が残る。ですので、今から資源循環のことも考える必要があると思います。

2050年目標の実現のために：異分野連携

古澤 2050年目標の実現は難しいけれども、達成できないとは言えない、頑張ろうというところかと思います。この目標を目指すキーになりそうな技術についてはいかがですか。

古山 技術だけでなくコロナ後の経済の復興と脱炭素社会への移行を両立させようというグリーンリカバリーの潮流も1つのチャンスだと思います。

村上 日本鉄鋼連盟では、2030年に年間900万トンのCO₂削減を掲げています。その中で、省エネとか節約だけではなく、水素を使った形でこの目標を実現しようと、大きな国家プロジェクトも動かしています。具体的な革新的技術開発の1つとしては、「COURSE50～目標：高炉から出るCO₂10%削減とCO₂の分離・回収・貯留でトータル30%削減」が位置づけられ、2008年からはNEDOの委託事業で開発を進めています。

製鉄プロセスでは、燃焼よりも還元でCO₂が発生します。これまで何百年も、高炉で鉄鉱石とコークスを化学反応させて、Cを使ってFeOのOを除いており、CO₂は必然的に出てきました。そこで、還元剤の一部をコークスから水素に置き換える研究開発を進めていて、2030年に向かって比較的順調に技術はできつつあります。

一方で、CO₂排出の更なる大幅削減は従来の取り組みの延長では実現困難で、大きくジャンプしなければなりません。そこで我々業界の中では、2100年に向けてカーボンを使わない製鉄志向の長期ビジョン「ゼロカーボン・スチール」を2年前に宣言しました。

鉄は基礎素材なので、製造をやめることはできません。発展途上国を含めてこれからも何億トンと供給していく中で、生産技術としてCO₂削減対策を積み上げる必要があります。技術ハードルは非常に高いですが、水素還元製鉄技術を初め、発生したCO₂の利用、スクラップのリサイクル、バイオなど、色々なものを組み合わせ、技術革新を進めてカーボンゼロを目指したいと考えています。

古澤 水素を還元剤とする実用化の見通しはどのような感じなんですか。

村上 実際の高炉の規模の400分の1ぐらいですが、フル稼働すれば年間1万トンぐらいの鉄ができるパイロットプラントで実験的には実現できています。

元々高炉の中では10%ぐらい水素が還元に寄与しています。パイロットプラントでは、それを20%にすることができ、その分カーボンを減らすことができました。この割合をもっと上げていく研究を今進めています。水素で鉄を100%還元することも、原理的にはできますが、どうやっ

て産業技術にしていくかというのが課題です。

古澤 日本発の技術として海外へ提供することで、GHGの排出削減に寄与できるビジネスになりえますか。

村上 ぜひそうできればと思います。アジアは世界の7割以上の鉄鉄を作っていますけれども、そのうちの8割ぐらいは高炉です。日本の技術でそのCO₂排出を10%減らすことができれば、欧州鉄鋼業からのCO₂排出をゼロにするよりもCO₂排出は減ると思います。

市川 コークスを一部水素に置き換える技術は、現状技術からの延長線上だと思います。一方で、再エネ由来の水素から作るカーボンリサイクルメタンを使ったほうがCO₂削減という観点でよりインパクトがあるようですね。

村上 直接還元法ですね。直接還元法では、メタンを改質して、COと水素の合成ガスを作って還元しています。仰る通りメタンそのものを使う研究もありましたが、実用化はしてません。今のところ大量に還元剤として使えるのはCとHだけです。

所 不純物除去が大変というお話がありました。高炉に代表される金属溶融は、不純物コントロールとの戦いですね。高炉も、分離技術とセットでイノベーションを考えると、もっと可能性が広がっていくと思います。

村上 我々が還元剤として水素を使うとなると、億トン単位の量の水素が必要です。ところが、今世の中ではそれほど流通していませんし、高いです。

古山 鉄鋼連盟と化学工学会は積極的に連携していますが、鉄鋼の皆様からは、水素は10円/Nm³にしてほしいと言われるので、10円/Nm³を目指した選択肢についての議論をこの間始めました。

