

皆さん、リユニオンにお集まりいただき、ありがとうございます。理事や審査員の先生方が前にずらりと並んでおられますが、皆さん、小さくなっている必要はございません。活発な質疑応答をしましょう。

これから私は「科学・技術における研究開発とイノベーション」という題で多少厳しいお話をいたします。“キヤノン財団理事長”という名前ではちょっと気が引けますので、“東大名誉教授”という肩書でさせていただきます。そうすると、勝手なことを言っても叱られるのは東大でございます(笑)。ぜひ、皆さんが「自分も参加したな」と感じられるような会にしたいと思いますので、途中でも結構ですので、どんどんご意見をいただきたいと思います。

## 背景

### 背景

- 学術研究の社会における地位低下
- 日本の研究論文の世界における地位低下
- 目立つ研究不正（日本は世界No.1）

相次ぐ日本人のノーベル賞受賞にも拘わらず

っときついのですが、少なくなっている。私は現役時代にはテレビを見たことはほとんどないのですが、今は暇なものですから、朝とか昼のワイドショーを見ていると、芸人コメンテーターたちが出ている。専門家の意見を聞かなくなっている。

その最たるものはなんだと思いますか？

トランプ大統領です。反知性の代表のような人。知性派对反知性派のせめぎ合いは、アメリカでは昔からあったようでして、ある友人がリチャード・ホーフスタッター著の『アメリカの反知性主義』（1963年）という本を教えてくれたのですが、ピューリツァー賞ももらっている名著で、翻訳が出ています。過去の大統領選では、いわゆる知性派の人たちではなく、反知性で対抗した人たちが当選していることが多くあることを知り、愕然としま

このような話をここでする背景を申し上げます。

一つ目は、「学術研究の社会における地位低下」をここ数年非常に感じています。一般社会の人たちが学術の専門知識を持った人たちの意見を軽視する。逆の言い方をしますと、アカデミズムの先生方が社会に対してその学問の重要性を発信することを、「怠っている」と言うところ

した。

パリ協定からの離脱も、明らかに温暖化が進んでいるということ科学的に証明されているにもかかわらず、それを一切無視するという態度は、まさに反知性そのものです。しかし、反知性のほうが強いんですね、選挙で勝つんですから。そういう意味では、「学術研究の社会における地位低下」は日本だけでなく世界中で起こりつつある現象です。今、“シチズンサイエンス”という言葉がはやっています。“市民による科学”ということですが、そういう状態であるということをもまさにアカデミズムあるいは研究に身を置く者としては十分考慮すべきことと感じています。

二つ目は「日本の研究論文の世界における地位低下」です。これも非常に顕著です。一昨日、新幹線で『Wedge』を読んでおりましたら、「国立大学の成れの果て ノーベル賞が取れなくなる」という記事が出ていました。梶田隆章さん、本間政雄さん、松浦良充さん、荻谷剛彦さんのインタビュー記事が載ってまして、中の論調はほとんどが運営交付金が減ったからだと言ってます。私はこれは間違っていると思うのです、もちろん議論の余地はありますが。その中で一人、本間政雄さんは正しいことを言っている。「国立大学はダウンサイジングしなくてはいけない。予算を増やすことは今の世の中ではできない。優秀な人だけを残すことである」。確かに遠山敦子さんが文科大臣になったときに、国立大学を99から85へ減らしました。しかし、これは形だけです。医科大学を医学部として統合して1つ数を減らしたりしたのであって、中身は何も変わっていない。これは昔の省庁再編と同じです。省庁も数だけ減らして中身は何も変わっていない。事務次官の数を減らした分だけ、例えばその省庁の名前のついた審議官という、局付け審議官の上の新ポジションをつくりましたね。文部科学審議官も以前は1つだったのが今は2つになっています。これが日本の、いわゆる役所がやるダウンサイジングでして、私は「運営交付金が減ったから日本の研究論文の地位が低下したのか。本当はどうなっているのか」ということをきちんと調査してほしいと思っています。

三つ目として、憂慮すべきは「目立つ研究不正」です。STAP細胞問題がありましたが、もうほとんど忘れかけている。あの問題をきっかけに私は理化学研究所経営戦略会議の委員を依頼されました、「生駒はうるさいことを言うから、あれを入れておけ」ということだったようです。うるさいことを言っても全然変わらないですね。不正はなくなったと思いますが、体質は変わらない。黒木登志夫先生が『研究不正』という素晴らしい本を書いておられます。最近のノーベル賞受賞が多いにもかかわらず、研究不正は日本が一番だそうです。これでは、将来、ノーベル賞をとることは難しくなるでしょう。

## <科学と技術と社会>

私は昔から「科学と技術と社会」の関係について考えておりました、1980年代にケンブリッジ大学に呼ばれて話をしました。そして、“科学技術イノベーション”という言葉を新たに作りしました。十数年前にJSTにいるときに、「科学技術イノベーションを日本の政策

の一番に上げてほしい」ということを提案しました。第1次安倍内閣の施政方針演説の1丁目1番地に、「イノベーション」という言葉を歴代の首相の中で初めて使いました。第2次安倍内閣でも使っていますし、今では総合科学技術会議が総合科学技術・イノベーション会議に変わりました。「イノベーション」は極めて重要ですが、世の中で言われている「イノベーション」にはあまりにも意味が多くあるし、不明確なこともあるので、政策に使うときには非常に問題になることがあります。

### “科学技術”か？ “科学・技術”か？

これは戦争直後くらいのことを知っている方は意味がわかると思うのですが、極端なことをいうと、官庁では「科学・技術」という用語が禁じられていたのです。戦後まもなく科学技術庁という組織をつくった。そのころ、「科学と技術は一体である」という考え方が日本では非常に根強かったのですが、それが、ある意味、悪さをしてきたと思うのです。今は文部科学省になったものですから、あんまりそういうことを言わなくなったのですけれども、科学・技術なのか、あるいは科学技術という一つの括りがあるのかどうか。私の答えは「ない」。科学と技術は別々に考えないと研究開発の方針を間違えます。応用物理学学会という学会があるのは日本だけです。科学を応用して技術をつくろうというのは日本が一番強い。アメリカは物理学学会に含まれます。日本の特徴だった「科学技術」というワンワードが、今はちょっと悪さをしているのではないかという感じがしています。

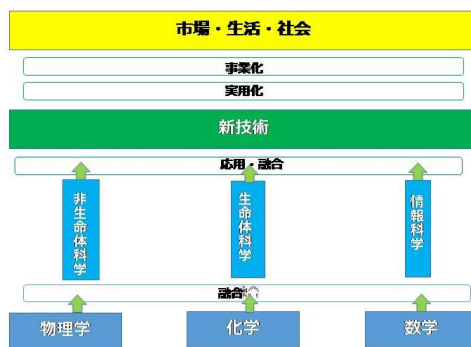
科学・技術・イノベーションをそれぞれ定義しますと、科学は「人間の好奇心を満足させる」ことが第一の使命です。技術は「人間の役に立つ」。イノベーションは「経済発展の原動力となる」、非常に簡単に言いますとこうなります。経済発展の原動力と言ったのはシュンペーターという人で、1910年代です。

