

総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会

議事概要

- 日 時 令和2年9月10日(木) 9:30～10:31
- 場 所 中央合同庁舎第8号館 6階623会議室
- 出席者 上山議員、梶原議員(We b)、小谷議員(We b)、小林議員(We b)、篠原議員(We b)、橋本議員、松尾議員(We b)、山極議員(We b)、野地プログラムマネージャー(We b)
(事務局)
赤石イノベーション総括官(We b)、柳統括官、佐藤審議官、柿田審議官、清浦参事官、宮本参事官、河合参事官、須藤プログラム統括、大塚政策企画調査官
(科学技術・学術政策研究所)
磯谷所長、伊神科学技術・学術基盤調査研究室長
- 議題 科学技術指標2020について
I m P A C T 成果報告会
- 議事概要

午前 9時30分 開会

- 上山議員 皆様、おはようございます。

定刻になりましたので、只今から総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会を始めます。

この議題は公開で行います。

一つ目の議題は、科学技術指標2020についてです。

本日は、科学技術・学術政策研究所、N I S T E Pから磯谷所長と伊神室長にお越しをいただいております。御説明の後、意見交換をさせていただければと思います。

それでは、早速、磯谷所長の方から資料1について御説明お願いします。

- 磯谷所長 N I S T E P、磯谷です。上山議員、ありがとうございます。

お手元の御案内いただきました資料1の科学技術指標2020ですが、先月、8月7日に既に公表しております。

表紙をめくって、最初の2ページ目ですが、「科学技術指標とは」と書いてございます。日

本と主要国の科学技術活動について、データに基づいて体系的に把握するための基礎資料ということで、2005年からは毎年公表しているということです。科学技術活動を五つのカテゴリーに分類をしまして、全体で170の指標を作っております。今年はコロナウイルスの話もございましたので、それに関する四つのコラムも掲載をしております。

結果のポイントなのですが、主要な指標における日本の動向ということで、以下、各論について御説明いたしますが、研究開発費、研究者数、論文数、注目度の高い論文数というのが、それぞれ順位は前年から変化しておりませんが、括弧に書いてございますように、世界を見ますと、研究開発費において、企業の研究開発費については、中国が初めて米国を抜いて世界第1位となったということ、それから論文数において、中国が米国を抜いて世界第1位になったということが特徴です。

以下、3ページを御覧いただきたいと思います。

主要国の研究開発費総額の推移であります。日本の総額は米国、中国に次ぐ規模ということで、2018年で17.9兆円です。アメリカ、中国については、折れ線グラフを御覧いただいた方が早いと思うのですが、アメリカは世界第1位ですが、60.7兆円、前年比で5.1%増。その下にすぐ中国が肉迫しておりまして、58兆円、前年比で10.3%の増です。

右の方の主要国の部門別研究開発費を御覧いただくと、国別・部門別の名目額というのが上の表にございます。米国の企業の部門は44.2兆円ですが、中国が44.9兆円と、先ほど申し上げたように、企業の研究開発費において中国がアメリカを抜いているということです。

4ページを御覧ください。研究者数の推移です。日本の研究者数は、2019年において67.8万人ということで、これは研究専従換算値（FTE）の数値です。日本は、中国、アメリカに次ぐ第3位の規模ということで、グラフにそれが見て取れると思います。右側には主要国の部門別研究者数割合を、参考までに掲げさせていただいております。

5ページですが、論文数の状況です。これも先生方は見慣れた表ですが、10年前と比較した表でありまして、上の段が2006年から2008年の平均、下が2016年から2018年の平均ということです。一番左側の方は論文数全体であります。下を御覧いただくと、中国が30万6,000ぐらいということで、米国を初めて抜いてございます。

6ページに、論文数のシェアの変化を経年で分かりやすくしたものが6ページであります。全分野でのトップ10%補正論文数とかトップ1%補正論文数においても、近年、すごい勢いで中国がシェアを伸ばしているというのが、見て取れるかと思えます。

それから、7ページです。日米中の分野別の論文数・トップ10%補正論文数で、世界シェ

アの比較ということで、特色を出してございます。日本は米国、中国とスケールが少し違うので御注意いただきたいのですが、日本は物理学、臨床医学、化学のシェアが他の分野と比べて高い、米国は臨床医学、基礎生化学命、環境・地球科学、中国は材料科学、化学、工学、計算機・数学といったところが他分野と比べて高いという状況です。

8 ページを御覧ください。これは博士人材の関係です。日本の大学における博士課程在籍者数を、社会人以外と社会人で分けました。社会人以外の博士課程在籍者数については、御覧のとおり、全体として減少傾向にございます。それから、右の方を御覧いただくと、博士課程の社会人学生の推移については、保健が約 6 割を占めていて、長期的に見ても著しく増加をしているということです。

9 ページです。企業の話に移ります。日本の企業における基礎研究についてデータをそろえました。近年、日本企業の基礎研究費が伸びてきております。

右の方に、2018 年の棒グラフがあります。下から医薬品製造業、それから上から 4 番目ぐらいにブルーの部分がありますが、これが輸送用機械器具製造業、その下に情報通信機械器具製造業がございまして、この三つの産業が上位の 3 位までということになりますが、特に伸びているのが輸送用機械器具製造業、これは自動車産業等々がこの中に入っているということです。

10 ページであります。科学と技術のつながりということで、これも毎年出させていただいていますが、日本の特許を他国と比べますと、論文を引用している割合は低い、日本の論文は世界の技術に多く引用されていることを示したデータです。

