

総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会〔公開議題〕

議事概要

- 日 時 令和4年8月18日（木）9：45～11：15
- 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、梶田議員（Web）、佐藤議員（Web）、篠原議員、菅議員、波多野議員（Web）、藤井議員（Web）
（事務局）
奈須野統括官、井上事務局長補、渡邊事務局長補、覺道審議官、高原審議官、次田参事官、赤池参事官、松木参事官
（東京農工大学）
千葉一裕学長
（文部科学省）
佐伯浩治科学技術・学術政策研究所長、伊神正貫科学技術予測・政策基盤調査研究センター長、神谷考司科学技術・学術政策局研究開発戦略課長
- 議題
 - ・ 先端研究等に関する報告 「製造事業スタートアップの創業からの学び」について
 - ・ 科学技術指標2022及びNISTEPの定点調査2021について

○ 議事概要

午前9時45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、只今より総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会を始めます。

本日、一つ目の公開の議題は、先端研究に関する報告であります。今回は東京農工大学の千葉一裕学長にお越しいただき、「製造事業スタートアップの創業からの学び」というタイトルでお話をいただきます。

千葉学長は生物有機化学が御専門で、自らの研究成果に基づくスタートアップ、JITSUBO株式会社の起業や産学官連携・知的財産センター長の御経験もお持ちです。現在はムーンショット型研究開発制度、目標5のプログラムディレクターも務めておられます。本日は、御

自身の研究成果の社会実装に関する御知見、御経験を御紹介いただくとともに、C S T I が進めている政策に関しての御意見や御示唆をいただきまして、意見交換を行うことにしたいと思います。今後のC S T I の議論に生かすことができれば幸いです。

それでは、早速ですが、千葉学長からの御説明、よろしくお願いいたします。

○千葉学長 皆さん、おはようございます。東京農工大学の千葉です。本日は大変貴重な機会をいただきまして、感謝申し上げます。

タイトルですが、製造事業、特にこのスタートアップのところで、製造事業というのが結果としては非常に困難を極めたという経験を持っておりまして、それから、スタートアップと言えるほどの急成長をした訳ではないのですが、数々の困難を乗り越えて一定の成果を収めるまでに、何を考え、どんなことをしたかということをお紹介させていただき、また、私自身、その後学長になっているのですが、その経験が非常に生きていると思っておりますので、その辺り、私の思うところをお紹介させていただければと思います。よろしくお願いいたします。

それでは、1枚めくっていただいて、2ページというところですが、結果としてペプチド医薬というものの大量製造をする技術として発展することができたものです。ただ、当初は自分の発明した化学反応をどう生かしたらいいかということが全く分からないままに、スタートアップといいますか、ベンチャーを始めてしまったということがございます。2000年頃ですが、これは日本全体でベンチャーブームで、ベンチャー1,000社とかそうした話があって、これは当然、私のいる大学でもどんどん起業しようという話になりました。少しした発明があったのでベンチャーを作ったという、極めて安易なスタートだったのですが。

その頃を振り返ると、実はペプチドというもの、それほど注目されていなかったのですが、特に大量に高純度で作るということは技術的にも困難でありました。数十年前にアメリカのメリフィールドという人が作った方法で大体の人が作っていたのですが。それから、私も有機合成化学を専門にしている者なのですが、実は興味の外でした。というのは、ペプチドというのはアミノ酸を順番につなげるだけで、要するに高度な化学反応を追求する有機合成化学屋のやる話ではないということで、実はこの背景があって、私はこの関係の論文を有機合成のところに出すと非常に評価が低くて、何でこんなことをやっているのだということをよく言われる、そうした経験を十数年味わってきた訳です。

それから、ペプチドというのは、御存じのように、アミノ酸がつながっているのですが、口から投入すれば消化されてしまうので、医薬品にはならないと当時多くの人が思っていました。その中で、今を見ますと、実は2025年までにペプチド医薬が5兆円規模の市場になるという

ことで、それから製造事業ですね、大量に作るというところについては、それほどまだ色々なところがやっている訳ではなくて、一部の企業がある程度、特に海外の企業が一部のところを独占しているような部分がありました。

それで、3ページですが、2005年、今から17年前に農工大でスタートアップ、JIT SUBOというものを起業しました。大変分かりづらい名前に思われるかもしれませんが、実は左下に千葉實母散という、これ、お風呂に入れる浴用の薬で、実はこれ、千葉って私の名前ですって、550年ぐらい前からずっとやっていたもので、これ、私の家の家業だったのですが、御存じのように、昭和時代に緑色のお風呂ですね、こんなの、それが普及したために、もうこれは立ち行かなくなりました。ただ、私の見ている前でこれが廃業になったので、何とか別の形で再生したいということで、このような名前を付けたベンチャーを作りました。

良かったことが一つございます。変わった名前なので、これは一体どういう意味だと言われると、この550年の歴史のある薬の話ができて、大変歴史のあるベンチャー企業であるかのような雰囲気になることができたという、そこだけは良かったと思っています。

起業の動機、ここに書かせていただきましたが、よくこうしたことを考えて起業される方がいますが、私の経験から、ここに書いてあることはほとんど十分な理由にはならないというふうに思っております。要するに、自分にはいい技術があるとか、応用範囲も広いとか、こうしたことをよく大学の教員は特に考えるのですが、それだけではほとんど価値がないというふうに思っております。

4ページ目ですが、私、その頃に海外に行く機会もあって、実は日本ではペプチドは薬にならないというふうに大手の企業さんにも言われていたのですが、例えばブリストル大学とかケンブリッジのベンチャーのCEOと話すと、非常に大いに興味を持ってくれるのです。ただ、私から私の作ったペプチドを買うという話には全然ならないです。何でもこの人間かも分からない人間から、この白い粉に何百万円も出さなきゃいけないのだとかという話になります。ここで色々私も思い知る訳です。要するに、学会ではすばらしい方法だとよく褒めてくれます。ただ、学会で褒めてもらうのと現実の世界で褒めてもらえるかどうかは全く違う軸があるということ、起業当初から思い知らされていた訳です。

それで、5ページになりますが、その2年後ぐらいに、私は大変幸運にも恵まれたのですが、世界のイノベーションを率いている人たち、例えばSRI、スタンフォード・リサーチ・インスティテュートとかつては言ったところですが、そうしたところのトップと知り合うことができました。彼らの教育への情熱もすばらしいものがあり、私は是非本学の学生にこれを学ばせ

たいと思ったのですが、その価格が物すごく高いのです。2日間で千万円単位です。これ、とてもではないけど大学は認めない、文部科学省や財務省は絶対に認めてくれないのだろうなと思って、あきらめようと思ったのですが、よくよく聞くと、大学ではその教育をまだ広めていないということが分かったので、私は思い切って、農工大があなたたちの教育方針を全て世界に広めます、その代わりほぼただ同然でやってもらえないかという話をしたら、結構話が盛り上がり、すぐにこのSRIの社長が本学まで来てくれて、それで、まず講義をしてくれました。その後私たちはシリコンバレーに行って、既に十数年このワークショップを続けております。本学の学生、あと日本から集めた博士の学生と、三、四百人は既にこのシリコンバレーでの研修をする形で実現しております。

そのほかシュタインバイス大学とか、台湾のイノベーショントップのNCTUのHuangさん、こうした方たちとも非常に仲良くすることができまして、6ページと7ページは、約束どおり、まずはこれはSRIの学びの場の雰囲気です。当時としては極めて斬新なものでした。それから、世界中に私は行脚して、各国の少なくとも農学のトップの大学と連携して、教育をしました。

特に重視したのは、理解されるようにするという事で、例えばアンカラ大学、ミラノ大学、これはドイツではなくてイタリア、例えばそうしたところですね、私のスライドを全部トルコ語で書いたり、イタリア語で書いて、講演をしました。しゃべるのは英語しかできないのですが、スライドをそうすることによって物とても理解が進んで、非常に人間的にも近づいたのです。それで、中々連携協定結んでくれないようなところとも話が進んで、実はこのイノベーション教育をベースにした連携というのが一気に拡大いたしました。

これは一つは、私自身、果たして自分の作ったスタートアップがうまくいくかどうか、中々自信がなかったのですが、真剣に取り組んだものというのは、恐らく、自分は大学の教員であるので、それは学生に還元すれば意味は出るだろうということで、こうした形で本学の学生あるいは海外の学生との連携というのを同時に進めたというのが背景にございます。

そして、8ページですが、実際にじゃ自分のビジネス、どういうふうになっていったかということですが、詳しく化学反応で本当はお示ししてもいいのですが、その概念的なところを少しお話しします。

左から右に時間軸がずれていくのですが、最初割と重要だと思った特許を取得して、より高性能な製造ツールというものを目指しました。要するに、誰よりも非常に高度な技術でペプチドが作れるようになるだろうということで。そうしますと、特許を幾つか取ると、意外なことに大