「科学の知識は新技術を生み出す」。当たり前じゃないか、と、皆さん、今は思っておられますが、これを最初に意識したのは何年頃だと思いますか？ 19世紀の後半です。ドイツの化学会社が自分のところでいろいろな基礎的な研究をやった上で、肥料を作ったり、いろいろな有用な化学物質を作ったりしました。アメリカでは、一応、ペンシルバニア鉄道が最初に独自の研究所をつくったということになっています、本当かどうかは知りません。ですから、科学の知識が技術を生み出すというのは、そう、当たり前ではなかった。

もう一つ違ったフレーズで言いますと、「技術は人間を不幸にし、社会に悪をもたらすことがある」。これは、先日、お隣の国がやったことを見ると、何を言わなくてもおわかりになると思います。あるいは生物兵器、大量殺りく兵器を作ってきたとか、その他、いろいろあります。ライフサイエンスにおける問題を別の面から考えなくてはいけないということもあとから申し上げます。

そして、「イノベーションは現在価値を破壊し、新価値を創造する」。これがシュンペーターの創造的破壊で、イノベーションの本質です。これが科学・技術・イノベーションというワンフレーズで言った時の、それぞれの3つの意味合いでございます。

### 科学・技術・社会の関係



### 科学・技術・社会の関係

科学と技術と社会の関係をこういうふうにも考えました。これは、若干、センセーショナルです。下が科学、そして技術、上が社会という形で非常にシンプルファイしたものです。私は科学の体系は、物理学、化学、数学を基礎において、その上にこれらを融合して出てきたものが非生命体科学、生命体科学、情報科学である

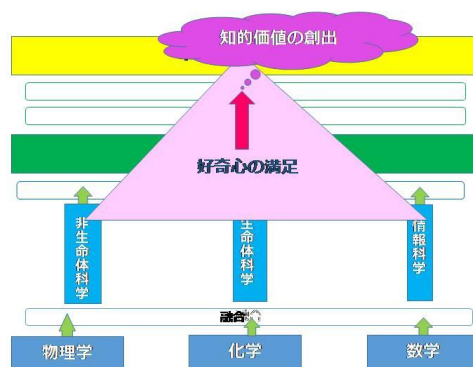
という風に考えております。これをサイエンスの枠組みにしたい。高校や、中学の教科書では、物理、化学、生物、地学とい4つを軸とした体系ですが、これは間違っていると思います。10年ぐらい前、私は理科の教科書をつくる文科省の委員会の主査をやらされたことがあるのですが、そのときにつくづく感じました。これは古い自然科学の体系である。この4つをなぜ変えられないかという、利権です。教科書を作る会社と、それをサポートしてる大学教授たち。未だに変わっていないですが、これはおかしいですね。

生命体科学と非生命体科学に分けられる。非生命体科学は物性科学と素粒子・宇宙・地球科学とからなる。21世紀は生命を研究対象とするライフサイエンスが一番盛んで、これは明らかに物理、化学、それから数学を基礎として発展していく。

情報科学は少し無理してここに入れておりますが、社会の中では今一番影響力を持っております。これらが融合した上で新技術あるいは技術というものができて実用化、事業化して、新市場に繋がっていく。これはよく考えていただくと奥深い意味を含んでいて、これ

だけでも1時間のディスカッションができるようなものだと思っております。

### 科学・技術・社会の関係

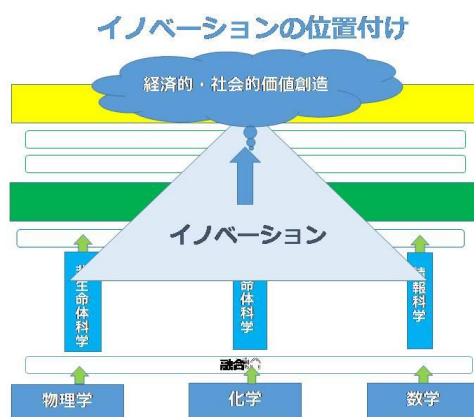


簡単に申しますと、科学が社会に何らかの貢献をして、社会から税金という形を経由して、研究助成してもらって研究ができるという仕組みになっている。社会貢献の第一が人間の知的好奇心を満足

させることであって、知的価値の創出である。知的好奇心というのは、人間が動物と違って持っている特権でございます。ペットも最近は好奇心を少し持つようですけども、ここが一番大事でして、社会が大学の研究にお金を出してくれるという第一の理由だと思うのですが、これを主張する人は非常に少ないですね。

なぜでしょうか。

皆さんが一般の社会の人たちに対して、こういう知的好奇心を満足させることをやっていないからなのです。専門家集団に対して論文だけ書いていますから。これは日本のアカデミアの非常に悪いところです。欧米ではサイエンティフィックライターが常に一般の社会の人たちに対して好奇心を満足させるような読み物をきれいな絵入りで易しく書いて、最新科学の普及をしています。これを日本ではあまりやっていない。実は私が二十数年前、東大の先生をやっているときに、最新技術を易しく解説して、全部グラフィックで一般の人向けに技術を普及する雑誌（スペクトラム）を作りました。丸善から出版して3年続きましたが、赤字を出しまして絶版になりました。今はそういうものはありません。しかし、科学技術に携わる人たちには重要なことです。文科省のWPIプログラムで研究を進めているの東大の村山斉先生は、難しい宇宙の話而易しく解説する本を出版したり、テレビにも出て最新科学の不住をやってくれました。これを怠ってはいけないですね。



もう一つの話題が先ほど言いました科学技術イノベーションです。科学技術イノベーションの定義は「科学的な知識を用いた経済的・社会的価値の創造」です。シュンペーターは「経済的な価値」とだけ言っていましたが、私が JST の CRDS (研究開発戦略センター) にいるときに「社会的な価値」も入れました。

簡単に言いますと、「経済的な価値」は、放っておいても私企業が取り上げてやってくれて金を儲ける。「社会的な価値」は、行政が取り上げて社会へ還元していくもので、これは例えば医療ですね。非常に高額な最新技術を用いた先進医療などは、経済的に採算が取れない。従って行政が、税金ですけれども、それで手当てして弱い者を助けていくという「社会的な価値」というのを私がお加えました。これが科学・技術・社会とイノベーションの関係を簡単に述べたものであります。

## <科学>

「科学」について話したいと思います。

# 科学 (Science)

(自然) 科学とは真理を究める学問

自然界で起こる事象・現象を論理的・体系的に説明する学問

科学の手法

- 1) 自然界で起こる事象・現象を観察し類似のものを集める
- 2) その集められた現象群を定性的に説明可能なモデル(仮説)を構築する
- 3) そのモデルを基に観測・実験を行い、定量的なモデルに発展させる
- 4) モデルを支配する原理(方程式)を見出し、定量的に説明可能であることを証明する(仮説検証)
- 5) その原理によって説明可能な事象・現象をさらに収集する
- 6) 収集された事象・現象群と原理が科学の一つの「パラダイム」を形成する

学問である。論理的であり体系的である、という、この2つが非常に大事です。

科学の手法を振り返って見てみますと、1) 自然界で起こる事象・現象を観察して類似なものを集めてください、というのがまず最初のプロセスです。2) その集められた現象群を定性的に説明できるモデルを構築しなさい。まず定性的なモデルを作る。3) そのモデルを基に観測、測定にあるいは実験に入ります。実験というのは自然のままではなくて、ある人工的な環境の下に現象を起こさせるということです。それを基にして定量的なモデルを構築してください。