古澤 鉄鋼産業では、原料の不純物では分離関連分野の人、還元剤としての水素では水素分野の人との異分野連携が新しいイノベーションへ繋がる可能性が見えてきます。関口さん、化学産業のほうではどうでしょうか。

関口 鉄鋼業界は皆さんでタッグを組んでやってもらいますが、化学は関口が広く利害関係もあるため、異分野連携以前に、業界内でさえ必ずしも連携が十分でない面があると思います。



関口未散氏

しかし、化学もまた鉄鋼同様基盤的なビジネスで、物を作らないわけにはいかない。そこに「CO₂から化学品を」という考え方があります。但し、その過程

でエネルギーを大量に使用し、CO₂を排出してしまっただけでは本末転倒です。製品のライフサイクル全体を通して、環境負荷をより低減しつつ、如何にこれを実現するかが最大の課題です。化学に限らず、様々なところから排出されるCO₂を集めて利用することは1つの方法と思いますが、社会の仕組みを含め、それをどう回していくかがもう1つの大きな課題です。これは、1産業の手に負える問題ではないと思っています。

化学産業として必要な技術確立も道半ばであり、産業界あるいは産学が力を合わせて、資源循環を考えた技術開発を進める必要があります。もう何十年も前からこういった議論はされていますけれども、近年のデジタル技術の進歩で視点が変わり、技術の進化と共に社会の仕組みの変容が進むのではないかと期待感がありますね。

古澤 鉄鋼産業から排出されるCO₂量と化学品を製造するときのCの量は今大体バランスしているけれども、鉄鋼業において還元剤を水素に換えてくるとCO₂の排出量は大幅減ってきて、バランスしなくなってくるかもしれませんね。大気中のCO₂を直接分離回収する技術もまだ不透明のようですし。

所 業界の中の連携も大事ですけども、官のパートナーシップがあまり重要視されていないところにも問題があると思うんです。イノベーションと言って個々のプロセスの高度化とか新技術には補助するけれども、個々のプロセスだけではなく、生産、再生、生産と循環する全体を連携させないとCO₂削減はできない。

鉄をはじめとした素材のループ、化学品を含む部材や部品のループ、それらを組み合わせる製品や消費を含めたライフスタイルの変革まで入ったところのループ、色んなループを多重に作っていくという仕組みづくりが国の施策として見えない。ムーンショットプロジェクトも、ぜひ連携に力を入れてくれればと思います。

古澤 ムーンショットは化学工学の人が結構採択されているので、ぜひ連携を進めてくれると良いですね。

古山 ムーンショットは希望だと思います。あれは要素だけじゃ駄目だよというメッセージにも見えるんですね。

古澤 市川先生は様々なプロジェクトに関わっていらっしゃるんですが、従来の延長線上にない非連続的なイノベーションについてはどうお考えですか。

市川 今、水素の値段は高いですね。カーボンリサイクルの道筋も大半は水素を使うということですが、高い水素では実現しない。ところが、カーボンリサイクル技術ロードマップにも、水素が2050年には安くなるとしか書かれていなくて、安くする方法があまり議論されていないので、そこを何とかしないといけないと思っています。

1つは、再生可能エネルギーから電解で水素を作る方法

があります。ただ、これは1 Nm³の水素製造におよそ5 kWhの電力が必要で、先ほど10円/Nm³という数字が出ましたが、10円/Nm³の水素を製造するためには、かなり安いタダ同然の電気を寄せ集めなければいけないという問題があります。



市川貴之氏

もう1つ、熱化学的に大量に水素を作る方法もあります。CO₂フリーで熱化学水素製造をおこなうとなると、熱のみを投入して、水から水素と酸素を分離することになります。そのとき化石燃料を使えばCO₂が出ますから、熱化学の熱源は廃熱、太陽熱、核熱などが考えられます。そういうものでないとCO₂フリーとは言えない。

古山 水素が10円/Nm³になれば化学の素材にも使えます。

市川 安い水素を使って付加価値の高い化学品を作るわけですね。エネルギーとして使える水素も流通するようになるし、イノベーションにも繋がると思います。

地域の視点と大都市の視点

古澤 現在、福島浪江町で何社か参画して、メガソーラーによってできた再エネを使って水素を作り、それを都市部に送る事業が進んでいます。CO₂も削減できるし、地域も活性化する。CO₂削減だけでなく、そういう地域と都市の繋がり、ネットワーク構築も必要だと思います。