手の企業さんがぱっとその特許を取り囲むように特許を取ってきたということがございます。このときに、一つは大変なことになったという思いがあったのですが、もう一つは、自分たちが目指していたものは間違いでなかったなという、非常に大きな自信になりました。

それで、我々合成屋の考えというのは、お分かりいただけるかと思うのですが、実は頭の中で様々な機能を描いて、それを作り出す方法というのを頭の中でかなり描くことができます。要するに、どんどん考えれば、もっといいもの、もっといいものというのが作ることができます。そうすると、この競争の中でどんどんいい材料というのを作っていくことはできるのですが、果たしてその先に本当のゴールがあるだろうかということをあるときに考えました。

ということで、私自身、頭の中を変えまして、実はこの右下の方の青っぽいところ、最終製品の純度はどこよりも最高レベルになるようにしようとか、誰よりも低コストで作れるようにしようとか、プロの技を必要としないようにしよう、これは普通では少し逆転の発想なのですが、それから有害物質を使わない、こうしたようなものが大きな価値になるのではないかとということで、実は特許戦略も切り替えて、そっちの方向で先回りして取っていくということにいたしました。

それが結果としては大きな方向に進んでいくのですが、重要なのは、一番下に研究室の話を書いてありますが、研究室では基礎研究に専念をしておりました。この二重構造が非常に重要な意味を後で持ってくるのです。

それで、次、9ページですが、有機溶剤、これは御存じのように石油から作られますが、有能な有機溶剤というのは大体この赤いところとかオレンジ色のところがございます。私も基礎研究ではこの辺の赤っぽい溶剤を使って、いい反応が見つかりましたと言って、いい論文になるということをやっているのですが、問題があるのです、発がん性があったり、爆発性があったり。ペプチドがいずれ化粧品とか医薬品として花開くときに、恐らくこの赤、オレンジの辺りの溶剤を使わないというところが、大きな価値になるのではないかとことを考えました。ただ、これが大して成果が上がっていないというふうにそれを宣言すると、色々たたかれる可能性があるので、未来はきっとこの黄色から緑のところになっていくだろうという予測の下に、その技術開発を進めたというのが一つございます。

それで、10ページ目ですが、私たちの方法というのは、実はP o l y C a r b o n法というように言ったださっている方が多いのですが、この黄色い方法です。これが時間軸を追って、実は学術論文が、この黄色いものがどういうふうに広がってくるかというのを、これは私たちではなくてほかのペプチド科学者が最近のケミカルレビューという、非常に多くの人が読

む論文、創設したのですが、ここに書いてくれまして、これ見ていただくと、いかに黄色いものの方法が広がってきているかということをお分かりいただけるかと思います。自分たちがこんな状態になっているというのは、後になると分かるのですが、振り返るとこうした形になったということです。

その次のページが、実は私たちはいつも頭の中はこの化学式があるのですが、ぱっと見ていただくと、これ一つ一つが実は薬の本体の化学構造ですが、極めて複雑だなというふうに思っただけだと思います。これを一つ一つアミノ酸をつなげて手作りで作っていくということなのですが、これ、今までできなかったことはよく御理解いただけるかと思いますが、これを99%以上の、要するに医薬品になるレベルで、数百キログラムという、これも普通の大学では考えられないような規模で作れるようなところまで成長したということです。

この辺りのこと、結果としてそうしたふうになっていたということで、12ページに一つ、しっかり連携している企業さんが、BACHEMというところがございますが、これはスイスの会社ですが、ここに写真があるように、100リットルぐらいの容積の中でどんどん合成するようなものです。それで、その頃JITSUBOも割と大きくなって、こうしたところとしっかり連携できるようになりました。

実は、ここに名前が今回まだ出していませんが、欧州系の非常に大きなペプチドの製薬会社と一緒に、かなり大きな医薬品の製造を私たちの方法で作ることが決まりまして、恐らくこれからはこの方法が一つの柱になるのではないかとというふうに期待しているところです。

13ページが、これは私たち、教育でも使うビジネスモデルキャンパスというものに当てはめたときの、私がやってきた技術開発とか会社の経営、どういうリスクがあって、どう乗り越えていくか、どういう支援者がいるとか、何の価値が提供できるかという、それを一覧に示したものです。これは、これからビジネスを始めるのだったら、こうしたのをきちんと考えなさいとよく教育では言うのですが、私の経験としては、とてもではないですが、こんなものを最初に掲げてできるような状態ではなかったし、これからも相当厳しいだろうなど。要するに、一とおりのことをやったときには、これ割ときれいに書けるのです。これだけのものに支えられてきたし、これだけの世の中のニーズを先取りしましたということも、後から表現では言えるのですが、実際は非常に厳しいところに立っていたということです。

14ページが実際の、特に資金調達の厳しさの絵ですが、私自身がまずこれ、自分の持っているお金、僅か300万円を投入して始めました。これ、縦軸に数千万、数億、数十億とありますが、こうした形で年を追うごとに会社の活動規模も10倍ずつどんどん発展していくので

す。ところが、リスクというのは常に付きまとうのです。一方、雇用している人の数はどんどん増えていきますので、そのリスクの規模というのもどんどん上がっていく。

こうしたところで経験したことですが、15ページにあります、一番危機的に感じたのは、ここで非常に大きな仕事をしてくれる人あるいは特別な技術を持った人が、この危機のときに、会社の規模を縮小しなきゃいけないとかというときに、失う可能性があるのです。これが失われてしまって海外に行ったり別のところに行ってしまうと、かなり大きな痛手になると。ここで私、人材の重要さというのを身をもって感じました。

そこで私が取った方法としては、先ほど大学のアクティビティとは全く別にやっていますと申し上げましたが、このときに同時に私は大学のアクティビティもどんどん上げることができていまして、国のプロジェクト等も幾つも取って、実はこうした人たちを全く違う形で大学で雇用できるような体制を整えておりました。という形で、一旦大学でキャッチして、それから、資金調達ができたらまたベンチャーに戻すということをやりました。これも一つのやり方で、これがいいということではないのですが、こうしたことをやって守り抜いたというのが一つ良かったと思っています。

それから、16ページにございますが、リスクというのはそれは多分様々なものがございす。これ、色々トップテンぐらいのリスクのことが書いたもの、これはあちこちに出ていますが、私の感覚としては、この7番目にある、8番目ですかね、スタートアップ失敗の7%が人間関係の不調和にあるという、これ結構下の方なのですが、私の感覚としてはこれが一番大きいと思っています。要するに、大学発ベンチャーもうまくいかなくなるのは、内部の人たちの意見の不一致等で、結局それで大きな市場も見失ったり、技術の価値を逸してしまう、そうしたことが多々あると。

もう一方で、このスタートアップをやるところで、本当に才能のある人を見いだすことができる。要するに、このリスクの中にいることによって、実は自分以外の人たちにある才能というのを見いだすことができるということで、私はここに真剣に勝負をするというところには、非常に大きな価値を生み出すものだというふうに、結果として感じているところです。

17ページ、教育に反映しましたと言いましたが、私はこのE n a b l e rですね、要するに不可能を可能にする人、これを育てるということ、実は大学として、あるいは日本としても非常に重要な課題であるというふうに考えております。それほど難しいことをここに書いてはございませんが、ただ、中々こうした黒い字で書いてあるところをやるということはないのです。

それで、18ページが、これが特に博士の教育というのを私、随分やってきたのですが、一番左側の学術研究、論文発表、英語力、これは大体博士がイメージしているのですが、もっともっとやるべき階段はあって、こうした階段を上っていくということをできるだけ経験するというのが重要だというふうに思っています。しかも、ただ用意されたようなセミナーをやるというのではなくて、真剣勝負をやらなければ、本当にその人の才能は発見できないのではないかということです。

19ページが、これ、私の歩んできた道と同じで、その階段はところどころで崩れ落ちる。そのときに私は、少なくとも大学としてある程度のこうした座布団を用意するという形で、本当に挑戦しながら才能を発見するようなプロセスというのを作っていかないと、きちんと初めから用意されたもので、はい、こうやるといいですよという教育だけでは、全く不十分であろうというふうに感じてきたということです。

最後、20ページになりますが、人材の発見、特に才能の発見ということにもっともっと真剣に取り組むことというのは大事だと思っています。これは単にお金を投入すればできるものではなくて、やはりお金を投入していただいたら、返さなければいけないとか、もっと何倍にして国の力にしなければいけないというところに真剣に取り組んでいる姿から、初めて出てくるものだとは思っています。是非これを私、今の立場で大学としても、あるいは国としても、そうしたことをお考えいただけると、大きな夢が持てるかなというふうに思っております。