次のステップが、これが一番難しいんですけども、4) そのモデルの中で現象を支配する原理(方程式)を導いてください。定量的に説明可能であることを証明します。仮説検証型の研究ですね。5) その原理によって説明可能な事象・現象をさらに収集して、一つの集団をつくります。6) その収集された事象・現象群と原理が科学の一つの「パラダイム」を形成する。これがトーマス・クーンというパラダイム論であります。このように「科学」を定義をしたい。

超電導体フィーバーはどこに行ったのか

## 科学 (Science) (2)

- 上記のモデルでは説明不可能な事象・現象に出会った場合は、それらの事象・現象で同じことを繰り返し、新モデルが構築できれば、新たなパラダイムが生まれる
- 両者のパラダイムは共存する
- 例) 古典力学と量子力学、このような繰り返しで物理学は発展した
- 科学の基本は普遍的な原理とそれで説明可能な事象・現象群を持つこと
- このように定義された「科学」は社会科学、人文科学には当てはまらない
- 人文・社会科学においては普遍的な(証明された)原理は存在しない
- 過去の「偉い人」の「説」が原理に相当し、パラダイムは「学派(スクール)」に代表される

「科学」を定義するのは非常にチャレンジングでして、『広辞苑』やその他にも曖昧なことを書いてありますけれども、「自然科学」を私流に定義してみます。

「自然科学とは、自然界における真理を究める学問である」

あんまり意味を成さないフレーズですね。自然界で起こる事象・現象を論理的・体系的に説明する

この定義は物理学で極めてはっきりと理解できます。ニュートン力学がいい例です。ニュートン力学で説明可能な事象群は、一つのパラダイムをつくる。その根底は万有引力の法則です。そこから外れたもの、例えば水素ガスの発光スペクトルというのは説明できません。そこから外れた事象群を集めて、説明可能なモデルを構成し、新たな量子力学が生まれました。

モデルを構築してそれを定量化して新しいパラダイムをつくります。二つのパラダイムは共存する。これがサイエンスの手法としての基本だと思うのです。皆さん方は毎日やっている研究から、そう思っていますか。自分のやっている小さいところだけ見て、「これをやった。論文が書けた」と言って喜んでいませんか。隣がどうなっているか、あまり見ていないのではないのでしょうか。全体を俯瞰的に見なければいけません。

これが非常によくわかるのは超伝導です。

随分前に超伝導体がフィーバーになりました。14年ぐらい前でしょうか、高温超伝導が見つかったということで、IBMのチューリッヒ研究所の人たちが、今まではメタルで低温の数度Kでしか見えなかった超伝導現象を銅の酸化物で見つけて、今ではもう140度Kぐらいまでいっているんですか。すごいフィーバーになりましたね。少し前には鉄の化合物もできました。細野秀雄先生ですが、日本国際賞を受賞されました。

金属超伝導のときはBCS理論というのがありまして、一つのパラダイムをつくっていましたが、ただ、高温超伝導になった銅の酸化物の理論は、大体のことはわかっているけれども合意がまだ得られていない。超伝導のパラダイムがまだ完結していないのにもかかわらず、研究をやる人が非常に少なくなった。特に理論は、今、ほとんどやっていないですね。パラダイムが完成していないから研究の余地は随分あるはずですが、ところが、高温の超伝導は新技術ができる、使えるということでフィーバーになった。しかし、今は下火になってしまって、実用化のものは、超伝導体の線を使った送電とか少しはできていますが、事業化までにはなかなか至っていない。ですから、ここに応用、実用化、事業化という3段階があるということが超伝導体を見るとすごくよくわかります。

超伝導のもう一つは、ジョセフソンジャンクションです。ご存じないかもしれませんが、ジョセフソン接合を使って非常に高速のコンピュータを作ろうという動きがありました。私がちょうどIBMに行っていた1970年は、ワトソン研究所がその真っ最中でした。何年かたって、私がまだいるときですが、ある日突然研究所に誰もいなくなったんです。どうしたかということ、ジョセフソンジャンクションのコンピュータ開発を続けるか、やめるかという議論をするために、ひそかに関係者が一堂に集まったのです。結論は、やめました。

科学の基本は、普遍的な原理とその説明可能な事象・現象群を持つことです。これが一つのパラダイムをつくっていく。皆さんが研究をするときにも、こう言う考えがないと完璧な研究はできません。皆さんのいろいろなプロポーザルを見てると、「こいつはどうか？」というのが通っていますけどね。(笑)

こうやってみると、科学が大変面白くなる。特に科学の手法1)の「類似の事象を集めなさい」というのはまさにダーウィンですね。ダーウィンの進化論は、様々なフィンチの形態の観測から見つけたといわれていますが、21世紀の科学でも同じことが言えると思います。このように定義された「(自然)科学」は社会科学や人文科学には当てはまらない。社会科学や人文科学には普遍的な原理はないでしょうね。その代わりあるのは「偉い人」の「説」。マルクスや、ケインズとか、シュンペーターなどですが、それらはパラダイムでは

なくて学派(スクール)を形成するというのが私の理論であります。

### 情報科学は「科学」か？

上記の「科学」の定義は非生命体科学・生命体科学の両方に当てはまりますが、情報科学はどうでしょうか。

シャノン、チューリング、ノイマン、ウィーナーなどに代表されるように、情報科学の基礎は数学です。私は物理学、化学、数学を「科学」のベースに入れていますので、確かに「情報科学」という一つのジャンル、パラダイムはあります。ところが、猪瀬博先生という偉い先生がおりまして、私の大先輩ですが、情報学研究所を設立されました。彼はあえて「情報科学」と言わなかったんですね。それはなぜかというと、情報学に社会科学、人文科学を彼は入れたかった。要するに情報科学が対象とする、あるいは情報技術が対象とする対象物として社会科学、人文科学、歴史、そういうものを入れたくて、彼は「情報学」とあえて言ったのです。これは非常に面白い。

たぶん、情報の科学的研究というものがあると思うのです。シャノン、チューリング、ウィーナーなどは情報の数学的研究と言ってもいいかもしれませんが、情報科学というのは実はちょっと違った意味合いの、今までの自然科学の発展とは違った、もっと広いものを含んでいるとも思われます。

### ブタペスト宣言 (1999)

#### ブタペスト宣言 (1999年)

- ・知識のための科学 (進歩のための科学)
  - ・ 公的部門と民間部門が補完的に科学の支援を行う
- ・平和のための科学
  - ・ 科学の民主的思考による紛争解決への寄与
- ・開発のための科学
  - ・ 途上国開発ための環境・経済・社会・文化支援
- ・社会のための科学と科学のための社会
  - ・ 科学知識の利用、倫理問題への対処、科学への平等なアクセス

これまで科学のための科学、学問のための学問という学問至上主義、科学至上主義が世界中でアクセプトされてきました。それが1999年のユネスコと国際科学会議の共催により行われたブダペスト会議によって、「Science for ~」というのを出しました。それは何かというと「知識のための科学(進歩のための科学)」、科学を進歩させるために科学研究を行うのだ、したがって公的な部門と

民間部門が支援すべきである、ということです。もう一つ、「平和のための科学」というのを出した。これは、私はあまりよくわからないのですが、科学者会議の方たちの中にはイデオロジストがいますから、昔から言われているような平和のための科学と。「科学の民主的思考による紛争解決への寄与」と書いてありますが、よくわかりません。大昔の科学技術会議はこういうことを言っていました。

