

[司会：高畑尚之]

講演1. 「核融合研究は「進歩主義の跡継ぎ」に貢献できるのか!？」

本島 修（核融合科学研究所長／自然科学研究副機構長）

[本 島] 今日私はトップバッターを仰せつかったわけでございます。今年の日本シリーズ、中日が昨日も勝って3勝1敗になりました。とにかく塁に出るということを心がけて話すのが私の役目ですから、直球でも変化球で何とか食らいついて1塁へ出るということを目的に、話をさせていただこうと思います。このフォーラムのテーマ「進歩主義の後継ぎはなにか」は私にとっても大変難しいテーマです。今日は、この最初のビュウグラフにあるとおり「その他」も入れて7つの項目について考えるところを述べたいと思います。これらの内容については、フォーラムへの参加のお誘いをいただいてから整理したことも考えたことも、もちろん普段思っておりますこともあります。こういう組み立てで述べさせていただきます。

まず進歩主義そのものは、これを肯定する、否定するという両方の立場がありますが、後継ぎという点では目的を一にした議論が可能だと思います。人間の精神、文明、歴史などの必然的な進化に、目的としても結果的にもつながるものであるという点で、必要な条件を整理していくことが可能なのではないかと思います。

それから学術の徒として日々研究に集中しております立場から申しますと、ここにいらっしゃる先生方全てもそうだと思いますが、科学的手法と思考が進歩主義に貢献できるかということは大変重要な課題です。手法も大事ですし、思考とその結果は人間の脳の中にとまる物ですから。従って、進歩主義というより進歩そのものだととらえたほうがいいかもしれません。それが後継ぎになれるか、または作り出せるか、こういうことではないかと思います。

私は普段から感じていることなのですが、今の時代科学の分野も一種のデフレスパイラル下にあるのではと思います。その結果、いろいろな困難な問題が出てきているわけです。しかし、日本の科学というのは、それにもめげず進歩していることも間違いないのですから、進歩主義の果たしている役割は大きいと思います。しかし、全体的に言うと、デフレスパイラル下では、経済ですと間違いなくモラトリアム状態になりますが、学術的なモラトリアムが厳として存在していて、そこから脱出することが必要になります。社会は学術に対して当然いろいろ期待し、要求しているわけですから、学術の果たすべき役割を正確に捉えることも必要になります。

5番目の点は、人類文明が1万年続くか否かについてです。数万光年の彼方に宇宙文明を発

見することは天文学者の方の夢の一つだと思います。アルマ計画は宇宙文明を探すことを目的にしています。ドレイクの法則によれば、それは地球文明が1万年続き得ることを示します。私もその考え方に大いに共鳴しており、私がエネルギー科学である核融合の研究をしている理由の1つになっています。1万年続くことを目指すという点は、いろいろな分野の方も含めて今日の話のキーワードになってくるものと自分自身は思っています。

1万年続くといえますと、ある種の構造が進歩にも必要になってくるのではないのでしょうか。それらは、階層、方向性、ベクトル性などです。それから循環性のあることも重要です。1万年続くということと循環性の担保は切り離せないこととっております。先ほど申し上げましたように、これらの観点を今日のフォーラムのトップバッターの役割としてご紹介させていただければと思っております。

さて、核融合研究が進歩主義の後継ぎに貢献できるのかを考えることは、私達の分野が高度文明社会に責任を果たすという観点で重要なことです。私達の分野を詳細にご紹介するのは今日の私の役目ではありませんが、核融合エネルギーの実現を目指して研究を行なっていく場合にいくつか重要研究課題があります。今日のテーマに関係がありますので、これら5項目を見ていただこうと思います。

