

パネルディスカッション

知財フェスタ in おおさか

「～夢の技術を現実に～人工光合成技術を 中小企業の未来資源に！」

日本弁理士会 近畿支部

本年度、日本弁理士会近畿支部主催により、「人工光合成」技術をテーマとしたフェスタを開催いたしました。内容の濃い、非常に有意義なフェスタでしたので、その一端であるパネルディスカッションの内容をご紹介します。

(パネリスト)

大学共同利用機関法人分子化学研究所 教授 田中 晃二
前奈良先端科学技術大学院大学 教授 小夫家芳明
東京理科大学 教授 荒川 裕則
中小企業アドバイザー 吉田 悟

(コーディネーター)

日本弁理士会近畿支部支部長 矢野壽一郎

(開催日：平成 19 年 11 月 10 日)

(開催場所：たかつガーデン「たかつの間」)

.....
【司会】 それでは、ただいまから「～夢の技術を現実に～人工光合成技術を中小企業の未来資源に！」をテーマとしたパネルディスカッションを行います。

まず初めにコーディネーター及びパネリストの皆様方をご紹介します。コーディネーター矢野寿一郎様。

続いて、パネリストの皆様、先ほどご講演をいただきました3名の先生方、田中晃二様、小夫家芳明様、荒川裕則様、そして、中小企業アドバイザー吉田悟様に加わっていただきまして、以上の皆様をお願いいたします。

はじめに

それでは、矢野支部長、お願いいたします。

【矢野】 パネルディスカッションに入りたいと思います。まず最初に、私は既に挨拶いたしました。まだあいさつしておられません中小企業アドバイザーの吉田さんに自己紹介、それから今日、ここまで聞いていただいた感想等を二、三分間お願いしたいと思います。よろしくお願いいたします。

【吉田】 吉田でございます。現在、大阪の中百舌鳥にあります堺市と中小企業基盤整備機構がつくりましたインキュベーション施設で、ベンチャー企業や中小企業の産

学連携を支援しております。よろしくお願いいたします。

三人の先生方のご講演を聞かせていただきまして、感想からということですが、それぞれ素晴らしい夢の技術でございますが、私は2つの観点で今回のテーマはすごく意義があると考えております。一つは、何回も先生方がおっしゃっております、基本的に太陽光を使うということ。ちょっとお話に出てました、例えばメジャーのブリティッシュ・ペトロリアム。今はもう実はペトロリアムとは言いません。正式な名前は、ビヨンド・ペトロリアム。ペトロリアムの次をねらっている会社という名前に既に変えまして、PVを販売している会社でございます。その太陽光というのが一つがエコと。

2つ目は当然、今回のメインテーマでございます光合成でございます。光合成は何で偉いかというと、実は微生物が偉い。2億年前から彼らはそういうメカニズムをつくって生き長らえてきたんですね。それを一生懸命まねしてきている。そういう意味では太陽光を利用する。2つ目が2億年前からの微生物を利用するメカニズムであるということで、今回はすごく注目しました。

ちょっと雑駁になりましたが、聞かせていただきましてすごく夢のある技術と思っております。以上でございます。

持論

【矢野】 それでは、パネルディスカッションに入っていきたいと思うんですが、私は、今回の講演会に入る前に先生方に何度も質問の内容をいろいろお願いしております。先生方のほうはそれに対する回答を用意していただきまして、私が聞きたいような質問の内容については、全部、先ほどまでの講演の中に入れていただいております。それらの質問のほうはちょっと置いておきまして、まず一番わかりにくかった点から先生方にお聞きしたいと思っております。

これだけいい技術でありまして、皆さん、聞いてい

ただいてよくわかったと思うんです。居眠りもせずしっかりと3時間も聞いていただいた。こんなおもしろい技術であるのに、何で新聞、NHK等テレビ等で取り上げられていないのか。日本で機運が盛り上がらないのか。そのところを順番に個人的に先生方にお聞きしたいと思います。田中先生からお願いいたします。

【田中】 本日は、エネルギーの理想論を言わせていただいたんですけども、例えば今、我々が行っている研究では、アルカリを加えたメタノールと酸を加えたメタノールに、それぞれ電極を入れ、酸の方の電極に空気をブクブクと吹き込むと、二つの電極の間には電気が流れます。ところが、同じpHにしないとほんとうの意味での電池にならないんです。同じpHで行うことが可能となれば、メタノールの酸化による電流は流れ続けるはずなんです。現在、酸素の4電子還元、非常に大きなバリエーションがあります。もし、この問題は解決できれば、エネルギー生産の考え方が一新すると思います。何回も言いますが、草を刈り取り、ジェネレーターを使って水に溶ける形にすれば、発電が可能となるはずなんです。そこまで化学が発達するには、かなりの時間がかかると思います。

私が気にしていることは、アメリカが本気で化学エネルギー変換を行い出すと、桁違いの研究資金と人材を投入しますから、一研究者として大変なんです。先程、少し述べましたが、アメリカが名づけてくれたタナカ触媒による酸素発生が、日本で注目されずにアメリカで注目されているというのは、逆に寂しいですね。日本では、水素生成のみが重要視されていますが、アメリカでは、水を分解するには水素発生よりも酸素発生の方が、はるかに困難であるとの認識で、酸素発生の研究に資金をつぎ込みだしました。物事の本質を見抜く奥深さに、日米の差を感じております。今日、お話された荒川先生、ほんとうは水素発生よりも酸素発生に苦勞されているはずなんです。日本は水素だ水素だと言うんですけども、水の分解は水素発生と酸素発生の両方が必要ですね。だからマスコミの方々、一つ奥に入った議論をして頂きたいです。

【矢野】 では、小夫家先生。持論をお願いします。

【小夫家】 なぜマスコミに取り上げられないかというご質問だと思いますが、世界の研究者はこの分野にもすごくたくさん参加しています。ほんとうに熱気があると思っています。なぜかというのはちょっとよくはわかりませんが、いわゆる理数、サイエンスの記事に対する日本の読者の受けとめ方が非常に鈍い

