

第3回産業構造審議会商務流通情報分科会バイオ小委員会 - 議事録

日 時：平成28年3月30日（水） 16時30分～18時30分

場 所：経済産業省本館17階第1～第3共用会議室

出席者：

（委員）久原 委員長、鎌形 委員、川嶋 委員、釘宮 委員、近藤 委員、佐々 委員、
篠崎 委員、富田 委員、林 委員、松田 委員

（有識者）

磯谷 三菱化学株式会社石化企画本部石化研究開発室長

佐野 三菱化学株式会社石化企画本部石化研究開発室 室長付

松井 味の素株式会社研究開発企画部兼コーポレート戦略部 上席理事

荒木 神戸大学自然科学系先端融合研究環

（オブザーバー）

関根 内閣官房健康・医療戦略室 参事官

原 文部科学省研究振興局ライフサイエンス課長

神ノ田 厚生労働省医政局研究開発振興課長

河内 農林水産省農林水産技術会議事務局 研究開発官

（事務局）

安藤商務情報政策局長、前田商務情報政策局審議官、吉本商務情報政策統括調整官、

江崎ヘルスケア産業課長、西村生物化学産業課長

議題

1. バイオ小委員会の開催に当たっての基本的事項について
2. ワーキンググループの設置について
3. スマートセルインダストリー（生物による物質生産）の可能性
 - （1）バイオ産業の現状認識
 - （2）有識者からのヒアリング

○西村課長　それでは、定刻となりましたので、ただいまより、第3回産業構造審議会
商務流通情報分科会バイオ小委員会を開催いたします。本日は皆様、お忙しい中お集まり
いただきありがとうございます。私は、本日事務局を務めさせていただきます経済産
業省生物化学産業課の西村です。本日はよろしく願いいたします。

それでは、まず商務情報政策局長の安藤から一言挨拶申し上げます。安藤局長、よろし
くお願いいたします。

○安藤局長　皆様、本日はお忙しい中お集まりいただきありがとうございます。商務情
報政策局局長の安藤です。よろしく願いいたします。バイオの世界では、ゲノムの解析装
置や、ゲノム編集技術など、さまざまな技術革新が起こっております。それらが融合し
て、これまでにない次元の、いろいろなところに使われております。製造プロセスもさ
まざままで、医薬品、医療とかということだけではなくて、そういった面も含めて、さま
ざまな産業、あるいは社会構造面において大きな変革が、これから押し寄せてくる、あ
るいはそれをとりにいかなければいけない、こういう時代になってくるわけでありませ
う。

そういう中でぜひご議論いただきたいのは、このI o Tの世界も、日本が三周遅れぐ
らいだといわれているのですけれども、私ども、I o Tのコンソーシアムというものを
作らせていただきました。内外の企業、海外の企業を含めて1,600社ぐらい集まって
くれました。ベンチャーから、皆様方もご存じの企業、海外の企業も含めて集まってい
ただいております。オープンイノベーションという言葉はよくあるわけですがけれども、総
論賛成、各論反対の世界があるわけでありまして、この世界もまさにそこが求められて
いるところだと思っております。何とかそこを打ち破っていただいて、名実ともに、日
本の力を結集しながら、あるいは日本にとどまらないで、世界に披瀝をしていくテスト
ゲートをどうやって作っていったらいいかという作業の気がいたしております。ぜひ、
その辺のお話も含めて、これからバイオ小委員会、これまでとステージの違うご議論を
ぜひお願いしたいと思っておりますので、よろしくお願い申し上げます。

○西村課長　ありがとうございました。

続きまして、議事に入る前に資料の確認をさせていただきます。本日はペーパーレス会
議の形で開催させていただきます。委員の皆様にはタブレットをお配りさせていただきます
ので、それで資料をごらんください。なお、操作方法がわからない場合には、手を
挙げてください。そうしましたら、スタッフがサポートさせていただきたいと思ってお
ります。傍聴者の皆様は、大変恐縮ながら、資料の配付はございません。ホームページ

をご参照いただければと思っております。

次に、委員の紹介をさせていただきます。皆様、iPadで資料1をおあけいただければと思います。大変恐縮ながら、第1回ではございますけれども、委員のお名前だけを読ませていただきます。資料に肩書き等全て入っておりますので、そちらをごらんいただきながら、お願いいたします。

本日、池浦委員はご欠席でございます。鎌形委員でございます。川嶋委員でございます。釘宮委員でございます。近藤委員でございます。佐々委員でございます。篠崎委員でございます。富田委員でございます。林委員でございます。松田委員でございます。久原委員でございます。今回から委員を新たにしておりますので、皆様には以後、よろしくお願いたしたいと思っております。

続きまして、iPadだと一番最初の議事次第まで戻っていただきたいのですが、本日は、あわせて有識者の方々にご出席をいただいております。近藤委員は委員でございますので、三菱化学のほうから磯谷様に本日はお越しいただいております。同じく三菱化学から佐野様にお越しいただいております。次に、味の素の松井様にお越しいただいております。有識者の皆様、後ほどご発表いただきますが、よろしくお願いたします。

また、オブザーバーとして、関係省庁からもご出席をいただいております。内閣官房健康・医療戦略室、文部科学省、厚生労働省、農林水産省からご参加をいただいております。

失礼しました、申しわけございません。もう一方、今日、有識者としてお越しいただいております、神戸大学の荒木様でございます。申し訳ありませんでした。

それでは、まず小委員長の選任からさせていただきたいと思っております。既に皆様にはご内諾をいただいているところですが、久原委員に小委員長をお願いしたいと思っておりますが、皆様、いかがでしょうか。

(一同 異議なし)

○西村課長 ありがとうございます。

それでは、久原委員に小委員長をお願いしたいと思います。まず久原委員長に一言ご挨拶をいただいで、以後の進行をお願いできればと思っております。

○久原委員長 九州大学におります久原でございます。よろしくお願いたします。小委員会の委員長を仰せつかりましたので、よろしくご協力のほど、お願いたしたいと思

います。皆様、たくさんのご意見をお持ちだと思いますので、たくさん出していただいて、この委員会で何らか有意義な結果が出るように頑張っていきたいと思いますので、よろしくお願いします。

それでは、議事次第に従って進めてまいりたいと思います。議題の1の「バイオ小委員会開催に当たっての基本事項について」に入らせていただきます。まず資料2の、バイオ小委員会の再編についてということに関して、事務局からご説明をお願いいたします。

○西村課長 資料2をお開けください。今回、バイオ小委員会委員も刷新させていただきましたけれども、ミッションについても再編をさせていただきたいと思っております。旧来のバイオ小委員会、これまでは通称カルタヘナ法の申請の適否、またはバイオレメディエーションの利用指針に基づく承認の適否といったことを審議していただいております。以後、本小委員会では、バイオテクノロジーの産業利用に関する重要事項を調査審議することという形で、この委員会のミッションとさせていただきたいと思っております。よろしくお願いします。

○久原委員長 続きまして、本小委員会の議事の取り扱いについて、事務局から説明をお願いいたします。

○西村課長 資料3、次のページをお開けください。議事の取り扱いについてでございます。そこに書いてあるとおりでございますが、本会議は原則として公開とさせていただきます。また、配付資料は同じく原則公開。会議の議事要旨、議事録も原則公開ということでやらせていただければと思っております。また、個別の事情で提出いただいた資料、会議の内容について、非公開にすべきとの判断については、委員長に一任させていただければと思っております。よろしくお願いします。

○久原委員長 この議事の公開についてなのですけれども、何かご意見ございますでしょうか。特にございませんようでしたら、公開にさせていただきたいと思っております。特別なことがあれば非公開にということですが、原則公開でいきたいと思っております。

それでは、次に議題2の「ワーキンググループの設置について」ということで、これについても事務局から説明をお願いします。

○西村課長 資料4をお開けください。本小委員会の下にワーキンググループを2つ設けさせていただきたいと思っております。1つはバイオ利用評価ワーキンググループ、

2つ目が、個人遺伝情報保護ワーキンググループということでございます。

1のバイオ利用評価ワーキンググループは、むしろこれまで小委で扱っていたカルタヘナ法、もしくはバイオレメディエーションに関する適否等の審議をいただきたいと思っております。

2つ目の個人遺伝情報保護ワーキンググループについては、今般、個人情報保護法の改正等もあって、それに関するような事項を審議いただくということを考えてございます。これらの審議については、ワーキンググループに一任するというものとさせていただければと思っております。よろしくお願いいたします。

○久原委員長　今、説明がありました2つのワーキンググループの設置について、何かご意見ございますでしょうか。――特別ございませんようでしたら、この2つのワーキンググループを作りたいと思います。

続きまして、今後のバイオ小委員会の審議事項について、事務局からお願いします。

○西村課長　資料5になります。ここからが本日のメインの議題になってきます。

今後のバイオ小委員会の審議事項ということでございます。これらについても、皆様には既にご説明をさせていただいておりますが、バイオテクノロジーが、基盤技術である、例えばシーケンサーもしくはゲノム編集技術という新しい技術が出てきて、技術の革新が大きく起こってきているところだと思っております。これらを最大限活用することによって、新しい産業なり、新しい可能性が開くのではないかとこのように思っております。例えばでございますけれども、医薬品の分野でも、バイオ医薬品というのが急速に主流となってきている。ものづくりにおいても、新たな物質を生物に作らせるという動きが、近年、加速してきていると思っております。

この委員会では、こうした潮流をきちんと捉えて、我が国としてどのような形でそれを展開し、我が国の産業競争力につなげていくのか、そういったことを皆様と一緒に考えさせていただきたいと思っております。

2. の主な論点、一番下のほうでございますけれども、そこをごらんください。この委員会では、バイオ産業の現状の認識、その上で今後10年から15年先を見据えて、バイオ新産業の創出に向けて目指すべき方向性、検討すべき課題というのを明確化したいと考えてございます。そこに書いてあるようなスマートセルインダストリー（生物による物質生産）の可能性、創薬分野における可能性、地域の生物資源の活用、地域活性化の可能性、その他、バイオ新産業の創出に資する取り組みの活性化についてといったこと

を順次ご議論いただければと思っております。

あわせて資料6に、そのまま移らせていただければと思っております。今後のスケジュールでございます。第1回は今日でございますけれども、まずはスマートセルインダストリー（生物による物質生産）の可能性について、集中的にご議論いただければと思っております。第2回は創薬分野。第3回は地域等の事項について。以後、夏までをめぐりに中間整理をさせていただければというスケジュールで進めさせていただければと思っております。

以上でございます。

○久原委員長　ありがとうございます。

それでは議題の3. 本日の議題なのですけれども、「スマートセルインダストリー（生物による物質生産）の可能性」に移りたいと思います。背景とか、本委員会で審議する論点等について、事務局から説明をお願いします。

○西村課長　資料でございますが、今、開いている資料を1回閉じていただく、左上の完了なり、矢印なりを押していただければと思います。そうすると、資料7、8というのが見つかりましたでしょうか。資料7、8をお開けください。もしどうしてもわからなければ、お手を挙げていただくか、こちらでも投影しますので、大丈夫でしょうか。

それでは、早速説明に入らせていただければと思っております。まず資料7から入らせていただきます。「バイオテクノロジーが生み出す新たな潮流」ということで、資料7は今、バイオテクノロジーで何が起きているのかという事実関係についてまとめた資料でございます。

最初でございますけれども、1ページでございます。バイオテクノロジー、そもそも何なのかということでございます。生物の持っている働きを人々の暮らしに役立てる技術ということでございます。大きく2つの機能だと思っております。1つは合成。生物が外部からエネルギーを取り込んで、エネルギーを用いて有機物などの物質を体内で生成していく、そういった活動だと思っております。光合成や体の成長などでございます。