関口 化学産業にはプラスチック資源循環という課題もあります。廃プラを集め、加工しようとするれば、廃プラの輸送費が掛かりCO₂も出ます。地方各所に小型設備を設置して地産地消で加工すれば、産業の1つにもなり、総合的に見て合理的という可能性はあります。一方、地方は都市よりも廃プラが集まりにくいといった問題もあります。地域と都市との繋がりも考え、広く全体として回る仕組みを設計できると良いですね。将来的にはビジネスとして成り立つよう、社会実装を考えていきたいと思っています。

市川 先ほど、カーボンリサイクルの研究拠点を広島県で作る宣言が出たという話をしましたが、まだ何も具体的には動いていない状況です。ですが、広島県、広島大学としてはそれをチャンスと捉えて動き始めています。

瀬戸内海沿岸にはCO₂を出す火力発電所や工場が沢山あ

るので、上手くカーボンをリサイクルして、それを原料にした産業を發展させたいということで、徳山、大竹、岩国、水島、その辺りの化学会社と議論を始めたところ。これから石油化学産業がどうなっていくか不透明ですし、上手くそこを補完する形でCO₂削減で産業を發展させたい。

広島県は現時点で2050年の二酸化炭素排出実質ゼロ表明自治体でもありませんし、産業の関係、それから土地柄もあって、そういうことを進めるのが難しい地域です。カーボンリサイクルの研究拠点にしても、我々や広島県が進めようと考えているCO₂削減で産業を發展させる事業を興そうとしても、今は、地域の人にも自分には関係ないというような感じです。でも、地域にお金が落ちれば地域の人に関心を持ちますから、そこを上手くハンドリングしながらやれるような仕組みを作りたいと仲間集めを始めたところ。

村上 当社は十数か所に製鉄所があって、地域の特徴を活かしたものは動いています。例えば釜石は、近隣で出た間伐材を市が集めてくれて、独立系発電事業者の中で、原料として25%ぐらいバイオ混焼の発電所ができて上がっているわけです。それから、廃棄物は県を跨ぐ移動が大変なので、廃プラは各製鉄所のコークス炉で油とガスと固形炭素に変えるケミカルリサイクルをしています。

広島県のお話が出ましたが、行政も色々動いていますね。私も関与しているのですが、東京湾岸周辺エリアを、エリア内にある企業や研究機関などの連携を通じて、世界に先駆けてゼロエミッション技術に係るイノベーションエリアにするために、東京湾岸ゼロエミッションイノベーション協議会が設立されています。中部圏では中部圏水素利用協議会ができたり、室蘭でも、水素のサプライチェーンの構築を目指す動きもあります。

問題はエネルギーネットワークですね。そこが十分でないで、電気、ガス、水素、熱の移動、やりとりができないわけです。

北九州では、エネルギーをエコタウンで分配して、地域の地産地消に近いような物のやりとりは既におこなわれていますが、今後は、町、県を越えたパイプラインなり物流のネットワークを構築することがCO₂排出削減にも効果があるんじゃないでしょうか。

所 資源のほうでも資源コンビナート構想というのがあるんです。隣のごみは



所 千晴氏

隣の資源だったりするので、固体、ガス、液体、全てが物質としてやりとりされていくと、それだけでも全体でかなり省エネ、省資源になりますよね。輸送のCO₂も減らせるので、ダブルでCO₂排出削減に効くと思います。

現在は廃掃法によって廃棄物が県を越えて移動できなくなっていますね。廃掃法は不法投棄を防ぐという意味で効果があると思いますが、資源循環という考え方には必ずしもマッチしないところがあるので、将来的には法規制も含めて設計し直す必要があると思います。

村上 水素の輸送にも色々規制があります。水素キャリアで、メタンでも、アンモニアでも、メチルシクロヘキサンでも、恐らく海外から持ってくるので、どこかの港に着いて、そこから工業地帯へ運ばなければなりません。それをタンクローリーで運んでいたら、発電や鉄鋼のように大量に必要とするところは使えません。技術でもクリアしなきゃならない部分はあると思うんですけども、パイプラインは必要ですね。