第1は、我が国独自の大型ヘリカル装置LHDによる研究であることです。世界最大高精度磁場を誇る超伝導の装置で、それまで世界になかったものを作りました。私はその建設の責任者を務めて貴重な経験をしました。第2は環境安全性が高く環境にやさしいエネルギー源の実用化という、直接的にフロンティア研究を目指しているという点。第3は1億度のプラズマという物質の世界、そして尽きない学術上の興味があるとういこと。それも私達の研究の分野のモチベーションを支えています。第4は活発な国際協力を実施していること。結果として、5番目が非常に大きいことですが、地球環境の保全と世界平和への貢献を目指していることです。核融合研究は地上の高度文明である、私達の文明を1年以上持続させるために必要であり、貢献すべきです。この点はサイエンスという軸足から見ても他の分野との共通のテーマになります。後継ぎを決めるためには必ずや必要条件になることと思えます。

宇宙の99%がプラズマであるということは研究を進める上で私達にとって大きな支えになります。太陽や星のエネルギーというのは核融合反応によって起こっているわけです。宇宙を支配している法則の理解にも役立つ、よりジェネリックな事にも貢献しよう、学問としての解決に役立っていこうとすることは、研究を進める上で非常に重要なことであると思えます。

ここで日本の衛星ヒノデの撮った映像を観てもらいます。科学・技術の進歩のおかげで非常

にドラスティックな映像を捉えることができ、太陽表面のビジュアルライズに成功しています。これは国立天文台とJAXA、宇宙開発機構の成果です。これを見ますと、この美しい映像は、太陽では磁場とプラズマとの激しい相互作用が起きていることを目の当たりに示してくれており、これらは全て私達の研究に直接関連しています。そしてこの映像は宇宙原理のかもしれない太陽の奏でる壮大な抒情詩であるように思えます。こういったことも私達の研究を支える重要なモチベーションになっています。

ここで進歩主義ということレビューというか概観しておく必要があると思います。その際いくつかの観点に思い当たるわけです。いろいろなアプローチが出てくるとは思いますけれども、有名なことはデカルトの要素還元論でしょう。これは科学を進めるための方法論ということでもあります。逆がホリズムでしょうか。このホリズムという言葉はあまり定着していないと思います。ホリスティックビューのほうが通りがいいかもしれません。ここには階層化と練り込み、リノーマリゼーションが持ち込まれてきます。デカルトが方法序説において要素還元論を主張したことはよく知られています。しかしそれだけではないのです。私の理解では、これら両者を主張しているという点が偉大な天才である所以であろうと思います。

後ほど関連するビューグラフをご覧に入れたいと思いますが、先ほど申しました1万年続く文明ということと関連して、進歩主義に循環があるかということは常々私の頭から離れないことです。進歩主義は前を見るというイメージが非常に強いのですが、では後を振り返ってはいけないのでしょうか。先週の月曜日でしたかNHKが「ポアンカレの予想」という面白い番組を放送していました。これは数学の話ではありますが、トポロジーという概念が進歩主義を理解する上で出てきてもいいはずですが。翻って今日の大きな議論のサブジェクトとして学術(サイエンス)は回り回って進歩主義を支えられるかということがあっても良いと思います。

私はある本を読んだときに、こういう言葉に出会ってメモしておりました。これは、ヘロドトスの言葉です。彼はペルシャ戦記を書いた2500年前の有名な歴史家ですが、こう言っています。「エジプトでは医術が次のように専門別に分化している。それぞれの医者は一種類の病気のみを扱い、いくつもの病気を扱うことはない。したがって至る所医者だらけという有様で、目の医者、頭の医者、歯の医者、腹部の医者、患部不明の病気の医者、等々がある」、これを読みますと今の世界にもぴったりと当てはまっているわけですね。これはなんだということになります。ヘロドトスはまさしく要素還元論を否定していますね。デカルトも当然ヘロドトスの存在は知っていたはずですが。こういうことからしても物事が循環的に捉えられて初めて長期間にわたってレベルの学術なり文明なりを維持してゆけると言える様に思えます。その

結果、人間として地球全体としても、平和はもちろんですけれども充実した世界を作れるのではないかと思うわけです。これは紀元前5世紀の歴史家の言葉です。

ここでデカルトの方法序説を改めて振り返ってみます。4つの準則から構成されています。第一は注意深く即断と偏見を避けること、これは入り口の議論だとは思いますが。第二はまさしく多数の小部分に分割すること。これが要素還元論たる所以ですね。第三は、私の思考を秩序だてて導いていく。しかし、4番目のことは注目に値します。「そして最後に、全般にわたって、自分は何ひとつ落とさなかったと確信するほど完全な列挙と、広範な再検討をすること」。これが要素還元論とは逆の主張であって、ホリスティックビューに立っているということです。