左側、論文を引用しているパテントファミリーということで、2 か国以上に出版されている特許について比較をすると、論文を引用しているパテントファミリー数自体は、日本は世界第 2 位であります、そのパテントファミリー中の割合については、日本は 8.5 % ということで、相対的に低くなっております。右側を御覧いただくと、逆にパテントファミリーに引用されている論文数ということについては、数も割合も相対的に高いということです。

11 ページ、実際にどういうところで活用されているかということなのですが、各論文分野について国別に分けてみると、日本の論文は、化学、材料科学、物理学といったところは、自国のパテントファミリーに引用されている割合が高い訳ですが、下の方の環境とか臨床医学、基礎生命というのは、ブルーのところがそうなのですが、これはアメリカによる引用割合が高く、相対的に自国の引用が低いということになります。

12 ページ、人材の活用度ということで、これも昨年も出しておりますが、表の縦軸が研究

者に占める博士号保持者の割合、横軸が従業員に占める研究者の割合ということで、米国はいずれの産業も研究者に占める博士号保持者の割合というのは５％以上ということで、特に高いのが医薬品工業とか化学工業ということになります。日本では医薬品製造業、化学工業等々で研究者に占める博士号保持者の割合が比較的高い産業もありますが、産業全体で見ると５％未満の産業というのが多くなっているという状況です。

１３ページ、最近、明るい兆しと私どもは考えておりますが、製造業で博士号保持者の新規採用数が増加をしているということで、全体は左の方に書いてございます。一方で、非製造業については停滞をしているということであります。右の方、目を移していただきますと、分野別に医薬品製造業ですとか、あるいは石油製品・石炭製品製造業ですとか、あるいは電気機械器具製造業といったところで伸びが目立ってございます。

最後、１４ページであります、国境を越えた商標出願と特許出願です。縦軸が人口１００万人当たりの商標出願数ということで、横軸が人口１００万人当たりの特許出願数ということです。日本は、２００２年から２０１７年までの動きをここに落としておりますが、やはり特許出願ということで、特許は多いものですからこうした動きを示しておりますが、少し注目すべきは、イギリス、ドイツ、韓国などは、相対的に商標出願の方に上に近年、伸びてきているということがございます。これは、断定的には申し上げられないのですが、右の上の方に少し書いてありますように、商標の出願数ということは、新製品とか新サービスの導入という形でイノベーションの具現化とか、マーケティング活動というものと関係があると類推されて、国際的な活動という点で、これらがイギリスとかドイツ、韓国あたりは活発化しているのではないかと思います。

あと、感染症に関するコラムということで、これも簡単に御紹介しますと、１６ページ以下ですが、１７ページは感染症に関する論文数ということで、これはコロナに限っている訳ではありません。それを１９９６年から２０１８年ぐらいまでの比較をしております。

それから、１８ページを御覧いただくと、これは特許出願数で感染症に関するものをまとめてございます。世界のパテントファミリー数と、それから上位６か国の割合ということで挙げさせていただいております。

それから、１９ページは、日本に来ていただいている外国人研究関連者数ということで、最近、高度専門職のような導入もございまして、この数年伸びてきた訳であります、２０ページ御覧いただくと、やはりコロナ禍ということで、これは当然の結果とは言いますが、この２年ぐらいに比べると３月、４月はぐぐっと減ってきているということです。

それから、21ページも同様のデータになる訳ですが、人の動きということで、航空とか鉄道が下がりました。それで、それに対しまして、インターネットトラフィックの日次の推移というのが前年に比べて上がっているということも、データで見取れます。

22ページは、これまで余り日本がデジタル活動をしていないということについての参考資料になります。

以上ですが、24ページ、25ページに、指標の170について、項目だけ挙げさせていただいております。

私の説明は以上です。ありがとうございました。

○上山議員　ありがとうございました。

続きまして、宮本参事官から資料2について補足説明をお願いします。

○宮本参事官　私の方からは資料2、用意させていただきました。我々の方で科学技術関係予算の集計をやらせていただいておりますし、それから、科学技術基本計画の中で、GDPの1%を獲得するのを目指そう、3.3%成長で換算すると26兆円というふうに書いてございますので、その関係性から見て、対GDPで他国と比較すると、どういう推移で変遷しているのかというのを整理させていただきましたので、資料として用意させていただきました。

2ページ目のところ、1枚めくっていただきまして、これは皆さんに既に御案内の資料でして、これはGDP比、計算するときの分子に当たる数値の変遷です。大きな変動要因としては、補正予算の額が大きい小さいかということで変わることが多いのですが、特に近年は当初予算も増えてきているというところがございます。これらをその時々でGDPで割って、それらの経年を取ったもの、それをまた他国のOECDのデータから取ってきて比較したもの、それが3ページ目になります。

見ていただきますと、日本のところは、例えば第5期の始まった頃は、韓国、ドイツよりは低い、米国、フランス、イギリスよりは高いというところでしたが、特に昨年度等の補正予算の伸びもありまして、2019年のところは、GDP値が、確報値ではまだなく推計値を使っていますが、それで計算しますと1%を若干超えたところに来ているということになってございます。あと、2020年というのが第5期科学技術基本計画の最終年ということで、今後これは計測されますので数値は載せておりませんが、そんな状況になっているということを私の方から報告させていただきました。

これ、科学技術関係の予算の定義、どこまで含めるかとかいうようなことで、色々な数値が出てまいりますので、少し私の方から、オフィシャルには、これが各国比較のGDP値のデー