市川 水素をガスとしてちょっとでも陸上輸送すれば大きなコストアップに繋がるという計算が出てくるので、どう考えてもパイプラインで運ぶのが良いに決まっていますが、現状法を照らし合わせて無理だと最初から決めつけている方も多くいらっしゃる。

村上 ヨーロッパは何百キロにわたって水素ネットワークを構築しようとしています。水素も、常温だったら漏れなきゃ大丈夫ですよ。

所 溜まって爆発しなければいい。ヨーロッパで前例があるし、パイプラインは日本にとっても導入されれば大きな一歩だと思います。

村上 全体設計できるかどうか重要です。

古澤 コンビナートか、広い場所か、物流とガスと送電の整っているところでパイプを引いて、実証されると、法整備の話なども一歩進む気がするんです。

村上 現在CO₂フリー水素は、自動車用の水素ステーションで使うことを主に考えているかもしれませんが、パイプラインで工業地帯まで持って、水素発電所という案も議論され始めました。

市川 水素もアンモニアも石炭や天然ガスとの混焼はある程度可能ですし、大きな改造することなく利用できるの、廃止されそうな石炭火力発電所で混焼すれば、ある程度延命もできると思っています。しかし、今水素を大量に作っても、確実にこれだけの水素を消費してくれる、というところがない。また、電気は余っている、でも、水素を作ったとしても使ってくれるところがないので余った電気を捨てている、そういうところが結構あります。一方で、これだけ作ってくれるならすぐに使いたいと言っているところもある。お互いの要求がずれているので、そこに対して、

技術が成熟するまでの間のサポートがあればと思います。

多面的な取り組みと人材育成

古澤 今まで2050年の目標を実現するためにというテーマでお話しいただいて、従来の延長線上にない非連続的なイノベーション、連携、ネットワークなどのキーワードが出てきましたが、それ以外に重要な視点はありますか。

市川 私はこの話を聞いて目から鱗だったんですが、今は、電気にしても、需要側は使いたいときに使って、供給側がそれに合わせて調整していますから、供給側が調整力を持っていないといけないわけですが、需要側がある程度供給側の変動に合わせて上手く使う仕組みを作れば、その必要はなくなります。例えば時間帯で電気の価格が変動すると、これから2時間後は電気が安くなるから使おうみたいなことになる。

古山 電気の取引をおこなっている日本卸電力取引所の市場で、例えば8月の夕方は40円/kWhという値段がつく。一方、5月の晴れた日の昼間は0.01円/kWhという値段しかなかった。価格連動型の契約をしている人は、電気が高い



古山通久氏

夕方は外に出るとか、電気の安いうちにエアコンで部屋を冷やしておくとか、需要側が調整するわけですね。

これからは環境価値も重要になると思います。例えば電気なら、電気そのもののエネルギーとしての価値は勿論ありますが、一方で、太陽光とか風力で作られた電気はCO₂を出していないので環境価値があるとみなされる。電力だけじゃなくて、熱の環境価値もあって、規模は小さいですが、バイオマスの熱に付随する環境価値の市場もあるんです。国も、CO₂などの温室効果ガスの排出削減量や吸収量をクレジットとして認証するJ-クレジット制度を進めています。環境価値市場が形成できるかどうか、これがこれからの挑戦だと思うんです。

古澤 熱、電力、ガス、色々な媒体に関して、環境価値市場をどう形成するか。確かに新たな視点ですね。

古山 電力の人たちはこういう話は5年以上前からずっとやっていますけれども、化学工学の分野だとなかなか出会わない話かもしれませんね。色んな分野から出てきている人たちが議論を戦わせるところでこそ、イノベーション

に繋がるような新しい視点を生み出せると思うんです。

村上 そういう場を作るのも学会の役目ですね。「イノベーション」というのは、経済用語で、元々の意味は「新結合」ですが、そういう場を作って、異業種、異分野の人を結合させる。専門性だけにこだわらないで、課題を解決するために、ほかの学科とか分野外にどんどん議論しに行つてほしいですね。