もう1つは逆の動きでございます。分解です。生物がエネルギーを得るために有機物を分解し、アルコールとか二酸化炭素などを生成するというようなことだと思っております。さまざまな発酵食品や土壌の汚染対策などにも利用されているということでございます。

こうした機能は、資料の2ページ、幅広く使われていると理解をしております。農林

水産業から健康医療、そしてものづくり、環境、エネルギーと、ありとあらゆる分野でバイオテクノロジーが使われているというように認識してございます。

3 ページでございます。国内の市場規模、どういう状況になっているかということでございます。国内のバイオ産業の市場規模は年々拡大しているということでございます。2003年から2015年で90%の成長をしているということでございます。ただ、内訳をみていただければと思いますけれども、その6割が医療・健康分野で、伸びもほぼ、医療・健康分野が伸びた分が伸びてきているというように見ていただけるのではないかと考えております。工業分野は約1割と理解しております。これはいろいろな分析があるかとは思っておりますけれども、やはり高付加価値な医療分野で先にバイオテクノロジーが花を開いているというように理解をしております。実際に、この10年で低分子の化学合成医薬品からバイオ医薬品へのシフトが大きく起こってきておまして、2014年には世界売り上げトップ10のうちの7つはバイオ医薬品という状態になっていると理解してございます。

4 ページに移らせていただきます。各国も、この動きについてはかなり注目をしています。OECDの報告でございますが、2030年には世界のバイオ市場はGDPの2.7%、約200兆円に広がるだろうと予測がされています。そのときにちょっと特徴的なのは、右下の円グラフを見ていただければと思うのですが、このときには工業分野が4割となって最も大きくなると、OECDでは予測をしているということでございます。

このようなことが何で起こっているのか、なぜこういったOECDでの報告になるのかということ、我々としては5ページのように理解をしております。さまざまところでテクノロジーの革新が起こってきていると思いますけれども、ゲノム周りでみると、この3つのところがやはり大きく動いていると。1つは、情報が膨大にとれるようになってきたということです。これは次世代シーケンサーが出て、ゲノム解析が速く、安くなったこと。ヒトゲノム計画が1990年にありましたけれども、これは13年間で30億ドル、3,000億円かけてヒト一人のゲノムを読んだというプロジェクトでございました。今や1日1,000ドル以下というところまで来ているということでございます。膨大な生物情報が得られるようになったということでございます。

右上、これも2年前に登場して、かなりさまざまところで話題になっていると理解をしています。ゲノム編集技術。より精緻にゲノムを変える、ここを変えたいというところまで変えられるようになった。そういう意味では、変えたいというものを実際に生物に

発現させることができるようになった。これが大きな動きだろうと思っています。

その結果として、この右下の役割が大きく膨らんできております。要するに、膨大な情報が落ちてきて、それだけでは多分、意味がなかったのですが、それが実際にできる、作れるとなったときに、では、どういうものを作るのだと。解析し、具体的にどこを発現させるべきなのかと。ここがまさにAIとくっつこうとしているところだと思っています。こういった動きが、この近年に大きく動いているのだろうと思っています。

6ページに移らせていただきます。この動きが何を起こしているかというのを6ページにあらわしております。要は、これまで生物がもっていた機能、もしくは潜在的な機能をより高度に、より効果的に引き出すことができるようになったのであろうと。囲んであるところの左側、生物情報とIT・AIテクノロジーを使うことによって、生物機能をデザインしていく、こういう機能を発現させたいということがインプットできるようになりつつある。右側、実際に遺伝子導入、ゲノム編集、代謝制御といったことを用いて、発現を制御できると、こういうのがまさに融合しようとしているのではないかと考えております。

その下側に行きますけれども、それが、体の中で機能を発現させるというのが新たな医療として注目を浴びていることだろうと思っています。再生医療、これもついに我々として手が届く範囲に入ってきた。また遺伝子治療、体内代謝制御といったことが今、脚光を浴びつつあるのではないかと考えております。これを、右側でございますけれども、機能物質を取り出す、生物が作ったものを取り出すということになりますと、ものづくりでございます。我々としては、これをスマートセルインダストリーと名づけておりますけれども、バイオ医薬品だったり、バイオ新素材、バイオ燃料といった可能性があるのだろうと思っています。

次に7ページ、繰り返しになりますけれども、各国も、このバイオテクノロジーの広がりというものについて、かなり注目をして、次々と戦略を発表しているという状況でございます。EU、アメリカが2012年、ドイツは2011年、英国も2016年、今年に入ってから、この戦略を発表しているというところでございます。

最後のページ、8ページでございますけれども、中国もかなり対策を強化しているという動きがみてとれるという状況になっていると理解してございます。

これが全体背景でございます。そのままスライドしていただければ資料8が出ますけれども、本日のメインの議題でありますスマートセルインダストリーのところに入らせ

ていただきます。

1 ページでございます。ものづくりとしてみたときに、どう見えるかというのが1 ページでございます。もちろん物質は化学合成でいろいろ作っておりますけれども、実は、生物にしかできないような物質というのがあるだろうと思っております。もしくは、作ることは可能かもしれませんが、相当難しい。それが分子量の大きいようなものでございまして、抗体医薬品、バイオ医薬品だったり、さまざまな酵素だったりということだと思っております。また、右側のところに書いてありますけれども、製造プロセスをみた場合には、特徴的なことがありまして、常温・常圧でできるというようなことも、化学合成との対比として大きな点だろうと思っております。あと、未知の可能性です。今まで化学合成ではなかなかできないと思っていたから、考えたこともない、使うことを考えたこともないようなものがあるのではないかと。植物だけでも100万種類の物質製造がされていると認識をさせていただきます。

次の2 ページでございます。こういった動きは少しずつ広がってきていると思います。これはバイオベースのポリマーでございますけれども、2013年の生産量は510万トン、100億ユーロ。これが2020年には1,700万トンに拡大すると予測をされています。実用の例が右側に少し書いてありますけれども、いろいろなところで使われてきていると。自動車の内装で80%使われているような例もございます。

次、3 ページでございますけれども、高機能品でございます。これは発酵で何が作られているかという市場でございますが、2013年の製品市場は2.5兆円ということで、ものとしては右側に書いてあるようなビタミン、アミノ酸、酵素、抗生物質等々が作られているということがあります。

4 ページでございます。物質を生物に作らせようとしたときの手法は、大きく2つだと思っております。そういうすぐれた物質を作る生物を探してくる。大村先生のイベルメクチンの世界はこの世界に近いだろうと思っております。

もう1つ、生物のもっている機能を引き出すということがある。とりわけこの分野が近年のバイオテクノロジーの恩恵を受け、大きく進歩するだろうと、我々としては考えてございます。

先ほどの絵ですので説明を省略しますが、本日、議論をしているのは、この右下のような流れでございます。

6 ページでございます。改めてスマートセルインダストリーということでございます

が、従来の化学合成との対比を少しさせていただいております。スマートセルインダストリー、高度に機能がデザインされ、機能の発現が制御された生物細胞、これをスマートセルと呼んでいますけれども、それによる物質生産ということでございます。化学合成との対比で、常温・常圧でできる、今まで作れると思っていなかったような新たな物質の可能性といったことも特徴があるだろうと思っております。

7ページからちょっとテクニカルな感じになってきますけれども、スマートセルインダストリーを実現していくコアの技術サイクルというものを考えたときに、1つは生物細胞です。すぐれた生物細胞を作るといふことと、それを実際に増やすという2つのサイクルだろうと思っております。とりわけこの生物細胞、スマートセルを確立するサイクルのところで、今の新たな動きが大きく効いてくると理解をしております。

それをまとめたのが8ページでございます。生物情報を集めてきて、解析をして、それを実際に実現していくということなのですが、細かくは説明しませんが、この5年間だけでも大きな変化が起きてきているということだと思っております。このために、産業応用の大きな可能性が開いてきているのではないかとこのように思っております。

次のページ、このページはちょっと著作権法上の問題があったので、公開資料から除外しているものでございます。アメリカにおける組換え技術による市場の推移でございます。近年、大きく伸びていることが見ていただけるのではないかと思います。こういう分野も大きく使われているというところでございます。

10ページでございますけれども、実際に幾つかの取り組みがどんどん出てきていると思っております。ここではAmyris社とEvolva社の例を記載しておりますけれども、日系を含むいろいろな企業と連携、提携、共同開発しながら、新たな物質を生物に生産させよう、高機能品を生産させようという動きが出てきているということでございます。

最後、経産省として28年から取り組む施策について少し書いておりますが、私の説明はここまでにさせていただきます。

恐縮ですが、このまま1回閉じていただいて、資料9というのをお開けいただければと思っております。資料9のご説明に入らせていただきます。

本日、有識者からのプレゼンをいただいた後にいろいろご議論いただきたいと思っておりますけれども、そのときの論点でございます。要は、こういったいろいろな動きが出てきていて、ものづくりが新たなステージに移っていかうとしているのではないかと思っておりますが、このバイオテクノロジーの進展は何を意味して、将来の産業にどんな

インパクトを与えるのか。また可能性を秘めているとすれば、それをいかに後押しして、我が国の活性化につなげていくのかということが主題でございます。大きく3つのカテゴリーに分けて、皆様からご意見をいただければと思っております。

1つは、スマートセルインダストリーの可能性ということでございます。現状のバイオテクノロジー・周辺技術の強み・弱み、どんな発展の可能性があるのか、またはどんな技術的な限界があるのだろうか。2つ目に書いてあるものとして、スマートセル・バイオテクノロジーの発展の可能性。どのような領域に活用が広がっていくのか。戦略的に取り組むべき分野はどこだろうか。また3つ目として、既存産業へのインパクト、新産業の可能性。既存産業のビジネスモデルの変革の可能性、もしくは新たな産業が生じる可能性と、こういったスマートセルインダストリーの可能性について、まずはご議論いただければと思っております。

次のページでございます。2つ目の論点として、戦略的展開ということでございますけれども、可能性があるとしたときに、我が国として差別化するのはどこであろうかと。どこで差別化して、競争力を確保していくのか。特にデジタル化の動きの中で、どういふところをオープンにし、クローズにするのか。そのための発展の基盤は何だろうかというのが2つ目のカテゴリーでございます。

最後のカテゴリーでございます。3つ目ですが、各機関に求められる役割。担い手はどのようなものになるであろうか。もしくは政府、産業界、アカデミア、それぞれの役割は何か。もしくは社会からの受容について、どのようにとらえるべきかと、この3つに分けて、本日ご議論いただければ、大変ありがたいと思っております。

長くなりましたが、以上でございます。

○久原委員長　　どうもありがとうございました。どういうところを論議すればいいかというところまで書いてありますので、そういうところに注目していきたいと思っております。

今から3人の方に発表していただきますので、まず発表していただきまして、それから議論させていただきたいと思っております。

まず、神戸大学工学部応用化学科の近藤先生からお願いしたいと思っておりますので、よろしく申し上げます。

○近藤委員　　それでは、まず近藤のほうから発表させていただきたいと思っております。上のほうにページ番号が1番から振ってございますので、そのページ番号に従って見ている

だければと思っております。私からは、合成バイオ技術というようなところで発表させていただきたいと思えます。

それでは2ページ目に行ってくださいまして、そこにございますように、さまざまな課題があります。例えば生物では、従来作れなかったものを作りたいのだけれども、どうしたらいいのだろうかとか、そういったさまざまなことがあるのですが、ポイントは、その下にございますように、生産細胞を育種するのに時間がすごくかかってしまうと。3年、下手をすると10年かかってしまうというようなことであります。下のほうに矢印が書いた図がありますが、ベストなケースでこんな形ということでもありますので、いろいろなものづくりをやっていきたいのだけれども、余りにも時間がかかってしまって、なかなか取り組みがリアルに実現していかないというのが従来のところだったと思えます。従いまして、世界的にも、どうやって速く、この開発ができるようにするのかというところでございます。