タであるということで、今回、報告させていただきました。

私からは以上です。

○上山議員 ありがとうございます。

それでは、只今の二つの御説明について、御意見、御質問ございましたら、どなたでも結構ですが、どうぞお手を挙げてください。よろしくお願いいたします。

松尾議員、どうぞ。

○松尾議員 まず、二、三質問があるのですが、博士課程の人の割合なのですが、保健系だけが伸びているということで、お伺いしたいのは、この保健系の中には医学もあり、薬学もあり、検査系もあり、色々な系があると思うのですが、この保健系の中ではどの辺りの伸びが大きいのでしょうかというのが1点目の質問。

それから、2点目の質問は、このパテントの引用で、特に地球科学、臨床医学、基礎生命科学のところ、非常に日本の論文からの引用が少ないのですが、この理由というのはどういうふうに類推をされているのでしょうか。その2点をお伺いしたいのですが。

○上山議員 磯谷所長、どうぞ。

○磯谷所長 磯谷です。ありがとうございます、松尾議員。

最初の御質問については、今、手元にデータがありませんので、また後ほど調べてお届けしますが、記憶ですと、たしか看護とか、そのあたりの増加も影響していると思っております。また正確なデータは後ほどお知らせしたいと思えます。

それから、2点目ですが、パテントの引用の割合、11ページのデータですね、おっしゃっているのは。環境・地球科学とか臨床医学とか基礎生命科学、これはアメリカ側の割合が多いということで、逆に言うと、やはりアメリカの産業の強さといいますか、そういったところが相対的に効いているのかなと思っております。

詳細の分析は、これについてしておりません。

○松尾議員 ありがとうございます。

○上山議員 ありがとうございます。

ほかの議員の方々、いかがでしょうか。毎年やっていますが、指標についての御質問ありましたら。

○上山議員 梶原議員、どうぞ。

○梶原議員 10ページのパテントと論文引用の説明の中で、日本の技術が科学的論文を引用している割合が低く、一方、日本の論文は世界で引用されているということですが、日本の技

術と言っているところの論文とは、国内、海外を問わず、全体を指しているのでしょうか。

技術と論文が合っていないという意味では、日本の科学技術政策と産業政策が少しずれていくということなのか、そもそも日本の技術が、海外に比べて、科学との連携が少ないということなのかなど、論文の引用が少ないことの意味合いや、日本の特許にはどのような傾向があるのかという見方について、どのように考えればよろしいでしょうか。

○上山議員 どうぞ。

○伊神室長 では、伊神よりお答えします。

まず、この論文が何を対象にしているかというところですが、これはWeb of Scienceの論文ですので、基本的には英語で書かれたものです。ただ、一部、アブストラクトが英語のものが日本論文も含むような形になってございます。

そして、日本で論文を引用している割合が低いというところは、今、我々、二つぐらい仮説を持っておりまして、一つは、今、御指摘あったように産業構造の話があります。分野別にどの技術の論文をよく引用するかというと、やはりライフサイエンスとか、生命科学、そのあたりがやはりサイエンスリンケージが非常に高いです。一方で、機械器具に関してはそれほど高くないということです。日本は、産業構造を見ると、ライフ系よりは相対的にそうした機械とかの部分が多いですので、その結果として、全体としてのサイエンスリンケージ、この引用割合は低くなっている可能性があるという点です。

もう一つは、非常に仮説的ですが、先ほど研究者に占める博士の割合等ございましたが、そうしたところで高度知識を活用するという面で、日本と諸外国に違いがある可能性があるというところですが、ただ、そこは中々実証的に示されていませんので、仮説的な解釈となります。

以上です。

○梶原議員 ありがとうございます。

○上山議員 橋本議員、どうぞ。

○橋本議員 宮本参事官に伺いたいといいますか、最後のGDP比のやつで、これで2019年とかを見ると、日本はこれらの国と比較して1番になったという表が出ていて、これはずっと議論されていて、財務省はいつも主要国の中で日本はGDP比、すごい高いのだと言って、一方で、いやいや、そんなことない、少ないのだと言っているのがあるのですが、これ、どう見るのでしたっけ。なぜこれだけ高いのに、日本は少ないと。現実的に科学技術関係予算がほかのところと比べてとても少ない感が多い訳ですが、それはどのように見るのでしたっけ。忘れてしまったので、少し。

○宮本参事官 これは色々な指標を用いたデータが存在するのですが、例えば補正予算を入れてない数字で計算されているものもあるのですが、正しくは補正予算の数値も入れる必要があります、その前提で数値を見ますと、日本はがっとう増え、例えばこれ、過去に日本は2回、山があります。2009年と2012年、これは約1兆円の補正予算、科学技術関係予算で1兆円積みまれたようなとき、そのときは対GDP比1%を超えている、高く出ているのですが、そうした大型補正予算がないと低く見えてしまいます。一方で、補正予算を含めていないデータを見ると、日本はずっと低調だと見えてしまう。

○橋本議員 だから、最近が一っと増えているのは、これは明らかに毎年、補正予算がどんどん出ているからということですか。

○宮本参事官 いや、例えば2019年に関しては、約1兆円の補正予算が確かに積まれている部分ありますが、それ以外にも、当初予算についても8%とか10%とかで今伸ばしてきていますので、その部分も増加要因となっています。ですから、必ずしも補正予算だけではないというのが、特に最近の傾向になります。

○橋本議員 例えば、日本はとても研究費、科学技術関係予算費が少ないのだという議論をする人だとか、そうした議論もあるのではないですか。だから、それは何に基づいているのですか。これ、補正予算を除いてもそんなに下がらないですよ、このグラフから見ると。別の数値があるのですか、そうした意味では。