古山 学会も部会で縦割りになっているんで、部会合同で何かやるとか、そういうことを推奨する仕組みを作っているんです。

村上 結びつける仕組み。ちょっと意識かもしれないけど、スティーブ・ジョブズ氏の「創造性とは結びつけること」という言葉もありますから(笑)。

所 化学工学の素地がある方は、そういうポテンシャルを十分持っていると思うんです。

古澤 化学工学会というのは、広い範囲で様々な研究をしている方たちが発表する場ですので、機会を利用して、できるだけ別の分野の話の聞いたり、質問したり、別の分野の人と話をしてほしいと思います。

2050年に向けてGHG削減を継続していくためには、人材育成も重要な話だと思います。宇都宮大学では持続可能な開発目標(SDGs)の授業を開始しています。

市川 広島大学では、教養教育の中で、大学に入りたての1年生の興味を広げることを目的として、例えばエネルギーや資源のこととか、貧困を考えると、5つぐらい分野に分けて、文系も理系も分けずにおこなっている授業があります。

今の大学1年生、2年生は2000年ぐらいに生まれているので、2050年には50歳なんですね。2050年にはGHGの大幅削減を目標に掲げている、2050年にはあなた方は50歳だから人ごとじゃない、あなた方自身の問題としてちゃんと考えないといけないと言うと、文系、理系に関係なく、こういう問題は重要だと受け止めてくれています。

所 早稲田大学では内外の研究者を招いてSDGsについて勉強する「地球再生塾」という取り組みを定期的におこなっていて、一部の取り組みは講義化しています。意識の高い高校では、SDGs、環境・社会・ガバナンス(ESG)投資について授業で取り上げているようで、興味を持つ学生は増えています。

研究者・技術者の関わり方

古澤 最後に、2050年のGHG排出削減目標を達成するため、研究者や技術者がどのように考え、関わるべきかというところを自由にお話したいと思っています。

所 分離はエネルギーが掛かるので、やらないほうが

CO₂は出ない。けれども、環境問題というのは多岐にわたるので、CO₂問題だけではない。それをトータルで見て、バランスを考えて解決すべきで、CO₂だけを見ていると、地球環境の将来を見誤るんじゃないかと思うんです。作るほうも、処理するほうも、分離という基礎原理は共通している。その両者を上手く融合しながら両方で学べば、いわゆるイノベーションに繋がるんじゃないか。作るのに必要なエネルギーと再生に必要なエネルギーをライフサイクルで見ると必ずトータルで下がるところがあるので、視野をもう少し広げて考える必要があると思います。

古澤 ライフサイクルアセスメント(LCA)での分析は結構やられているわけですか。

所 処理プロセスではLCAは凄く重視します。基本的には環境負荷が下がらないと新たに導入する意味はない。鉄鋼は、LCAデータはかなり整備されて公表もされていますけれども、ほかの物質は複雑で難しいですね。

村上 ほかのマテリアルと歩調が合わないのが難しいです。本当は全部LCAがきちっとできないといけないのですが、そこまで追えるかどうか。大変な作業になります。

所 さっきの価値醸成にも繋がってくるかと思いますが、データ整備とインデックスづくりは非常に大事だと思います。中身は分からなくても、まずざっと素人が計算できるようにプラットフォームも整備されるべきだと思います。

古澤 先ほど村上さんから「ゼロカーボン・スチール」という言葉が出てきましたが、そういうグランドデザインを描くことは重要だと思いますね。

村上 将来的には化石系カーボン源を使わないで鉄鋼を供給していく、それを目指していこうというのがゼロカーボン・スチールの概念です。

古山 できるできないはともかく、グランドデザインをして目指す到達点を示す。どこに到達するのが分かっていると技術開発もやりやすい。すばらしい打ち出し方だと思います。

村上 ありがたいお言葉です。ビジョンとして出したものがいつの間にか目標になっているので大変です。

先ほど古澤先生も仰られたように、環境に優しいものはお金が掛かります。豊かさ、地球温暖化を防止して環境を守ることを両立させようと思ったら、みんなが経済的な負担とか不便を分かち合わなければいけない。発展途上国と先進国の生活水準の格差の問題もありますし、今までにない新しい発想で、豊かさや環境の問題を解決しなければいけないと思います。