話を先に進めたいと思います。ミレニアムのことが盛んに言われていた1998年のことです。これは読売新聞に出ていた記事ですが、この4人の方、瀬戸内寂聴さん、ドナルド・キーンさん、陳舜臣さん、川勝平太さんが「この1000年を振り返って」という対談記事を出しておられました。私はいつも机の上に置いて、疲れるとこれをよく読んで自分をエンカレッジしているのですが、ここには前のミレニアムに起こった実にいろいろなことが書いてあります。この表は1007年に初めての小説、紫式部の源氏物語から始まっています。

これは申すまでもなく「賢者は歴史に学ぶ」ための資料でもあります。そのためにはデータベースが必ず必要になります。ここを少しずつ見ていきますと、1000年の間に実にいろいろなことが起こっていることがわかります。歴史的な必然性がないにしても人類が発展を遂げる上でエポックメイキングなイベントが色々起こったということが言えます。例えば1227年に高麗で銅活字が作られていることは、割合に知られていないことではないかと思えます。次のページ、最後は「1998年インターネット利用者がこのとき1億人にせまる」です。まだ1億人ぐらいたったという見方もできるかもしれませんが、今はもうその数十倍に急速に進歩してきました。しかし、インターネットという概念と技術が20世紀の最後にでてきたということの事実は大きいわけです。1789年のフランス革命、1762年にはルソーの社会契約論。1848年にマルクスとエンゲルス。今私は、ほとんどランダムに選んでいます、ランダムに選んでも非常に重要な事がいろいろ起こっていることがわかります。我が国の明治維新は1868年だったわけです。アインシュタインのこともここに出ています。

このとおり1000年の間に実にたくさんが起こっているわけです。これだけのことが1000年の間でなされているということは脅威でもありますし、逆に言えば、最初に見たときに思わずメモ書きしたのですけれども、これだけの事をしようとする1000年かかるということでもあります。こういう見方のほうが正しいのかもしれませんが、それが一万年続いた

らどうなるでしょう。これは非常に重要な仮想問題です。ミレニアムが10サイクル続くとどうなるのだろう。進歩主義を語る場合、こういう素朴な疑問にもいろいろな観点から答えていく必要があるのではないかと思います。

今申し上げましたように、1000年でこれだけのことができるし、逆に1000年もかかるということでもありますが、一万年文明が続くと多分、歴史というのは単純な繰り返しではないにしてもカオス的な構造になっていくことは避けられず、サイエンスもおそらくそういう運命をたどるのではないのでしょうか。1つ物事が解決されるとまた分からないことが出てくるわけです。私の場合、この図を見ますと常に元気が出てきます。これは普段私が感じていることの一つです。

話が少しずつ変わってまいりますけれども、学術の振興を考えた場合に4つの原則が必要になります。これは法人化の際に法律の精神として、当時の遠山文部大臣がご指摘になっていることに近いのですけれども、第1というのは科学者の自主的な判断の必要性。第2は中長期的視点の付加。そして第3はその内容の透明性の確保。第4は柔軟性の維持です。

これらのことについては我々を含めて科学者全員の深い自覚が必要ですし、それが社会から求められているわけです。後継ぎを生み出すということ考えた場合に、現代社会の枠、例えば最近のこととして法人化という枠が外的要因によってできてきます。しかし、階層化によってこれを超えることができるはずです。つまり、階層化によって、それは1つ上の階層といていいものに相転移するのです。そのためには制度設計が必要です。つまりは科学者の間の連携に基づく新しい企画を創出する仕組が当然必要になってきます。これを進めるにあたって、まず行動して見なければ進歩はないわけですから、実行を担保するという、それに対して科学的かつ厳正な評価を行なう機能ということが求められていると思います。