3ページ目に行ってくださいまして、下のほうに合理的設計、合成バイオへと書いてあるのがございますけれども、従来は、何か作りたいときには試行錯誤で、自然界から生物を探索してくるというようなところがございまして、これにすごく時間がかかっていたということでもあります。ただ、それによりまして、非常に新しい、いろいろなものづくりができるようになってきたわけです。それとともに、先ほどからございますように、さまざまな生物が探索されて、ゲノムも解読されて、莫大なデータが蓄積してきたということでもあります。そうしましたら、みんな何を考えるかといったら、そういうビッグデータ、今までのゲノムのデータとか、それを活用することによって、探索するかわりにコンピュータで、自分の作りたいものを作る生物をデザインできないだろうか。探索しないかわりにそういうことができないだろうかということを考えるようになったわけでありまして。それによりまして、横に細胞シミュレータと書いてありますけれども、細胞をシミュレーションする形でデザインして、それで高速に遺伝子を合成して、非常に大きな遺伝子でも迅速に高精度に合成して、実際に細胞を作っていくということになりまして、探索のかわりにコンピュータによるデザインからスタートするというような動きが出てきたわけでありまして。探索の重要性が変わっているわけではございませんけれども、速くしようとしますと、そういった莫大なデータを利用していきたいということでございます。このコンピュータによって、さまざまな生物がもっているものを、いろいろなパーツを組み合わせて作ることにによりまして、従来、合成ができないと思われ

ていたようなものでも作れるようになるというのが合成バイオ技術ということでございます。

続きまして、4ページ目に行きまして、こういった技術、世界的に見ましてどうなっているかということ、今回はアメリカとイギリスの例を取り上げてご説明させていただきたいと思っております。

まず4ページ、Joint Bioenergy Instituteというのがございます。実はこれはDOEが巨額の資金を投入して作ってきたものですが、エネルギーに関しまして、植物を育種して、そこからバイオ燃料を作っていくと。DOEですので、エネルギーに特化した形でこういったことが行われてきました。ただ、ここで言われていたのは、植物とか微生物とか情報技術とか分析技術とか、そういったものを統合していくことが重要であるという中で、こういった研究から合成生物技術、合成バイオ技術というようなことに展開してきたのがアメリカであります。アメリカは、実は従来、微生物の発酵とか、こういった技術は余り多くの研究者がやっていなかったのですが、こういったバイオ燃料の流れの中で多くの研究者が取り組むようになりまして、一気にこの分野が開いてきたというのが現状でございます。

5ページ目に行きまして、そうしているうちに、数年前から、より大きく拡張しているということで、合成可能な物質、素材をとにかく拡張していくのだと、Living Foundryプロジェクトというのが始まってきております。これはアメリカのDARPAが出資しているものでございますけれども、1000moleculesというようなプログラムになっております。これはLiving Foundryということで、いろいろな分子を高速に作り出す技術を開発するとともに、その有用性をデモンストレーションするために、とにかく1,000個、今までなかったようなものを作ってみようよというような形のプログラムであります。下に絵がございませうけれども、原料は何でもいいと。シェールガスでもよければ、バイオマスでもいい、何でもいい、そういうアメリカに優位性のある原料を使って、そこから今まで作れなかった化学品をいっぱい、あるいは新しい材料が作れるような、そういうLiving Foundryというものを作っていこうというのがこのプログラムであります。

昨年度9月に、MIT Broad Institute Foundryというのが32ミリオンというような資金をDARPAから得ております。このMIT Broad、私たちも行って、いろいろ議論させていただきましたけれども、従来は、このインスティテュート、巨大なシーケンスファクトリーだったのです。次世代シーケンスを使いまして、莫大なシーケンスを行い

まして、データを、情報を蓄積しているところで、では次に何が必要かといったときに、そういう情報をロボティクスの使って、新しいものを作り出していく、合成的に情報を使って生物を作り出す、そのファウンドリーが次のインフラストラクチャーになる。最初は莫大なゲノムデータを出す、次にはそれがインフラストラクチャーになるということで、こういったプログラムを提案し、実際に動いてきているというような状況でございませう。

6 ページ目に行きますと、これはつい最近もニュースになりましたけれども、私たちが去年、ビジットしたときも既にいっておりました。全てのゲノム遺伝子を最適化した形で再合成して、それでバイオ燃料を作ったり、いろいろなところに使っていこうと。最適化したゲノム、できるだけ最少の大きさで作っていこうというようなことが、つい先日、『Science』にリリースされたところであります。彼らはこれをやって、下にSynthetic Genomics, Inc、S G I というところで、これを事業化していく。バイオ燃料を作るのにそれを使うとか、そのような連携のもとに、こういった基盤開発から事業化へというのを進めてございませう。

続きまして、イギリスの例を幾つかの中身で紹介させていただきたいと思ひます。そこにございませうように、標語はもうSynthetic Biology、そしてBioeconomyへということで、右側の丸くなった図のほうに、デザインをして、いろいろなものを作ると。下のほうに、小さな丸で見えにくいと思ひますけれども、DESIGN、BUILD、TEST、ANALYSEと書いてございませうけれども、設計して、作って、テストして、解析してというサイクルを回すというのが基本になっておひます。どんな分野にということでありませうと、そこにHEALTHとかENERGYとかAGRI-FOODとかいろいろ書いてございませうけれども、そういったさまざまなバイオエコノミーの分野に行こうということでありませう。

右側に六角形の絵がいっぱい書いてありますけれども、全体として、150ミリオンポンドを4年間で投入するとか、7つのResearch Centersを作る、あるいは5つのDNAを合成するファウンドリーを作る等々ございませう。それとあわせて、Doctoral Trainingプログラムを作るとか、あるいは真ん中にSynbiCITEと書いてございませうけれども、こういった新しい技術を産業界にトランスファーするためのセンターをImperial Collegeに作ると、こういった総合的なプログラムを実施して、新しいSynthetic Biologyという技術を発展させて、バイオエコノミーにトランスファーしていくという仕組みを総合的に作っているということでございませう。

8 ページ目に行きまして、Imperial Collegeの例が書いてございます。National Industrial Centre for synthetic biologyということで、このImperial Collegeのところでトランスファーしていくということで、その下にございますThe Foundryということで、DNAを高速に合成する、こういったファウンドリーを作ったり、あるいはベンチャー企業等にユーザーファシリティのような形で連携して、企業化を促進していくというような、そういった仕組みを作っていくこととなります。

9 ページ目に行きまして、では、7つのセンターとございますけれども、いろいろ中身が違うセンターだということで書いてございます。platform chemicalsを作るとか、次のものはHealthとかPlantsとか、さまざまなところを対象にして、全部の領域をカバーするようなSynthetic Biologyのセンターを作っております。

10ページ目に行きまして、そこはマンチェスターをビジットしたときの写真でございますけれども、そこがございますように、イメージとして、いっぱいロボットが入っているような、そしてこれはいろいろな設計をする人とか、バイオのグループとかが統合的にこういったところで開発を進めているというような状況でございます。

続きまして、そういった中で日本の強み、日本の今までの取り組みはどうだろうというのが11ページ目でございます。革新的なバイオマテリアル実現のための高機能ゲノムデザイン技術ということで、日本におきましても2012年から、かなり早い時期といえると思いますが、取り組んできております。システム生物学的なアプローチ、これは解析していく技術、それから合成バイオということで、設計して、DNAを高速に合成していく、こういったところは日本もかなり早くから取り組んできてございます。これを融合させていこうというところで取り組んできているわけでございます。

その中で、日本の強みのある技術というのはいろいろ出ているぞというのが、この12ページでございますけれども、設計をしていくようなのをかなり統合したプラットフォーム、そういった設計システムを作ったり、あるいは長鎖のDNA、非常に大きなDNAです。5万個ぐらい塩基が並んでいるようなDNAでもゼロから合成できるような、これは世界でもかなり優位性のある技術であります。あるいはゲノム編集に関しましてはCRISPR-Casと違しまして、本当にある1つの遺伝子を狙って、そのある塩基を、そこだけ編集できるというような、非常に優位性の高い技術も生まれてきております。こういったように、さまざまなところで日本に、非常に独創的な国産技術ができてきているというのが事実でございます。

13ページ目でございますけれども、そういったさまざまな、非常に強みをもった技術がございます。そういった中で、今後、特に重要になってくるのは、システム生物学と合成バイオの高度な融合プラットフォーム、これらの情報技術を駆使して、より効率的にデザインしていくような、作り込んでいくような技術。これによりまして、細胞のモデル、コンピュータで使うモデルですけれども、これを迅速に作り出していく。あるいは分子パーツや設計ツールを充実させて、高精度に大きなDNAを作って、一気に目的のものを作れるようにしてしまう。あるいは高度、高速、高精度な分析技術というのが非常に重要であります。このように、赤字のところでございますけれども、高度な情報技術や計測技術と先進バイオ技術を融合させて、最適にロボティクスを入れ込みまして、自動化することで、こういった、高速にいろいろなものづくりをできる生物を作り出していくことで、物質生産を強化していくということが必要だと考えております。ここにあたっては、企業、大学の密な連携、こういったところで共通基盤を確立していくというのが非常に重要でありまして、それによりまして、横軸に生産性と書いた図がございますけれども、本当に半年もあれば、IT・AI技術を駆使しまして、いろいろなものが作れるようなものを作り上げていく、こういうものを作っていくのが今後、重要だと考えております。

14ページは、このようなものができると、いろいろなものづくりに展開できるだろうということが簡単な絵にしております。

以上でございます。

○久原委員長　　どうもありがとうございました。各プレゼンに対する質疑は一番最後にまとめて討論と一緒にやりたいと思います。

続きまして、三菱化学株式会社石化企画本部石化研究開発室・磯谷様にプレゼンをお願いしたいと思います。よろしく申し上げます。

○磯谷室長　　三菱化学の磯谷です。資料11をあけていただいて、よろしく申し上げます。私は石化、ペトロケミカルをやっているものなのですが、なぜバイオに関することをやっているかということも含めて発表させていただきたいと思います。

次のページ、2ページをお願いします。本日、ご紹介の内容は、MCC、三菱ケミカルがみる米・欧・中のバイオ活用。三菱ケミカルホールディングス自体の紹介、あと新・炭素社会への取り組み。そして3つ目がグループのバイオ関係の取り組み。最後に持続可能なバイオ関連事業を実現するためということで紹介させていただきたいと思っ

ています。

3 ページをお願いします。まず私たちがみる米・欧・中のバイオ活用ということで4 ページにまとめさせていただきました。

アメリカは、先ほどいろいろ話もありましたけれども、エネルギー資源転換のためにやっている。欧州は機能化学品、中国は資源利用でスタートして、基盤を固めて、いずれも現在は高付加価値製品を主なターゲットとしているということで、下にもう少し詳しく書いてありますが、北米に関しては、先ほどエネルギー省とか農務省とか出ておりましたけれども、政策プラス補助金で技術を育てているといわれております。EUは、センターを作る。エリアで産官学の開発拠点を作るという形でやっております、基礎から工業化まで請け負う体制でやっているということになります。一方中国ですが、既に幾つかのバイオマスを利用した化学品、我々が注目しているのでいいますとフルフルールですとかイノシトールですとか、そういうものも含めた主な生産地になっております。彼らのもつ物的・人的資源を生かして、米欧を急迫しているという状態ですが、やはり環境に関しては余りきっちりやっていないという感触がございまして、そういう課題をもっているというところでございます。