以上です。ありがとうございます。

○上山議員 どうもありがとうございました。千葉さんとはもう10年前から知り合いで、今は農工大の学長として、本当にアンビシャスな経営改革やっておられて、少し驚きましたが、そのことも含めて色々な話を聞きたいと思って、呼びいたしました。

15分ほどしか時間ありませんが、どなたでも結構ですが、一番多分この分野をよく知っているのは、菅議員ではないかと思うのですが、最初からいきますか。

○菅議員 後でいいです。

○上山議員 後でいきますか。

じゃ、どなたでも結構ですが、お手をお挙げください。どうぞよろしくお願いいたします。
オンラインの方は。

じゃ、篠原議員、どうぞよろしくお願いいたします。

○篠原議員 どうもありがとうございました。私はこの先生の分野のことについて全く素人なので、見当違いのことを伺うかもしれませんが。

会社を作るに当たって、私は通信関係の人間なものですから、例えば設計だけを担う会社を作る、設計だけではなくてそれを実際に製造するところまで担う会社を作るという格好で、ペプチドの製造という観点でも、多分色々なアプローチといいですか、自分たちの業務範囲をどこにすればいいかというところは、幾つかのパターンがあると思うのですが、その辺についてはどのようなお考えで今の形を考えられたのでしょうか。

○千葉学長 ありがとうございます。

ビジネスモデルを作る完全に想定しない範囲のところから会社を作ってしまったというのがまず現実です。私たちには何でも作る技術があるというふうな、少し過剰な自信のところから始まりました。

ペプチドというのは、20種類のアミノ酸を自在に組み合わせることで、実は無限に化合物が出来上がります。無限にあるということは、様々な困難も無限に存在します。あるときに気付いたのは、その無限にある困難の情報をどんどん集積していこうと。要するに、データとして積み上げることによって強みが出るだろうなというところから始まりました。

それは、やっているうちにこれがどういう価値になるか、ほかの人たちもやるだろうが、どうやったらほかの人たちに勝てるだろうかというところを探し出すのに、何年も掛かったということです。その後は、世の中がペプチドを望むようになったときに、一気にそれをじゃ大量に高純度に作ればいいのか、求められる価値を先取りして色々見えるようになったということで、これが現実です。

○篠原議員 だとすると、さきほど特許の御紹介があったのですが、いわゆる特許でカバーするように、オープン戦略でいくのか、例えばブラックボックスでいくのかというふうな格好でいうと、先生がやられているこの分野は、製造上のノウハウみたいなことを含めて、ブラックボックスの分野も結構多いと思えばいいのですか。

○千葉学長 はい、おっしゃるとおりです。特許は化学式でいずれ公開されてしまいますし、それからもっといいものというのは、誰でも化学者だったら作れるだろうというふうに思います。我々が一定の成果を上げられたのは、我々よりも安く作ることができないというところが特許として取れていたというのが、一番の成功例です。

有機化学者というのは、どんどん複雑にして機能を増すことができるのです。でも、それはどんどん値段が上がるのです。実は一番単純なもの、それを特許で押さえていたので、それよりも安く作ることができないというところは、我々の一つ市場性を獲得した要因であったというふうに思っています。

○篠原議員 それは特許で押さえられたのですか。

○千葉学長 はい。それは特許で押さえました。

○篠原議員 分野が違うかもしれませんが、一般論でいうと、製造ということになってくると、やはり規模の経済が効いてきますから、ほかにも使えるような装置を持っているとか、例えば大量生産で大量販売ができるような会社の方が、一般的には強くなっていくのではないですか。その辺もやはりこのスタートアップでも十分勝ち得る分野になってくるのですかね、これは。

○千葉学長 規模の問題ですか、今のは。

○篠原議員 ええ。例えば少し極端なことを言うと、LSIみたいなのをスタートアップを作ろうと。LSIのスタートアップなんて中々ないですが、LSIのスタートアップなどだと、多分、設計レベルまでは勝てると思うのですよ。ただ、製造ということになってくると、非常に大きな投資をしないと結局勝てなくなってくるので、分野として多分そうした分野は難しいと。そうした観点からいうと、こうした合成の分野というのは、比較的規模の大小にとらわれずに競争できるような分野だと思ってよろしいですか。

○千葉学長 いえ、実は規模も10倍にすると全然方法が変わると言われるぐらい大変になります。ただ、私たちの方法は、規模を拡大しても大体フラスコの中でやるのと同じような形でできる方法でした。

それから、あとは原料も大体、天然物ですね、木材とか、今皆さんが目指しているバイオマスを使ったものをベースにしたものであったと。これ最初から全部目指していた訳ではないのですが、結果としてそうしたものであった。

それから、溶剤も先ほどのあの有害なものを使わないというものが一気に、特にヨーロッパで価値を増しまして、その溶剤を使っていないということを商品に表示するという法律ができたのです。それによって、私たちの方法ではないとそれができないとか、実は様々な社会の動きとの連動の中で、やっていたことがぐっと価値が上がったということです。

○篠原議員 ただ、そうしたことも含めて、何年か後にはどこかからまた真似するような会社が出てきたりして、結構競争が厳しくなってくるのですよね。それに関する状況はどうで……。

○千葉学長 御指摘のとおりで、非常に大手のところで大量に製造が始まることになりましたので、当然この方法を上回る、特許を抜けていく開発が進むと思います。実はこれに関する研究は私の研究室で既に20年以上色々やっけていまして、その先の先の技術まで全部もう開発が終わっていて、それは水面下での特許も取っていきます。非常に多くのものをやはりまだ廃棄したりとか、そうしたこともあるのですが、あるいは、一つの容器の中でどれだけの量が作れ

るとか、そうしたことが問題になってくるはずなのですが、そうしたものを超えていく方法というのを既に開発していますので、それを新たなスタートアップとして、今度はきちんとしたビジネスモデルを作って、作っていきこうと。要するに、この失敗を生かして、今度こそきちんとしたものを作ろうという、そうしたインセンティブにもなっています。

○篠原議員　ですから、さっき御紹介になった大学の研究というのがバックにあって、背景にあって、それをどんどん発展させながら、絶えず一步先、一步先に行けるような形を作ってこられているということなのですね。

○千葉学長　はい、そうですね。

○篠原議員　よく分かりました。

○上山議員　次は、佐藤議員、手が挙がっておられますね。佐藤議員、どうぞ。

○佐藤議員　ありがとうございます。

大変貴重な、また非常に実践的なお話、千葉先生、ありがとうございました。

二つ御質問したいと思います。一つ目です。今、C S T I でも地方の中核大学の育成というのは大きなテーマになっている訳ですが、先般も様々な地方大学の研究あるいは教育方針等についても聞く機会を頂き、その中で各地方大学でスタートアップに対する取組が非常に進んでいるなということを実感として感じました。特に地方の大学の場合には、それぞれの自治体とか、地場企業との連携の中でスタートアップを育成していくという取組がかなりある訳ですが、先生のご経験から、地方の大学のスタートアップ育成に関して、何かご示唆をいただけないかということが1番目の質問であります。

それから、二つ目は、私は金融業に従事していますので、スタートアップ企業の死屍累々を何回も見てきている立場なのですが、先ほど先生がおっしゃったセーフティネットという考え方が、日本のスタートアップの育成にはやはり非常に重要だろうと思っています。先生の先ほどの事例ですと、人材のドロップアウトに対するショックアブソーバーを持っているというお話で、非常に面白かったのですが、ただ、そうしたことができるというのは、かなり特異なケースだろうと思います。そうした意味で、例えば国への要望とか、セーフティネットに関する、もう少しこうしたものがあつたらいいのにといったような点が御経験の中でおありになれば、是非お聞かせいただきたいと思います。

以上、2点御質問させていただきます。ありがとうございます。

○千葉学長　ありがとうございます。大変重要な観点での御質問、ありがとうございます。

地方大学については、地域の潜在的なニーズと、それからその先に出てくるであろう障壁と

か新しい市場、これを予測していくというところがとても大事で、これがない場合が非常に多いです。これは私がやってしまった失敗と同じで、例えば農業関係でこうした技術があるから、これをこの自分の地域で生かせばいいとかという単純な発想です。これ、大抵それではうまくいかないと思います。要するに、どういう世の中になるべきかとか、この地域では例えばこうした労働力があるとか、例えば高齢者、これからどうなっていくべきだとか、そうした大きな構想の下で、一つの小さなスタートアップが始まるという描き方をしないと、大抵はうまくいかないというふうに私は思っております。

それから、セーフティネットの話ですが、これは大変、私自身の話で無理がある話だなと思われると思います。実際そうなのですが。ただ、この無理のあるところだからこそ、本当に重要なものを発見できたという思いもございます。これがもし、例えばじゃ補助金これだけください、そうしたらセーフティネットができます、セーフティネットがあるから、皆さん安心してベンチャーやってください、この流れがただ広がるだけでは、本当の才能ある人たちを発見したり、困難を乗り越えていくというところのアイデアにはつながらない可能性があると思っています。