「開発のための科学」、途上国開発のための環境・経済・社会・文化に科学を使いなさい



ということですね。

「社会のための科学と科学のための社会」。これにはいろいろなことを含んでおりまして、私が「科学と技術と社会」の関係を言っているのと同じような問題です。倫理問題にもあとで触れたいと思いますが、科学への平等なアクセスということをおっしゃっています。

これが世界で認識されている科学、何々のための科学ということなんです。

## SDGs Goals



## SDGs Goals

最近言われている SDGs という、Sustainable Development Goals の中で、17 項目をあげています。★は私が付けたのですが、これは科学技術に関係したものが 11 個あります。国連で科学技術を使ってこういう世界的な問題を解決していこうということです。

## <科学研究>

科学に関する定義のようなものを私なりにしましたが、今度は「科学研究」ということで、もう少し皆さんに身近な話をいたします。

科学研究は、先に述べた科学の手法というプロセスを踏むべきです。観察による類似事象・現象を収集し、それを説明する定性的なモデルを構築してください。定性的なモデルから定量的なモデルへの変化。そこで実験が必要なのですね。実験をやりながら原理（基本方程式）を導いて、それが正しいことを証明してパラダイムを形成してください。

皆さんからいただいた研究プロポーザルでこういう構成を持っているのは、多分、皆無でしょうね。たぶん、こんなことを意識して研究したことがないと思うのですが、これが科学研究の基本的な手段です。

## 科学研究（続）

- 科学研究は“Curiosity driven”である
- 体系化されたDisciplineのなかで未知の部分に照準を合わせ、自らの好奇心によって導かれて、研究テーマを発掘する
- 研究する課題を“Problem Statement”として、一行で記述する
- 問題が解けたらその研究は完了し、次のステップへ移る
- 得られた知見が社会に対してどれだけのインパクトがあるかを吟味し、社会に発信する (So what?)

得られる新たな知見が、経済的効果を生み出すのか、社会に対して警告を発するのか、人々の好奇心を満たし幸福感を与える（知的価値創造）のかは研究開始時点から重要になる

もう少し具体的に言いますと、科学研究はCuriosity Drivenです。Blue Sky Research とイギリスでは言われてましたね。「言われていた」というのは、サッチャーの時代からブルースカイではなくしたからですけども、Curiosity、自らの好奇心によって導かれ、それを好奇心によって解決して、そういう好奇心を持った人たちに広め

ていくというのが科学の本質です。

それにはどうするかというと、体系化された Discipline の中で未知の部分に照準を合わせ、自らの好奇心によって導かれて研究テーマを発掘する。非常に重要なのは体系化された Discipline ですが、Discipline というのは一つの学問分野、広くても狭くても、体系化されたものを全部知らない、どこにミッシングリンクがあるかわからない。自分の疑問と思った研究課題を Problem Statement (問題提起) として提出してください。問題提起を 1 行で表してください。問題が解けたら次のステップへ行ってください。問題が解けたら、研究結果が出たということで、それは一応、成功ですね。そうしたら、得られた知見が社会に対してどれだけのインパクトがあるかを吟味し、社会に発信してください。しかし、大部分はこの部分がない。

これをやって、こういう面白いのを見つけた、じゃあ、どうなの？ 私は「So What?」と聞くのです。だから何なのよ。世の中、変わりますか。得られた新たな知見が経済的な効果を生み出すのか、社会に対して警告を発するのか、人々の好奇心を満たして幸福感を与えるか、これを研究する前から考えてください、と。これが科学研究の基本の体系です。

Problem Statement をどうとるかというのが非常に大事ですし、ここにいくら時間をかけても、かけ過ぎということはありません。例えば、食と腸内フローラと健康の関係について、どういうものを食べると腸内フローラがこういうふうになって、人間はこれだけ元気になりますか、ということ明らかにするという科学研究の Problem Statement があったとします。非常に大きなテーマで、これを一人で研究することはできません。どうするかというと、それをブレイクダウンしていきます、横に広げ、深く掘り下げるとツリー構造ができます。そういう全体像をつかった上で、自分はここを研究して、ここに行くんだと。次はここをステップアップする、それに成功したら、次にはここにステップアップするとやって、最後に自分の問題提起の解決にたどり着く。こういう研究計画を立ててほしい。そういう研究計画をプロポーザルに書いて出せば、どこの申請でもアクセプトされます。私が現役のときに、科研費はほとんど失敗したことはありません。

こういう書き方をしたことがありますか、皆さん。

前にお座りの先生方には失礼だから聞きませんが (笑)、後ろのまだ現役の方、こういう意識でもって Problem Statement、「私はこれからこういう問題を解きます」というのを 1 行で書いたことありますか？長い 1 行でもいいですが、1 行で書く。そうしますと審査員が見て、これが面白いのか、面白くないのかというのがすぐわかります。だから私の作った (財団の) 申請書の形式には、「最初に Problem Statement を書いてください」ということになっているでしょう。2 年後、どういう成果をあなたは上げますかというのが Problem Statement です。それが面白ければ、審査員に次を読んでもらえます。

私も、若い頃から科研費の審査などをたくさんやりました。ほとんどの申請書は最後まで行きません、途中で投げます。一巻の終わり。(笑) 私は若い頃、一般研究 A という、

当時一番大きな科研費申請書を書きました。一発で通しました。「この申請書を、例えば5分かけて読んでくれる先生は、この太字のところだけを読んでください。そんなことは書きませんが、重要な部分は太字で書くんです。太字の所を審査員に読んでもらって、面白いとどんどん中へ入っていってくれますからね。ルーブル博物館もそうでしょう。「1時間で観たい人はこの線をたどってください」「1日だったらこちらです」と書いてあるでしょう。あれと同じことを申請書に書いてください。

キヤノン財団の申請書も審査の先生方に100件以上読んでもらっています。だから、書き方が悪いとみんなポン、です。今は階段で扇風機で吹くというのはやらないと思いますけど(笑)、そういうことができるのはまさにこの構造を持っているからなんです。ぜひ一度やってみてください。それで、非常に重要なのは、自分がどのフェーズにいるかの自覚です。

## 科学研究における重要度

### 科学研究における重要度

- 科学研究で最も重要なのは「最初」  
二番手は評価されない  
銅鉄主義は不可  
ノーベル賞の評価基準
- 新たなパラダイムを開拓する
- 既存のパラダイムの範疇を拡大する
- その分野の体系を完成させる
- 波及効果として、新技術の創生とイノベーションのトリガー

ミでやってみる。しかし、サイエンスはだめです。

ノーベル賞の評価基準もそうでしょう。最初の人がもらえる。島津製作所の田中耕一さんは有名ではなかったけれども、やはりノーベル財団はすごいですよ。すべてたどって、本当のオリジナルの人を見つけた。

特に科学研究の重要度において、さっきも言ったように新しいパラダイムを開拓するというのが一番の魅力ですね。山中伸弥先生の発見は半分技術だと思うのですが、まさにパラダイムを開いたわけでしょう。既存のパラダイムの範疇を拡大する、これは時々あります。例えば高温超伝導体、これもそうかもしれないし、パラダイムシフトするかもしれない。まだわかっていませんが、今のところはパラダイムの拡大ですね。

それからもう一つ、特に大学の先生にお願いしたいのは、その分野の体系を完成させる、ことです。体系化の研究をする先生は、日本にはほとんどおられない。イギリスなどにはいます。体系化することは「科学」という学問の中で大変重要でして、体系化するからこ