私達の研究所は自然科学研究機構の中の一つです。五つある中の一つですが、残りの四つは国立天文台、岡崎にあります生理研、基生研、分子研です。今日は、そうそうたる研究者の方を前にして話をしておりますけれども、自然科学研究機構が発信しました「学術とは何か」というメッセージを引用したいと思います。今、申しました仕組みを作るといこと、これに関しましてもベースになる考え方というのは整理されていくべきです。それは私の理解といたしましても、真理や基本原理の発見ということ、知的創造活動、「知への欲求」であるということ、学術の活動として方法論を開発すること、技術と知識の体系化を目指すこと、現場としても先端的な学問領域・知の地平を開拓すること、こういったことが非常に重要であると考えています。

常にこの目標を根底から捉える姿勢を持つということを自然科学研究機構は研究活動の基本に据えていて、私も常にそれを念頭において研究所を運営しているわけです。自然科学研究機構のことを今紹介したので、ちょうどいい機会ですのでそこに属する大学共同利用機関についてもどうして行くべきかということをお願いしたいと思います。大学共同利用機関は我が国独自の制度設計に基づき創設されており、学術研究を強力に推進しています。そのためには、いくつか観点があります。(1) ボトムアップを生み出す十分に低いしきい値を設定すること、(2) 社会的受容性を生む原動力になっていること、(3) スモールサイエンス、ビッグサイエンスの両者を包含していること。そして(4) 研究分野、コミュニティ、大学等との緊張感のある共同研究の体制を構築してきたことなどです。これらのことは分野の発展にとっても大変重要なことです。

進歩主義を考える際にも関連がありますのでこのビューグラフを使わせてもらいます。それは何かというと、大学共同利用機関は常に研究コミュニティからの厳しい学問的評価にさらされているということであり、このことが双方向性の創出につながっていて、研究分野の健全な発展に貢献していることです。今研究者の不正行為が重大な社会の問題になっていますが、ここはズバリ申しますと、捏造が生まれにくい仕組みの一つであるということの意味します。捏造はマイナスの話ですから今日はあまり深く追求する必要はないと思いますが、ポジティブにみて研究者相互にこういう健全な貢献ができていくということは重要です。私達の研究所でも共同研究者とともに研究の透明性を確保するための努力をいろいろしております。共同研究委員会の委員長は外部の方にやっていただくということはもちろんです。ここで特に重要なことは、データベースを共同研究者に公開するということです。私達の研究所では、これもほぼ無条件に近い形で実施しています。合わせて人材の育成のため、総研大を始めとする複数の大学との連携をやらせていただいております。

次に私達の分野の目的です。今日は、ここで多く時間を割いて話す余裕はないと思いますが、一言で言って地上のミニ太陽を実現することです。この写真のとおり日本の心の原点である富士山のような美しいピークの一つになろうというモチベーションを研究者が持つことは重要なことです。詳細についてはパンフレットに有りますし、つい最近分子研レターの巻頭言を書く機会がありましたので、良い機会ですから参考までに配布いたします。

私達の研究所では、この写真のとおり日本の科学と技術を結集してLHDという大きな装置を作って1億度の物質であるプラズマの研究をしています。他の分野と同様に、当然面白い研究テーマをいくつも抱えていないと研究分野としては発展いたしません。核融合エネルギーの

実現という明確な目標を持っているということと同時に、宇宙の99%を占める物質の第4の状態であるプラズマという大きな物理学上の研究対象について併せて研究しています。今一つの動画を見ていただこうと思います。これが高温のプラズマの内部をシュミレーションしたものののですが、磁場中のプラズマは、こういう螺旋状の構造をしています。見えている線は磁力線だと思ってもらえばいいのですが、三次元的にねじれて、乱流ができて不安定が起こるのですが、不思議なことに、いつの間にか自己組織化してまた安定な状態に戻ります。

これはコンプレックシティー（複合複雑系）の代表と認識されるまでになっています。コンプレックシティーという概念は1977年にノーベル賞をもらったイリア・プレゴジンが、最初に定義しています。ただし、それはケミカルな錯体に関する研究だったのです。普遍性を持つ概念は、広く他分野にも広がるという典型の話です。