ですから、例えば借りた金は返すとか、これは日本人の道德の基本ですが、そうした一つの負荷が掛かったところで真剣に取り組んでいくような、そうした仕組みを作っていただくのは、私はとても大事だというふうに思います。

○佐藤議員 大変興味深いお話をいただきました。

最初の点だけ一つ加えて御質問なのですが、どういう世の中になるのか、何が社会課題なのかということを認めていくのは、非常に重要なポイントだと思っています。そうした意味では、いわゆる「総合知」の様な考え方を大学の中で育成するというのが、スタートアップの育成にストレートにつながっていくような気もするのですが、いかがでしょうか。

○千葉学長 おっしゃるとおりです。その部分が非常に重要です。例えば高齢化問題一つ取りましても、大学の中で一般的には理解が少なく、もっと若者のために支援をすべきだという発想にすぐなるのです。なぜなら、私たちは若い学生を持っている。そうではなくて、例えば高齢者が生き生きとしていく、あるいは健康寿命が延びる、そのための研究をするとういうことが起こって、どう今、我々にいい形で跳ね返ってくるのかということも全部総合的に考えた上で、重要なテクノロジーをどう生かしていくかという、そうしたアクションがとても大事だというふうに思います。

○佐藤議員 ありがとうございます。

○上山議員 ありがとうございます。

では、藤井議員ですかね。藤井議員。

○藤井議員

千葉先生、お話ありがとうございました。

私も今の佐藤議員のセーフティネットに関わる御質問にかなり近いのですが、今回のお話では、雇用の継続が難しくなったときに、研究室側でクッションとして引き受けるというお話でした。しかし、必ずしも全てのスタートアップが研究室とカップルしていて、そこで引き受けられるようにはなっていないとも思いますし、研究室とスタートアップとの関係を考えても、色々な意味での整理が必要になってくるような方法かなとも思います。

その意味では、スタートアップを担っていくような、正にこのE n a b l e rという方々は非常に重要な訳です。こうした方々が必要なときには出動できるのだが、普段は待機しているようなある種の人材ネットワークや、彼ら自身の横のつながりを作っておくなど、そういったようなことができるといいのかなと私自身は常々考えております。

個別の研究室やスタートアップというよりは、大学あるいは国としてでもいいのですが、補助金よりは、仕組みとして何らかの形でそうしたセーフティネットといいますか、むしろ人材ネットワークを上手に作っておくようなことができるかと思うのですが、その辺りは先生のこれまでの御経験ではいかがでしょうか。

雇用が続けられなくなってしまったが、例えば横のつながりで、会社を替わって違うところのスタートアップで活躍される方がいたとか、例えばそのような御経験や実例はおありでしょうか。

○千葉学長 御指摘のとおりでして、決して一つの専門にこだわった形の人たちではないのですね、E n a b l e rというのは。全く別の業態でも力を発揮します。私が研究室と言ったのは、極めて初期的で、しかも私のコントロールできるのは、当時は自分の研究室しかなかった。今、私は学長の立場で、大学としてそれができるのではないかということで、規模を拡大したいと思います。ただ、これも一つの大学でも不十分です、当然。ですから、こうした事例をこうしたところで御紹介させていただけるというのは大変有り難くて、では、もっと地域の大学でもいいですし、あるいは日本全体でもいいのですが、そうしたところでそうした人たち、これ、そんなに数多くないのです、実際のE n a b l e rになれる人というのは。そうした貴重な人たちを最終的に力を発揮できるようにするというところが、とても大事なというふうに思っていますので、是非色々一緒にお考えいただけると有り難いと思っています。

○藤井議員 ありがとうございます。やはりその範囲を広げて、そうした方々が活躍できるような機会が得られるような場を作っていくというイメージでしょうか。

○千葉学長 はい、そうです。是非そうすべきだと思っております。

○藤井議員 ありがとうございます。

○上山議員 ありがとうございます。

どうですか、菅さん、いけますか。

○菅議員 ありがとうございます。

少し知り過ぎているので、中々質問できないのですが。

J I T S U B Oという会社は、本当にいいニッチのところを狙って、今ビジネスをやっているらしい。要は、B A C H E Mという会社は、非常に小さい化合物をたくさん作るということ、少量のものをたくさん作るのと、大量にとっても大きなものを大量に製薬企業に売るということをやっているのですが、その間がないところをJ I T S U B Oは担うという、ビジネス的には非常にいい隙間をびしっと埋められたというのは、ビジネスとしては成功しているのかなと思っています。

ただ、ここに書いていらっしやるように、アップダウンがあって、危機があってというのも、大体このとおりですね。私はJ I T S U B Oを同業ということもありずっとおっかけていたのでよくわかっています。そうすると、この危機の原因というのを解析して、それを今度は大学の方でその危機を回避するために、どういう人材を育てていかないといけないかという教育は、今、何かプログラムとしてされているのでしょうか。

○千葉学長 決してまだ十分ではないですが、まずこのような実態を共有できるようにしないとダメだと思います。スタートアップというと、夢のある話がやたら多くて、ユニコーンとか、そうした耳障りのいい言葉はよく出てくるのですが、実際はそんなに甘いものではないですよということを知った上で、こうしたところになったらどういうふうにしていくかというふうなこともある程度は勉強して、それから、助けてくれる人たちとのつながりが最終的には物とても意味があるところだと思います。そうしたことを共有できる場という、本当の意味での教育というのが大事だと思っています。

これはまた大学の中でももっと教員がそれを共有しないと、教員はほとんどそうしたことが理解できていないですね。ですから、全員ではなくてもいいのですが、一定の割合の教員が理解して、こうしたところを助けていくような機能を大学としても持っていこう、で、それを横に広げていこうということをしなければいけないというふうに切に感じております。

○上山議員 私、本当にごく簡単ですが、14ページのこの今、危機がある、そのたびにベンチャーキャピタルが入っていますよね。千葉さんはもともとグローバルに結構やっておられる方なので、このときにベンチャーキャピタルからの出資を、国内のベンチャーキャピタルが主だったのですか。

○千葉学長 はい。

○上山議員 それは一体なぜでしょうか。グローバルなベンチャーキャピタルには、その当時からアクセスは難しかったのですか。

○千葉学長 そうですね。まだそこまでこれがグローバルに展開できるかどうかというところまでの価値判断ができていなかったというのはございます。大体10億円程度の投資を受けた後からは、一気にグローバルの可能性があるということで、それで海外へのアクセスというのをそこから始めました。そうした時間軸の中での話です。

○上山議員 我々とする、専門調査会でも、結局ベンチャーキャピタルのマネタリーベースのところ、もう少しグローバルになっていくべきではないのかなと——環境そのものですね——、そうした議論をしていたので、そうしたことがもしきちんと整っていけば、よりこのところの危機を克服するのがやりやすくなるかもしれないという、こう思っているのですが、その辺いかがですか。

○千葉学長 おっしゃるとおりです。これは10年以上前のお話で、最後の危機のところ、既に10年以上前ですので、もう今であれば考え方は変わりますし、ですからこれまでの反省を踏まえて次のことをきちんとやりたいと思っているのも、そうしたことです。是非そうした形にしていきたいと思います。

○上山議員 ありがとうございます。少しもう時間も過ぎてしまって、大変申し訳なかったのですが。

この辺りでこのセクションを終わらせていただきます。本日も様々な御知見をいただきまして、ありがとうございます。また今後ともどうぞよろしくお願いいたします。

○千葉学長 どうもありがとうございました。

○上山議員 よろしいでしょうか。

では、続いて二つ目の公開議題です。科学技術指標2022及びNISTEPの定点調査2021です。

科学技術・学術政策研究所より佐伯浩治所長、伊神正貫科学技術予測・政策基盤センター長にお越しをいただいております。

早速ですが、佐伯所長の方から御説明をお願いをいたします。

○佐伯所長 ありがとうございます。本日は貴重なお時間をいただき、心より感謝申し上げます。

先週御紹介いただきました2本のレポートを公表してございます。一つは、我が国及び主要国の科学技術活動を各種のデータに基づき客観的・定量的に分析し、体系的に把握する科学技術指標、もう一つが、第一線の研究者と研究組織の経営者あるいは企業の方等の有識者にアンケートを行い、研究現場やイノベーションをめぐる状況変化を把握するN I S T E P定点調査です。こちらは通常の年は別々に行って別々に公表してございますが、今回は同時公表となりまして、数値に現れる成果あるいは結果と、その背景となる研究現場の状況を関係付けて理解できる側面もございます。その点を意識して御紹介したいと考えています。具体的内容については、センター長の伊神より御説明申し上げます。