○宮本参事官 そんなことはなくて、対GDP比較をする同種のデータで、例えば補正予算を除いていたり、地方政府分を除いていたりした上で計算したものとかがありまして、そうしたのを見ると、例えば韓国から見ると大分低いねとかいうことなののですが、もともととても低いという訳ではないです、対GDP比で見ると。

○橋本議員 各国比較するときに、例えば、大学の交付金も全部入っているのですが、そのときは教育に関わっているものも全部含まれているのですが、それは全部ほかの国も同じですか。

○宮本参事官 日本は学部教育部分は含まれていないです。大学院教育は含まれていますが。

○橋本議員 そうした意味では各国ほぼ同じ基準で見ているということでもいいのですか。

○宮本参事官 日本の場合、技術の普及の部分をもともと含んでいまして、その部分は今も含んでいます。イノベ転換というところを更に推すということもやっていますが、その分は、幾つかの国によってはそうした分を入れてないところがあります。だから、その定義を完全にそろえるというのは非常に難しい状況です。

○橋本議員 でも、それ、どれぐらいですか、感じていうと。この表でいうと。これに影響を

及ぼすぐらいの量ですか、それとも及ぼさないということですか。

○宮本参事官 正確な数字、取れないのですが、全体の傾向を大きく変えてしまうほど大きな影響を及ぼすほどの額にはなっていないというのが私の認識です。

○橋本議員 分かりました。

○上山議員 これは極めて重要なのですが、少なくともトレンドとしてこの数年間、予算が伸びている、特に補正予算関係で伸びているということと、やはりここでやってきている政策の中で、積み上げていっているというところがあるということですね。

○橋本議員 だから、これ、我々が議論していくときに、財務省は常にこれを言っている訳ですね。それと、例えば各国と比較したらそんなことないって一方で言う、そうした論があるのだが、少なくともこれを見たときには、財務省の言う方が正しい訳ね、ここ最近は。

○上山議員 ここ最近の動きはそうですね。特に、ただ問題は、補正予算でしか積めないということですね。

○橋本議員 そうそう。この前も申し上げたように、補正予算で積んでいて、だから補正予算をどうやって有効に使うのかということの議論を、しっかりしていかないといけないということですよ。

○佐藤審議官 これ、総務省の統計は別にあるのだけ。

○宮本参事官 総務省の統計は支出源ベースで見ているので。各大学とかにアンケートを取ってですね。

○佐藤審議官 その数字とこれとはどっちが大きいのだけ。

○磯谷所長 大きいというのはGDP比ということですか。

○佐藤審議官 絶対額です。

○磯谷所長 国全体としての絶対額は当然、研究開発費総額の方が大きいです。

○伊神室長 よろしいですか。

○上山議員 どうぞ。

○伊神室長 総務省の統計ですと、先ほど言ったように支出ベースになります。その中の政府負担を取ってきて、比較するということになります。

○佐藤審議官 やっていますよね。

○伊神室長 値の大小について、は確認が必要なところだと思います。

○佐藤審議官 橋本議員の質問は、別の統計があるのかという御質問だったので。

○宮本参事官 このGDP比の国際比較をする上で、総務省の統計の支出源ベースで比較する

というのは、世の中ではほとんど行われてないので、そうした数字が使われているという可能性はないと思います。

○上山議員 すみません、お待たせしました。山極議員。

○山極議員 4ページの右側の図について、色々な事情でイギリスが随分少し変な数値を出しているなと思ったのですが、ここでも企業に属する研究者と大学に属する研究者の比率が、ほかの国、特に日本とは随分違ってきますね。大学に属している研究者がとても多いのですよ。これ、どういう内容なのかなと。例えば、クロスアポイントメントが結構イギリスは多いのか。ほかの国と随分違いますよね。少しこれ、もう少し詳しく教えてもらえませんか。

○上山議員 伊神さん、どうぞ。

○伊神室長 実はこの点、我々も非常に不思議に思っている点で、イギリスは、実は一時期、大学の研究者数が公表されなくなったり、最近になってデータが出てきたら、このようなバランスになっていたところがあります。OECDのメタデータ等を色々調べた範囲では、この原因は、よく分からない。我々として、お金ではこんなバランスにはなっていないので、少しイギリスはほかの国に比べて研究者の報告の仕方が違うなというところまでしか分かっていない現状となります。少し調べてみます。

○上山議員 小林議員、お願いします。

○小林議員 私は資料1の14ページ「国境を越えた商標出願と特許出願（人口100万人当たり）」における日本の極めて特異的な位置付けにとっても興味を持ちました。英国などは見事に、特許の出願は減る一方で商標登録が増えているという方向性を示しているのですが、日本だけ全然そのような動きが見えない。この意味するところを確認したいのですが、日本はサービスだとか新製品の社会実装、いわゆるイノベーション的な動きが乏しくて、相変わらず旧来のイノベーション志向が強すぎる国だと解釈すべきなのでしょうか。

○上山議員 これは結構面白い。僕はこれ、初めて見ました、この分析ですね。特許と商標の関係ですが、これは文字どおり、今、小林議員がおっしゃったように、普及のところについて遅れているということだと思いますが、伊神室長、何か補足説明ありますか。

○伊神室長 このあたりには、実は商標自体、非常に新しい指標で、研究途上なのですが、実証的な研究としては、やはり市場にとって新しいプロダクト・イノベーションを導入した企業の方が、商標登録数は多いという結果があります。なので、プロダクト・イノベーションと関係あると考えています。