んだと思うんです。新聞記事にしてもあまり注目されない。そここのところはやはり難しいということで、どうしても敬遠される。今日もいろいろな化学式が出てくると、ここに来られた方はそういうことに興味があって来られたのだらうとは思いますが、一般の読者というのはなかなかついていけないところがあるので、そういうことじゃないかと思われま。ただ、ノーベル賞が出ましたように、地球環境問題の大事さということはだんだん理解されてきていますので、それを解決するおそらく理想的な解というのは、こういったエネルギーを利用する以外にはないと思いますので、それは時間の問題じゃないかと思いますが。

矢野さんはあまり知らないんじゃないかとおっしゃられますけれども、そうでもないのではないかと私は思っているんですけども。

【矢野】 荒川先生、お願いします。

【荒川】 私は先ほど申し上げたように工学部ということなので、何とかしてシステムをとる観点から研究をやっていますけれども、光触媒・水分解の研究は日本は非常に活発ですよ。特に触媒学会・電気化学会のところはかなり活発。時々新聞なんか私の例なんか何度か紹介されましたが、ペリオディカルで紹介されています。

日本は資源がない国ですので、やはりそこを何とかというのはほかの国に比べて強いんじゃないかと思えます。やはり難しいですよ。一言で言えば、先ほど申し上げたように1973年にオイルショックがあって、その後太陽光エネルギー利用技術開発がありました。田中先生もそのころからやっておられると思いますが、文部省もかなり精力的にその研究をサポートしたんです。だけどやはりなかなか効率が上がらない。サイエンティフィックにはいいんですけども効率が上がらないというところがありました。その典型的な例は本田・藤島効果の藤島先生ですよ。藤島先生はルチルの単結晶で水を分解するということを見出されましたけれども、その後、チタニアで水を分解することはとても大変だと環境触媒のところに展開されています。それはやはり計算されて、フォトンエネルギーで水を分解するのはとても大変なことで、とてもできっこないという判断だと思います。どれぐらいの、例えば、10年、20年の中でやるかということがありますが、しかしやはりそこはチャレンジしなければなりませんし、日本の研究者は非常に、研究者数、研究のクオリティーに関しては世界的に見てもトップ

だと思えますね。ですから、そんなに注目されていないわけではなくて、研究はやられているけれども実用化を考慮するところまではなかなか難しい。

それはなぜかと先ほど申し上げたつもりなんですが、一つは光を吸収する材料がなかった。有機がありますが、有機はやはり弱いんですよね。分解してしまう。従って、我々は無機半導体、無機半導体でも特に金属半導体は高いですし、さらに酸化物半導体、これは大気中安定ですから安いんですよね。シリコンは大気中を持ってくると表面酸化されてしまいますよね。だから、無機の酸化物半導体でどうやって光を吸収させるか。光を吸収するだけだとまだいいんですけども、先ほど紹介した水を酸化し還元するエネルギーレベルにマッチングした半導体を設計するということではなかなか難しい。私も古い人間になるんですけども、やはり手探りといいたいまいしょうか、実験化学だったんです。だけど、最近はコンピューターケミストリーということで、軌道計算ができるようになったので、どういうエネルギー状態、どういう元素であればバンドギャップ、あるいはバンド構造が制御できるかということが少しずつわかってきていると思えますね。

そういう意味では、まだこれから可能性は十分あると思えます。やはり科学者にとってはドリーム・リアクションなんですよ。究極の反応なんですよ。ですから、ノーベル賞でも光合成の構造を決定されて何人ももらっていらっしゃるぐらいですから、それだけでもすごいことなんですよ。

【吉田】 少しでもよろしいですか。ビジネス的には水素発生というのが前に出ますと、実はこれはエネルギー産業の話なんですよ。もちろん合成原材料に間違いなくなるんですけども、その世界がビジネス的に見ましたら、マスの世界なんです。いかに大量に処理して、いかに大量に技術開発して、初めていわゆる事業化になる世界なんで、実は燃料電池を初めやっていたのは100キロワットであり、3,000キロワットをやり、5,000キロワットをやったんですよ。結果として、最終的に車に乗せよう、いや、家庭用にしよう、という状況になったんですよ。

今回の人工光合成も、いわゆる最終的にねらいたいのは多分、エネルギーであり、原材料の世界やけど、実はおもしろい用途絡み、用途をうまく絡めたらもっと成果も出るし、注目されるみたいな気はするんですよ。例えば燃料電池は多分、最終的にはポータブル系でまずは実用化になると考えたんです。同じようなこ

とがこの世界にある間違いなく技術的に難しい。ただしその世界ではすごく注目されている。アクティビティーも高い。ただ、少し事業化のところで企業さんがもうちょっと乗ってきたらおもしろい。乗ってくる中身はエネルギーでも原材料でもなく、もうちょっと違うユビキタスエネルギーとか、ユビキタスマテリアルの世界で何か乗ればおもしろいのではないかと私は考えております。

世界の中の日本のレベル

【矢野】 次の質問に入りたいと思うんですが、世界的に今、ドイツもアメリカもやっていたらという事は聞いたんですが、日本がどの程度のレベルなのか。日本はトップクラスを走っているのか。またはアメリカのほうが先に行っているのか。ドイツが先に行っているのか。次にノーベル賞が出るとしたら日本からも可能性があるのか、その辺のところ、田中先生から何か。

【田中】 私は、触媒が溶液に溶けている状態で、原子1個のレベルでのメタノール酸化、二酸化炭素還元、酸素発生に関する研究を行っております。荒川先生は個体触媒の世界のエースの一人なんですけれども、我々の研究分野は反応機構を非常に重んじる世界で、正直言って、世界的に私の分野の人は非常に少ないです。均一系の触媒でアルコールをつぶして、発電することが可能と思っている人はあまりいないと思います。ただ、私は、個々の反応の機構を一つずつ、きっちり理解していけば、持続可能な社会に結びつける反応は、必ず見つかると思っております。将来的なエネルギー変換に関する我々の研究レベルは決して低くないと思っております。