ここに面白いデータがあります。コンピュータがご専門の先生方にはファミリーと思いますが、世の中にはムーアの法則というものがあります。集積回路のトランジスタの集積密度が1年半から2年で倍になるという有名な法則です。コンピュータのスピードはほぼ2年で倍々と早くなって来ました。高エネルギーの世界でも、私が探してきたデータを見ますとエネルギーは3年でだいたい倍ぐらいと、急速な進展をしています。科学の世界の進歩を典型として2つ示しました。では我々の分野はどうでしょう。温度と密度と閉じ込め時間の積である三重積を使ったデータがこの赤の点です。核融合の分野も2年で倍の進展をして来たのです。この線はトカマクという我々のとは違う原理の装置による結果です。いわゆる開発型のプロジェクトによる成果ですが、これに対して日本の学術サイドで進めているLHDによるヘリカル型研究は最初は少し手間ひまがかかっていますが、今、急速に伸びています。むしろ今ではこちらが主流になりつつあると言えそうな勢いです。この図ではそれぞれの分野で相対的な指標をとっていますが、核融合の分野では、密度と温度と閉じ込め時間の積が最も重要なのです。閉じ込め時間とはその粒子がそのエネルギーを持っている時間です。100兆個CC×1億度1秒が目標なのですが2年で倍の進歩を保ってきたということは私たちの分野もかなりの良い結果を出してきたと言えます。この様に研究のフロンティアを維持していくためには、非常に多くの努力をしなければいけないわけで、学術とはそういうものでもあります。

そして、もう一つ、忘れてはならない重要なことがあります。私達の分野もビッグサイエンスとして認めていただけたところまで来ました。初期には小さな萌芽期を経験しているという事です。ですから、これらのパラメーターで計って単純に進歩的であるということを簡単にとは言えないと思いますが、研究がすすむことによって、以前よりはもちろんさらに正確に、よ

りプラクティカルに研究のゴールがみられるようになります。そして、全体について、つまり学問としての体系化も進むわけですし、研究者の頭の中には論文という形を通してこうした結果が蓄積されていくということが非常に大きい進歩だと思います。

私達の研究分野についてを学術の一例として申し上げましたけれども、今、社会がどういふふうに見ているのかということ、何を求めているのかということを経験者が認識していることは重要なことです。特に今、ターンアラウンドタイムが短くなっていて、結果をすぐに要求されるという事情があります。大学教育においてもそうですし、研究所の研究者もこれを強く求められています。逆に大学人がそれに過剰反応してしまっていることもあると思います。

今申しました社会の要求についてですが、例えば400メートル走に例えられる短距離・無呼吸走で社会が研究者に勝利を求めていることかということと大いに疑問です。私が思いますのは、競争をやれということではなく、勝利してくれということだと思います。従って、すべての研究者を同じスタートラインに立たせてしまうと、競争に勝てるがはずがなく、社会の要求にも応えられないということになります。早い話が、マラソンランナーを400メートル走に出しても勝てるはずがありません。得意なこと、独創性のあることに研究者が集中できる環境が必要になってきます。したがって、このことを社会にしっかり見てもらい理解してもらう必要があると思います。

ただしそういう場合にも、国家資源の効率的な使用か、はたまた効果的な活用かについては、どちらを優先させるかということを経験者は自分たちの分野に合わせて、冷静に判断していかなければいけないと思います。例えば、先ほど使ったこのデータベースをもう一度見てもらいたいと思います。この点は、当時の特殊法人が水素のプラズマを使った実験で出した点です。我々の予算の十倍使った結果です。一方LHDはこの点で、10分の1の予算でしかも超伝導の装置を作って、それを上回る成果を出しています。学術だからできたとも言えます。しかし社会は10分の1で成果を出したからと言って100%喜んではくれません。この点は非常に難しい点なのです。