あと、もう一つ重要な点は、サービス部門のイノベーションとこの指標が関係している可能

性があるということです。なので、今後、やはり非製造業の部分みたいなものを見たいときには、こうした商標というのも一つ見ていく可能性はあるかなということを感じてございます。

○小林議員　やはり企業人としてショックなのは、日本が相変わらず旧来のテクノロジー・オリエンテッドであって、リアルとバーチャルを組み合わせたような世界に対しての新しいトライアルなり、新しいビジネスモデルの開発なりが全然進んでいないということです。もしこれが事実だとしたら、とても大きな反省の材料になるような気がします。

○上山議員　そのとおりですね。

橋本議員、どうぞ。

○橋本議員　今、小林議員がおっしゃったような視点だったら、すごい問題だと思うのですが、一方で、私の経験では、10年か15年ぐらい前などなのですが、私が特許とか論文とか一生懸命書いていた時代ですが、商標は意味がないからやめるという、そうした、これはどこから来たのか分からないのですが、私などのときには確実にそうしたのが来ました。だから、商標を取るなど、くだらないからやめなさいというのが来て……

○小林議員　ビジネスモデル特許というのがはやった頃ですよ。

○橋本議員　15年ぐらい前ですよ、多分。それで、商標を書くなんていうイメージはないのですが、それがまだ残っているということも、もしかしたらあるんじゃないかと思うのです。もしそうだとしたら、今おっしゃったようなことの観点からいくと、とてもまずいので、その意識を変えるということは、明確にしていく必要があると思います。少しその辺も調べていただいた方がいいと思うのです。

○上山議員　伊神室長、どうぞ。

○伊神室長　商標については、例えば日本だと、日本国内だけにお願いしたものを見ると、色々な雑多なものがあるのですが、ここの一つのポイントは、国際、国境をまたいでいるということです。なので、商標の中でも比較的きちんとプロダクトとか、そうしたところを意識した出願を見ているとは思っています。ただ、中身の細かいところまでは見られないので、そこはより今から分析が必要な点だとは感じております。

○橋本議員　私の言いたかったのは、これを調べる方ではなくて、政策的に商標というものの重要性というのを1回分析して、それで出していくということの重要性ですよ。

○上山議員　これ、多分、今、本当に始まっていると思います、分析がね。そうした意味では、政策的に落とし込む議論を少ししなければいけないという意味で、これは私は大変興味深いスライドでした。

松尾議員、どうぞ。

○松尾議員 すみません、さっき一つ質問し忘れたので。

最初の資料の３ページなのですが、この３ページの右側のところで、研究開発費の割合、３ページの下の方の表ですね。要するに、どのセクターがこの研究開発費を使っているかということで、米国、中国を除いては、日本がこの大学と公的機関を足すと、大体１９％ぐらいです。それに対して、ドイツ、フランス、イギリスは、いずれも３０％若しくは３０％を超えているということで、明らかに差があるのです。私が知りたいのは、この年次推移、世界はどういう投資の仕方をしているのか、そのトレンドを是非知りたいので、またどこかの機会でお知らせいただければと思います。

○磯谷所長 承知しました。

○上山議員 ありがとうございます。

では、そろそろ時間になりますので、ここで質問等は終わらせていただきます。この科学技術指標２０２０についての御説明で、磯谷所長、伊神室長、本日はどうもありがとうございます。

○磯谷所長 ありがとうございます。

○上山議員 続きまして、二つ目の議題は、先週に続いてＩｍＰＡＣＴの成果報告会として意見交換をさせていただければと思います。本日は野地ＰＭに来ていただいております。画面に出ています。

それでは、早速ですが、野地ＰＭの方から御説明をお願いいたします。

○野地ＰＭ ありがとうございます。東京大学から参りました野地と申します。よろしくお願いいたします。

２０１５年１０月からＩｍＰＡＣＴプログラムの「豊かで安全な社会と新しいバイオものづくりを実現する人工細胞リアクタ」というプログラムを実行させていただきました。今日はこの成果について御報告させていただき時間をいただきまして、ありがとうございます。

簡単に構想と体制について述べさせていただきます。

我々が取り扱うのはバイオ産業です。バイオ産業には様々な課題がある訳ですが、特に我々が注目したのが分析技術です。特に臨床診断におけるバイオ分析、次に、このような分析では酵素を使うことが多いのですが、機能性分子、機能性な触媒としての酵素、この開発のスループット性が低い。また、さらに広く見ますと、バイオテクノロジーは天然の細胞に依存していますが、本を正すとその設計図であるゲノムに制限を受けていると考えることができます。

これを打破する一つのキーテクノロジーが、我々は人工細胞デバイス技術だと考えております。これは、人間がトップダウンで作るフォトリソグラフィに代表されるような、トップダウン技術による小さなリアクタ、ここに分子が自発的に組み上がっていく自己組織化現象の一つとしての人工細胞技術、これを融合することで、そのハイブリッドな技術としての人工細胞デバイス技術というのが有効ではないかと考えました。

具体的なR & Dの開発は、このような三つの分野に分けました。分析技術を革新する「はかる」研究グループ、酵素のスクリーニング、開発を革新する「つくる」グループ、そして、合成細胞と我々は呼んでいますが、人工ゲノムで自己増殖する細胞を創出する技術の開発を目指しました。