【矢野】 小夫家先生、お願いします。

【小夫家】 講演でお話ししましたように、日本の太陽電池の生産量、累積、幾らですかね。実際に使っている量は現在、世界一ですね。ですから、太陽光発電という観点では日本はトップを走っている。私たちの領域の有機色素を使う太陽電池というのは、これは91年にグレッツェル、スイスですけども、ローザンヌ大学の方が発表されました。荒川先生はその辺の系をさらに発展されておられますけれども、そういう色素を使う太陽電池が今年ですか、去年ですか、特許が切れる段階に来ています。その問題点は、ヨウ素を溶液として使うことなんですよ。だから、その溶液系から完全固体系に持っていこうとしますと効率が落ちる

んですよ。10%以上あった太陽光を使った増感の効率が、これも測定者によってパーセントが違いますので確かなことは言えませんけれども、6, 7%程度。シリコンのpn接合を有機系に持っていた系は今のところ、どのあたりでしょうかね。ノーベル賞を取ったヒーガーたちのデータが出ていますが、5%とか6%。これをとりあえず10%にまで上げようというのが有機系の現状ですね。

日本は世界的に見てどういうレベルかといいますと、日本の研究者の数も質も非常に高いです。ですから、トップクラスを走っているのは間違いありません。ただ、ノーベル賞学者がどこから出るかというのは、技術は連続的なものではありませんので、ある意味、天才が出てきたところがノーベル賞を取るということだと思います。ただ、日本は十分に資格があると思います。

【荒川】先ほど申し上げましたけれども、光触媒水素製造については日本はトップクラスである。やはりヨーロッパや米国でも、例えばアメリカだとカルテックやスタンフォード、いい大学にはちゃんと基礎的な研究をやっているところがありますね。ヨーロッパではやはり先ほどもご紹介があったEPFLのグレッツェルはもともと光触媒をやっていたんですね。私と非常に似ているんですけども、それで色素増感 dye-sensitized, これはもう写真の原理なんですけれども、に展開しているということです。ですから、光触媒については日本はトップレベルで、世界的には基礎研究を大学でやっている。アメリカだと、やはり国立研究所で少数ながらそういう水分解をバイオプロセスも含めてやっているところはあります。ただ、量は非常に少ない。日本は研究者、クオリティーとも今、トップだろうと思います。

色素増感太陽電池についても小夫家先生からご紹介があり、例えば特許申請を見ていただいたらわかると思いますけれども、日本は圧倒的です。色素増感太陽電池については日本はナンバーワンですね。ポリマー太陽電池は逆に欧米が強いんじゃないかと思えますね。私が日本で色素増感太陽電池をやり始めたころ、私と大阪大学に柳田先生という先生だけでした。それをやはりいろいろ同志を巻き込みながらというのは変ですが、今はものすごく隆盛になってきて、隆盛になってくると今度はいつ実用化できるかということがあります。またうまくできなかつたら、さっと引いてしまうところが非常に心配でして、何とか数年内に市場にだすに至らなくても、ニッチ市場というかモバイルの電

源ぐらいに出てくるようなことがないと、技術的なポテンシャルを保つのは難しいのかなと思っています。

話を戻しますと、色素増感太陽電池についても日本はグレッツェル、EPFL、スイスと劣らないくらい非常にレベルが高いと思いますね。

【吉田】日本は間違いなく強いと思います。現実的にIEAのアネックス21にはバイオ・ハイトロジェンというて、もうちょっと微生物系で、もうちょっと基礎的なところのフォーラムが立ち上がっているんですけども、その4つの分科会の2つは日本の方が座長をやっております。そやから、日本のポテンシャルは間違いなく。ただ、私は大阪で生まれて大阪でずっと育っていますが、大阪のPVのメーカーはめちゃ多い。燃料電池に着手していたメーカーもめちゃ多い。ただし、今日の先生方は実は奈良先、京大以外は東京と名古屋からお越しいただいたのはちょっとつらいんで、やはり大阪で結集という意味ではもうちょっと頑張らなアカんの、と思っております。以上です。

中小企業の関与

【矢野】次の質問ですけれども、我々のこの会は中小企業キャラバンというのをやっています、中小企業は、新たにこの人工光合成の技術で、会社の業績を上げることができないかということを大きなテーマにしております。今日、荒川先生の試験設備を見せていただきまして、これは簡単だな、これぐらいだったら、私でもできるなというぐらいな試験設備であると教えていただきました。ですが、いろいろと特許の件もあると思います。グレッツェルもありますし、本田・藤島、あるかもしれませんが、荒川先生の特許ももうたくさん取れてどこかに権利供与しているかもしれませんし、中小企業が、出て行ける可能性が特許の面から、またその他の技術開発の面からあるのかどうかということをお聞きしたいと思います。順番に田中先生からお願いします。

【田中】特許となると大変なんですけれども、間違いなく言えることは、白金に代わって酸素を4電子還元しうる触媒をつくれれば世の中のエネルギー事業は一変すると思います。現状の燃料電池が、厳しい状況なのは、白金を使って酸素を水に還元する際に、熱力学の半分程度しかエネルギーを得られないんです。効率が悪いんです。エネルギーレベルを無視して酸素を還元しても全く意味がないので、その分野に公的な金をつぎ込むべきだと思います。我々の体の中では、鉄と銅

を含んだタンパクが、酸素還元を行っているんですけども、これらの機能が人工的に再現できるはずなんです。白金の資源量と、その効率を考えると、現状の技術では、燃料電池の普及が絵に描いた餅になる可能性があります。もう少し具体的に言いますと、熱力学的には+1.2ボルトぐらいで酸素は水に還元されますけれど、燃料電池では電極を60-80度程度で可燃して、+600ミリボルトぐらいで酸素を水に還元しております。生命は食物を水をつかって酸化することで、電子とプロトンを取り出し、最終的に両者を酸素還元を用いてエネルギー生産を行っております（酸素呼吸）。我々が持続性社会を形成しうるかどうかは、そのようなエネルギーシステムが化学的に構築可能かどうかにかかっていると思います。現状の燃料電池のシステムは、水素とメタノールまでしか考慮されておられません、まだだれも気がついていないのですが、食物すべてが発電材料になり得る方法論ができればエネルギー事情は一変すると思います。