つまり社会が求めているのはローコストプロジェクトだけではないのです。ざくっと申しますと、その特殊法人の使ったコストの10分の1で非常にいい成果を出したということでは必ずしも評価されないという面があります。ここは真摯な観察が必要であるということです。ビッグプロジェクトをサイエンスとして進めていくときには守るべきことが非常に多く、主張すべきことも非常に多いものがあると思うのです。そういう観点からしましてもビッグサイエンス、スモールサイエンス問わず、サイエンスをベースにして進歩主義を考える場合、その道を

誤るとマイナスサイエンスになってしまいます。マイナスサイエンスに陥るとその分野は終わりの始まりです。

そうしますと研究を進めていく上で考えなければいけないことがいくつも出てきます。その一つが、上記の観点で大切だと思いますのは、課題粘着性を排することです。経済におけるデフレというのは価格粘着性で起こるとされています。100円のものが95円になっても消費者は残り5円でものを買わないという現象です。学問の世界でも同じことがありえるわけで、それが課題粘着性です。

科学者が、もし、なかなか発想を変えられないという状況になると、やはりその分野の停滞を起こします。最初に申しましたとおり、我々は現在サイエンスのデフレスパイラルの中にあっているいろいろな問題に直面しています。法人化というのはまさしくその典型であるわけです。デフレの先はモラトリアムなわけですから、ほっておきますとリストラが引き起こされ、また求められます。そういう点からしましても、この認識とリストラに対する覚悟を決めることが必要です。しかし、科学者にとっては非常に大きなアドバンテージがあります。新しい企画を研究を進める上で次々に出していく能力を備えているのが科学者たる所以であり、それを支えるのが強いアイデンティティの存在です。

ここでこの課題粘着性ということについてももう少し考えてみたいと思います。このビューグラフですがいきなり英語の細かい字になってすみませんが、今から7年前の2000年に、アメリカの物理学会でサイエンスについて話をしたときのものです。私はこの言葉で切り出しました。Metempsychosis、つまり輪廻です。アメリカ人でもこの言葉を知っている人が3分の1ぐらいいました。ただし、この言葉の説明にはもちろん別のビューグラフを用意いたしました。私の主張の出発点はSeeds of Curiosity to Realize Fusionです。この時、私はFusionを議論していましたので、今日はFusionをScienceで置き換えて読んでいただきたいと思います。研究のSeedsの存在の結果Plasma PhysicsとFusion Scienceが進化したわけです。当然学問の範囲が広がったり、その結果として、開発型のプロジェクト志向というものが強まります。つまり、Needs Demand Project Researchです。Researchというのは更に進んで、一種の自己成長をとげてSelf-Evolution（自己組織化）していきます。国際熱核融合炉計画ITERの場合にはそういう傾向がかなり顕著に見られた時期がありました。私もそれを何とか正常にということ言い過ぎかもしれませんが、より正しいと思う方向へ戻すために、思い切った発言を含めていろいろと尽力したのですが、なかなかうまくいきませんでした。Self-Systematize the Researchが強すぎると、どうしてもそういうことになります。その次の段階では、人材の養成というこ

とはもちろん必要とされてきますし、教育というのがある意味で組織化されていくわけです。これらもいい面と悪い面をもっています。

さらに進むとBurning Physicsの時代になります。ここに至るまでにはいろいろな障害が当然発生してきます。その結果も含めてRe-Organizationの段階、つまり、既存のいくつかのプロジェクトの間のRe-Organizationが必要とされるようになりました。ここで重要なところはポリティカルな要求が入ってくるということと、プロジェクトを支え有効にするための予算的な問題というのが顕在化してきます。これを乗り越えると、つまりBifurcationが当然起こる。Developmentする部分とDisappearanceする部分が出てきます。つまり、New Seeds of Curiosityがドライビングフォースとなり次のサイクルに入るわけです。ITERは結局フランスへ行きました。私の分野はまさしくこれが60年の間に起こり、Metempsychosisを起こしたということを率直に申し上げます。ここでは、先ほどのアイデンティティという言葉は使っておりませんが、Positive ViewがRequireされているということ、そしてIntegrate、Systematize、& Develop Plasma Physics as Scienceしなければいけないことに表れています。これが最後の一番重要な主張でした。要するにプラズマ物理学を学問として発展させていく必要があるということを主張しています。