これによって、例えば極めて高感度なバイオセンシング技術によって、非常に早い段階で病気をセンシングすることが可能となります。これを、健康な長寿社会の実現の基礎としたいと考えております。また、バイオ産業の様々な分野で用いられる酵素を改変する技術革新は、例えばバイオものづくりの産業を革新する基礎になるのではないかと考えております。さらに、生命の設計図であるゲノムを自在に書き換える技術ができますと、細胞に基づく様々な広いバイオ産業の革新の基礎になると考えました。

こちらは体制図になります。PMを中心に、アドバイザー及び補佐のグループ、これはほかのIMPACTに比べても、非常に大きな体制だと考えております。この下で、先ほど御説明したバイオセンシングの「はかる」技術を開発するグループ、酵素を新しく革新するための「つくる」技術開発のグループ、そして人工ゲノムを合成するグループ、及び人工ゲノムを細胞に導入する技術、そういった研究を開発する「ふえる」グループとして三つ目に加えました。さらに、基礎技術の開発グループも設定いたしました。

続きまして、それぞれのグループによる成果とイノベーションの現状について御説明いたします。

まず、「はかる」なのですが、主に臨床診断薬の開発に注目して、開発を行いました。例えば、現在、コロナに関しても、抗原検査というのがニュースで耳にされると思いますが、その抗原検査に関しての幾つかの技術があります。簡易性と検出感度において、このような表現ができる訳ではありますが、いずれにおきましても検出感度というのが問題になっております。これを数百倍上げたいと考えました。そのためのアイデアが反応のデジタル化でして、通常のアナログアッセイと異なり、反応空間を極めて小さなグリッド、小さな溶液のリアクタに分けて1粒子単位でターゲットを検出する技術であります。これを我々はデジタル計測と呼んでおり

ます。このような技術開発を狙いました。

結果です。

抗原検査、イムノアッセイに関しては、デジタル化に成功いたしまして、300倍の感度上昇を確認しております。このIMPACTの後も様々な測定項目に関して、100倍以上の検出感度の向上ができるというのを確認しております。

凸版印刷に関しては、PCRと異なる原理の1分子のDNA検出技術も開発いたしました。これによって、非常に高速な1分子の核酸DNAの検出技術の開発に成功しております。

加えて、これは当初はプランしていなかった発見的な成果なのですが、インフルエンザそのものも酵素として見なして計測をしたところ、実はインフルエンザ粒子も1粒子単位で簡便に検出できるということを発見いたしました。

このような技術に基づいて、我々は以下のようなイノベーションのシナリオを考えております。

まず、第1段階は、これまでのアナログ計測を全てデジタル反応に置き換えて計測しようということを考えます。これによって、様々な臨床診断薬の計測を超高感度化させることができると考えております。

さらに、通常はこうした検査というのは、病院の分析室等で行われることがある訳ですが、これをオンサイトでできるようにしようと考えました。測定装置そのものも小型化できるようにすることができれば、医療機関のアクセスが悪い場所でも、その場で高感度計測をし、データをネットワークを通じて医療機関に伝えることができると考えております。これを我々は脱中央化イノベーションと考えておりまして、その一部には我々は成功しております。例えばスマホでインフルエンザ1粒子計測というのもできます。

ということで、イムノアッセイに関しては、主にAbbott JAPANに委ねておりますが、Abbott JAPANの中でも、この研究をリードした吉村氏は高く評価されております。コロナの抗原検出に関しても、現在、AMEDのプロジェクトをスタートして、デジタル計測の実装を目指しております。

凸版印刷は、デジタル分析核酸検出技術に関しては、社内での開発に並行し、東京大学に社会連携講座を設置することで、産学間の共同研究を更に5年間継続する予定です。

インフルエンザ計測に関しては、JSTによる大学の技術の社会実装のプログラムを活用した後、来月、ベンチャーを設立する予定であります。

「つくる」に関しては、酵素産業をターゲットとしておりますが、この酵素の開発のスルー

プット性を革新したいと考えております。これによって、まだ未開発の市場を開拓できるのではないかと考えております。一つのキーテクノロジーが、先ほども申し上げた小さなリアクタです。これを集積化されたスクリーニング技術として再定義して用いました。また、これと並行して、単なる力づくのスクリーニングではなく、理論的な計算による効率的なスクリーニングというものも目指しました。

結果です。

まず、人工細胞リアクタを作ることによって、実際にデジタルイムノアッセイで用いられる酵素の活性を、10倍増強することに成功いたしました。

また、バイオ産業、特にバイオマス処理の酵素ですが、こちらの10度以上の耐熱化に理論計算のみで成功しております。

これに加えて、創薬のターゲットとなるたんぱく質の安定化にも成功しておりまして、これによって構造解析が可能となり、それに基づく創薬のパイプラインができると考えております。

社会実装及び学術へのインパクトですが、これは広い意味で、総合的な工学技術としてのたんぱく質科学と考えております。酵素は個別性が高いのですが、このような総合工学技術を確立することによって、それぞれの産業、例えばバイオ分析技術、バイオマス処理、創薬といったものに資するたんぱく質の実際の創出に成功して、現在、評価していただいているところです。創薬に関しては、産学官の共創コンソーシアムの設立に結び付いております。

続きまして、「ふえる」です。

こちらは、生命の設計図であるゲノムを試験管の中で合成し、それで増殖する細胞を作るということを目指しました。これまでのゲノムの合成技術というのは、古典的な細胞を用いたステップ・バイ・ステップのDNAの連結技術というものに基づいており、極めて時間と労力の掛かるものであります。我々はこの重要なポイントを、試験管反応に置き換えることによって、高速化させることを目指しました。これによって、細胞を用いないDNAの連結、それを長く連結することによって、ゲノムを作るという技術の開発を目指しました。