○伊神センター長 それでは、伊神より御説明いたします。

まず、科学技術指標2022を御覧ください。

スライドの2を御覧ください。科学技術指標ですが、2ポツ目にありますように、科学技術活動を五つのカテゴリーに分類しまして、約170の指標で日本及び主要国の状況を把握するというものです。

スライドの3を御覧ください。170の指標のうち主な指標について、日本の動向をお示ししております。研究開発費、研究者数等ありますが、多くの指標で日本は2021と同様の順位ではございますが、真ん中の下あたり、論文数、T o p 1 0 %補正論文数、T o p 1 %補正論文数、この辺りは順位が下がっているということになってございます。

多くの指標で日本は3位なのですが、次のページを御覧ください。こちら、一例として研究開発費、企業と大学部門をお示ししております。赤い色が日本ですが、諸外国に比べて伸びが緩やかであると。例えば大学ですと、ドイツや中国等に最近抜かれているという状況になってございます。

また、スライド5を御覧ください。こちら、産学官、全ての研究者ですが、労働力人口1万人当たりの研究者数というのをお示ししております。青が20年前、赤が最近です。20年前は、日本は主要国で1番だったのですが、今は主要国で4位と。ほかの国の研究者数が、非常に増えているということになってございます。

こうした中、スライド6を御覧ください。こちらは女性研究者の状況ということで、右の絵を見ていただきますと、女性研究者割合は、最新値で17.5%、数も16.6万人というこ

とで、着実に増加しているということで、この辺りは前向きな指標として見えているということになります。

スライド7以降では、科学技術人材の確保ということでデータを御紹介したいと思います。

スライド7は、修士課程入学者と博士課程入学者の推移を示しております。右の博士課程に注目していただきますと、2003年度をピークに、長期的には減少しているということです。あと、バランス的には、保健は増えているのですが、例えば理学、工学、人社系、この辺りは減っているということで、バランスの変化も生じております。最近やや下げ止まっているようにも見えるのですが、今後の動向を見ていく必要があると考えてございます。

スライド8、これは主に理工学系の学生の進路というのを少し注目しまして、学部卒業者、修士課程修了者、博士課程修了者とお示しております。青い線が製造業に行った方、赤い線がサービス業ですが、例えば学部卒業者については、2000年代初めにはサービス業関連に就職される方の方が多いということです。修士についても、長期的には製造業は減っていてサービス業が上がっているということで、企業側で求める人材が変化しているのが、このような動きに見えているのではないかと考えてございます。

スライド9は、主要国の博士号取得者の推移を示しております。赤い線が日本ですが、2006年度をピークに減少しております。他方で、一番上が米国、その下が中国、あと、下の方に韓国ございますが、この20年で2倍以上となっているということで、国によってこの辺りも状況が違うということです。

スライド10を御覧ください。昨今、博士学生の支援が増えてきたということで、今後大事なのは、彼ら彼女らのキャリアパスをどうするかということで、少しデータを御紹介したいと思います。

一つ前のご発表にもありましたが、大学発ベンチャーの数というのは着実に増加して、最新では3,300社を超えています。この従業員の中の博士号保持者というのを見ますと、大学発ベンチャー全体では従業員の16%となっています。他方で、一般企業の研究者における博士号保持者は4%ということで、スタートアップ、ベンチャーを作っていくというのは、博士人材のキャリアパスの多様化にも通じるというのが、このようなデータから見えていると考えております。

スライド11以降は、研究開発費のアウトプットや産業貿易等について御紹介いたします。

スライド11は、分数カウント法で、左から論文数、真ん中はTop10%、右がTop1%で、上が10年前、下が最新値です。各種報道されておりますので、ポイントを言います

と、日本はいずれも最新年では順位が下がっているということです。ただ、後ほど言いますが、これは他国が伸びている影響がかなり大きいということです。論文数の動きを見ますと、日本、T o p 1 0 % だけやや減少しているというのが見えております。あと、中国がT o p 1 % で1位になったというのも報道されております。

次、12ページを御覧ください。今、御紹介したのは、分数カウントというもので、日本と例えばアメリカが共著している場合は、2分の1と数える方法です。12ページにお示ししているのは整数カウント法というので、日本と米国共著でもそれぞれ1と数える方法です。この方法で見ると、下の図を見ていただきますと、日本の順位は下がってはいるのですが、いずれのカウント方法でも論文数自体は増えているということになります。なぜこうしたことが起きているかという、これは国際共著が非常に増えているということも影響しております。

スライド13を御覧ください。今、国際共著について申しましたが、日本の国際共著率は最新値で37.4%ということで、過去10年で10ポイントぐらい増加しております。ですので、今後そうした国際共著などで世界をどうリードしていくかという点を見る必要があるのではないかとということで、こちらでは責任著者に注目した分析を行っております。著者がたくさんいても、コレスポンディングオーサーのいる国・地域でカウントするという方法ですが、それでも日本の順位、若干上がるかなと思ったのですが、結果的には、ここにお示ししましたように、分数カウントと同じような傾向になっています。今後、国際共著が増える中、こうしたような手法で世界をどれぐらいリードしているかというのも見ていく必要があると考えております。

スライド14ページは、分数カウントの論文数の動きを少し細かにお示ししておりますが、論文数では最近少し上がっていて、T o p 1 0 % では下げ止まっている感じ、あとT o p 1 % は横ばいということがこの分数カウントでは見えております。赤い線が日本です。

15ページは整数カウントですが、これも赤い線、御注目いただきますと、論文数T o p 1 0 % 、T o p 1 % とも増えているということで、日本としては頑張っているのですが、ほかの国見ると、すごい勢いで上がっているのが、順位等は下がっているという状況だと考えられます。

スライド16、この中で少し変化があるというところで、論文の分野構造というのをお示しておりますが、日本は長期的に見ると、化学、材料科学、物理学のシェアが国の中で減ってきて、臨床医学が増えているということで、この40年で日本の中の知識生産構造が変わってきているというのがデータで見えております。

17ページ以降は特許等を御紹介しますが、17ページは産業別の研究開発費をお示ししております。ゼロより上が製造業、下が非製造業ですが、日本の特徴としては、製造業の割合が非常に高いということが見えてございます。

スライド18を御覧ください。アウトプットとして特許出願、これはパテントファミリーというもので見ておりますが、日本は10年前も今も1位です。ただ、分野別の状況、スライド18の右を見ていただきますと、日本は電気工学、情報通信、一般機器で、オレンジの線が最新値なのですが、シェアが下がってきています。一方、その下の中国を見ていただきますと、非常にシェアが増えておりますので、ここも韓国もそうなのですが、やはり強みの部分が一致していて、シェアが食われている状況になっております。他方で、バイオ・医薬品、バイオ・医療機器の辺りはへこんでいるということで、この辺りのシェアを、どのように膨らませていくかというのも、一つポイントかと思われます。

スライド19は、技術分野の変化をお示ししておりますが、日本はここ最近、機械工学とか輸送用機器の割合が増えている一方、情報通信とかバイオテクノロジー、医薬品の特許の重みは相対的に減ってきているということで、知識の構造と技術の構造で若干動きに違いが見られるということになります。

スライド20は、産業貿易ということで、ハイテクノロジー及びミディウムハイテクノロジーの貿易収支を見ております。この線の上が輸出額、下が輸入額です。ハイテクノロジー、医薬品、電子機器、航空・宇宙ですが、日本は現状、入超の状況です。一方、右のミディウムハイテクノロジーは、上に飛び出している量の方が多くて、出超で、特に自動車、この辺りが多い出超の上で重みが大きいということです。この辺り、今、大きな産業の変化がございますが、やはり重要であるというのが見えております。

21ページ、最近、経済安全保障というところが少し注目されておりますので、新たな指標として分析したものです。これはハイテクノロジーの産業貿易について、相手国や地域を分解したものです。輸入額に注目していただきまして、日本、米国のオレンジ色を見ていただきますと、これが中国です。中国の割合は95年には5%であったのが、日本の場合には最新値で36%、米国では27%ということで、輸入額における中国の割合は、非常にハイテクで大きくなっているということです。ボーダレスに貿易されますので、こうした形になっておりますが、参考として御紹介いたしました。

以上が、定量データから日本の状況を見たらどうなるかということで御紹介しました。

続いて、定点調査ということで、これらの数字は、じゃ何でこうしたことが起きているかと

というのは、中々分からない面もありますので、その辺りを意識調査で明らかにしようとしたものが定点調査です。

定点調査の方のスライド2を御覧ください。こちらですが、第一線級で研究開発に取り組む研究者や有識者に対する意識調査から、我が国の科学技術やイノベーションの状況を把握しようとするものです。日銀短観の科学技術版と呼んでいます。第6期基本計画中の5か年、同じ方々にアンケートを行う調査の第1回目で、回収率は94.1%となっております。