研究開発をやっている方に意識してほしいのは、時間と場所と出口です。一般解を求める研究だけをやっていて、どうしてもイノベーションには行き着かない。具体的

に、どの地域で、どの場所で、いつごろそれが完成するか思い描いて研究開発をやってほしいと思います。

CO₂削減は環境問題でもあり同時に社会問題でもあるので、周辺状況を無視した技術開発はありません。化学工学の人はどちらかというと間口は広いと思いますが、それらを意識して、こんなのができれば世の中の役に立つなどと思って完成形を目指してほしいと思います。化学工学には大いに期待をしています。

関口 時間と場所と出口を意識することは、非常に重要ですね。加えて、革新的技術というものは、ある日、突然ぽつとできるわけではなく、常日頃からコツコツ取り組んでいる中から出てくるものですので、諦めないことも非常に大切です。弊社には、将来を一生懸命予想して始めた研究を続けきれなかったという経験も結構あります。あのときの技術を諦めずっておけばと悔やむのは、とても辛いことです。30年後、50年後にその技術が生きる可能性も考えた上で慎重に判断する必要があります。

併せて、研究を進めていく上では、研究者の役割分担と、それを統括するマネジャーの役割も重要と思います。研究には没頭するのが得意な人、広く周りを見るのが得意な人、様々います。研究に限られた話ではありませんが、人材を生かすも殺すもマネジャーに掛かっていると思います。

所 大学の研究者も役割分担が必要ですよ。今は論文数で業績が評価されて、コーディネイトが秀でていても全然評価されない。評価が画一的なんです。

古山 それが大学でイノベーションが生まれにくい要因の1つかもしれませんね。大学の中でローテクをやっても評価されない。でも、ローテクがイノベーションに繋がることもある。半導体のトランジスタは、補聴器から始まって様々な電子機器を変えた。補聴器という小さな市場から始まったわけです。国プロが大きくなると護送船団みたいになって、大きいところばかり狙いますけれども、小さいところは価値がないと切り捨ててはいけなと思います。

古澤 大学教員の1人としてよく分かりますね。研究費を獲得するためには流行に乗るしかなくて、ローテクを徹底的にやったところでお金が入ってくるわけではない。ローテクも重要であることはよく分かっているけれども、なかなか



古澤 毅氏

そこに舵を切れない。

古山 私も会社を作っていますが、視点は同じで、絶対大企業とは戦わない。市川先生も会社を作られています。ニッチなところを狙っていますよね。

市川 ニッチトップじゃなくてニッチボトムを目指す。薬品会社が作らない薬品を作ったり、誰もしないところを狙っています。

古山 市川先生はニッチなところのスマールビジネスをとっていくというやり方ですけども、いわゆるスタートアップで何百億を狙うところも、ニッチなところからスタートしないと勝てない。私に関わっている物質・材料研究機構認定のベンチャーも、当初は自動車とか太陽光向けの蓄電を狙っていたんですけども、今はウェアラブル機器の補助電源とか、小さい市場から入ろうとしています。

古澤 大学発のイノベーション、ベンチャー企業は会社を起こすときは、小さいところで技術を磨いて大きいところを狙うという戦略ですが、大企業はいかがですか。

村上 我々も昔色々な新規事業にトライしました。メインストリートの鉄鋼から派生して、鉄に近い近鉄事業、ちょっと離れた隔鉄、全然鉄と関係ない遠鉄という形で色々やりましたが、遠鉄は大体上手く行きませんでした。

ニーズがあるというだけでは、やっぱり1000のうち3つぐらいしか当たらないと思います。

古山 富士フィルムを見ていると、M&Aとかもやっているんでしょけれども、上手く会社の事業体を移し換えていますよね。

村上 日本のスタートアップは、自分で独立して、最後は株式上場まで行こうと考えています。シリコンバレーのスタートアップの多くは、会社を育てて儲かるようになったら、高額で売って、半分研究費を貰って全く違うことをやる。売ったら成功なんです。でも、これは日本人の気質とは合わないのでしょうか。