次のページ、5 ページをお願いします。続きまして、少しMCHCグループの紹介、それから我々が目指しております新・炭素社会への取り組みを説明いたします。

6 ページをお願いします。これは我々二人が属しておりますケミカルホールディングスの内容でございます。越智社長、なかなかいい写真が使われているなど思っています。

7 ページ目が、私が属しているのは下の一番左、三菱化学というところになっております。三菱ケミカルホールディングス自体は連結の売り上げが約4兆円弱ぐらいの会社でございまして、その下に6つの事業会社がぶら下がっております。一番左の三菱化学、左から3つ目の三菱樹脂、その隣の三菱レイヨン、この3つが来年合併いたしまして、三菱ケミカルコーポレーション、三菱ケミカル株式会社というものになります。今日、説明いたします取り組みの内容は、主にこの3つの会社についてでございます。

8 ページ目、これは事業領域でして、素材、機能商品、ヘルスケアと、これが我々の取り組んでいる大きな事業領域でありまして、今日は特にこのケミカルズ、ポリマーズにかかわるところにバイオの技術を使っているという話をいたします。

9 ページをお願いします。後ほど“KAITEKI”の説明をいたしますが、我々、KAITEKIという状態の実現をリードする創造事業として6つのテーマを中核に位置づけておりま

す。有機光半導体、有機太陽電池／部材、高機能新素材、ヘルスケアソリューション、きょう、後ほど詳しく説明いたします新世代アグリビジネス、サステイナブルリソース、こうしたものになります。これら6つのテーマを、我々はSustainability、Health、Comfortと、この3つに関連するものと位置づけて、大きなお金をかけて進めております。下の写真は、サステイナブル関連のものが多くて、生分解性樹脂、バイオエンブラ、右側になると植物工場、そうしたものに組み込んでおります。それらはこの後、詳しく説明いたします。

10ページをお願いします。我々の会社のコーポレートブランドはTHE KAITEKI COMPANYという名前になっておりまして、名刺にもこのブランドが書いてあります。KAITEKIという定義を少しだけ説明させていただくと、「時を越え、世代を超え、人と社会、そして地球の心地よさが続く状態」というのをKAITEKIと定義して、これを目指して、活動しております。

11ページをお願いします。このKAITEKIを実現するための三菱ケミカルグループの基本理念は、新・炭素社会です。このKAITEKIに向けて、化学というのは練炭素術だと位置づけまして、循環炭素化学の役割を果たしていきます。この新・炭素社会を作っていくために我々がやっていることは下の3つがメインになります。1つは、グリーンハウスガス排出量の少ない社会づくり。いずれ枯渇する化石資源にかわる新しい炭素資源の活用。人工光合成化学プロセス技術の研究組合と一緒に取り組んでおりまして、こういうものに力を入れていくということを考えて、循環炭素化学というのを進めていこうと。そして、新・炭素社会というのを作っていこうとしています。

12ページです。これらの取り組みを少しビジュアルにあらわしますと、このようになります。原料多様化、プロセス効率化、省エネルギー部材、創エネルギー部材、人工光合成、バイオマスと、こうしたものを使いながら、ソリューション、製品で循環炭素化学、新・炭素社会を目指していこうと思っています。

13ページです。では、バイオでどういうことができるかというところを、ここに3つ挙げております。再生産可能な「資源」として用いる。2つ目が物質変換を行う「機能」として用いる。3つ目が高機能な「素材」として用いる。この①②③について、この後、説明してまいります。

14ページをお願いします。このバイオのポテンシャルという意味では、まずお客様が求めるのは、必ず製品というのは機能がよくて、環境性能がよくて、当然安いと、この

3つです。それらをバイオがどう解決していくかというのがここに書いてありまして、1つは再生産可能、もう1つは機能、素材ということで、再生産可能原料を用いるということ、それから生物の機能を用いていろいろなものを作っていく。ワクチンであるとか、植物自体を作っていく。それから、やはり生物素材からしかできないもの、あるいは生物素材から作ったら非常に安くできる、そうしたものをうまく使っていく。そうした3つをうまく使いまして、お客様の求めるものを満たしていく。その間を、会社のもちます製造・販売力、開発力というもので結びつけていくという努力をしております。

15ページです。では、その具体的な取り組みについて説明してまいります。①②③の順序ではないですけれども、まず①③について説明いたします。

16ページにもう少し詳しく書いてあります。再生産可能原料といたしましては、コストを狙うバイオ化学品に取り組んでおります。②の生物機能に関しては、生物触媒に取り組んでおりまして、ここに書いてあります3つのことをやっております。③について、生物素材ですが、高機能高付加価値素材を作るということで、高機能を狙うバイオ化学品を作っております。まず右に★がついております①と③について、説明してまいります。

17ページです。生物を使いこなす技術群で事業構造を改革していきます。①のコストを狙うというものと、③の高機能を狙うというのは、色が変わっておりますが、緑の部分がコスト、ブルーの部分が高機能というようになっていて、矢印のところを見てもらうと色分けをしてあります。私が今までやってきた石油化学のプロセスというものがございまして。これは非常に大きな産業ですが、ここに新たにバイオ、生物を使いこなして、入っていこうということに取り組んでおります。1つが、①の下の点線になりますけれども、最近原油の値段が安いですが、バイオを使うことによって安くなれば、C2、C3、C4、エチレン、プロピレン、ブタン、ブタジエン、ブテン、そうしたものを安く作って、いわゆる既存の基礎化学品にドロップインしていく、そういう手があると思っています。もう1つは、少し高機能なものを狙うということで、安い原料から、既存の石化から作っているものよりも安く、そして地球に優しいものとして作るということで、誘導品のドロップインを考えております。そして、この後、説明いたしますBioPBS、DURABIOのような、そもそもバイオ骨格を使うことによって、非常に高機能ができるということは、もう下の石油化学とは離れて、新しい機能の説明になります。それから3番目に付加価値製品という、全く新しいものを作っていくということになります。

18ページです。三菱化学としては、2025年までに20%をサステイナブルなものに展開していくという目標を立てております。

19ページをお願いします。具体的には、既に、BioPBS、DURABIOといった、この2つの製品を作っております。BioPBSに関しては、今、タイのほうでプラントを作っております。生産を始めております。バイオ化したPBSを生産しております。

右側のDURABIOに関しては、既に自動車の内装ですとか、光学フィルムに使われております。さらにこれらを使っていきたいと思っています。ここでちょっと注目したいのは、イソソルバイトの分子構造式が上に書いてありますけれども、私が今までやってきた石油化学みたいなものと、こうした含酸素物質を安く作ったり、効率的に作るというのが非常に難しかったのですが、生物系のもので、こうした含酸素物質を非常に安く、速く作れるという意味で非常に効果が大きいと感じております。

20ページをお願いします。ここはちょっと飛ばします。バイオコハク酸について詳しく話そうとしました。

21ページをお願いします。こうした基盤構築に取り組んで、まず原料転換と高付加価値をもつバイオプラスチックの事業を今、取り組んでおります。さらに次の取り組みについて説明します。

22ページです。ビジネス基盤の上で、バイオ、それから我々のもっています合成力、プロセス構築力、そういうものを使って、我々の持ちます総合力で新しい商品を開発して、事業強化、エリア拡大をしていきたいと思っています。また、情報工学といわれるものが一つの大きな鍵でありまして、後ほどそれについても説明いたします。

23ページをお願いします。既に微生物触媒の技術をベースに、酵素の可能性を活用した事業というものを行っております。その絵を示します。

24ページです。アクリルアミドというのは、世界で約100万トンほど作られているマスケミカルです。マスケミカルで、バイオで作っているものというのは、唯一このアクリルアミドになります。このアクリルアミドというのは、下に書いてあるような用途に使われます。

25ページをお願いします。これはバイオ法でアクリルアミドを作るのですが、既存の化学法に比べまして、非常にマイルドな条件でできるということと、非常にセレクトイビティが高いということで世界を席巻している技術でございます。

次、こうしたアクリルアミド用のバイオ触媒です。これは非常に活性及び生産性を上

げてまいりました。そうしたことによって、今、世界の主流になっております。

27ページをお願いします。そうした高機能な酵素というのをいろいろなところにも使おうとしておまして、弊社ではこの下の3つについて、既に使い始めております。

28ページをお願いします。1つは一番上のフォトソグラフィ用のポリマー原料として、こうしたブチロラクトン系の骨格をもったもの、あるいはヘルスケアではニコチン酸アミド、農業分野ではこうした構造のものを既に作っております。

次のページはリソグラフィー用の技術として、どういうものかというのが書いておまして、下のほうのブルーの丸のところのものをバイオ技術を使って作っているということになります。

次のページ、酵素利用のまとめというページですが、これは今までいってきたことをまとめておりますので、次のページに移ります。

続きまして、生物機能と生物素材の利用で、次世代農業をビジネスに育てつつ、新たな植物利用を手がけるということで、植物機能の利用について説明いたします。

32ページです。生物素材の利用ということで、弊社では植物工場に取り組んでおります。食料、健康、医療というところに使おうとしております。

次のページで、植物工場のところに青四角がついているページです。済みません、ページが出ていないです。

次のページです。MCHCグループの植物工場というページをみていただいて、三菱樹脂として、太陽光利用型の植物工場、三菱化学として、完全人工光型の植物工場を作っております。

35ページに行ってください、そういうところで作っているキュアリーブというものを販売しておまして、これは小田原のほうで買うことができます。栄養機能食品になっておりますので、ぜひ皆さん、みかけたら、お買い求めください。

続きまして、次のページ、36です。完全人工光型を使いまして、医療用途にも使えるのではないかとということで応用しております。それがワクチンへの応用ということになります。

完全人工光型植物工場の展開例として、ワクチンを作るということをやっております、これをやることによって、次のページ、植物法はパンデミック第一波に供給できる可能性があるということで、これまでの鶏卵法ですとか、細胞培養法に比べまして、大幅に短縮できるということで、植物法というのに注目しております。

続きまして、高付加価値植物ケミカルの新たな製造法開発ということをやっております。

次の41ページ、バイオインフォマティクス等を使いまして、代謝デザイン、酵素デザインを行っております。

42ページ、これは生物機能を用いて製造するときのプロセスですが、43ページに行ってください、触媒の基本設計とか、触媒改良というのは非常に時間がかかるということで、44ページ、代謝ルートの探索、酵素の機能予測という技術を用いて、これを速くしようという取り組みをしております。

45ページですが、M-pathというのを、三菱化学として開発いたしまして、従来法の課題であった組み合わせ爆発を回避できるようになっております。

次のページ、M-pathだけがみつけれられる経路で新たなビジネスターゲット探索をサポートということで、こういうことに今、使っております。

続きまして、47ページです。最後に、お客様が求める製品を供給して、開発に投じた資産を回収して、企業としての責務を果たすというところで、48ページです。我々、こういうバリューチェーンをきっちり作るということが非常に重要だと思っております、原料から製品まで、そしてお客様に供給するところまで、非常に長いチェーンになります。

この持続可能なバイオ関連事業を実現するためにということで、50ページです。バイオ分野の技術というのは非常にいいものがあると思っております。一方、企業は産業のインフラとか商流をもっております。こういうものをうまく用いて、長期的視点でバイオエコノミー政策による新しいバイオ事業基盤の整備ということに期待をしております。

51ページ、バイオ基盤のバリューチェーンの構築には、まず最上流の原料・資源の獲得というものが重要だと思っております。

52ページ、1社で完結が難しい長いプロセスになりますので、戦略的にパートナーリングを進めていただきたい。異業種間のアライアンス、あるいはいろいろな日本オリジンの技術、そういうものを作っていただきたい。下の提案にありますように、とがった国産技術を作ってもらうことと、企業へのアクセシビリティの向上、具体的にいいですと使いやすい技術を作ってほしいということになります。