【小夫家】 私たちは有機の系をやっていますので、一番大事なのは活性層というのか、色素から、色素の電子を出すところと電子を受け取るところの組み合わせなんですね。それは素材的にはもうありとあらゆる可能性があります。ですから、素材メーカーさんにとっては非常におもしろい研究対象であると思いますので、将来の技術を展開するという意味ではぜひともご協力をいただきたいと思うんです。

新しい色素の合成、それは有機に限らず無機の、例えばチタンを使っていますけれども、チタン以外の材料、いかにしてポーラスな材料をつくるか、伝導性をいかにして上げるか、反対側のホール輸送材をどういうふうに何からつくるか、その性能を上げるにはどうしたらいいか。このあたりはもう別に大小を問いませんので、そういった性能をアップするための研究は絶対的に必要です。有機系の色素はまだまだ性能が低うございます。ということは、逆に言えばすばらしい材料が出てくる可能性があると思います。そういった素材メーカー以外にも、それをシステム化するところ、あるいは分析・評価に興味がある企業さん、今日はスライドを用意していたんですけども飛ばしちゃいましたので、単に光を当てて電流を測るという以外に、そういったものがいかに均質に塗れるかとか、あるいはほんとうに塗れているかどうか。微少部位の電流測定を、例えばレーザー光を使って測定をするとか、いろいろな技術の総合技術なんですね。ですから、その

あたりにぜひとも研究に興味を持っていただいて、ご協力いただければ私たちとしては大変ありがたいと思いますし、日本の将来にとって非常に大事なことだと思います。

大阪はいろいろな業種、中小企業の方が多くあり、業種的にも、人数的にも非常に多うございますので、ぜひともそういったところにご理解をいただきたいと私自身、思っていますけれども。

【矢野】 荒川先生。

【荒川】 大学の研究室は小企業ですからね。(笑) すべて全部、自分たちでやらなきゃいけないという色彩が強いので、大いに可能性があると思いますね。今、小夫家先生が言われたように、光触媒水素製造については材料、システム、そういうものをゼロからやるのもよし、自分たちの得意技術、あるいは得意材料を利用していくというアプローチも当然あり得るので、大いに可能性はあると思います。

私自身はずっと触媒をやってきていますんで、触媒というのはやはり企業の方もよくその人の直感だと言いますよね。理論じゃなくて、とにかく見つけるのがうまい人は何をやらせてもうまいというのがいるらしいんですよ。私もそう思いますんで、幾らコンピューターケミストリーで理論的に解析しても、コンピューター、理論解析からものが生まれたかということ残念ながら今でも生まれていないんですよ。やはりその人の熟練技術というか経験で、これはひょっとしたらいいんじゃないかということでもいいものが生まれてくると。私なんか触媒はもう100, 200, 300つくって、全部、テストしてやっているわけです。そういう意味においては大いに可能性はあると思います。

【吉田】 企業側の立場から言いまして、参入機会はいっぱいあると思うんですね。といいますのは、今の大企業さんは基礎研究はやりません。中小企業さんはもともとやらなかった。目先の研究しかやらないんですが、ただし、ここまで夢がある先の基礎研究とすれば、大学との連携という形では十分やり得る。そこは設備じゃありませんので、基礎研究のレベルは大学の共同研究の費用もそうかかりません。大学は十分、一緒に連携できます。そうですね。間違いなくできる。そのときに、企業さんの強みさえあれば、強みさえ、こっだけ。例えばほんまにアンテナ、コード、物理的な光をうまく集光するアンテナだけでもいいんですよ。そこはまだできていないんですよ。そういうだけでも、いろいろな意味で企業さんがちょっと強みを持てれば

今のレベルやったら十分組める。それがデバイス化になって、大きなシステムを量産になったら大企業の資本に負けちゃうんですけれども、今の段階ではあえて十分組める。

まして、今の動きは産学連携というコンセプト。連携対応となると、公的な研究開発資金は取りやすい。一部、科技厅、JST 関係はまだまだ大学単独もありますが、場合によったら企業の名前を出さないと申請できない制度もあります。

特許に関して

【矢野】 次の質問ですけれども、小夫家先生と荒川先生、特許出願されておりますのですが、その特許はもう特許査定になったのか、それとも捨てたのか、まだあるのか、どこかに専用実施権を渡しているのか、それともこれから中小企業にこの権利を使わせてくれと言われたら使わせる、例えば荒川先生のタンデム構造の技術について、先ほどおっしゃったように、中小企業がやれるのかどうか、その辺をちょっとお教えいただけますか。

【小夫家】 私は幾つか特許を持っていますけれども、ご紹介しましたように天然の光合成をいかに真似るかという観点から入っていますので、いきなり産業化というわけではない。そういう意味では、非常に長期のスタンスの特許なんです。いわゆるアンテナにかなり特化しています。アンテナのポイントは励起子をどれだけの距離、運ぶことができるかということですが、そういう意味では私たちのシステムはすごくいい特許なんです。

こういった太陽電池の系は、また電子とかホールをうまく輸送するシステムが必要ですが、これは分子エレクトロニクスと大変関係があるんですね。FETであるとか、そういったものをつながる特許を持っていて、もしご興味があればまだ生きておりますので、もしご使用になるのならどうぞ、ご相談いただければ結構でございます。

【矢野】 荒川先生。

【荒川】 矢野さんから言われて急遽、私、自分の特許化されたのが幾つあるかなと産総研に問い合わせましたら、一応 80 あると言うんですね。最初は水の分解特許、炭酸ガスの接触水素化、色素増感太陽電池系です。購入されたのは 1 件だけで寂しい限りなんですけれども、やはり基本、その特許を買ってすぐ実用化というレベルじゃないんですね。例えば可視光で初め

て水を分解したとか、太陽光で初めて水を分解したとか、そういうレベルなので、それをそのまま買って実用化までいくようなレベルではないんです。ですから、それをもとにリファインする、あるいはそれをちょっと違った観点から利用できるということはあり得ると思いますので、私がかもうかるんじゃないかと産総研がかもうかるんじゃないかと思いますが、ぜひコンタクトしていただければですね。