会社に就職しないで、最初から起業したいとか、最近の化学工学の方はスタートアップ志向はあるんですか。

古山 それは少ないと思います。

村上 独立する人を見ていると理・薬学部系や数理科学系が多い。機械系だとドローンとかロボティクスですね。化学工学というのは何となく工場のイメージで、エンジニアは育ちやすいけれども、資金なしにぽつと飛び出してスタートアップを作りにくいかなと思います。

古澤 ほかに人々と連携すれば会社を作れると思いますけれども、化学工学の人間が1人で作るのは無理じゃないですか。

古山 でも、1人で作っている例もありますよ。周りでスタートアップが増えて成功事例が出てくれば、自分も起業したいと考える人が出てくると思うんです。

いわゆる大学発スタートアップと言われてエネルギーで上場した企業は日本で1社、レノバだけだと思いますが、蓄電池のリユースの事業を始めているスタートアップも1社ありますし、東京大学発のエクセルギー・パワー・システムズは蓄電デバイスを欧州に売り込もうとしています。

ボストン、ケンブリッジでイノベーションのエコシステムを作ったケンブリッジ・イノベーション・センターが、2020年10月からスタートアップの集積拠点としてCIC Tokyoを開設する。注目している分野の1つが環境・エネルギーで、これからは環境・エネルギー関係のスタートアップの例が少しずつ出てくると思います。

それから、社会起業というやり方も出てきていますね。mymizuという会社は、給水スポットをアプリで探せるようにして街中で給水できるようにすることでペットボトルをなくそうとしており、ヨーロッパや日本でかなり大きなムーブメントを作ろうとしています。

村上 スタートアップから出てきた革新的技術を最後世の中に実装していくときは、大企業の力が有効だと思います。例えばスタートアップの技術を、今ある企業の社会的基盤を使って世の中に実装して、社会的問題を解決していくような。

古山 スタートアップの人たちは経験が浅い人が多いので、ニーズが見えにくい。大企業側が、こういうニーズがあるよと表に出すと、スタートアップの人たちもやりやすくなるんじゃないですか。

市川 今求められているのはCO₂削減で、CO₂を排出している化石燃料をどう代替していくかということを考えたときに、やっぱり再エネしかない。再エネにも色々種類がありますが、それが変動するから困っている。

それを解決するためには、これはかなりソフト的な部分

ですが、再エネを、変動しにくい価値の高い部分と、変動する価値の低い部分に分けて、変動しにくい部分はシステムで上手く利用して、変動する価値の低い部分は上手く集めて融通させる必要があります。そのためには、変動部分を上手く集める技術開発をすると共に、変動部分を予測して需要側で制御しなければならない。

これにはソフト的な部分とハードを上手くマッチングすることが必要で、例えばビッグデータを扱う情報科学系の人たちとの連携が必要だと思います。変動部分は捨てたほうが得だという話も出ていますが、そういう連携の中から解決方法が見出せるかもしれません。

古山 違う分野の人と意見を戦わせてアイデアを結合していく、そこが鍵ですね。ただ、そのときに前提を共有することは必要でしょうね。2050年にGHG 80%削減を実現させるためにどういう可能性があるか考えている人と、80%削減なんて無理でしょうと考えている人では議論が噛み合わない。

村上 日本は人口が多くないので、この中でCO₂を減らしても、地球全体で見れば大きな効果は期待できません。日本は、環境価値を技術価値に置き換えて、それを世界に広げるという視点が大事だと思います。日本で生まれた技術が世界のCO₂を変えたら、影響力は大きいですね。そういう力は日本の学術界も産業界もあると思います。

古山 日本の自動車産業が強いのは、排ガス規制と戦って打ち勝ってきたからなんですね。CO₂も同じで、CO₂規制と戦って打ち勝っていけば日本の技術が世界に売れていく、そういう視点が重要だということですね。