次に、科学研究における重要度の話をいたします。

科学研究で最も重要なのは「最初」です。2番手はだめです。

「銅鉄主義は不可」と書いてあります。“銅鉄主義”という言葉を知ることがありますか。私の記憶によると伏見康治先生が言っておられたので、若い頃覚えました。

技術はいいのです。銅でやってみる、アル

そ伝達ができるのです。“時空間における伝達”という言葉は僕は使いますが、後世の人にちゃんと残して教えてあげられるということと、空間的にも伝達できる。これが体系化ですが、体系化の研究をぜひやって、その結果を教科書へ書くと、すごく良い教科書ができます。

教科書を書く先生方が皆さんの中にもいらっしゃると思いますが、横文字の本を 4~5 冊持ってきて横に置いて、ここはこれ、ここはこれってやっていませんか？ 当然、やってないですよ、皆さんは（笑）。オリジナルの教科書を書くのは、ものすごく大変です。私は 1 冊だけ書きました。ある先生が使ってくれて、「これは普通の教科書と違う」と言ってもらいましたが、あんまり売れませんでした。これは余談です。

先ほど言いましたように、学問は体系化されないといけませんから、体系化したときにどこが欠けているかというのをわからなくてはいけません。若い先生は、当然、その学問の全部の体系を知らないですから、スーパーバイザーがいるわけです。そういう先生方や、あるいは他の先生から学んで、学術の体系となるべきもののどこを研究しているかということ意識していただきたい。

その上で、波及効果として、科学研究は新技術の創生とかイノベーションのトリガーとなります。

## 研究テーマの選び方

### 研究テーマの選び方

- 自分が好奇心を抱ける科学（学術）分野の体系の中で、“missing link”に照準を合わせ、それを自分の興味を引く「問題」として記述する（Problem Statement）
- その問題が解けた時、その学術分野にどれだけ大きなインパクトを与えることが出来るかを考える
- その学術のコミュニティを離れて、得られた科学的知識・知見がどれだけ一般人の好奇心を満たすかを考える
- その知識・知見から新しい技術・産業が生まれうるかを考察する
- これらのインパクトが大きいものほど研究価値が高い

前へ進む。

これが、財団の申請書にある「マイルストーン」なのです。「マイルストーン」ということをほとんどの人が理解していなかったですね。例えば腸内細菌と食と健康の問題を明らかにして、こういうものを食べると健康になりますよ、ということ言いたいというのはものすごく高いレベルですね。そこに行くには、まずこれをやって、次にこれをやってという研究計画を立てるわけです。もちろん横の広がりもあります。

その一つ一つの締めになるものをマイルストーンと呼んで、いついつまでにこれをやる、

今までいろいろ述べてきましたが、研究テーマの選び方で大事なことは自分の好奇心を抱ける学術分野で、missing link を探してくださいということです。その体系の中でどこが欠けているかということで、自分の問題を Problem Statement として 1 行で書いてほしい。それが解けたら、それは一つの研究の完成です。次のステップも同じことを繰り返す。そして

これをやったら次はこれをやる、ということでステップアップするような研究計画をぜひ立ててください。私がキヤノンの本社のR&D本部長をやっていたときには、これをみんなに植え付けて、それを全部コンピュータに入れまして、管理するというシステムを作りました。私も大学ではこんなことをやらなかったです。企業に入って、これをやらなくてはいけないというのがわかりました。それを皆さんに申し上げておきたいと思います。

やはり一般人の好奇心というところまで行かないとだめでして、こういうインパクトが高い、“So What”が高いものほど、あるいは学術の体系にどれだけのインパクトを与えたのかということが非常に価値が高い。ですから自分の興味もそこに照準を合わせると、世の中でもてはやされる（笑）。そんな必要は、ないですけどね。

「正しいテーマ設定のために」ということで、繰り返しになりますけれども、その分野の学術体系を知り尽くしているスーパーバイザーの必要性。専門分野以外の知識をある一定の範囲で持っていないと、自分の置かれた立場もわからないし、その価値もわからなくなります。そして、今、社会が科学技術に何を要求しているかを知ること、最後に知性・教養・良識を持つことです。難しいですね。

## 研究成果の評価

研究成果の評価について述べますと、「論文数、引用件数での評価は良くない」というのが私の強い意見でして、文科省の委員会でも常に言っています。論文数何件、サイテーションインデックス何本、それにH-indexという、変なものもあるのですね。商業主義に毒されている。科学の分野の評価はピアレビューが基本です。これはアカデミアで100年以上かけて試行錯誤の末、確立した手法です。

ピアレビューとは何か。

研究者が自分の研究成果を文章で、ナラティブに記述してください。自分は未知の部分の中で、これこれを明らかにし、ここをちゃんとした学術として体系に組み込んだということを、自らが言う。そのときに、これが今までの学術体系にどれだけのインパクトを与えて、新しいパラダイムシフトを起こしたか。新しい問題を投げかけて、新しい理論がそこに入ってきて、一つの学問体系をつくるようになったとか、そういうインパクトを述べる。

それから“So What?”ですね。一般の人たちにどれだけの影響を与えるか、社会に対してどれだけの経済的な効果、社会的な効果、知的な効果をもたらすか、ということを書く。そういう記述に対して専門家と、その分野の専門家ではない一定の科学者、知識人が集まって議論をする、これがピアレビューなのです。

よく日本のマスコミが「ピアレビューは仲間内が集まって、お互いにいい加減な評価しているからけしからん」というのは、まったくの無知が言うことでして、学問というのはやはり常識を外れた分野なのです。常識を外れた分野の成果を常識人が評価することは不可能である、ということがかつての大家が言ったのですが、それは正しい。そして、そこ

からスピルオーバーしてきたアウトカムというのは、外の人たちや一般の人たちに向かって言わないといけない。これが研究成果の正しい評価法だということを私は信念として持っていました。理研の会議でもそういうことを言いましたけれども、誰も反応しなかった。新しい研究成果の評価法を理研こそ確立できるはずなのですから、そういうことをやってくれない。ぜひ、皆さん、これを覚えておいてください。

## 研究の倫理

もう一つ非常に重要なことは、研究の倫理です。研究の倫理は科学と社会との関連が深まれば一層大事になります。20世紀は Physical Science and Engineering の世紀で、イノベーションをメインに経済・社会に大いに貢献してきました。21世紀は、Life Science and Bio-technology の世紀です。その中での研究倫理のあるべき姿は、20世紀と21世紀では、随分違って来るだろうと思います。この問題について、私自身は考え方を持っていますが、きょうは私の意見は述べませんで、みなさんに投げかけておきます。

## 科学の「寿命」

もう一つ、「科学に寿命があるか？」というチャレンジングなテーマを提出します。科学に終焉があるかどうか。“科学の終焉”という言葉が時々出てきますね。

私の意見は、「Physical Science の研究はおおかた終了した。20世紀は Physical Science & Innovation の時代であった。」ここにも Physical Science 研究者がいらっしゃると思いますが、体系の中で見ると重箱の隅をつついてる。その人はそこだけ見ているから非常に大きなテーマと思うだろうけれども、全体像を見たときに、やはり Physical Science and Engineering というのは非常に小さくなって、現に NSF(全米科学財団)でもそのファンドは減っていますね。