例えば先ほどご紹介したチタニアに炭酸塩を入れてほうっておくと水が分解して酸素と水素が出るというのがあるんですね。あれ、できるんじゃないかなと思っているんですけれども、やはりそこを細かくやる余裕がないものですから、先ほど吉田さんがおっしゃったように、やはりお互いできるところを出し合って、深めていくという方法がいいのではないかなという気はします。そういう意味では、ぜひアプローチしていただければありがたいと思います。

政策的なもの

【矢野】 次の政策的なもの。先ほど申しましたように、安倍晋三前首相の、『美しい国への誘い 50 項目の提言』がありました。その前にも、安倍前首相の時の高市早苗特命大臣の『イノベーション 25』の提言がありました。しかし、その中で人工光合成技術については、しっかりと書かれてないんですね。炭酸ガスで走る自動車とか何か書いてあったと思うんですけども。このように、行政を行う人の立場や、即ち、内閣府の人の立場では、あまり『人工光合成の技術』についてはあまり知られていないのではないかと思うんですね。ここをどう変えたらいいか。炭酸ガスで走る自動車というのはあり得ないと思うんです。それから、NEDO のほうもあると思うんですが、政策、奨励金じゃなくて研究に対する補助金。そういうものは十分に人工光合成に対して回しているのかどうか。その辺のところをちょっと田中先生からお聞きしたいんですが。

【田中】 分子科学研究所というのは、基礎学問を行うことを目的としておりますので、例えば企業の協力が必要な研究分野での、外部資金には応募しがたいのが実情です。私、地球環境産業技術研究機構 (RITE) の創設の際には炭酸ガスの問題で少しお手伝いしたんですけれども、私のように基礎学問的な研究では、実用面が前面に出たプロジェクト研究に資金援助の応募することに躊躇しております。私が今、科学研究費で

研究を行っておりますけれども、JSTのプロジェクト研究で大型資金を頂いたことは御座いますが、JSTが公募するプロジェクトと我々の研究分野が、合致することが必要ですが、必ずしも一致する訳ではありません。私の場合、企業の方々との接点が少ないですが、資源・環境・エネルギー問題に関しては、今後、我々が社会に対して、新たな方法論を提案することを期待してやっているだけです。

何度も申しますけれども、現状の酸素還元の間値は、核融合での入力エネルギーと出力エネルギーとの関係に匹敵する非常に大きな内容を含んでおります。現状の化学反応はエネルギーを消費して反応を行っております。我々の体中では全てのエネルギー供給を有機物（食料）酸化と酸素還元の組み合わせによるエネルギー生産（燃料電池）に頼っております。一方、そのエネルギーシステムを化学的に作り出す条件が、あの間値に集約されているのです。私は研究グループは零細以下ですから、酸素還元反応の開発にとっても踏み込めませんが、酸素の還元触媒および有機物の酸化触媒の開発で、あの間値を大幅に越える反応系がいつか来るだろうと期待しております。そのときの波及効果は想像を絶すると思います。

【小夫家】 NEDO はもともと国のエネルギー政策を担う組織ですから、ちょっと駆け足で行ってしまいましたので見づらかったかもしれないですけども、国はエネルギーのプロジェクトに対しては随分たくさんお金を出していると思っています。基本的には産業界が主ですけども、有機太陽電池とか色素増感の太陽電池もその中に入っています。結晶のシリコン、薄膜のシリコン、化合物系と並んで大きな柱だと思っています。金額についてはちょっと存じ上げませんが、荒川さんがおそらくご存じじゃないかと思いますが、かなりの額が定期的に計画されて出ていると思います。

【荒川】 私は先ほどご紹介した通産省で28年、研究をやっており、その途中で研究の行政官もやったことがあるのでよく知ってますけれども、通産省はやはり国策的に日本はエネルギー資源小国ということで、かなりエネルギー技術開発についてはサポートしてきているんですよ。皆さん、ご承知だと思います。サンシャインプロジェクトという名前を聞かれたことがあると思うんですけども、30年来、太陽光発電の研究開発をサポートしているんです。シャープの方がいらっしやったら失礼なんですけれども、シャープが現在

あるのは、国策的に研究開発費を30年間投資した成果なわけですね。それは新エネルギーです。それから、省エネルギーではムーンライト計画というのがありました。ごみをどうやってやるかとか、そういうのも。今はムーンライトはないんですけども、そういうことでエネルギー技術開発にはかなり通産省がやってきている。

今の水素に関しましては、皆さん、ご存じかもしれない。WE-NETというプロジェクトを10年やっているんですね。ワールド・エナジー・ネットワークという、それは何かというと、海外のエネルギーソースがあるところを水素に変えて、水素を日本に輸送しよう。これは先ほどもちょっと矢野さんと話したんですが、WE-NETの技術会社は水素関連技術なんです何がやったかということ、水素エンジンと水素キャリア、移動体、貯蔵、移送なんです。水素をつくることをやっていないんですよ。

私は前から、やはり水素エネルギーは基本的にCO₂をエミッションしない技術なので、水と再生可能エネルギーから水素をつくる研究活動をやるべきだという話をしているんですが、そこはやはりまだ基礎的な技術ということで、国研レベルでの非常に小さい予算がでているという状況だと思います。WE-NETが終わった後、燃料電池のプロジェクトがスタートしているわけですね。その中においても水素をどうやってつくるかということがほとんどさわられていない。ですから、やはりそこをもう少しいろいろな産業レベル、中小企業レベルから必要だということをもうちょっと声を大きくして、技術の本質は何かということをもう少し声を大きくしていかないと、どうしてもやはり大企業マターになってしまうというのがありますよね。

もう一つは、炭酸ガスの接触水素化というお話がありましたけれども、実はあれは国家プロジェクトになったんです。RITEという研究所、先ほどお話がありましたけれども、そこで炭酸ガスを接触水素化することによってメタノールを合成するプロセスというのは10年やったんですね。ですから、炭酸ガスを有用資源にするという技術は多分確立されているんですよ。私の場合はエタノールに限ってやっていましたけれども。ですから、あとはやはり水素をどうやって水と再生可能エネルギーからつくるかということをや、私は国家プロジェクトでやっていただきたいな。私一人じゃとても微力なので、声を、いろいろな方々からこれは必要だねという話をやっていただければ、多分国