サイエンティフィックな話というのは、起承転結ではなくて起承結で組み立てるものですから、通常転はいらないと思います。しかし、今日はトップバッターでありますので、ここで転を入れさせていただこうかと思えます。今申し上げましたようなことを、少し見方を変えて述べます。学問を進めるためには、通常シーズの開拓が行われますが、そのためにはニーズの認識が必要となります。シーズとニーズの関係の発見は重要であり、そしてその間には輪廻転生が起きるのではないかと、もちろん言葉は選ばなければいけません、必ずそういう疑問が出てきます。これは循環という意味と同じ意味で使っているのではないかと思います。

その点暗黙知という言葉は非常に重要だと思います。この言葉は英語ではTacit knowledgeと言われ、ハンガリーのポランニーが最初に定義しました。世の中理由は分からないけれど正しいことがある。お医者さんは、理由は良く分からないけれど、脇から見ていると名医ならちゃんと患者を直してしまう。それが暗黙知だというわけです。私は学問についてもここから出発しているはずですし、すべきであると考えます。私たちの回りにある宇宙そのものが、おそらくこれは小平先生にお伺いするのが一番ですが、暗黙知の世界ではないのかと思っております。

いきなり密教と顕教とはと大上段にかまえて物を言うつもりはないのですが、先ほどの

Metempsychosisとのつながりで聞いていただきたいと思います。お釈迦様は悟りを開かれた後、数日間沈黙をされています。その間の教えが密教とされており、密教の信奉する仏様は大日如来ですから、まさしく太陽を意味しています。奈良の東大寺は南都六宗華嚴宗のお寺さんですが、大仏様は慮遮那仏とよばれ、これも太陽を意味しています。空海は真言宗。真言という言葉は般若心教に出てきておりますけれども、真言宗でいえばこの慮遮那仏が大日如来とされているのです。ところで鎌倉の大仏は阿弥陀仏です。私達の研究とどこかで接点があるかもしれないと考えるのは自然なことかもしれません。

この写真を見ていただけますでしょうか。こちらの先生は高野山大学の学長でいらっしゃいます生井智紹先生です。京都大学文学部の哲学科をご卒業になっていらっしゃいます。去年のちょうど今頃、相談したいことがあって高野山大学を訪ねました。これは、私です。彼は理論の教授です。彼女は私の妻です。この方はハンガリーからこられて、空海の手物の研究者です。空海は何冊も教典を書いております。この写真を撮っているのは私のところの事務官で、日蓮宗のお坊さんです。彼は高野山に行くことをためらいましたけれども無理やり連れて行きました。

どういうことかを説明いたします。これは室戸岬のお寺でもらった空海についての文章です。ここに空海は偉大なる預言者であったと書いてあります。私はこの点に強い興味を持ったのです。「やがてくろがねの橋が讃岐と吉備をむすぶ」と文章にあるではありませんか。それなら核融合のことも必ず空海さんは書いておられると直感しました。本島も神頼みになったかと言われながら行ったのですが、私は非常にまじめでした。先方も何で核融合研の所長が来るのかということで、生井学長も事前に私達のインターネットをご覧になっていたそうです。ちょうど世界遺産の大会がされているときにも関わらず、いろいろ相談に乗ってくださいました。高野山は4年ほど前に世界遺産に認定されているはずですが。

結論ですが、まずfissionについては書かれていませんね、とおっしゃいました。やはりfissionは人工的にすぎるのです。fusionについては「私は今まで気がついたことはありませんけれども、先生が太陽エネルギーの研究者の立場でお読みになったなら見つかるかもしれません」とおっしゃってくださいました。そのためこの女性研究者を紹介してくださったのです。インターネットで空海と核融合を二つ合わせて検索しますと2万ぐらい出てくるんですよ。だからその中にヒントが1つでもあったらいいのですが。リタイアしたらひとつずつ調べてみようかと思っています。

生井学長は最後に最初の核融合エネルギー炉はいつできるのですかとお尋ねになりました。研究は大幅に進んで今では夢ではなく明確な目標になっていて、29年後ですと申し上げました