また、これに加えて、長いDNAを細胞に導入する技術の開発も行いました。それによって、ここに挙げるようなDNAを連結する、そして増幅させる技術の開発に成功しております。これによって、原理的にゲノム合成のスピードを10倍以上高速化することに成功いたしました。

また、長鎖のDNAを細胞に導入する技術も様々に開発することができました。これは非常に長いスパンで考えているイノベーションではありますが、最終的には、ゲノムを人間が設計し、合成した合成細胞によって様々なバイオ産業というものを革新したいと考えております。

また、この開発の途上で、実は無細胞技術が別途の方向にも有効であると考えております。、今日は御説明する時間がないと思いますが、バイオ反応の根本的なところを全部オンチップ化、無細胞化するというのが、実は大きなイノベーションにつながると考えております。

この「ふえる」研究開発は、実はPMグループとしてはかなり時間を掛けてメンテナンスをいたしました。特許のメンテナンスもいたしました。さらに、反応のキットを実際に作りまして、配布し、国内外の企業に渡して、そのアンケートを回収しております。

一方で、このような技術は、非常に毒性の高いウイルスを非常に簡易な実験装置で作ることができるというリスクがあるとプロジェクト途中で気付きました。そこで、PMグループとしては、そのようなバイオセーフティ、バイオセキュリティの調査も行って、調査報告書を発表しております。

最終的に、この技術は現在、Oricircoというベンチャー企業の設立に結び付いております。今年の7月にも実際に試薬の販売を行っておりますし、ファンドによって4億円の融資も受けています。また、学術研究に関しても、生まれた技術に基づいて、大きなプロジェクトの方の発足にもつながっております。

表彰と論文です。

ImPACTというのは、私の理解では、当初は学術論文を目指すものではないと言われておりましたが、実際にやってみると、やはり学術的な価値の高い成果もたくさんでました。学術賞及び原著論文においても、非常に高い評価を受けていると考えております。

最後に、所感を簡単に述べさせていただければと思います。

まず、感謝を申し上げたいと思います。一部の方は御存じかと思いますが、私はもともと基礎の大学の研究者でありまして、私のような人間にImPACTのような全く質の違う新しい冒険をさせていただく機会をいただきまして、本当に感謝申し上げます。非常に新しいチャレンジでして、社会実装等に関しても私は未経験ではありましたが、それに関して、ImPACTの議員、内閣府のメンバーの方々、そしてJSTの方々には、本当にお世話になりました。様々な局面で熱い叱咤激励も含めてサポートいただいたのが、実は3年間走り切れた大きな要因だと考えております。

このプロセスの中で幾つか発見もいたしました。例えば、やっている本人も気付いていないのですが、基礎研究というのは、全部ではありませんが、その一部は社会の応用に非常に近いものが多々あると考えております。

また、そういった技術を社会実装するための色々な戦略というものは、実は基礎研究におい

て我々が大学で常に頭の中で考えている思考プロセスと、極めて類似するものもあると気付かされました。もちろん全てが同じではありませんが、かなり共通性の高いところもあるというところが、個人的な発見であります。

こうしたプログラムに関する所感ですが、まず、私のプロジェクトは実は実質的に３年間でした。さすがに少しこれは短かったかなと思うところがありまして、もう少しあれば、また面白い展開もあり得たかなと考えております。

あと、その次の２点目と３点目ですが、これはいい意味でも悪い意味でも、私がIMPACTに参加させていただいた当初、何がIMPACTらしいのか、何が非連続イノベーションなのか、社会実装までの時間スケール、こうしたことに関して、実はそれぞれの方でそれぞれの思いがあるということを知りました。そのディスカッションそのものが私にとって非常に重要な経験値になりました。ただ、今後ポストIMPACTというプロジェクトがある場合には、そういったところの統一性がよりしっかりしていると、また違う展開になるかもしれないと考えております。

最後の４点目と５点目ですが、これは基礎の研究者からの観点かもしれませんが、IMPACTは、ある程度基礎としてのシーズ技術があることが前提で、これをイノベーションとして結実させる取組だと理解しております。そのプロセスの中では、必ずしもクリエイション、すなわちゼロから１の新しいものを生み出すというところは、力点が置かれておりません。そういった意味では、IMPACTから次のIMPACTを生み出すというのは、必ずしも容易ではないという感想を持っております。クリエイションを生み出すこと自体は計画できるものではありません。一方で、クリエイションが生まれるような「場」をつくることはできるかと思っております。既にそういった議論はしていただいていると理解しておりますが、改めてここで所感として述べさせていただければと思います。

以上になります。どうもありがとうございます。

○上山議員 野地PM、ありがとうございました。

では、短いですが、御質問等ありましたら。

松尾議員、どうぞ。

○松尾議員 ありがとうございます。大変すばらしい成果を３年間で上げられたということで、私の方からの質問は一つなのですが、この３年間で上げられた成果、短かったということですが、野地先生としてはこの後どういうサポートあるいはスキームがあれば、この研究が更に進んで、社会実装や実用化に向かうとお考えでしょうか。

○野地 P M ありがとうございます。

若干私として個人的に心残りの部分はこちらでして、これ以外にもたくさん面白い成果が上がったのですが、この合成ゲノム技術というもののポテンシャルというのは、やればやるほど広がっていると感じております。ただし、一方で、開発にやはり少し時間が掛かるところとか、若しくはそれを社会実装するところのアイデアというのが実はたくさん出てきたのですが、それと一つ一つ検証する時間がなくて、一つにフォーカスするというマネージングをいたしました。それは3年間という期間を考えて、リソースを集中させるということを行った訳ですが、これが5年間ですと、合成ゲノムを作って、ベンチャーを作るだけではなく、それ以外のベンチャーや企業との連携という可能性があったのですが、幾つか削ってきたというところがありまして、そういった展開があったのではないかと考えております。