のプロジェクトになるんじゃないかと思っております。

【吉田】 全く同感なんであまり議論にならないかもわかりませんが、先ほど言いましたように、エネルギーは戦略的であり、国際的であり、地域型でありますので、やはり日本がもっと頑張らなあかんという意味では基礎研究の水素はもっと頑張りたいところなんですけど、逆にもうちょっと民間型の資金を集めるいう手も要るのかなと思っております。研究開発は基本的に人と金さえかければ、もちろん基礎研究のところは先ほど先生がおっしゃいました天才のひらめきが必要なんですけども、例えばアメリカのベンチャーキャピタルは、例えば10億の金があったら、相手が10社あったら1社に10億円、流すんですね。日本のベンチャーキャピタルは、10社があって10億円持ったら1億円ずつ流します。どっちが研究成果が出るか言うたら10億円1社なんです。日本は変に、日本は優しいといいますか分散型なんです。横並び型なんです。そやから、例えば今日の先生方、含めて日本にはすごい光合成の研究者がいらっしゃいます。そこに思い切りみんなの金を一極集中しまして、そこだけ世界的に勝てるという可能性もありますので、もうちょっと、もちろんこういう機会からそういう声を出していかなあかんんですけど、民間型の何らかの地域結集型みたいなやつをこれを機会にどこかでやりたい気がしております。

実用化の時期

【矢野】 もう我々もいい年ですし、それぞれ社会的地位のある人間ですから、ぜひとも政策的なところに、この人工光合成を乗せてもらうように、我々が運動しなきゃいけないと思うんです。いつか取り上げてくれるのを待つのではなくて、人がやるのを待つんじゃなくて、もっと、行政担当者とか、国会議員とかに会った時には、これを『提言』に乗せてくれという形で運動する必要があると思うんです。

もう一つ、質問ですが、先ほどからずっと出ているのが色素増感太陽電池と、荒川先生はどちらもやっている、触媒のほうと2つあるんですけど、実用化されるとしたらどちらが早いでしょうか。色素増感から行くのか、触媒で行くのか。田中先生から順番に。

【田中】 実を申しますと最近、経済界の人からルテニウムの資源量から色素増感剤に使用することでさえ、その使用することの危惧を聞かされ、さらに、二酸化

炭素還元やメタノール酸化をルテニウムで行うことは、経済面から厳しいように指摘されました。私は、ルテニウム錯体以外で同様なことが出来ないことから、現状のシステムで効率を上昇させるしか方法はないと思っております。

【矢野】 小夫家先生、お願いします。

【小夫家】 金属は別にルテニウムを使わなくても似たような系がございますので、効率的にもそれほど変わらないので、もしルテニウムをネックにするのであれば十分、代替はあります。ただ、この辺の系は全部閉鎖系ですから、有機系でルテニウム錯体を使うのとはちょっと話が違うので、閉鎖系は外の環境に対する負荷をあまり考えなくていいので、そういう意味では実用に適した素材だと思いますね。

どちらが先かというのは、これは皆さん、おれのほうが先だと思ってると思います、皆さん、そういうふうに研究努力をしていると思いますので、今の段階でどちらということはちょっと私の口からは言えないですけども。

【矢野】 先生のほうが先やと思ってます？（笑）

【小夫家】 そう思ってます。（笑）

【矢野】 はい。荒川先生。

【荒川】 光触媒と色素増感太陽電池、どっちが先かといいますと、やはり色素増感太陽電池でしょう。私自身も10年やってきてまだ実用化されていないんですけども、一応、性能的には、サイズのほうはもう市場に出せるものを私たち、自分の技術でつくっています。問題は耐久性がどうかというところですね。

ルテニウムの話がありましたけれども、いいものであれば使えるシステムはつくられていくと思うんです。例えば自動車触媒、三元系触媒というのはロジウム、ルテニウム、白金を使っているわけですが、回収しているわけですね。インジウムも足りないという話がありますが、あれも回収しています。ですから、ルテニウムが今だと一番いいんですけども、耐久性がという観点からも金属錯体のほうがいいということで、私はルテニウムの可能性はあると思います。

ちょっと言い忘れたんですけども、先ほどの中小企業との話で、実は6、7年前に私、ルテニウムの色素を開発していて、それと同時にやはり今のようなセンスで、ルテニウムを使っていない色素を開発しようということを考えてたんですね。それを使った、いわゆるほんとうに有機だけ。炭素、酸素、水素、硫黄、窒素、そういうものだけで増感色素をつくらうというこ

とを考えたんです。市販の有機色素を全部チェックしたら、ヨウ素、フェニルキサンテン系の色素が意外とよかったですね。私たち、それで4%を達成したんです。その前までの有機色素は世界的に見て1%もなかった。これは行けるかもしれない。だけど市販の色素は全部チェックした。どうしたらいいんだろう。そこで、私たちがアプローチしたのは林原生物化学研究所という、中小企業ですか、大企業ですか。

【吉田】大企業。

【荒川】もう大企業ですか。写真の色素をつくっている会社。林原というのはほかに糖をつくるとかいろいろやっておられる。インターフェロンとかですね。林原さんのところへ行って、我々は有機だけの色素を開発したいんだ、一緒にやりませんかと言ったら、そのときの部長さんが、じゃ、やりましょうかということをやったんです。そうしたら、やはり向こうは色素の設計がうまいんですね。400から800までどうやったらいいか、800以上、どうやったらいいかということと全部わかっているわけです。日本の色素合成って世界ナンバーワンなんですね。波長をセクションできる、100ナノメートルずつシフトすることができるんです。