53ページ、もう1つが、最後、工業化していく上でのリスク、それをできるだけ少なくしたいということで、特にパイロット規模での試験のリスクを減らしていきたいと思

っております。そういう意味でのプロセス開発機能つきのベンチ、パイロットの整備というのが重要ではないかと思っております。

54ページ、これが最後のまとめとなります。本日のまとめをここにさせていただきます。

以上、どうもありがとうございました。

○久原委員長 どうもありがとうございました。

続きまして、味の素株式会社の松井様にご発表をお願いしたいと思います。

○松井上席理事 味の素の松井です。生物機能を活用したものづくり産業について、日本発のバイオインダストリーの視点で話題提供させていただきます。右下にページ数が書いてありますので、順にごらんください。

まず2ページをごらんください。日本のバイオインダストリーの事業規模というのは、自動車産業や電気機械工業と比較すると小さいですが、日本の強みをてこにして、世界レベルの基礎研究や応用研究が実施され、その研究成果をもとに事業化が進められて、グローバルスタンダードになったものがあるかと思っております。その日本の強みというのは、自然に謙虚に対峙して、日本特有の自然・文化基盤に外からの異質な文化を鷹揚に取り込み、混ぜ合わせ、発酵、熟成させ、みずからの基盤を拡大してきたところにあると考えております。

続きまして3ページをごらんください。ですから、日本発、独自性ある研究開発の実用化というところで、独自性があるという基礎原理の追求もやるけれども、実用化検討もやるというのが日本発というところの意味するところではないかと考えております。

4ページ目をごらんください。日本発の具体例として、幾つか紹介したのがこれです。日本の自然、文化に根ざして、独創性、独自性のある研究成果が出され、それを事業化につなげたものに、このようなものがあります。例えば昆布のうまみ成分がグルタミン酸であることは池田菊苗先生が発見され、それが今やうまみ調味料として、全世界で300万トンにも至るような事業規模になっております。その下にありますかつおぶしとかシイタケ、これからは核酸、イノシン酸、グアニル酸が発見されて、これが核酸事業につながっております。その他、いろいろ日本発の具体例があります。

次のページをごらんください。私どもでは、例えばMSG（グルタミン酸ナトリウム）や核酸につきましては、当初はプロセスイノベーションとして抽出法でものづくりをしておりました。その後、生産量、あるいは需要の拡大に応じて、製造技術を進化さ

せることによって対応してまいりました。例えば抽出法から化学合成法に移行し、その後発酵法、あるいは酵素法に移行してきております。核酸も同じく、当初は抽出法でありましたが、合成法と発酵法を組み合わせた製造方法を開発し、現在では発酵法と酵素法を組み合わせて製造しております。この技術進化によって、低コスト化、生産性向上を果たしております。

次のスライドをごらんください。6 ページです。最近の当社事例でご紹介しますが、コク味というのは、日本の食文化で知られているものではありませんが、このコク味に注目して、実はコク味の受容体というのはCalcium-sensing Receptorであることを発見し、このレセプターを使うことによって、コク味素材を探索し、現在、実用化しております。コク味というのは、6 ページの右下にGivaudan社、これはフレーバー会社で有名な会社ですが、ドイツの企業です。ここのプレスリリースにありますように、「umami」と「kokumi」は日本起源であると。彼らもコク味に興味をもっているということが書いてあります。コク味というのは、呈味はもちませんが、UmamiとかSweet、Saltyと書いてありますが、こういった五原味を増強する、濃厚さや広がりや持続性を与えるといったものであります。

次のスライド、7 ページですが、基本的に私が考えるに、日本の強みが活かせる領域、あるいは土俵で闘うことが、日本のバイオインダストリーには重要ではないかと考えております。

8 ページ目をごらんください。近年の生物機能改変にかかわる技術革新をまとめたものがこの図であります。三次元タンパク質構造解析、各種データベースの充実、omic s解析、代謝工学、合成生物学、あるいは分析技術の高度化等々によって、育種技術の高度化、育種スピードの加速が実現しております。生物機能を利用したものづくりの機会が拡大していると言えるかと思いますが、言い換えれば、グローバルな技術開発競争が激化しているというように言えるかと思いますが。特に最近では、こういった先端技術を組み合わせたロボティクス技術、菌株のデザイン、菌株の構築・培養・分析、これをハイスループットで自動化しているというものがありますので、開発競争が激化していると思われます。

次のスライド、9 ページをごらんください。生物機能を活用したものづくり産業の役割をここで書いておりますが、社会価値と経済価値の両立を図る必要があるということ、事業を通じて、社会と価値を共創する必要がある。2点目は、経済価値の持続的実

現には顧客・消費者のニーズにかなう高品質なものを安定的に、顧客・消費者が受容できる価格で提供することが求められていると認識しております。

10ページ目をごらんください。先端技術の革新が起こっておりますが、これによって、新たな素材を作る生物ができたとしても、試験管、ミニジャーの中でその素材が生産できても、工業化にはなりません。製品を作るということは、このように写真で示しておりますけれども、工業原料と育種開発した微生物を用いて発酵し、発酵グロースから単離・精製して、製品を取り上げる必要があります。また、製品を取り上げるに当たっては、副生物も発生しますし、廃水という問題もあります。経済価値と社会価値の両立を図るという観点から、またコスト競争力の強化の視点から、各工程における課題というものを図の下側に示しております。原料があって、発酵があって、単離・精製があって、廃水処理・副生物の利用、それぞれいろいろな課題を抱えております。

次のページをごらんください。11ページです。生物機能を活用したものづくり技術の工業化の壁と、ここでは書いておりますが、STEP 1として、まずは候補素材の検討と開発戦略を構築し、STEP 2でラボでの生産プロセス開発を行います。このSTEP 1とSTEP 2においては、ロボティクス等、あるいは生物機能改変技術の革新において、育種のスピードは大幅に加速していると思います。また、ラボでの生産プロセスの課題を解決する生産菌株の開発は加速していると思いますが、工業化につなげるには、ラボでの生産プロセスの開発と、ベンチプラント、コマーシャルプラントでの工業化検討の、ラボと生産現場の双方向での技術課題の検討が必要になると思います。例えば、ラボの生産プロセスをスケールアップし、工業化プロセスの確立が必要であります。工業化プロセスの開発で顕在化した課題の解決には、ラボでの生産技術のさらなる磨き込みが必要になる場合が多々あります。

12ページをごらんください。ものづくり技術の研究開発から工業化までの流れを示したものであります。この図では、一番下に赤字で示したスケールアップギャップの解消ということを示しておりますが、工業化プロセスにおいて、ラボでの生産プロセスの再検討と検討結果の工業化プロセスでの検証というのが必要になります。このスケールアップギャップの解消というところに、日本のバイオインダストリーのノウハウがあるのではないかと思います。

次のスライド、13ページですが、ものづくりの工業化力のさらなる強化に向けてと、幾つか書いておりますが、少なくとも、g/dL以上のスケールで発酵生産ができる技術が

必要だと思います。またコスト競争力の観点からは、製造工程のバリューチェーン全体を俯瞰して生産技術を磨くことが不可欠です。幾ら育種で生産量を増やしても、単離・精製プロセスが、そこがリスクになれば、製造コストを下げる、あるいは大量に供給するということが不可能になります。生産する素材アイテムの幅を広げるには、少量多品種生産プロセスの開発に加えて、発酵プロセス／設備の革新、あるいは単離・精製プロセス／設備の革新が必要になります。加えて、当然、競争が激化しておりますので、競合知財の侵害回避や自社知財の強化、あるいは製品化するということが各国規制への適切な対応が必要となります。

次のスライドをごらんください。こうやって工業化し、上市できたとしても、生産量が増え、市場が拡大するに従って、あるいは知財が満了することによって、競合が出現し、低価格化に陥ります。このときにどう対応するかですが、絶え間ないコスト競争力の強化が必要ということと、低付加価値化したものをいかに高付加価値なものにするか、素材のサービス武装が必要になると思います。一方で、高付加価値素材をふやしていくという取り組みも必要ではないかと考えます。

15ページですが、世界の課題、日本の課題をここに記しております。日本は、世界でも最も解決すべき課題が提示されている国だと思います。逆にいえば、課題解決による新事業、新産業創出のチャンスのある国とも言えるのではないかと思います。課題解決に生物機能を最大限活用して、ピンチをチャンスに変える必要があるのではないかと思います。

最後のページですが、私どもの宣伝になります。どうもありがとうございました。

○久原委員長　　どうもありがとうございました。これで発表を終わらせていただきたいと思えます。

今から討論に移らせていただきます。資料9をごらんになるとわかると思えますけれども、議論のポイントというところが書いてあります。まず一番最初、スマートセルインダストリーの可能性についてということで、今、3人の方からご発表があつて、その前に経済産業省から俯瞰図が示されたのですけれども、それも含めまして、スマートセルインダストリーの可能性みたいなところでご自由に、ご意見を述べていただきたいと思うのですけれども、どうぞ。

○松田委員　　まず口火を切らせていただきましょう。最初の近藤先生のご発表になられた資料の中で、日本の取り組みというシートが11、12で出てまいりますけれども、この

技術、確かに先生の強調なさっているように優位性がある、世界に通用するという評価ですが、具体的にこの技術で企業とどういう連携が今、なされているかというようなところの現状をちょっとお知らせいただけますでしょうか。

○近藤委員　例えば、一番わかりやすいのはゲノム編集技術とか、そういうところなのですけども、この辺というのは、実は、こういうときによく使われているのは、いろいろな育種をするのですが、最後、組換え体にしたくない、微生物発酵であってもです。そのときにゲノム編集技術でやり直したいとか、そういうことである企業さんがこれを使って、実際に遺伝子組換えでやったものを全部作り直してやったら、非常にいい成果が出たというようなことであったりとか、あるいはある会社さんは、これをいろいろな意味で事業にもっていきたい、こういう編集技術として、それを提供するような技術開発をしたいということで評価したいとか、いろいろなところが起こってきております。例えば人工経路のデザインでありますと、作れるもの、こういうものをどういう形でやっていくかというのを、これは三菱さんと神戸大学が連携してやっていますけれども、いろいろな可能性をまず探索していくとか、そういうところに結構使ったりとか、そういうさまざまな形で使われ始めている状況です。

○松田委員　そうしますと、世界で見たときに、いわゆる実用化、あるいは実用化段階というようなキーワードで比較した場合に、同程度でしょうか。それとも日本に、スマートセルを使った物質生産ということについては一日の長があるとか、優位であるとか、世界と比較してどういう評価をされていますでしょうか。

○近藤委員　世界に全く競合する技術がないわけでは、当然ないわけですし、そういう意味では、例えばデザインして、DNAを高速にゲノムファウンドリーとか、イギリスもありましたけれども、各国、当然こういうことを狙ってくるわけです。とにかく遺伝子を、正確に高速にデザインして合成して、あるいはゲノムを編集してということは、各国考えているわけですけども、その中で、この技術群自体は優位性はあるとはいうのですが、各国は違う意味の優位性をもっています。その中で我々がそれなりの位置を占めることはできると思いますが、当然競争は激しい領域だと思います。先ほどアメリカとかイギリスの例もありましたけれども、こういったところを狙ってきているわけですので、そういう状況だと思います。