古澤 逆境に強い国民性のような気がします。それにプラスして、国民全体に共有したCO₂削減に関する通念的なものを定着させなきゃいけないと思います。



古山 今の学生は、環境に貢献する会社に入りたいとか、そういうところは重視するようになってきていますので、これから変わっていくと思います。

古澤 CO₂削減に関与して作ったものは費用が高いのので、当然値段が高くなる。それでも買ってくれるようなマインドを一般の人が持ってくれると良いんですけども。

古山 新電力系は、場合によってはもう既に旧一般電気事業者より安い価格で調達している。だから、環境だけど安いという世界が来始めてはいるんです。必ずしも今の常識に縛られない社会が来ると思います。

古澤 GHGの大幅削減を実現するのは簡単ではないですが、異分野連携による新しいイノベーションの開発、法整備を含む地域と都市との繋がり構築、エネルギー需給の在り方の模索、国民全体の意識の涵養によるライフスタイルの変化など、様々なことがポイントになりそうです。逆境に強い国民性に期待して、目標達成に向けて前向きに頑張りましょう。本日はありがとうございました。

(了)

〈パネラー〉

所 千晴氏(早稲田大学理工学術院 教授)

関口未散氏(三井化学(株)研究開発企画管理部 副部長)

村上英樹氏(日本製鉄(株) フェロー)

市川貴之氏(広島大学大学院先進理工系科学研究科 教授)

〈司会〉

古澤 毅氏(宇都宮大学 大学院地域創生科学研究科 准教授)

〈モデレーター〉

古山通久氏(信州大学先鋭材料研究所 教授/(株)X-Scientia 代表取締役など)

〈オブザーバー〉

遠藤 肇氏(三井化学(株)生産・技術企画部)

於：2020年9月7日(月)ホテルサンシャイン宇都宮会議室
(本座談会は菅首相が2050年排出実質ゼロを宣言する以前におこなわれたものです)

SCE・Net コーナー

プロセス設計におけるマニュアル化の懸念

私が千代田化工建設に入社した当時、1970年、その時代には、プロセス設計のためのコンピュータ化も殆ど進んでおらず、ASPENやPRO/IIなどに代表されるフローシートシミュレータなど勿論なく、プログラムは単発のものであった。これを、IBM370の大型計算機に対してインプットカードをパンチマシンで作成し、電算機チームに伝表を書いて依頼する。そして、1日1度流せれば良いほうであった。プロセス計算は計算機からのアウトプットにとらめっこしながら、手計算でフォローアップするような時代であった。したがって、石油精製プロセスでいえばNelson、熱交換器設計でいえばKern、PerryのHandbook、そして社内の設計図書などを参考にして主に手計算、手書きで設計したものである。計算式やチャート、図表などにすがりながら、計算尺とソロバンなどで頑張った時代である。自ずと複雑な計算を避けたが、それでも計算に明け暮れた日々であった。その結果、計算の間違いなどもすぐ分かるようになり数字の妥当性、感度、有効桁数などについて自然と身に付いていった。その頃の顧客は、コンピュータからのアウトプット結果を大変信用しており、手計算結果はあまり信用しないという風潮があった。そのため、わざわざ手計算結果を印字のためだけにコンピュータアウトプットを作ったという、今では笑い話になるようなこともあった。

最近のプロセス設計に対する懸念

プロセス設計の大部分はマニュアル化が図られ、少し経験のあるエンジニアであれば、マニュアルに基づけばプロセス大部分の設計が可能となっている。したがって、あまり細かな検討をしなくても、あるいは知識がなくてもマニュアルに沿って計算をしていけばかなり高度な設計が可能となっている。さらに、コンピュータソフトウェアによりそのマニュアルさえも必要でなくなっている。見やすいグラフィックユーザーインターフェイスのガイダンスに従って入力をしていけば即座に答えが得られるのが昨今ではないだろうか。これは30数年前のことになるが、当時の小職の上司いわく“化学工学はコンピュータの中に消えてしまった”。当時でも懸念されていたことであるが、今日ではこの傾向がさらに助長されてしまっている。

現在のコンピュータベースの設計では一つ一つの設計精度は格段に向上されたものの、結果の妥当性、他との整合性はエンジニアの判断による。経験豊富なエンジニアには判断は容易であろうが、あまり経験のないエンジニアには難しい判断を迫られることが多い。こうした懸念を持つのは私だけであろうか。

(SCE・Net エネルギー研究会 八木 宏)