結論的に言いますと、有機色素はルテニウムに比べてお話にならないくらい低いやつが、私たちが共同研究することによって8%まで行ったんです。これ、もう特許になっていると思うんですけども、それで世界が変わったんですよ。今まで有機色素なんてほとんど目もくれなかったものが世界的に注目されて、今は有機色素を使った色素増感太陽電池の研究がすごく活発になっている。これは韓国とか途上国とか、色素はやはり会社によってオリジナリーがあるんですね。いろいろなタイプの色素があるわけですよ。そうすると、そういうところを顔料色素をつくっている会社、これも応用できないかということで世界中ものすごく活発になっている。

8%出ますと実用を考えてもいいですね。実用の太陽電池はアモルファスシリコンが8%ですから、そうすると有機色素だけで太陽電池をつくれる世界はもう出てきちゃってるんですよ。問題はやはり耐久性をどうするかなんです。一般的に有機物は耐久性が弱いと言われてはいますが、それは空気と水と酸素のある環境で弱いんですよ。ところが、色素増感太陽電池の色素は水も酸素もない環境で動くんですね。しかもこのプロセスは電子移動が非常に速いんです。です

から、分解するとある光で励起状態になって、それがAという方向に行くか、Bという方向に行くかということであらうであらうして、Aに行かなきゃいけないのにBに行っちゃった。それで分解しちゃうというふうになるんですけども、その中間体の寿命は非常に短い。ですから、非常に効率的に分解もなく作用するということがまでわかってきています。ですから、ルテニウムはやはり強いですけども、ルテニウム以外にも色素増感太陽電池の実用化という観点から十分考えられるんじゃないか。しかもまだ新しい材料はあり得るので、そこに参入できる余地は十分あるんじゃないかなと思います。

【吉田】すみません。私も一言だけ。先ほどのエネルギーの利用効率で考えまして、私の専門分野じゃございせんけれども物の本によりますと、例えば今、話題になっておりますバイオエタノールのトウモロコシ、エネルギー、光エネルギーを使いまして、トウモロコシを結果としてエネルギーとしてつくって、トウモロコシをエネルギーとして使う場合の利用効率は実は0.3%ぐらいと言われております。とすれば、先ほど荒川先生がおっしゃった水素発生が0.03から0.3になって、タンデムにいて1%ぐらいといえますのは十分いけるんですね。

といいますのは、トウモロコシはエネルギーとしてビジネスになっている。ゴア元米副大統領がエネルギーや、バイオや言うたら、トウモロコシエネルギービジネスが現に起きている。もちろん向こうは何十年もつくり続けて、耐久性もちゃんとわかってますね。作付もわかっているんでなるんですけども、効率だけ言いましたら先生のタンデムの水素発生はもう既にビジネスになってもいいぐらいなんですね。そこはちょっとすみません、追加ですけども、おもしろい、夢という意味では全くの夢じゃない。もう見えている夢やという認識でいいんじゃないかと思います。以上です。

バイオエタノールの未来と地球温暖化

【矢野】最後の質問ですが、バイオエタノールの技術は絶対にあり得ない、消えていくと思ってるんですが、バイオエタノールのこれからの未来と、先生らがやっている人工光合成の技術が商品となり販売される、商品となるのは予想としていつごろか。その辺を最終的に聞きたいと思います。田中先生、お願いします。

【田中】バイオエタノールというのは本来、人間、家畜が食べる場所をつぶしているわけですよ。しか

しながら、それ以外の大きな燃料源もあります。例えば私の友人のドイツ人は麦わらを粉碎して水素と反応させて液体燃料をつくっているんですけども、最大の問題は麦わらと水素の輸送コストらしいんですね。世界中が飢えている状態で、車を走らすためにトウモロコシから燃料を作るはあまりにも乱暴で、ブラジルに続きアメリカが同じ方式を言い出したから、世界的に穀物価格の上昇を招いています。やはり食料は燃料にすべきじゃないと思います。

アマゾンの密林をどんどんつぶしてトウモロコシ畑をつくっているというのは、ただ成長が早いというだけの理由です。それよりもやはり、葉っぱとか茎のほうをつぶす技術を本気でやるべきだと思います。夢物語を言って申しわけありませんけれども、牛は反芻胃で見事にわらをつぶしているんですよ。化学エネルギー変換に関するサイエンスのレベルが低過ぎるんです。牛は、あの巨体を草だけでもっているわけです、干し草のロールが冬のえさなんですよ。生体はあれだけのことができるのです。各種の植物成分を、水に溶ける形にできれば、必ずエネルギーとして使用できるはずですよ。私はもっと本質的なサイエンスが遅れていると思っています。その様な化学反応が可能になった時こそ、地球に持続可能な社会が訪れる時だと思います。(笑) 100年で出現しなかったら、地球環境は激変する可能性大です。100年も待てないかもしれない。50年ぐらいかもしれない。

もう一つ、温暖化と言われてはいますが、何が恐ろしいかと言うと、深層水のサイクルがあります。北大西洋の寒さで水が重くなって沈み込んで、800年かかって北太平洋で浮き出ているんです。その循環が地球の気候を決定的に支配していると考えられています。友人によると地球シミュレーターの計算機に、深層水の項が入っていないから、天候の長期予報に問題であると指摘していました。もし温暖化により、深層水のベルトコンベアがとまると、おそらく気候はめちゃくちゃになると思います。また、800年かかって海底の滋養物を持って北太平洋で一気に噴き上げているわけですから、その漁場がなくなり、漁業に決定的なダメージを与えることが危惧されます。

温暖化というのは間違いと大変なことになると思います。二酸化炭素のみが、その原因となっておりますが、私は人間が、物を燃やし続けることをやめられるかどうかにかかっていると思います。人類は250年前の蒸気機関の発明から原子力発電所に至るまで、ずっ

と水を沸騰させてエネルギーを獲得し続けております。熱エネルギーを経由しなければ電気エネルギーが獲得できない、現状のエネルギー大系を地球環境保全の観点から、見直す時期に来ているように思います。

【小夫家】 食料を燃料にというのはあり得ないと思いますね。ですから、食料になるものは当然食料に回すべきで、別のルートで食料以外のものを栽培するというのであればあり得ると思うんですけども、それはやはり輸送コストとかいろいろな面でデメリットが非常に大きいと思います。