○松田委員　今日、お三方から発表されましたいろいろな課題とか、あるいは企業の中におけるテーマとか、会社のビジョンとかというようなことを全部含めまして、冒頭か

ら日本の発酵技術のレビューもありましたけれども、その方法論として新しいものは、ほとんど無いのではないかなという気がするのです。そういう中で、あえてこの小委員会をきっかけとして経済産業省が主導して、さらにスマートセルで物質生産に取り組むといたら、やはり周辺技術の中で、シーケンサーが低コストでスピード感をもってシーケンスできる技術が発達してきたとか、ゲノム編集の技術が新たに出てきたとか、こういう周辺環境が変わったがゆえに、課題は変わっていないけれども、それを解決する手段が大きく進歩してきていると。そういう中で、では何ができますかというのがこの小委員会ですよね。そういう中で、今質問したのは、では日本において、そういうことに新たに取り組む場合に、海外と比較して、こういう技術が優位性があるので、今まで取り組んできた課題を一気に解決できるようになるようにするとか、そのような課題の整理の仕方というのでしょうか、テーマの整理の仕方では優位性、あるいはどこを攻めれば勝てるのではないかというような発表を、どこかで資料をまとめていただけたらと思います。

○久原委員長 わかりました。今、言われたところは多分、非常に重要なところだと思います。それは近藤先生の発表の中にも多少言われていたところだと思いますけれども、日本がテクノロジーで勝っているところもありますし、反対にかなり負けている部分もあって、そこはどちらが多いかという話は、多分、皆さんのほうが頭の中に入っていると思いますけれども、勝てる場所と勝てない場所、両方あると思います。

それからもう1つは、やはり、ではどこを狙っていくのか、どこを狙えば強みが出るのかというようなお話は、逆に、三菱化学さんが発表されたようなところで、やはり化成品の中でバイオが占める割合が多くなっていくだろうというようなところがあります。そういうところで、では化成品の中でどういう部分を攻めていけばいいのかというようなお話がそのうち盛んになれば、そういうところでの利用というのは非常に重要になってくるのではないかというのをきょう、三菱化学さんの発表の中でも、そういう新しい材料を使ったカー製品を作っていくというような部分はかなり発表されていましたし、今後25%それを伸ばしていくというようなお話もあったので、その部分をどう、ではバイオで攻めていくのか、ニューテクノロジーをどうやって使っていくのかというところが今後の問題になるのではないかというような感じはします。

ほかに、どうぞ。

○川嶋委員 今日、プレゼンいただきました2つの会社の方に質問したいのですけれど

も、技術で儲けるとは一体どんなことだろうというように考えたときに、いろいろな見方があるのではないかと思うのですが、1つには、時間の差の利用というのがあるのではないのでしょうか。他の競合する技術に対して優位性をもった技術、だけれども悲しいかな、そんな技術というの、少し時間が経てば追いつかれて陳腐化してくるわけです。そうすると、差をつけていられる間に、一体どれだけ儲けられるのかというのが、技術で儲けるということなのかなと思っています。

そうなりますと、技術開発のところだけではなくて、サプライチェーン全体と言いますか、要はアイデアが出て、最終的にもものを作って売るところまで、売って初めてプロフィットが出るわけですから、そこまでのステップ全体を考えて、やっぱりスピードが速いというのが競争優位性を持つ上で非常に重要なことではないかと思っております。

そこで質問ですけれども、それぞれに今、バイオをリードする会社だと思うのですが、このスピードを上げる上で、こんなステップが変わったらものすごく意味がある、あるいはこんなところで苦労しているというようなところがもしあれば、お聞かせ下さい。逆にいえば、そういうところこそ、特にこの委員会などのような政策をどうしようかということに対する意見交換の場では、有効に使えるところといたしますか、本当に重要な意見になるのではないかと思うのですが、その辺、いかがでしょうか。

○久原委員長 佐野さん、どうでしょう。

○佐野室長付 苦労話も入ってしまうのですが、先ほど先生おっしゃったように、1つ、全然違う軸としては、お客さんが何を求めているのかというのをいつも自分たちでためておいて、材の開発とぱっと結びつけるのを速くするというのが1つあるのです。これはつなぐという意味では一つの見方なのですが、一方、研究開発からものを作るということになりますと、一番困るのが、研究のフェーズごとに、研究開発の人の種類がいろいろ必要になってくる。最初は探索研究、それが例えばラボからベンチ、ベンチからパイロット、パイロットから設計、設計から生産、生産管理というようになりますと、人の種類がいろいろ要ると。それがファンダメンタルなサイエンティストからエンジニアまで、いろいろな人が必要になってきて、これもバイオのケミカルを作るときには、バイオとケミカルと両方とも必要になるので、これを企業で全部、ずっと抱えておくというのは相当きつい。1つは、どんどん新しい製品を永続的に出していけばそろそろですけども、例えば景気が悪くなってきたとか、方向性が変わったとなりますと、この分野のこのときに、こういうワーカー、サイエンティストが足りなくなってくる。そうす

ると、どこかにお願いしなければいけない。そこで外の研究機関とか、我々がもっていない設備をもっているところでやってもらったりとか、自分たちだけではできないことがまま起こってきますので、企業は、やはり固定費としてもっているのですが、それを超えるようなものが必要になったときに、開発が少し遅くなってしまうという悩みがございいます。

○久原委員長　　どうぞ。

○釘宮委員　　松井さんのご発表にすごく共感するところが多かったのですけれども、最初に近藤先生の発表の中で、アメリカの例であるとかイギリスの例であるとか、ありました。アメリカもイギリスも、ドイツとかもそうですけれども、各国それぞれのバイオ戦略というのは、その国がもっている資源があって、例えばアメリカであればお金がたくさんあるとか、人材が世界から集まってくるとか、そういった土壌があって、それを生かすためにこのような戦略を作っていけばうまくいくよねというので成り立っているわけです。イギリスもまた別の形で生命科学の研究がもともとすごくアカデミーなどでされていて、それをしっかり産業として育てていこうという戦略があって、ああいう形がある。

では、日本の場合は、日本の中に何があるかというのをきちんと考えなければ、アメリカがやっているから同じことをやりましょう、イギリスがやっているから同じことをやりましょうとなってしまうと、少なくとも日本とアメリカで比べたときに、研究にかけられる資金も額が10倍、100倍のレベルで違いますし、人材だって、アメリカであれば、お金があるから、いい人が集まるわけですがけれども、日本はそこに対して人が集まらないし、さらにいうと、移民など積極的に受け入れるという土壌もないので、日本にいる人の中から何か形を作っていこうというようになってしまう。でも、今の時点で既に距離があいて、置いていかれていて、さらにそこを追い越すことが本当にできるのか。追い越した先に、では何をゴールにすればいいのかというところがないと、幾らアメリカがやっています、だからやりましょうといってもしょうがないのではないのかなと、すごく思います。

松井さんが、合成生物学の世界ではすごく世界的な競争があるというようにおっしゃいました。最初に経産省のお話の中で、日系の企業もEvolvaであったり、それからAmryisといった、外国の会社を共同研究のパートナーとして選んでいて、もう既に日本のアカデミアであるとか、企業を選んでいないという現状があるわけです。その中で、では

私たちは何をするかというのを考えなければいけないのが、この会だというように、私は思っています。

そのあたりについて、特に日本の強みについて考えていきたいと思うのですが、最初に松井さんは発酵、特にスケールアップのところの経験値が企業の中ですごく高いというようにおっしゃいました。実際にそういったバイオで物質生産をなさっている企業というのは、その企業の中に技術者がいて、育ってきています。ただ、一方で大学であるとか、アカデミアの中で、発酵して、ものを生産して、スケールアップをするところの技術開発がなされていなくなっています。現場で、大学の中で、多分、近藤先生が感じていらっしゃると思うのですが、培養、スケールアップを教えられる先生もいないし、教育を行うための機関もないし、装置もないしという状況です。せっかく日本の強みだったところがなくなっていっているのです。では、その中で何が次の強みとしてありますかというところを、先生方からご意見いただけるととてもいいなと思うのですが、いかがでしょうか。

○近藤委員　先ほどイギリスとか回ってきたという話をしましたけれども、例えば技術的な優位性というので追加すると、インストアでみたとき、我々のほうがかなり優位性は高いなという、技術的なところもあるのですが、先ほど議論になったみたいに、イギリスは多分、発酵とか、そういう技術は全くないのです。例えばマンチェスター大学とか行っても、そこにはそういうのがなくて、それはもう連携としか言っていないのです。ですから今、言われているように、さっき松井さんの中にSTEP 1、STEP 2とあったと思うのですが、STEP 1、STEP 2を統合していく必要が当然あるし、STEP 2の中にも、先ほど情報の話もかなり出ていましたが、STEP 1とSTEP 2はかなり共通するような部分がある、実は技術的にはあるのです。そういうところまでのプログラムというのは、多分、世界にはそういう形ではないと思うし、それから、意外と外国のものというのは単独でやっているケースが多いので、割と知が統合されていない。ある強みだけで攻めているような感じもあるという意味でいうと、先ほど私たちが幾つか強みと言わせていただいたものは統合したプログラムになっていますので、技術としての優位性もあるけれども、プラス今、言われたようなところが重要だと、私も思います。

○久原委員長　鎌形さん、どうですか。

○鎌形委員　ちょっと全体を俯瞰する前にスマートセルインダストリー、これ、近藤先生、METIの皆さんが、これから経済産業省が日本の施策として出そうとしてくる造

語ですよ。このiPadがネットにつながっていたのでみていたのですけれども、どこにもスマートセルインダストリーという言葉は、M E T I の資料以外には出てこないのです。そうすると、これを一つの看板にして、どのように日本のバイオインダストリーを新しいフェーズにもっていくかという、その一つ概念というのを、もちろん既存の概念もいろいろ入れながら、しかも新しい概念も入れた、日本の強みも入れた、もったきちんとした形のを明確にして、日本はこれを進めていくのだということの、魂を入れていくということを考えていくのも、私はこの場ではないかと。非常に概念的な話ですけれども、でも、例えば皆さんの中で、恐らくシステムバイオロジーとかシンセティックバイオロジー、みんな、言語の定義があいまいなのです。一応決まっているのですけれども、決まっても、非常にブロードなのです。

それから I o T にしても、新しい I T にしても、そういったいろいろな要素技術として、もうちょっときちんと把握して、それを統合した、どういう概念としてのスマートセルインダストリーという言葉を実施として打ち上げていって、かつそれに対してプロジェクトを裏打ちさせていくかということをちゃんと議論すべきではないかと思います。

○久原委員長　ありがとうございます。鎌形さんに振ったのは、もう少し日本の強みは何だということでもちょっとしゃべっていただきたいなということもあったのですけれども、それはまた後でお願いします。

どうぞ。

○西村課長　済みません、発言がある方は札を立てていただけるとありがたいと思います。

○林委員　初参加させていただく林です。私は皆さんのプレゼンテーションを勉強になるなとメモをとらせていただいていたのですが、初めてなので簡単に自己紹介をさせていただきますと、私の会社は、大企業の新規事業をやったり、新サービスを開発する支援をしている会社で、年間500件以上のプロジェクトを、さまざまな企業と領域を横断して、やっております。それと同時に、M I T メディアラボというアメリカの研究機関に勤めておりまして、その領域の中で20の研究グループが約200の研究プロジェクトをもって、360度、あらゆる方向の中に未来がどっちに行くのかという実験をやり続けているようなのがM I T メディアラボです。なので私は、バイオの領域は本当に新参者なのですが、なぜ今回、ここに参加させていただいているかということ、そのM I T メディアラボの中でも、コンピュータをやっている人間も、それから3 D プリンティングをや