調査対象者ですが、左に示しましたように、第一線級で研究開発に取り組む大学・国研等の研究者約1,500名と、あと、有識者、これはマネジメント層の方、あと企業の方、俯瞰的な視点を持つ方（審議会委員の方）等を対象者としております。今回、現場の方として、人社系の方も一部回答者に入れております。

質問項目ですが、例えば研究システムの右に研究活動の変容とございますが、この辺りは第6期に合わせたものですし、総合知についての質問もしてございます。

論文数シェアで見た大学の大きさによって状況が違うので、スライド3に示したグループ分類別の結果もお示ししておきたいと思います。

スライド4は結果の示し方です。天気マークで表示しており、晴れだと状況が良くて、雷マークだと状況が悪いとお考えください。

スライド5から結果に入ってまいります。この読み方ですが、例えば一番上、若手研究者の自立と活躍のための環境整備とございますが、右の方にお天気マーク並んでおりますが、これは各属性のものを示しております。例えばここで見ますと、晴れ模様が多くて、第1グループが晴れマークですが、第2、3となるとともに、やや曇りが出るということで、やはり大学の規模によって状況が違うという状況が見えてございます。

若手の数はどうかというと、第1グループは薄日が差しておりますが、第3グループはやや状況が悪いということで、この第3グループ、地方大学が多いところですので、大学の規模によって状況が違う様子が見えております。

状況がいい第1グループについても、3番目の無期雇用の拡充というところでは、雨模様ということになってございます。

具体的に自由記述を見てみますと、その下にありますが、やはり若手に対する任期のないポストの絶対数が不足しているという話や、自由記述の一番下見ていただきますと、ハード面での環境は良いが、任期付のポジションを転々とせざるを得ないような状況になるという御指摘もあるということになってございます。

続いて、スライド6を御覧ください。こちらは博士号を目指す人材ですが、博士課程進学に向けた環境整備というところに関しましては、第1グループ、第2グループ、薄日が見えてございます。やはり、ただ、これも第3グループ、第4グループは曇りがちということです。

キャリアパスの多様化についてもそのような形なのですが、一番上の進学者の数というところを見ると、雷が出ていて、環境の整備は進みつつあるのですが、実際の数にはつながっていないというふうな認識が出ていているということになります。

この辺り、自由記述を見ますと、やはり学位取得後に任期なしポジションを得るチャンスがないと、失業のリスクを増すことになってしまうということや、アカデミアのみでなく、それ以外の業種のキャリアパスが必要であるという話が出ています。

進学者数については下の方に自由記述ございますが、近年、大学による支援が拡充されたという動きが出ておりますので、今後数年、調査行う上で動きがあるかもしれません。

また、Q107については、右の真ん中に人社系というのがあるのですが、自然科学系と人社系の方でやや認識の違いが見えている質問です。

続いて、スライド7、研究資源としまして、お金や時間等の話をしております。

まず、スライド7の下の方の二つの質問に御注目いただきますと、研究時間と、あとサポートするマネジメント人材の育成・確保というところは雨模様ということで、この辺り、属性によらず、かなり厳しいとの認識があります。

自由記述を見ても、技術職員や事務職員の方が不足しているので、研究者の職務の範囲が広がって、研究時間の減少につながっているとか、資金を獲得すればするほど、書類仕事が多くて研究時間が減少してしまうというお話もございます。

その上の競争的資金等の確保を見ますと、薄日や曇りですが、基盤的経費については曇りや雨マークということです。ただ、第1グループは曇りマークであり、第3、4グループよりは状況が良いということですが、これは後ほど大学経営の質問で見ると、財源の多様化ということで、第1グループが評価が高いので、その辺りも関係した動きと思われます。

スライド8は研究活動の変容ということで、2番目のリモート化を御覧いただきますと、これはかなり進んだということで、下の自由記述を見ていただきますと、やはり新型コロナウイルスの拡大が一つの契機になったという話もございます。他方で、リモートで世界中の研究者と共同研究進める際の時差の問題もあるので、柔軟な働き方ができるようにする必要があるという御指摘も見えてございます。

一番上のICT技術に基づく研究方法の変革については、研究のデジタル化ですが、これも

1、2 Gは曇りである一方、3、4 Gは雨ということで、大学の規模によって濃淡があります。あと、ここは国研の研究者は薄日が出ているという状況になってございます。

スライド9、学術研究・基礎研究の多様性や突出した成果が出ているか、イノベーションの接続についての質問ですが、軒並み曇りや雨マークであるというところが見ていただけると思っています。

自由記述を見ますと、選択と集中のことを指摘する意見、多様性が失われているのではないかという意見と、あとは、探索的な研究を行うためには、交付金等の基盤的研究費の拡充が必要であるという御指摘もありました。

他方で、一番下にありますが、業績を上げている若手研究者がテニユア付のポストに就けるように、テニユア研究者に対しても業績に連動して処遇を変える必要があるという御指摘もあります。

続いて、スライド10は、産学連携等に関係する知識に基づいた価値創出です。一番上が、大学と民間企業との組織的な連携の話ですが、これも1、2 Gは総体的に状況が良いのですが、右の方の企業というところを見ていただきますと、こちらは曇りマークということで、大学の方と企業の方でやや認識に違いがあるということになります。

また、3番目のベンチャー企業を通じた知識移転についても、これは連携に比べるとやはり難易度が上がるということで、雨や曇りとなっていますが、1、2グループは総体的に曇りが出ているということです。

最後、民間企業との人材流動や交流というところも同じような傾向なのですが、これについては自由記述を見ていただくと、企業とクロスアポイントをしようとするときに、先方の人件費を一部負担する必要があるが、単純に相手の給与が高過ぎて話にならないということで、やはりお金の面がこうした企業との人材流動にも影響しているというのが分かります。

スライド11は地域創生ということで、人材育成とかイノベーションの創出に寄与しているかというところですが、これはほかの質問と違いまして、2、3、4グループで指数が高いという状況です。他方で、俯瞰的な視点を持つ方や企業については総体的には評価は低いということで、これ先ほどお話ありましたが、大学は頑張っていると思っている一方、企業の方はもう少しできるのではないかと考えている辺りが見えていると思われます。

スライド12が、今度、大学経営の質問です。大学経営について、経営情報を収集・分析する能力、自己改革を進める取組、多様な財源を確保するための取組というのを見ておりますが、これも大学グループ別に見ると、第1グループの指数が高く、小さい大学ほどやや指数が低く

なっているということです。こちらでも企業や俯瞰的な視点を持つ方は、若干指数が低いという状況です。

ここでは好事例も見られまして、所属大学では若手や女性の登用が進んでいるという話も出ております。ただ、やはり5年、10年後に研究環境が大きく改善されるだろうということで、時間は掛かるのだろうということをこの回答者の方も考えておられます。

一方で、一番下のように、色々研究時間が削られているケースもありますよというふうな御指摘もございました。

最後、スライド13、総合知の活用の部分です。こちら、総合知といっても色々な観点がございまして、異分野の協働というところで、課題設定時、研究開発の実施時というのを見えておりますが、特徴的なのは、この左の方の現場の研究者は晴れマークや曇りマークなのですが、有識者の方は曇りや雨があるということで、これは恐らく総合知の考え方が少し違うのかなというところで、現場の方は身近な異分野融合みたいなものを想定されている一方で、マネジメント層の方はもう少し大きな社会課題の解決等を想定されている可能性があるので、この総合知という考え自体が現場にも広まると、この辺りも見え方が変わってくる可能性があると考えております。

最後、スライド14、御覧ください。この定点調査、毎回、基本計画の期が変わるたびに質問も回答者も変えてしまうので、連続性が確保できないのですが、今回、2回前の定点調査から継続している質問について、質問の中で相対的に位置がどう変わったかというのを見てみました。

2011と2021の比較をしておりますが、青色で示しました若手の研究者の自立や活躍の環境を与える環境整備とか、博士人材が博士後期課程を目指すための環境整備、この辺りは質問として指数が上に上がってきたということで、若手が活躍するための環境整備はこの10年で進んでいると思われます。

一方で、赤色が下がったものなのですが、基礎研究で突出した成果が出ているかとか、あと、結果として博士に進んでいるかという辺りは、指数が下がっているという状況です。

あと、継続して指数が低いのは、この研究時間とサポート人材です。この辺り、今、CSTIでも各種議論がされていると思いますが、やはり現場の研究者はこの辺りを何とか改善していただきたいと考えている様子が出ていると思われます。