○松尾議員 ありがとうございました。

○上山議員 ほかの方、いかがでしょうか。

橋本議員、どうぞ。

○橋本議員 もちろん、よく頑張ってやったなと思っていますが、最後に言われた次の I m P A C T、I m P A C T はゼロイチを出すものではないので、言われたとおり、出てきたすばらしい何か成果を持っている人をバンとさせようという、そうしたプログラムなので、ゼロイチを生むのはやはり駆け引きでやるところなので、これは政策的目的が違うので、野地さんが認識したとおりであって、だからそれを求めるのは違うのですね。

それと、3年のことを言われたが、これも野地 P M が特殊で、後から入ってきたから3年になってしまったということがあるので、そこも少し割り引いてもらわないといけないと思います。

その中ですばらしい成果をたくさん上げたということは敬意を表するし、どこまで野地さんが関わって今後展開していくのか分からないが、専攻長の仕事もあるのに、こんなことばかりやっていて大丈夫なのかなと少し不安に思って。それだけ良い成果を上げていて、いいのですがね。

最後に言われた人工細胞を作る話というのは、もともと夢の話であって、夢だが現実になるかも分からないといいますが、そうしたもののなので、この3年やそこらでできる話ではないですよ。だけど、あと例えば3年あったら人工細胞ができる訳ではないので、5年あってもできる訳ではないでしょう、多分。だから、やはり次のプロジェクトに移っていく、あるいはそうしたことに興味を持ってくれるような援助なり何なりを探して、ベンチャーでやっていくと

か、そうした方の道に行くべきなのではないですか。だから、ここがもっと長かったら良かったとかというビジョンとは、少し違うような気がするのですが、その辺りどうですか、野地PM。

○野地PM ありがとうございます。

ある意味おっしゃるとおりです。ただ、一方で、定義にもよりますが、あと3年あったら、もしかしたら人工細胞できていたかもしれないと思っております。これももちろん難しいというのは重々承知しているのですが。

いずれにしても、おっしゃられたとおりでして、現在はベンチャーでの活動と、あと再び基礎に戻って、無細胞技術をやっていた末次さん及び私自身も、CRESTというプロジェクトを発足させていただいて、それに基づく基礎の研究を進めておりますので、できるだけ早く橋本議員にはできましたという報告をしたいと考えております。

○橋本議員 あと、野地PM、そこまで、あと3年でできるぐらいまでのレベルまで今来ているのであれば、もう人工細胞の話って世界中で狙っている話な訳であって、もしそこまで行けるものであったら、今そのためのベンチャーを作って投資を呼び込めば、入ってくるのではないですか、世界から。世界からって、日本じゃ少し無理かも分からないが、世界からそうしたのを集めようと思ったら、入ってくるのではないですか、本当に言われるぐらい成果が出ているのであれば。

○野地PM ありがとうございます。

CRESTのプロジェクトなどで是非そこは知財としてどんどん取って行って、技術を押さえた上で進めていきたいと考えております。激励と理解いたしました。ありがとうございます。

○橋本議員 いやいや、できるのではないかと聞いている。まだだからそこまで行ってないのね。

○野地PM 厳しいですね。そうですね。そこまで受けるところまでは至っておりません。

○橋本議員 分かりました。是非頑張ってください。

○上山議員 じゃ、最後ですが、山極議員、どうぞ。

○山極議員 ありがとうございます。

大変すばらしい成果が上がったとお聞きしました。私がお聞きしたいのは、大学とベンチャーと企業との関係です。3年間で製品開発と販売まで行くのは、非常に難しいと思うのですが、私がベンチャーに色々聞くと、スタートアップで製品開発まで行くのだが、そこを大量生産するとき、お金がないと。市場に出せないということをよく聞くのです。野地さん、こうした開

発までされて、ベンチャーを立ち上げられたのですが、そのあたりの関係というのはしっくりいっているのでしょうか。少し感想をお聞きしたいのですが。

○野地PM ありがとうございます。しっくりは当然いっておりません。常にやはり現場では、大学人としての責務とベンチャーの関わる設立の若しくは人間として、色々問題を抱えながら進めております。

例えばこのOriCiroに関しては、開発した末次さんという方は、大学で今、サバティカルを取っておりまして、そういった意味で、ある程度大学のデューティが軽くなっている状態で、ベンチャーに今、リソースを投入しております。これはたまたまそうした解決法があっただけでして、実際には通常の大学人の業務を進めながらベンチャーの開発をするというのは、非常に難しい局面が多々あると思います。

非常に個性性の高いところではありますので、個別の色々なソリューションを皆さん模索されていると思います。根本的な解決策というのは、やはり中々見いだしにくいというのが、個人的な意見です。これに関しては、私自身も特段の意見を持っている訳ではなくて、非常に局面局面で皆さんが頭を抱えながら、何とか解を導くという努力をしているというのが、私の認識です。

○上山議員 ありがとうございます。

少し時間も押しておりますので、ここで閉じたいと思います。

野地PM、どうも本日はお忙しい中、ありがとうございました。また今後ともよろしく願いいたします。

それでは、二つの公開議事を終わりましたので、本日の有識者議員懇談会の議題としては、以上となります。プレスの方は御退室をお願いします。

午前10時31分 閉会