っている人間も、タンジュール、インターフェイスをやっている人間も、この数年間、みんながその研究領域の中にバイオテクノロジーを使う研究が増えてきている。所長の伊藤穰一も、これからさまざまな産業の裏にバイオテクノロジーが来るであろうということを発表していて、つまり今回の、このスマートセルインダストリーということにも含まれているのかなと感じているのは、従来、非常にお金がかかって、大企業中心に進められてきたバイオという産業の領域が、圧倒的な安さとアクセシビリティが上がったときに、インターネットと同じように、あるいはデジタルファブリケーションと同じように、そして今、例えば交通網が変わってきてという、そういう企業主体ではなくて、どうやって個人であったり、個々人の出力していくような機能を企業のビジネスの中に組み込んでいくのかという時代が、恐らくバイオの領域にも来るのではないかと。それは、今、バイオベントというものも出てきていて、個人で、家で実験できるものも出ていて、多分、経産省としては、そんなもの、幾らになるのだと。1万円を何個売ったって何億だろうという話なのですけれども、ポイントはそこではなくて、そういうことを実験する小学生とか、あるいはそんな機能を大学みんながもち、私、カフェをやっているのですけれども、カフェにもバイオラボをことし作る。そこで何をやるか、集まりませんかという、500人が参加したいという、こういう流れになっている中で、その人たちをどう巻き込んでいくのかということ自体も含めて、バイオの新しい可能性が広がってきているのではないのかなと。

なので、今、発表いただいた、本当に世界と戦っていく大企業のグローバルな戦いもあるのですけれども、新しく起こってくる非連続のバイオの産業も起こってくる、そこも日本の企業につながってくると思うので、そのつながりのデザインが、新参者ではあるのですが、皆さんとうまく接点を作っていくながら、新しい可能性が議論できるとおもしろいなと思っています。

○富田委員　どこまでみんな、本気で考えているかですけれども、本当にイノベーションを起こして、欧米と戦って、国を支える産業を作ろうと思っているのであれば、誰がそれをやるかということです。今まで議論がありましたように、非常に困難な道のりで、幾つかのステップ、全部合わせ技でなくてはできなくて、それを俯瞰して、本当にこれをものにするには、相当情熱とエネルギーがある人が、自分でもリスクをとってやるという人が絶対必要だと思うのです。

今、日本はこれが強いし、欧米はこうなっているから、では日本はこういう方向でや

ろうねと、例えば偉い先生方が議論して、ではその方向で行きましょうとって予算をつけて、次に手を挙げてもらう。では、そういうのをやるなら僕やりますとって、そのとき初めて手を挙げる人は多分、ものにならないと思うのです。本当にこれは重要だと思っている人は、そんな提言など出なくても当然わかっているわけです。CRISPRがあり、omicsがあり、いろいろな技術があって、それをうまくつなぎ合わせて何かできないかと思っている人、主に若者です。いると思うし、実際、やり始めている人もいて、そういう人たちが今、何を必要としているのかというところがすごく重要で、多分、困っている人はいっぱいいると思うのです。その人たちのニーズを聞いて、どこまで本気なのかとか、どこまでできそうなのかというのを議論することがすごく重要だと思います。

○久原委員長 篠崎先生、どうぞ。

○篠崎委員 私も、どこまで本気なのかということ、日本の企業がどこまで本気なのかというのは、ちょっと疑問もあると思うのですが、本当に近藤先生がお話しなさいましたように、ゲノム編集技術とか次世代シーケンサーとかビッグデータとか、いろいろなことが進展してきて、可能性もすごくバイオにはあると思うのですが、でも、社会的にバイオがどれほど期待されているのかというと、以前はかなりバイオは人気があって、大学でも、工学部よりも農学部のバイオに行きたいという学生はたくさんいたのです。それが、最近はまだ、もう工学部のほうがずっと人気が出て、成績で分かれまうから、工学系にかなりいい人が行ってしまうという状況に今はなっていて、さらに私たち農芸科学、農分野ですけれども、その中でも学生が分かれていくのですが、どこを希望するかというと、有機合成の研究室。どうして希望するかというと、就職がいいからというようになり変化してきて、今はバイオの人気がなくなってしまっていて、期待感がなくなってしまっている時期になっているのではないかというように感じています。こんなにも可能性があるのに、政策的なことであって、そういうことになってしまっているのかなというように感じているので、国の中で、やはり期待感をもってできるような方針というのが必要なのではないかというように感じています。

○佐々委員 私どもは、遺伝子組換え作物食品のリスクコミュニケーションをずっとやってきました。10年以上やってきました。この2年前から、内閣府のSIPの中でNB Tの社会実装をやっておりまして、そこで、ではどうして組換えがうまくいかなかったのかというようなことの振り返りと一緒にやっているのです。

それで今、私どもは、この新しい育種技術とかゲノム編集という言葉をどうやって社会におろすかということを考えている最中ですが、ここで合成とかスマートセルなどといって、これを国民はどのように受け止めるでしょう。まだ今は企業の方や行政の方向けの内容だから、国民は知らなくていいというものもあるかもしれないけれども、ナノテクノロジーのときから、パブリックエンゲージメントは早期（アップストリーム）から、やはり透明性をもってやっておかないといけないというのが今のサイエンスコミュニケーションやリスクコミュニケーションの考え方になっています。行政の考え方かもしれませんが、新しい名前がどんどん出てくるといえるときに、言葉を出す人は魂を入れるとか、気合いを入れるという話もありましたが、国策としてやるのならば、まず国にこれは絶対やるのだというものを持っていただかないと困るなど、遺伝子組換え作物食品に関わるいろいろな苦勞している中で感じております。今日は企業の方がお話ししてくださいましたけれども、やはり大きいお金なり、人手をかけてどんと行くときは、行政もそれなりに気合いを入れてやっていただくというのも一つの手法というか、見方としてあると思いますので、ご検討いただきたいと思います。

○久原委員長　その件はまた改めて別なところでちゃんとやりたいとは思っています。皆様のご意見、いろいろ聞いたのですけれども、この小委員会は、やはり富田先生ではないですが、腹をくくって、どこかでやっていこうというようなお話に多分なるのではないかと考えていまして、例えばEUのバイオエコノミーみたいに非常にブロードな、アグリカルチャーからナノテクノロジーまで全部含めたような形で非常にブロードなお話というのは多分できないと思いますし、日本の強み、弱みみたいなところがあると思うのです。どこら辺を、攻めるのだったら攻めたらいいのかというようなところがあると思うのです。そういうところで、さっき鎌形先生に振ったのですけれども、鎌形先生、日本の強みと弱みみたいなものをちょっとご紹介していただければ。

○鎌形委員　実は民間の皆さんと話をされていて、いわゆる微生物を主に研究現場におられた方というのは、少し前の世代の方で、今は現役をリタイヤされている方々に比較的多いのです。その皆さんとお話をすると、民間企業の方で従来の、いわゆるゲノム情報とか遺伝子情報とかという時代ではなかった時代のスクリーニングをやっている人たちというのは、驚くほどさまざまなティップがあるのです。いろいろな、ちょっとした細かい手技、そのデータというのは全然情報として開示されていないし、集約されていないのです。それはいわゆる職人芸というものなのですけれども、例えば培地を作ると

きに、このように作らないと菌が生えてこないとかいうことも含めてなのですが、実は物すごくたくさん集積していて、それは言葉では簡単に表しにくいものなのですけれども、それというのは、一種の重要な情報ソースだと私は思っているのです。そこがあるからこそリアクターも動かせるし、新しい育種ではなくて古典的な育種でも新しいものを次々と作ることができたというのがあって、その情報集積というのは、すごく古典的だけでも重要な部分だと思っています。それが何で成功したのかという裏打ちが、新しい技術によってなされるのではないかと考えています。実はそれがすごく大事な点だと思っていて、皆さんリタイヤして、俺は知らないよという世代になりつつあるのですけれども、何か言うと、そんなこと知っているよと必ず言ってきます。すごいプライドと、絶対言わない、男は黙ってという感じの、あの世代の方たちが黙っていることの情報量はものすごく大きいです。

私は、新しいバイオもいいのですけれども、上っ面な感じにならないために、実はそういういったことがとても重要だと思っています。

○久原委員長 逆にそういうデータの集積はどこかで集めて、公開というか、使えるようにしないといけないということなのですかね。

○鎌形委員 では、どのように集めるのかというのがありますよね。あなた、何を知っていますかと聞いても、何も知らないよというのです。ところが、何かあったときに、それは違ふと必ず言ってくるのです。そこがすごく重要だと思っています。実はそれは、我々、AMED関係の仕事をやっている、リタイヤされた方が研究されているのですけれども、そういう方々の話とか、例えばかつて微生物によって物質生産をやって、リタイヤされた方で、今、いろいろな財団とかに勤めておられる方と話をしていると、それが必ず出てくる。だから、まず何か振らなければいけないのですけれども、何か振ったときに、浅はかだな、おまえという、それを誘導しないといけないのです。では、何で浅はかなのかというのを聞くというようにしなければいけないので、結構禅問答的なものが必要になってきます。そうすると、いろいろなものが出てきます。

○久原委員長 わかりました。最後、意見を聞くのを忘れていましたけれども、荒木先生にもIT、あるいは今の一番新しいところというようなイメージで意見を聞かせていただきたいと思います。

○荒木委員 私、いわゆるバイオインフォマティクス分野で研究をしている状況で、スマートセルと聞くと、それは生もののセルを目指しているのか、いわゆる仮想的なモデ

ルとしてのセルを目指すのかというような、そういう2つの分類というか、捉え方がある。僕としては後者の、いわゆるインフォ系なので、データとしてためていくと。それを競争力の源泉にしていくというような考え方というのが1つあるかなと。そのためには、いわゆるバイオのデータです。山のようにあるデータをいかにモデルとして取り込んでいくかというところで、意外と重要ではないかと思っているのですけれども、ただ、バイオのデータはめちゃくちゃ多種多様なデータで、配列のようにすきっとしたデータというのは少なく、かなりいろいろな生ものがモニタリングされたようなデータで、当然ノイズもたくさんあります。では、そういったものをどうやってモデルに取り込んでいけばいいのかなというので、実際、今、それこそIT技術、特にディープラーニングとかAIというようなものが取り込まれていますけれども、ああいう技術、要するに選択と組み合わせというようなところも、これからモデルを作る上においてはテーマになっていくのではないかと思います。

○久原委員長　鎌形さんが言われたのは、多分、今、荒木さんが言われたような、モデルを作って、モデルが実際と合わないみたいところで、なぜと。そのときに、やはり旧来のバイオ技術のノウハウがそこの中に入ってくる。モデルをリファインメントとするところで、やはりそういう頭の中に入っていたティップスが、モデルのリファインメント、あるいはモデルの修正等に重要なことになってきて、それがないと、やはりモデルが実際のモデルに近づかないということになるのではないですか。

○鎌形委員　そうだと思います。ですから、この議論というのも、さまざま多面的な議論があると思うのですけれども、例えば新しいバイオで何を作っていくのかという、その目的を明確にしてやっていくという議論も重要なのですが、それは企業の皆さん、いろいろ考えておられることで、アメリカもこれだけのターゲットを1,000やりましようとしていましたけれども、私はその議論の方向に行かないほうが、実はいいと思っていますのです。もともとのスマートセルインダストリーということに集約されるさまざまなローテク技術からハイテク技術までというのを、どこまでうまく有機的に融合した、日本独自の技術のテイストも入れたものを作っていくかということに収斂させていったほうが、将来的な、いろいろな意味での、それをいろいろなところに生かしていくという形にしていったほうが、私はいいと思っています。

それから、私はITの人間ではないのでわからないのですけれども、生物、基本的には統計的なある正規分布の中での確率論的なものが現象の総体を捉えているだけであっ

て、実際は個々の細胞というのは全然違うふるまいをしているというのの平均値をとってみているわけですから、しょせん、絶対ITの、さらにもっと大きな揺らぎとかなんとかというものをいれていかないと、多分析できないのだと思うのです。ですから、より高い次元のバイオインフォマティクスの技術回路というのは必要になってくると思っています。