いつ実現するかですけども、この辺のサイエンスというのは必ずブレークスルーが必要です。ブレークスルーがいつ出るかというのは、未来学者は予測しませんが私も予測できないので、NEDOでは連続的な曲線が書いてありますけれども、そういうのは信じていけない。やはり幾つかのブレークスルーが必要ですので、軽々にはいつかというのは私にはわかりません。

【矢野】 3年以内。

【小夫家】 それはもう間違いなく2050年にはものにしていなければ地球の将来はないということは確かだと思います。

【矢野】 ありがとうございます。

【荒川】 私もちっと極端な話ですけども、バイオエタノールはナンセンスだと思いますね。今はバイオエタノールがガソリンに3%出ているんですか。97%ガソリンで使っているわけですよ。バイオエタノールは100%エタノールを使うとか、ブラジルは農産国であってトウモロコシをつくって、食料じゃないところがたくさんあっちゃって、それを発酵してエタノールにして使っているわけですよ。それをバイオでエタノールをつくるというのは私、今まで研究をご紹介したのも全くナンセンスであって、バイオのかすをガス化して、CO、水素、あるいはCO₂もあるでしょう。それから、触媒プロセスでエタノールを合成したほうがよほど早いんじゃないかと。エタノール合成技術は主要な技術でもう既にありますからね。

今、エタノールはエチレンの次は石油、石化、エチレンからできているわけですけども、CO、水素、あるいはCO₂、水素からできるわけですから、そっちのほうがよほどエネルギー効率も経済性も高いと思いますね。ちっと極論ですけども。

ですから、バイオエタノールを本格的にやるのは、私自身の経験からいうとちっとクエスチョンマークが

つくところですよ。むしろ工業的に、インダストリアルに工場でエタノール 100%つくるプロセスをやったほうがよほどいいと。

【吉田】 少しだけ言わせてください。先ほどアメリカのコーン産業が、農産物がビジネスになっているのは、例えば話で利用効率がそこまで、農産物でさえビジネスになってるから、1%タンデム方式はおもしろいんじゃないの、魅力あるんじゃないのという意味であって、エタノールも私はどちらも嫌いでした、もったいない話なんで食料は食料と考えてもらいたい。

もう一つ、やはり私、小企業、地域型で支援をやっているんですが、やはり地域結集型のもうちょっとこっちからパワーを出して、そうしたら行けるんじゃないか。技術的には今日の先生方の、私、難し過ぎてようなかなか全部を理解しているわけじゃございませんけれども、おもしろいのは、キーワードはハイブリッド。先ほどのうまく色素増感太陽電池と合わせたハイブリッド。例えばトヨタのハイブリッドもありますが、例えば微生物系の燃料電池もごさいます。微生物系の水素生成もごさいます。それとプラス、うまくフォトンを持ってきてアジテートするとか、おもしろい。ハイブリッド型で意外とブレークスルーができたならええなという気はしています。

もう一つだけ、せっかくこういう形で日本の著名な方にお越しいただいております。勝手に決めたら怒られますけれども、近畿支部さんに頑張ってもらっていて、関西を作り、奈良先端科学技術大学院大学の後の大きなテーマぐらいにこれをやるような動きなり、勉強会ができましたら、ちょっとでも実用化の、思い切り民間の金を集めてつぎ込めば、もっと実用化の時期が見えてくるんじゃないかと考えております。

すみません。偉いことを申しまして。

最後に

【司会】 ……それでは最後に、日本弁理士会近畿支部副支部長、松本武彦より開催の謝辞を申し上げます。

【松本】 田中様、小夫家様、荒川様、ほんとうに今日は長時間、お話をいろいろくださってありがとうございました。私自身も、初め、このタイトルを見たときに非常に難しいなと思っていたんですが、意外や意外、よく理解できたなと。それと、単に夢の技術というんじゃないで、私の感覚ではもう実現できそうだな、ただブレークスルーが要ることは間違いないんですが、そういう感じがしまして、ほんとうにいい夢を持たせ

ていただいてありがとうございます。

吉田様にもほんとうにいいコメントをくださってありがとうございます。実際にコメントをいただいた中でいえば企業、産業のほうからも、ただ夢の技術と見るんじゃないで、実際はできるんじゃないか、大きなことを考えなくても手近なところから実現できるんじゃないかというアドバイスですね。最後にそういう研究会的なこともやったらどうかというアドバイス。ほんとうに会場にいらっしゃる皆様、企業の方も、ひょっとしたら自分たちも手に取ってやってみてもいいんじゃないかというコメントをいただいて、ありがとうございました。

皆さん、長時間、ほんとうにおつき合いくださって感謝します。どうでしたか。今日のお話、自分たちの身近な技術であると。企業の方々にとっては一回、やってみようじゃないかと勇気づけられたのではないかと、思っているんですが、いかがでしょうか。

私の個人的なことを申し上げますと、私はほんとうに今日は感動したと言っていると思うんですね。私も化学のほうをやったりしているんですが、ほんとうだな、自分も一回、私は弁理士ですから皆様方の発明をお聞きし、それを権利化する立場なんですが、一回、学生に戻って触媒の研究をしてみようかなと、そんな気持ちになるようなすばらしい話でした。ありがとうございました。

そして今日、私たちは日本弁理士会、日本弁理士会というのは今、申し上げたような形で皆様方の権利化、あるいは係争の場合の対処法についてアドバイスを差し上げることを仕事にする専門家集団ですが、今、日本が知的財産を活用しながら産業おこしにつなげていこうという動きになっている中で、日本弁理士会もここに書いています知財フェスタをもう数年続けまして、日本の各地域に行き、皆様方の企業活動に少しでも励ましになれば、お役に立てばという形で今年も、これまでもやってまいりました。またこれからもやってまいりますので、どうぞ我々、弁理士会にも応援の手を差し伸べていただきたいと思っております。ほんとうに本日はどうもありがとうございました。

改めて今日のパネルディスカッション、あるいはその前のお話を聞かせてくださった皆様方に盛大な拍手をお願いしたいと思います。ありがとうございます。

本日はまことにありがとうございました。

(原稿受領 2007.11.10)