以上、すごい駆け足になってしまいましたが、私からの御紹介は以上です。

○上山議員 ありがとうございます。

では、只今の御説明について、御質問あるいは御意見等があると思いますので、どなたでも結構ですが、お手をお挙げください。どうぞよろしくお願いいたします。

じゃ、菅議員、どうぞ。

○菅議員 御説明ありがとうございます。私もずっと委員をやっていたので、いつも拝見して、詳細なデータで非常に有用だなと思っています。

二つ目の定点調査の方で、やはり一番気になるのは、6ページのクエスチョン105で、望ましい能力を持つ博士後期課程進学者の数というのが、どこのグループを見ても非常に悪いということになっています。これは何が原因があるかということをお尋ねしたいのと、あと、企業が答えられているやつが一般的に全部悪いですね。余りいい答えを出している企業が少ないということなのだろうとは思いますが、その辺を企業の例えば自由記述の中から、企業の研究というのはどういうふうに関心しているのかというのを、少し教えていただけると助かります。

以上です。

○佐伯所長 じゃ、佐伯から。

博士課程への進学については、こちらの定点調査の中でも、博士課程を出た後の処遇のところ、アカデミアのポストもない、企業に行っても博士を取ったことによって処遇の改善が図られないということを挙げている例はございます。

また、私どもの別な調査でも大きく三つポイントがあって、一つは博士における経済的な問題、それからその先の研究環境の問題と、それからポストの問題が挙げられてくるのですが、博士課程での経済的なところは手が打たれているのですが、その先の出口のところはどうしても残ってきているという。それが安心して選択肢としてある意味メリットがある、自分の将来にとっていいというものをもう少し見せていくということが大事だと思われます。また、別なところで少しありますのは、中堅の研究者が苦勞していると。そうすると、博士が終わった後の自分の10年後の姿を見たときにあの状態だというのは、やはり効いているという御意見も、この自由記述の中では出てきております。

以上です。

それから、企業の方は、定点調査では企業の研究自体を聞いているところは余りないのです、企業から見て大学はどうかという質問設定になっております。企業の指数が低い要因としては、大学でやっている努力が十分に伝わっていないということもありますし、企業が求めているものはもう少し高いということもあるのかもしれませんが。

○菅議員 分かりました。

○上山議員 では、次は佐藤議員ですかね。よろしくお願いします。

○佐藤議員 ありがとうございます。

科学技術指標2022について2点御質問させていただきたいと思います。一つ目は、パテントファミリー数で依然として世界1位であるということですが、主要論文数などで順位を下げながらこうした状態になっているということは、恐らく各国の特許出願戦略に差があるからではないかというふうに感じました。足下では経済安全保障の議論の中で、「特許を取りにいかない戦略」ということも考えられている訳で、依然、世界1位のパテントファミリー数であるということは、決して誇るべきことではないような気がするのですが、その理解は正しいでしょうか。それが1点目です。

2点目です。この表を見ていて非常にびっくりしたのは、なぜ近年韓国がこのような形で台頭してきているのかということです。例えば5ページの労働力人口1万人当たりの研究者数、これ急激に伸びていますよね。それから、9ページの博士号の取得者数も増えています。韓国は決して経済も良くないし貧富の格差も激しい、あるいは大学卒業した人の失業率という点では日本の比ではない位ひどい状態なのにもかかわらず、一見すると科学技術関係の研究者の数も増え、博士号の取得者数も増えているという、ある意味では日本と逆の立ち上がり方を示しているのですが、これをどのように理解されておられるのでしょうか。

以上、2点です。

○上山議員 じゃ、どなたですか。佐伯さんですか。

○佐伯所長 まず、佐伯から最初にお答え申し上げます。

パテントファミリーのところは、正に私たちも特許の出願戦略とかあるのではないかと考えておりますが、残念ながらこの調査では、そこまで深掘りはできておりません。それは別途イノベーションの関連で特許を見ているところもありますので、そういった研究の中で少しでも追えていたらなと思っております。

それから、韓国については、特に研究者については、企業の研究者が非常に多く増えておりますし、また、別なデータでいうと、博士を例えばアメリカで取るという人たちも増えております。そういった部分は、論文の成果として、海外も含めたネットワークができている中で、韓国から出てくる論文の量、質ともに上がってきているということは出てきていると思います。

さらに、その実装する上で、企業側でも研究者の層が厚くなって、かなり産業的な競争力につながっているのではないかという、想像といたしますか、想定はできることかと思えます。

○佐藤議員 今のご説明は非常に重要なことを示唆していると思っています。産学連携という形を標榜しようとしている日本の方向性を具体化するにあたって、韓国の近年の水位の背景、要因を一度しっかり見てみる必要があると思います。韓国は確かに財閥系を含めて大量の研究者を抱えています。半導体がその中心ですが、そうした体制が大学の研究体制とどう連携しているのか、あるいはそうした産業界を中心とした国の科学技術の発展のさせ方というものと日本の場合とを比べてみたときに、日本ではアカデミアの世界で育てるものと産の世界で育てるものとのバランスが、非効率であったり、最適解になっていなかったりしていないか、そうした考察を韓国を参考にしてやってみる価値はありそうな気がするのですが、いかがでしょうか。

○佐伯所長 国際関係が実はうちの研究所も弱いところがありまして、ただ、そういった部分についてもう少し国際的なベンチマーク、今まではどちらかというと規模的に似ている日英独とかのベンチマークをやってきておりますが、韓国との間でもベンチマークというものも、できる限りカバーできればなと思っておりますが、少しまだ手が回っていないというのが実態です。

○佐藤議員 ありがとうございます。

○神谷研究開発戦略課長 文部科学省研究戦略課長の神谷です。

ご指摘の観点については、今後、長期的に調査ができるかどうかを含めて、ほかの機関などにも照会しつつ、検討したいと思います。

○上山議員 N I S T E Pの所掌に関わるかどうかは少し分からないのですが、この間僕のところに来てこれを教えてもらったときも思いましたが、やはり企業の研究活動に関する分析というのが、この手の話をやっていくときには重要だろうと思うのです。というのは、研究開発費の70%から80%は実は企業の研究ですよね。そこにおける研究者の位置とか処遇とか博士号取得者とかということと、日本の伝統的な科学技術政策におけるその位置を、N I S T E Pでできるかどうかは少し分からないのですが、重要な問題ではないかというふうに思います。

梶田議員、どうぞ。

○梶田議員 ありがとうございます。

まず、御説明どうもありがとうございました。

まず、科学技術指標の方で1点、何かこれ示唆があるのかと思ってお聞きするのですが、10ページの大学発ベンチャー企業の状況で、企業数の推移が2010年前後で一部伸びが止まり、その後2017年以降に再び伸びていますが、この再び伸びてきた背景というのは何かあ

るのでしょうかというのが一つ目の質問です。

それから、2点目、これは今、佐藤議員の質問と基本的に同じなのですが、やはり今回の資料を見させていただいて、人口が日本の半分にも満たない韓国に、既に例えば責任著者カウント法でのTop10%論文で追い抜かれているということで、韓国の躍進をしっかりと認識しないといけないし、恐らくその躍進から我々は学ばないといけないのではないかと思います。論文数ということは、恐らく、基本的には大学、研究所などの研究者によるものだと思うので、そのような面でも抜かれているということをきちんと認識し、韓国は何がいのだろうか理解する必要があると思います。例えば基本理念とか基本の政策でどのように支援しているのだろうかということを、しっかりと認識することが大切かと思いました。

定点調査の方についてですが、これは大変重要な調査だと思います。また、多くの項目で実際の研究現場での問題意識が分かり、大変有用だと思いますし、実際私たちが日頃感じていることをよく言い表していると思います。

その上であえて少し残念に思うことを言わせていただくと、定点調査2021は初年度の調査なので、状況の変化については論じることが基本的にできないとされています。そうなのですが、極めて重要な調査なので、どうかして前の調査とつなげるような工夫をしていただければと思います。

それから、最後、1点。俯瞰的視点を持つ者というのが、政府の審議会名簿等から無作為に選定と報告書に書かれていますが、俯瞰的視点を持つ者の評価は他の回答者とかなり大きな違いがあり、本日の資料の全ての項目について曇り以下で、非常に特徴的かと思いました。この理由、よく分からないのですが、いずれにしても、この認識の大きなギャップ、俯瞰的視点を持つ者と大学関係者などとの間のギャップが、深刻な問題ではないかという懸念をいたします。例えばですが、俯瞰的視点を持つ者と大学関係者とのしっかりしたコミュニケーションなどが必要なような気がいたしました。

感想ばかりになりますが、以上です。

○上山議員 ありがとうございます。

今の何かコメントバックはありますか、簡単に。

○佐伯所長 ありがとうございます。

まず、俯瞰的視点を持つ方の評価ですが、質問の仕方も若干違うところがありまして、大学の一線の研究者の方々などは、基本的に自分の身の回りを見てお答えいただいています。俯瞰的な視点の方々に関しては、日本全体を見てという形で聞いているものが多いために、その意

味での見ている範囲で受ける印象は変わってくるということもあるかと思いますし、また、もう一つは、俯瞰的視点の方々に対して、今、梶田議員がおっしゃったような意見交換の場とかが少ないことによって、伝わっていない情報もあるのではないかとこのところもあるかと思います。