○富田委員　今の先生のご発言、ごもっともなのですけれども、最後は各論だと思うのです。結局、何を作るのかということで、すばらしい汎用データベースを用意したり、モデリングの手法を作りました、あるいは発酵技術が得意なので、それをうまくノーリッジベース化しましたということも必要かもしれませんが、最後は各論で、あることをこうしようと熱く思っている人が、その人は当然、日本は何が強みなのかと考えるわけです。僕らが言わなくても。それで、例えば発酵技術で、年配の方が実はすごいものを持っていると思ったら、電話して、アポをとって、会いに行くと思うのです。だから、インフラとしていろいろ、国として用意してあげるということも重要だと思うのですけれども、最後は各論で、結局その各論を誰がやるのかという人を発掘して、その人を応援してあげるということをやってあげないと、いいインフラはそろうけれども、結局何も出てこないというような気がします。

あと、企業さんは今日、お話を聞かせていただいて大変勉強になったのですけれども、もし本当に新しく何かやる場合は、社内ベンチャーというのですか、わかりませんが、ある有望な若手に責任と権限を与えて、大成功したら、その人もリワードがあるし、失敗したら、失敗と認めると。大企業の中で、一従業員として上司からこれをやれと言われてやる場合と、自分がこれをぜひやりたいのでお願いしますという、そういう社内ベンチャー的なことで下から突き上がってきたのでは大分熱が違うと思いますし、やっぱり日本を変えてくれるのはそういう熱い人ではないかと思うので、企業の中にもきっといらっしゃると思うので、それは別途、別会社なり合併会社にして、責任を持って、もしうまくいったらリワードも大きいという形でやるとやる気が出るのではないかと思います。

○鎌形委員　ちょっとよろしいですか。今の先生のお話、私は理解したのですけれども、このバイオ小委員会は、私はどんな物質を最終ターゲットにするかということを議論する場ではないと思っているのです。それで今、先生がおっしゃったことで非常に重要な点というのは、そういうパッションがある方であれば、例えば民間企業の方に聞きにい

くのではないかというのですが、私はそれは非常に薄いと思っています。というのは、そんなパイプがない若手の人たちが、本当にそういうことを一生懸命考えたとすると、そういう人たちに対するサポートというのはもっとネットワークのサポートであったりということも含めてやっていかなければいけない話になると思います。

それで、今、先生がおっしゃった、そういうパッションを持っている方というのは、民間の一個人の研究者のことをおっしゃっておられるのか、アカデミアの一個人の方をおっしゃっているのか、あるいはアカデミアでも何でもない方がそういうパッションを持っておられるのかというのは、ちょっと私には見えにくかったです。何かの帰属のない方がそういうパッションを持っているということは、バイオの世界でほとんどあり得ないと。あるいはそういう知識をもたないで、そういうパッションをもっていることはあり得ないわけで、いるとすれば、その方をどのようにサポートしていくかというのは実は非常に大きな問題だと思っています。

○久原委員長 松田さん、何かありましたら。

○松田委員 今回の議論に関連することですが、やはり冒頭申し上げましたように、私はこのバイオテクノロジーを使って生物の機能を引き出すというのは、多くの方々が既に1960～1970年頃のいわゆるバイオテクノロジーブームの頃から営々といろいろな角度からアプローチしてきた手法です。それが最近の技術の急速な進歩によって、改めて何ができるか議論しようというのがこの小委員会ですよね。そういった動きの中で、この物質生産ということに関して言えば、経産省が力を貸してこれを国の成長戦略につなげていこうと考えるならば、やはり私は企業が主導するしっかりとした産学連携のプラットフォーム(場)を作るとするのが国の役割だと思いますし、最近のアカデミアなり公的な研究機関が確立した技術の進歩というものを、何を作りたいか、どれだけのコストダウンを図りたいかといった企業のニーズにマッチングさせてみるということだと思っております。先ほど古い研究者の方が色んな知識やノウハウをもっているという発言がございましたけれども、具体例として、いろいろな有用物質の生産菌株の分子育種において、新しい遺伝子組換え手法によって高生産菌株を造成したとしても、昔ながらの古典的な紫外線照射法で得られた数多くの変異株の中から高力価の変異株をランダムにスクリーニングしたものと結果的にはそれほど大きな差がないとおっしゃる方もおられます。しかし如何なる手法を採用したにせよ、企業には実際の製造現場で使われる生産菌を確立するまでに造成された数多くの変異株や豊富な知識が蓄積しているのです。この企業が

持っているいわば財産を活用しつつ、最新のテクノロジーを使った新たな生産プロセスが構築出来ないかということだと思っております。その観点から、今もし仮に経産省主導でプロジェクトを立ち上げるのであれば、最初の課題設定から企業が関与し、プロジェクトリーダーも企業から出してプロジェクトを牽引してもらい、短時間のうちに最近の技術進歩の取り込みと検証を行ってみるといって、それぐらいのスピード感を持ってやらなないとやる意味はないと思います。

○久原委員長　ありがとうございます。

○釘宮委員　だからこそ、今、いろいろ国内の企業さんが、日本ではなくて、海外のシーズを持っている会社にお金を出して、そこでシーズから育ててねとなっているという状態なのではないでしょうか。

○松田委員　冒頭申し上げましたように、日本に優位性があるとおっしゃっている先生もおられるので、そういうことに気づかない企業のほうにも責任があるのかもしれませんが、ぜひこの機会に日本の優位性のある技術、優位な研究者をきちんと整理し直して、この技術を使って、このターゲットを狙う企業とマッチングして、経産省がサポートするというように、確かに、海外の企業と組むというのは何もバイオに限ったことではないと思いますけれども、やはり日本は発酵技術では伝統のあるジャンルでございますので、この際、日本のアカデミアを見直すべきではないかと思います。

○川嶋委員　今、企業の話がありましたので、ちょっと企業としての視点で見ればどうかというと、やはり作ってなんぼ、上がってなんぼ、そこまで見通せないと魅力的ではないのです。全体で、どういう筋道でやれば一番効率的なのかということを企業が考えた結果、今、ものづくりなどはかなり海外に出てしまっています。もちろんこれは原料の問題とか、いろいろな問題があるのでしょうけれども、企業がどう考えたかといったら非常に単純で、今、この段階で一番合理的に、一番プロフィタブルにできる方法は何かというのを組み合わせて、それでできる方法を選んだところ、それが今の状況になったというだけなのです。ですから、これからやるべきことというのは、どういう絵に向かって、どういうパズルをはめて、それをつなぐのかというところをしっかりと組み立てて、企業にとって魅力あるアイデアを作り、企業を我が国の活動に巻き込んでしまうようにすることだと思います。そうすると、また議論が戻ってしまうのですけれども、今の強みと弱みがはっきりわかった上で、ではパズルをつなぐならば何が必要なのかを検討すべきだと思います。例えば、最近はやりの合成生物学などですと、1つの企

業で全部やろうなどということは誰も考えていないわけで、得意な企業をくっつけ合わせて、それでものができればいいし、それは必ずしも日本に限らなくてもいいと考えられています。そうすると、それも含めて、では我々にはどういうものがあり、さらに何が必要で、我々はどここのところをやればいいのかというところまでをちゃんと整理して、それを提示する。そういうものがあれば、企業のほうは、それが魅力的だと思ったら、やれといわれなくても、やるのではないかと思います。ですから、そういうことをいかに行うかということをしっかり話し合ったほうがいいのかと感じます。

○久原委員長　　どうもありがとうございました。

○富田委員　　ちょっと誤解があったかもしれないので。この会議で各論を決めたほうがいいと言っているのではなくて、こういうのでやったらいいというアイデアは企業さんも持っていると思いますし、ベンチャーをやろうとしている若者も持っていると思うから、そこは彼らが考えて、彼らのエネルギーでやったらいい、それを応援する仕組みをどう作るかというのが、ここの会議かなと思いました。

○近藤委員　　先ほどからあったように、今、大企業の視点というものもあるかもしれませんが、やはりファウンドリーというか、諸外国でも言っているのは、若者が新しいアイデアを持ったら、そこに来れば、それを実現できるということをサポートする基盤インフラにもなっているのです。ですから、そういうインフラを作りつつ、そこにインキュベーターとしての機能を持たせて、大企業は大企業でやってくるかもしれないけれども、アイデアをもった若者がそこにやってきて、できるだけお金をかけないで、自分のアイデアを形にしていくシステムを助けるという意味のインフラにもなるという、だからファウンドリーという、何か持ってきたら、そこでやればできるようになる——やはり今、日本で一番欠けているのはベンチャーを、新しいアイデアを持った人たちをどうやって後押しするかということも重要だと思いますので、この仕組みをそういう形にしていかなければいけないのではないかと私も思います。外国もそういう取り組みをされていると思います。

○久原委員長　　皆さんのお話を少しまとめてみると、やはりある程度ターゲットを絞って、企業サイドがどのようなプロセスで何を作りたいかというのが1つあると。それに対して、言われているようにブロックをどれだけはめていくか。そういうチャンスがどこまで日本にあるのかというと、余りない。そういうチャンスはやはり作っていかなければいけないというのが、多分、皆さんがいわれているところではないかと思うのです。

その中にはアカデミアのテクノロジーも入ってくるでしょうし、別の企業のテクノロジーも入ってくると思います。そういうビルディングブロックをどうやってうまく作れる体制を作るか。それは、アカデミアがアカデミアのイメージで作ったら、余りいいものがないし、そこは企業サイドが何を作りたい、何を求めているかという目的がちゃんとあって、市場があって、あるいは市場が作れるというのがあって、そのブロックをどれだけ集めるか。それは、もうないところは海外から持ってきても構わないし、あるところは日本で、多分、海外のイメージと日本のイメージと違いますので、日本のアカデミアの人が企業に対してどんどん自分の技術を売りにいってほとんどないと思います。そういう出会いというか、ミーティング、あるいは議論の場所をどこかでうまく作ることが必要なのではないかというイメージを私は持っているのですが、もう大分時間が過ぎてしまいました。第2回目もやりますので、皆さん、2回目のときにもよろしく願いますということで、一番最後に安藤局長様から一言お話があるそうなので、願います。

○安藤局長 プレゼンをやっていただいた3人の方、ありがとうございました。また活発なご議論をいただいて感謝申し上げます。

スケジュールを勝手に決めさせていただいて申しわけないのですが、多分、2回目、3回目も、今日のご議論も別にスマートセルに限った話ではなくて、非常に普遍的な、本質的なご議論だったと思います。次回は創薬ということになっておりますが、例えば創薬でも多分同じご議論になると思います。したがって、この場で、本当に限られた時間の中で何を議論していただくのか、もう一度論点、課題を整理します。その前に、皆様方との間で対話をさせていただいて、この場でどういう点を、この点だけはどうしても議論していただきたいけれども、この点もやっていただきたいということなのか、あるいは皆様方の合意がとれれば、この点について徹底的に議論してもらいたいということをお願いするのか、ちょっと資料9の論点ペーパーというのがほとんどあるようでないような世界になっておりますので、あと3回やっても——これはこれで極めて本質的なご議論だと思うのです。そうすると、その議論が整理をされないと、創薬であろうが、何であろうが、多分同じ議論の繰り返しになってしまうと思います。今、久原先生がおっしゃったみたいに。これは我々も、今日の皆様方へのお願いの仕方なり、段取りがまずかったと思いますので、プレゼンをやっていただく点も含めて、ご議論いただいた点を再整理いたしまして、2回目、3回目、限られたお時間の中でどういうご

議論をしていただくのかということについて、再度またお願いなり、調整をさせていただきたいと思いますので、よろしく願いいたします。

○久原委員長　今日はどうもありがとうございました。本質的なところを皆さん、意見を言っていただきまして、どうもありがとうございました。次回またよろしく願いいたします。

——了——