やっぱりこれからは Life Science です。未知のものも多くあります。Life Science と Physical Science というのは手法としては同じですからつながっていますが、これからは Life Science と IT の時代である。これが私の考え方です。

## 良き研究者とは

### 良き研究者とは

- 優れた研究能力と実績を持つこと
  - 正しいテーマの設定、研究の進めかた、成果の取りまとめと公表
- 教育においても優れた資質を持つこと
- 一般的な事柄についても正しい判断能力を持つこと
- そのために、現代に必要な知性と教養を持つこと
  - 科学技術が齎した物質・情報文明的な世界観
  - 民族・宗教間の闘争を理解できる歴史観
  - 遺伝子操作などに関係する生命倫理・死生観
  - 自然の中における自然と人間、人間と人間との関係性に関する世界観
  - 考える力と上記事項に関する価値観
- 美を愛でる感性を持つこと

良き研究者とは優れた研究能力と実績を持つこと、これは当たり前ですね。正しいテーマの設定、研究の進め方、成果の取りまとめと公表の仕方において優れていること。これだけでは良い研究者ではありません。これでは研究の専門職、専門ばかと言われるものになってしまう。

そうならないためには、教育においても優れた資質を持つこと。きょうは大学の先生がメインですからそう言います。アメリカのテニユアトラック制度でテニユアの推薦には、必ず教育能力を聞きます。日本は聞かないですね。私もアメリカの大学に頼まれて、推薦状を随分書きましたけど、教育能力については、正直、わからないという答えが多かったです。

一般的な事柄についても正しい判断能力を持つ。判断能力が正しくないといけない。そのためには、現代に必要な知性と教養を持つこと。反トランプにならなくてははいけません。私、前に現代の知性・教養とは何かという研究会を主宰していましたが、これは科学技術がもたらした物質・情報文明的な世界観。そして、日本人がわからないのが民族・宗教間の闘争です。戦争というのは、究極的には民族・宗教間の闘争が非常に残っています。イデオロギー闘争が終わった途端にこれが出てきましたね。それを理解する歴史観というのが必要です。私自身は持ち合わせていません。他宗教・他民族の争いという、あれほどのひどいものを世界にもたらしてしまう。

もう一つは、ちょっと変わって、Life Science、遺伝子操作です。最近では遺伝子編集ですか、そういうものの中でクローンを作ったり品種改良したりする。自然を変えていくという生命倫理・死生観というものがなくてははいけません。

それから、これも非常に変わった言い回しを私はしますが、「自然の中における自然と人間、人間と人間の関係性に関する世界観」というもので、これは環境学など人文社会科学を含んだものを私は言っています。

それから、考える力。これまで述べてきたものに対する価値観を持ち合わせないと、いい研究者とは言えない。この5項目が現代の教養です。

もう一つ余分なことを言うと、美を愛でる感性を持つことです。私はオペラが大好きですが、美を愛でる感性というのは研究者として非常に重要です。アインシュタインはモーツァルトの専門家、モーツァルトの楽曲に対して非常に専門的な、私なんかとてもできないようなコメントをしています。「良き研究者とは」、これを覚えておいてください。これを申請書に書いてもらうかもしれませんから（笑）。

### <技術と技術開発>

人間の生活を便利に豊かにし、経済的な効果と社会的な効果をもたらすものを“技”と呼びますが、私はそのうちの“技能”と“技術”を区別しています。“技能”というのは経験による技。よく例にあがるのは宮大工ですね。ニュートン力学を知らなくても立派な神社ができる。それをサイエンスによって裏打ちする、あるいは発展させたものを“技術”と呼びます。

日本には技能を持つ熟練工がいてすごいと自慢していますが、今や世界中がコンピュータによって追い付いてきますし、情報技術によってこれが技術化されていく。日本も技術化していかないと、グローバルにはやっていけないと思います。

## 技術開発

- 技術は役に立つ事が必須、実用されない技術開発は徒労で無意味  
    応用、実用化と事業化
- 研究開発の二つの手法  
    “Forward-looking”と“Back-casting”
- システム技術開発のV字モデル、W字モデル
- ソフト開発のWaterfallモデルとAgileモデル

技術開発における重要度は、科学の重要度とは違います。技術は役に立つことが必須であり、役に立たない技術は無意味。

したがって、応用、実用化と事業化の三つのプロセスは非常に大事です。応用しても誰も使ってくれないものはたくさんあるわけです。実用化すれば、そこそこ使われますけれども社会に対するインパクトは比較的少ない。イノベー

ション、事業化をすると源流の科学研究も役に立ったと言って評価される。ノーベル賞も明らかにそうですね。ノーベル賞で、私のいたテキサス・インスツルメンツのジャック・キルビーがICの発明をしました。彼は論文を書かないで特許を取って、ノーベル賞をもらった。あまりにもインパクトが強かったからです。

研究開発には、“Forward-looking”と“Back-casting”という2つの手法があります。“Forward-looking”は、リニアモデルに近いですね。ルーズベルト大統領が戦争が終わる頃、ヴァニーヴァー・ブッシュに「戦争時に発展した基礎科学を平和時にも維持するにはどうしたらいいか」と諮問しました。1941年、日本が負けるちょっと前です。「政府は基礎研究をやりなさい。応用は自然に企業がやってくれるから要りません。そこにリニアのモデルでスムーズに応用につながっていく」というレポートを出して、National Science Foundation (NSF) をつくったのです。ですから、NSFは基礎科学ばかり応援して、応用研究をほとんど応援していない。それはヴァニーヴァー・ブッシュの非常に強い精神があったからです。

ところが、1970年代くらいでしょうか、議会で「基礎研究に政府が金を出しているけれども、ちっともアメリカの技術は高くないじゃないか、経済が良くならないじゃないか」という議論がアメリカの議会で起こった。それで、基礎研究と新技術創出の間に「死の谷、(death of valley)」があると云ったのです。それを最初に誰が言ったか？ネットで調べてもなかなか出てこない。今は非常にしばしば使われていますが、そのオリジナルの意味が相当ゆがめられていますね。

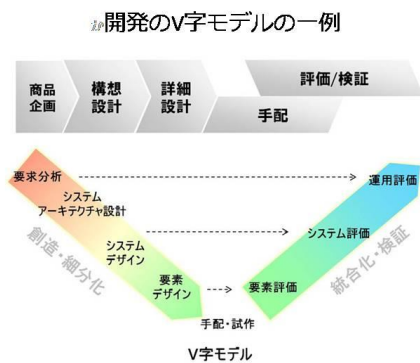
Forward-looking でやっている研究から使い物になる新技術はなかなか出てこない。それで技術開発では、ゴールを設定して、そこから後ろに戻って考えて、今何をやるべきかを決める。いわゆる“Back-casting”で開発しないといけない。サイエンスから技術を創出しようとする人は、どうしてもForward-lookingです。けれども、そういう場合はほとんど使いものにならない技術しか創出できない。実用になるものを作りたければ、こうい



うものを作りたい、そこからどういうふうにしたらいいかということ、後ろむきに考えて開発プロセスを考案する。これがシステム技術開発のV字モデルです。

NASAが『システムエンジニアリングハンドブック』というすごい本を出しています。最初のモディファイケーションW字型、これはソフトウェアのほうですね。ソフトはWaterfallモデルとAgileモデルとありますが、ここに出したのがその一つです。