前者の方の例でいいますと、例えばデータの利用、公開について言うと、現場では、アカデミアの間ではデータの共同利用は進むと。ただ、それを超えて企業やあるいは政策関係者が使えるようになってはいないのではないかとこのところが、例えば有識者の方からは入ってくるのではないかとこのいったような、視点、聞き方の違いによるずれということも出ているかと思っています。

それから、定点について、前回の終わり部分と比べてどうなのというところを、これを我々、本当に制度設計上苦勞しているところですが、自由記述なども含めて見ていって、何か分かることがあるか、引き続き深掘りをしていきたいと思っております。

また、韓国の件はおっしゃるとおりです。我々のできる範囲の中で、一応、政策研究の場での連携もありますので、そういったところを活用しながら、できる限りの情報を手に入れていきたいなと思っています。

それから、ベンチャーについて、すみません、今日はそこまでの議論できる者を連れてきておりませんが、感覚的にはこの2017年前後からかなり政策も厚みを持ってきて、これは政策研の所長の立場よりも、むしろ行政官にいたときの感覚ですが、かなり色々な制度なども充実させてきたということもありますし、一方では、大学側でも支援する人材の層の厚みというのがかなり当初と比べると厚くなってきたという印象、JSTの経験も含めて持っておりますので、その辺が効いてきているのではないかとこの想定はしております。

取りあえず私からは以上です。

○上山議員 次は波多野議員ですね。おられますか。はいどうぞ。

○波多野議員 波多野です。ありがとうございます。

既に皆様からご意見がございましたように、改めて企業とのギャップを埋めること、その要因を明らかにすることが必要と思いましたが、博士進学とキャリアパスの拡充の課題、研究時間の確保についてなどは、既にCSTIで重要な課題として認識しており、粛々と進めるべきと思いました。

1点なのですが、企業の研究について、例えば指標の4ページ目の企業の研究開発費の定義を教えてください。数年先をターゲットとした開発に相当する研究が含まれていると思いますし、五、六年以上先になってくると企業によっては長期になってくると思います。研究開発費

のターゲットの短期、中長期のデータはございますか？また韓国は、電気系の分野では企業の方が特に材料やデバイスの重要な論文を出されていたりします。論文についても、企業の方の論文が今どのような状況あるか、などのデータはございますでしょうか。

○上山議員 よろしいですか。

○伊神センター長 お答えします。

長期的か短期的かというのはないのですが、基礎か応用か開発かというバランスはございまして、やはり企業の方が開発研究が多く、大学の方が基礎研究が多いというふうなものは見えております。ただ、そのバランスは余り大きく変わっていないのですが、ここ数年、企業の基礎研究が一時期増えたことがあります、それは主に自動車ですね、自動車関係で基礎研究が増えたという動きが見えておりますが、少し最近また基礎研究の額、下がっているというふうな傾向も見えております。

あと、韓国の研究ですが、韓国の論文をどの分野でたくさん出ているかというのを今改めて見ますと、工学とか材料の辺りで結構出ているので企業が関与している可能性は高いと思います。

○波多野議員 はい、そのとおりだと思います。

○伊神センター長 我々、韓国のセクター別の分析はしていないのですが、そうしたところを見てみると、アクターの違いも見えてきますし、例えば日本でいいますと、やはり企業の論文が減っているというふうなところもありますので、その辺り、少しセクター別に見ると国による状況の違いが見えるかなという印象を持ちました。

以上です。

○波多野議員 ありがとうございます。

○上山議員 今、藤井議員、挙がったのですかね、手が。藤井議員。

○藤井議員 よろしいでしょうか。ありがとうございます。

私から二つございます。まず御説明ありがとうございます。

まず一つはコメントで、定点調査2021の方ですが、ベンチャー企業もそうですし、民間企業との連携あるいは人材交流のところなどは、組織的な連携を含めて、そうした活動自体について具体的に評価をして、しっかりと業績を認めていくことが大事なのかなと感じました。地域創生のところもそうしたコメントがあり、また、総合知のところも同様かもしれません。

それから、科学技術指標の方で、先ほど議論もあった韓国のことに限りませんが、国際的なところを押さえるのが難しいというお話でした。ここでも議論しています国際的な頭脳循環と

いう観点で見たときに、この研究者数として見ているものの中身がどういう構成になっているのかということがもし分かると、例えば、韓国についてだけではないのですが、学位をどこで取られた方が韓国で研究者としてやっていらっしゃるのかのような点を含め、掘り下げたデータが分かってくると、人の動きがどうなっているのかが見えてくるかなと思いました。テクニカルに難しいのかもしれませんが、この点もし何か御存じのことがあれば、教えていただきたいと思います。

○伊神センター長 国際頭脳循環という意味では、断片的にしか見えていないのですが、例えば米国の理工学分野の留学生みたいなを見ると、やはり韓国が今、世界第4位です。1位が中国、2位がインド、イラン、韓国ということで、一方で日本は16位となっています。このように、米国に留学している学生数も一つのデータですし、あと、特に米国で、分野にもよりますが、科学者でアジア系の方の占める割合が多いとか、それぞれのデータで断片的に見えるような状況です。

○上山議員 よろしいでしょうか。

今色々な議論がありましたけど……

○篠原議員 簡単に。

○上山議員 じゃ、篠原議員。

○篠原議員 少し難しいのかもしれませんが、特許について、現在、数だけ言っているではないですか。特許についても、本当は効果が期待できない特許と、きちんとした特許というのがあって、特許の引用数による評価みたいなものがあるのですよね。だから、ここに書いてあるように、中国が特許をたくさん出ているから単にすごいというのではなくて、それが本当によく引用されている特許はどうか、Top 1%論文とかTop 10%論文と同じような格好で、特許のいわゆる引用についても少し考慮に入れていただくと有り難いというのが1点。

あとは、論文についても、前からお話ししているとおり、分野によってはもうジャーナルなど全然出さなくて、ひたすら国際会議で争っているような分野、例えば暗号などはそうなのですが、暗号って全く論文書かないで、本当に国際会議だけで勝負しているのですよ。だから、その分野によってやはり論文の重み付けとプロシーディングスの重み付けみたいなことも、併せて見ていただけると有り難いなと思いました。

以上です。

○上山議員 いかがですか。

○佐伯所長 特許のところについてはおっしゃるとおりです。少し限界があるのですが、別途

特許に関する深掘りの調査をやっているチームもありますので、そういったところでできるものをフォローしていきたいと思っています。

また、論文以外の手法、おっしゃるとおりです。ここ、今の段階では、比較的汎用性を持ったところで論文が中心になっておりますが、徐々にそういった部分についても広げていきたいと思っており、引き続き対応していきたいと思えます。

ありがとうございます。

○上山議員 赤池参事官、何かありますか。

○赤池参事官 一言だけ。

研究機関同士の横の連携、例えば、RIETI、CRDS、TSCなど、また、先ほどの韓国の件も文部科学省から科学アタッシュを出したりしていますので、少し複合的に連携して調べていきたいというふうに思います。あと、民間企業の研究開発についても同様です。よろしくお願いします。

○上山議員 ありがとうございます。

佐藤議員、手が挙がりましたか。

○佐藤議員 一言だけ。

韓国の話に戻るのですが、現状がどうなっているかだけではなくて、5ページにあるように、この十数年間で大きく数字が変わっている訳ですから、どんな施策をして、何が要因でこうなったのか、これが日本に対するインプリケーションとして意味がある可能性がありますから、現状の調査も大事ですが、このトレンドは何で起こったのかということを是非調べたいと思います。

すみません、1点だけです。以上です。

○上山議員 ありがとうございます。

少し時間も過ぎていきますので。今日は色々な議論が出ましたが、もう少し各国別の深掘りの調査、N I S T E Pの所掌でできるかどうか分かりませんが、我々求めているということと、それから特許に関しては、e - C S T Iの方でも引用に関する分析は相当やっていますので、またここで紹介することができると思います。

僕が少し思ったのは、この定点調査のところで、研究者のところのグループと有識者グループとの間のギャップが大きいなと。特に企業と俯瞰的な視点を持つ人等が、大学の動きをまだ中々よく認識する機会が少ないのかなと。ここにおられる佐藤議員とか篠原議員は大学のことを相当見てくださっていて、大学も一生懸命やっているなみたいな感じは分かっていただ

いているとは思いますが、中々一般の企業の人たちにとってはまだ遠い存在という、そのところのミスマッチはどうするかということを少し感じました。いずれにしましても、今後ともこうした定点調査は続けていただいて、長期のトレンドを見ていただきたいと思います。

少し時間を過ぎてしまいましたが、今日はお越しいただきまして、ありがとうございました。

これでこのセッション終わります。

本日の公開議題は以上となります。

午前 11 時 15 分 閉会