### 開発のV字モデルの一例



技術開発は商品企画が最初にあつて、構想設計、詳細設計で部品を集めて、それから手配をして、組み立てて、そして最後に評価・検証するという、このV字モデルです。ですから要求分析をして、システムアーキテクチャ設計を作ってシステムデザインして、要素技術にして、要素を評価して組み立てるのですが、組み立てながらシステムの評価を同時にやっ

ていくというものです。だから、最後までいって全部評価するのではなく、この下の段階ですべてを動かして、最後に組み立てれば早くできる、という、これはV字型です。こうしたものでなければ、システム開発はほとんど実用にならないのです。このV字モデルというのが非常に大事になってまいります。

### 技術開発の評価

先ほどの科学研究の評価と同じように言いますと、非常にドライでシンプルですけれども、実用化されて実際に使われているか、ということで技術の評価はなされる。いくらいアイデアでも使われなければ意味がない。

それがどのくらいの重要なインパクトがあったかというのもすごく功利的、プラグマティズムですけれども、どれだけの経済的な貢献をしたかということで計られるわけですね。

一会社の一つの課の業績を支えているというのは、一番小さな部分です。だけど、どこかの会社がそれでうまくいくと隣の会社がやり始める。どこまで広がるか、ですね。一番すごいのは、社会全体が変わった、というものです。これは本当の意味でのイノベーションです。

これもすごく面白いのですが、特許というのは囲い込みですから、広がらないです。しかし、広がったらイノベーションは大きいですし、経済効果も大きいです。有名な例がCDです。フィリップスとソニーがCDのフォーマットを作ったとき、それを特許とせずに開放

した。だから、急速に普及した。特許というのは、最初に作った人の利益を守りますが、逆に普及を妨げる。ですから、今は標準化をやるわけです。標準化してワッと広げて、そして別のところで儲ける、こういうモデルですね。Google の Android なんて、みんなに使わせているじゃないですか。だけど、あそこはものすごく儲かっていますね。これがイノベーションになります。

もう一つは、どれだけの社会貢献をしたかということです。こういうもので技術開発は評価されます。

## 情報技術

情報技術の分野を今のような考え方で少し考えてみます。

情報は科学ではないかもしれませんが。初期の情報科学というのがありますけれども、21世紀、最も重要な技術が情報技術です。これは科学・技術・イノベーション、つまりビジネスと基礎研究との最も距離に近い分野だと私は思っております。情報技術の基礎研究なんてあり得ないと私は思っていて、検索エンジンなんていうのは非常にいい例です。検索エンジンはYahoo!から始まって、今、Google が強いですね。検索エンジンを持ったらすごく強いわけです。日本でも一生懸命やっていますけれども、後からやったものはなかなか追いつかない。

それから OS です。Apple が強いのは OS を持っているからです。OS は基礎研究ですか、というと、どっちでしょうか。最初、Windows のもとになったのは基礎研究でした。

ビジネスと研究開発の一体化というのは、Google とか、あの辺のものです。中央研究所で IT の技術開発したのは全然使い物にならない。しかも情報技術は既存価値を破壊する最も大きな力を持っています。Tesla をご存じですか。電気自動車の会社ですが、今は赤字ですが、一時 GM よりも企業価値が大きくなりました。

## 科学と技術、理学と工学

科学と技術、理学と工学。これは今まで言ったことの繰り返しになりますけれども、私の言いたいのは科学と技術は同じドメインでマイグレーションします。ただし、理学と工学は交わらない直行軸にある。

“Technology depends on Science”、科学から技術が生まれるということを言いましたけど、今は、“Science depends on Technology” なのです。重力波の発見なんていい例でしょう。カミオカンデもそうでしょう。すごく面白いのは 100 年前に提出されたサイエンスの理論が、技術の発達によって 100 年後に証明されるという、宇宙物理のスケールです。

「理学と工学は交わらない直交軸」というのを応用物理学会の巻頭言に昔書いたら、偉い先生から電話がかかってきて「けしからん」と叱られました。応用物理学会の何とか先生は、昼間に理学をやって、夜は工学をやったと。「おまえはけしからんことを言う。冒瀆だ」と怒られまして、「ぜひ応用物理学会で論争しましょう」と言ったのですが、できませ

んでした。

なぜ「理学と工学は交わらない直交軸」かという、価値観が違います。理学というのはやはり真理を探究する。Curiosity Driven で真理を探究して「こんなに面白いことをやって科学を進歩させたい」という人と、「この技術を開発して市場に投入して金儲けをやる」と思う人と、そもそも価値観が違うでしょう。

皆さん、どちらですか。工学、理学？

若いころは理学で、年を取ってから工学というのが一番いいですよ、私みたいに(笑)。

## <イノベーション>

“イノベーション・マントラ”という言葉があります。まさにすべて“イノベーション”という言葉をつけると、なんかいいことが起こるといふ風潮ですが、私は元祖シュンペーターの「創造的破壊と経済発展の原動力」を“イノベーション”と呼んで、あとはイノベーションとは言いません。

技術革新をイノベーションと訳したのが間違いでして、1958年の『経済白書』に書いてあります。「技術革新(イノベーション)」と片仮名で書いたのです。これは間違いですね。イノベーションとは、「新(科学的)知識、新技術、新着想から新しい財(製品やサービス)を創造し、売り上げと利益を上げて、新たな市場を開拓し、経済成長もたらすすべてのプロセス」です。

## 真の科学技術イノベーション

**「新(科学的)知識、新技術、新着想から新しい財(製品やサービス)を創造し、売上と利益を上げて、新たな市場を開拓し、経済成長を齎すすべてのプロセス」**

**経済の均衡状態を破り、経済発展の原動力  
(シュムペーター)**

- **創造的破壊を伴う**
- **長期間かかり、複数のステークホルダーが関与**
- **イノベーションからの受益者も変化する**
- **イノベーションを国の政策として行うには、イノベーションを起こすための「場」の設定が重要**
- **イノベーション政策は新たな科学的知見の創造(基礎研究)から、自由な市場の創造まで多岐に及ぶ**

とと、長期間かかって複数のステークホルダーが関与し、イノベーションからの受益者もどんどん変化する。最初にイノベーションを起こした人が経済的に利益を得るとは限らない。イノベーションを起こすための「場」の設定が政策としても必要であります。

液晶ディスプレイがイノベーションのすごくいい例なのです。JST のとき私どもが研究したのですが、19世紀の後半に Friedrich Reinitzer というオーストリアの植物学者が液晶状態を見つけました。その液晶状態で光のスイッチに使えるということを言い出したのが George Harry Heilmeyer という人で、1950年代ですが、RCA のラボにいました。それに

大方のアメリカ人の経営者の語録を集めるとこういうことです。経済の均衡状態、一般均衡、つまりケインズ流の、すべての利益が同じになってこれ以上発展しなくなるのをブレイクスルーするのは、もう一段、上の価値を見出すものである、というので、経済発展の原動力。これは非常に正しいと思います。

そして、創造的な破壊を伴うこ

いち早く気が付いて、研究者・技術者を送り出して、最初のディスプレイを作ったのはどこだと思いますか？

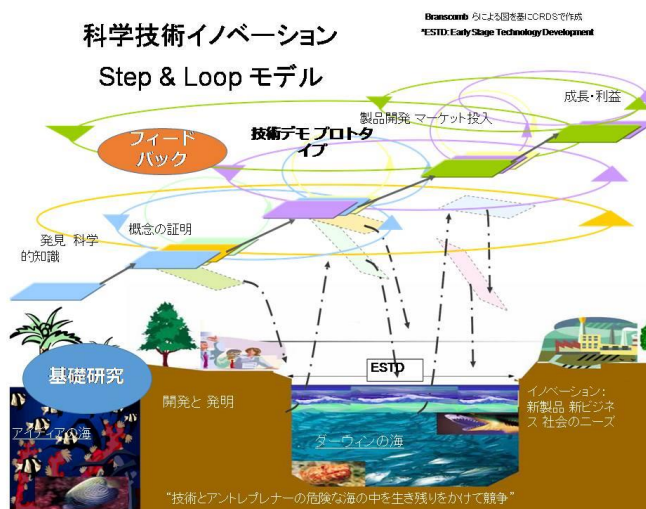
これは皆さん、よく知っているでしょう。

あらま、かわいそうに。シャープですよ。今は変わってしまったシャープ。はじめは色が付かないから白黒テレビしかできないと言っていたのですが、カラーテレビができていくから作れるのですね。カラーフィルタを使えばいいのです。明るくして、小さくして、線を細くして、ものすごく高精度でしょう。それが、今は有機 EL に取って代わられている。今の液晶ディスプレイで一番、金を儲けているところは韓国の LG とサムスン。作ったのはシャープ、その前は RCA、その前は植物額の研究者、これがイノベーションのすごくいい例です。

もう一つ、これは誰も言いませんが、アナログからデジタルへの変化というのがすごく大きなイノベーションです。これもいろいろな人が関与しています。

20 世紀は、非生命体の科学・技術が生み出した、物質科学を主体としたイノベーションです。経済価値はものすごく増えました。21 世紀のイノベーションは、テーラーメイド医療、再生医療や、食物生産、地球環境等々、生命体の科学技術と情報科学技術が担っています。

## 科学技術イノベーション Step&Loop モデル



イノベーションの Step & Loop モデルです。Lewis M. Branscomb の報告書を基に JST で作成したものです。

“ダーウィンの海”という言葉は Lewis M. Branscomb という人が言い出したことですが、これは死の谷に代わるものです。ここに「基礎研究」というのを入れたのが私です。基礎研究の sea of ideas という言葉を使

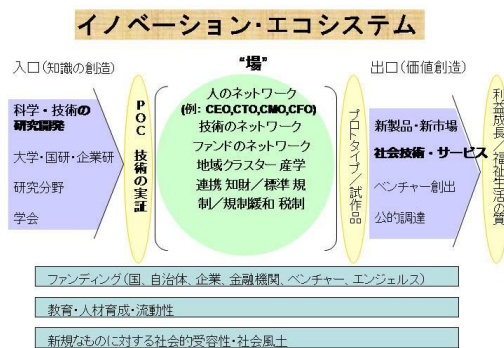
ったんですけど、いろいろなアイデアの海のものから、開発と発明、概念の証明、技術デモ、このフェーズで特許が生まれます。

ここでステップアップして、これはリニアモデルですが、「概念の証明」があって、「技術のデモ」や「プロトタイプ」があって、「市場への製品投入」があって、うまく市場で成長していくというのですけれども、この間に「ダーウィンの海」に落ちてしまうアイデアがたくさんあるのです。それぞれのステップ間でフィードバックループがあって、常にこの間を行き来してやっている。これはステップ&ループ (SL) モデルと、私は呼んだ

のですが、フィードバックが非常に大事だろうと。

非常に多くのものがここで死んだ。なぜ死んだかという、サメがいるからなんです。というのは何かというと、既存の製品があってそれに勝てない。この液晶ディスプレイはすごくいい例です。ブラウン管があって、それに性能的にも費用的にもなかなか勝てなかった。非常に長い年月をかけてそれを駆逐して、それで数十年間、非常に儲けた人たちがいる。

ここが市場ですけれども、やっとここに上がったという、これがそのイノベーションのループです。有機 EL は何度も失敗してここを行ったり来たりして、やっと最近上がってきて、この液晶を駆逐しようとしています。

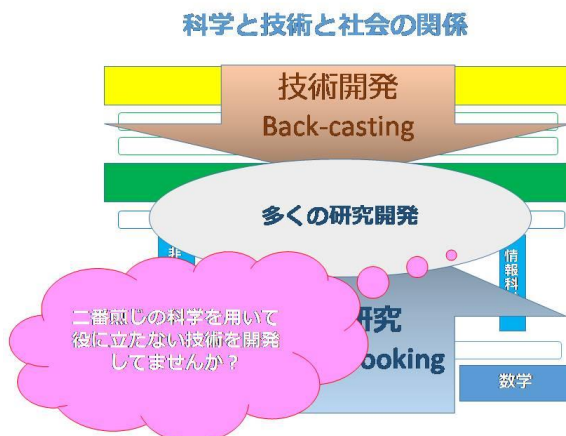


これが本当の意味でのイノベーションで、これをどんどん起こして行ってくださいということで、ここには「場」が必要だということを書いてあります。いろいろな人たちがそこにいなければいけない。

基礎研究からイノベーションまでということで、最近のイノベーションの一例として最も良いのが iPhone です。基礎研究は何かとい

うと、きっと Apple の持っていた OS がそうでしょう。今ある AI も最初は基礎研究です。いわゆるニューラルネットワークですね。個体物理学者のホップフィールドが最初にニューラルネットワークを作ったのですが、それが今、AI になっている。音声認識もそうです。私も TI のときにこの研究をたくさんやりましたが、モノにならなかったのでやめさせました。今できているのは全然違う手法です。

<まとめ>



やっとまとめに来ました。科学研究は Forward looking、技術開発は Back-casting です。

この間に多くの研究開発があります。ほとんどの人たちが、科学と技術の中間を今やっているわけです。本当のベーシックなサイエンスはゼロからの出発ですから、今の世の中本当にそ

ういうサイエンスのフェーズをやっている人はほとんどいない。ライフサイエンスの一部は多分そうかもしれませんが、新しい科学のパラダイムを作る。

これが私のまとめです。「二番煎じの科学を用いて役に立たない技術開発をしていませんか？」 私の反省を込めて言いますと、半導体の量子効果の研究の大部分がこれでした。非常に面白いものだから、日本やアメリカも、世界中で政府がお金を注ぎ込みました。なんの役に立ったの？ 量子井戸レーザーや量子ドットレーザーは使えるかもしれないし、高速のトランジスタもいつときありましたけれども、今、ほとんど残っていない。ものすごい無駄な金をそういう意味では注ぎ込んでいるのです。量子科学の研究はもちろんインパクトがありました。

もっとひどいのはあるグラスゴー大学の先生の研究テーマです。電子波を2つの道に分けて、通らせて、片方を遅らせてここで干渉させると1とゼロができるから論理回路に行変えるというのをテーマにした。私も修士の学生にシミュレーションをやらせました。やめてからよく考えたのですが、根本から間違っていた。ハイゼンベルグの「不確定性原理」を無視していた。数千個の電子がないと干渉効果は起こらないのです、モーメントで位置とは同時に決定できないんですから。そういうことを平気でやって、論文をたくさん書いている先生がグラスゴー大学にいて、僕も書きました。壮大な無駄があったわけですね。私自身の反省を込めてここで終わります。

ご清聴ありがとうございました。(拍手)