ら、それなら1号炉は大日と名付けてくださいと言っていました。一同大変喜んで帰ってきた次第です。この話を披露しましたのも幅広く物事を捉えることが大事なはずと想っていたことです。

結論は用意しているわけではありませんけれども、もう一度本論のほうに戻って、最後のビュグラフまであと数枚使わせてもらおうと思います。これはエネルギーの根本にかかわるビュグラフです。さて、水はいくらか。このペットボトルが150円ぐらいです。350ミリリッターで150円。じゃガソリンはいくらか。ガソリンは1リッターが税金を入れて150円。なぜガソリンのほうの方が安いのかは意外に不思議なことです。この図は授業をするときに良く使います。もちろん、今、先生方を前で授業をするつもりは全くありませんけれど。

水が高いのは明らかです。なぜなら循環型の資源ですから。こういう卑近な例をとっても、つまりガソリンはワンスルーで使っているから異常に安いということははっきりいえると思います。多摩川の水は河口で確か7割、8割は処理水になっているそうですね、東京の場合は。循環系というのは高くつくということは、あらゆることについて言えるわけです。1万年の長期に渡って人類の高度社会をこのまま続けようということになると、非常に多くの努力が必要になりますし、必ずや循環的なものとなることでしょう。そしてそれは大変なコストがかかる、こういうことだと思います。

その1万年先を見る核融合研究ですが、先ほど申しましたように、核融合エネルギー炉を29年後に実現させることは十分に可能になってきました。つまり、今では夢ではなくて、クリティカルパスを定めて明快な目的を掲げて進められる研究になっているのです。現実にも私達の研究所の超伝導LHD装置を使えば、3年後には300ワットの電力を10秒間程度作り出すことができます。これはエジソンが電球をつけたことに匹敵するエポックメイキングな実験の企画です。そのためには重水素を使うことが必要です。重水素にヘリウム3をまぜて1億度のプラズマを作ると核融合反応が有意の量を起こせるところまで研究は進んでいます。トリチウムがベータ崩壊しますとヘリウム3になりますから、地上ではトリチウムからヘリウム3を作ることになります。しかし、月の表面には太陽風があたってヘリウム3がたくさんたまっていることがアポロ計画で発見されています。これを使いますと今の私達の実験条件ではヘリウム4と水素になる反応が可能になるわけですし、これを使って核融合エネルギーのデモンストレーションをやれるところまで来ています。研究というのは着実に進んでいるわけです。

廣田先生は私がなぜ29年という細かな数字を使っているのかと質問されるのではと思います。実は昨年ここでのフォーラムに出席できなかった理由となった尾身財務大臣の訪問の際、

核融合の完成は何年後とかなりシビアに聞かれたのです。30年後ですと答えました。もちろん先程の理由を言ってです。ですから今年は1年減って29年後になるのです。来年こちらにご招待いただいたら28年後ということになります。それぐらい秒読み態勢になってきているということは間違いありません。世の中、ほかの国でも研究はどんどん進んでいます。これはつい先週24日に中国が月に向けてロケットを打ち上げた時のニュースのコピーですが、その中に、北京のTVも言及していたとおりヘリウム3の資源量を調べてと言っています。これはまさしくかの国における進歩主義なのです。日本とは違うところがあるなということでお持ちしました。

これは宇宙を探るアルマ計画の全体写真です。こちらがウェブから借りてきたコピーですが、国立天文台が国際協力として進めている、チリのアタカマ砂漠のサブミリ波望遠鏡プロジェクトです。もうまもなく完成します。サブミリ波はご承知の通りスピンのある水などの分子の出す電波が中心になりますから宇宙文明、高度文明の兆しを捉えることができます。これは天文学者の大きな夢の1つです。

10年前ぐらいからこういうことが天文学者の間で言われだしています。私も、核融合エネルギーの研究者として共鳴しているところですが、それは、数万光年のかなたに高度文明があることが分かればどうなるかということ、確率論的に言って、100年程度しか続いている地球文明が発見するためには先方の文明が1万年のスケールで続いているなければならないのです。逆に言うと、地球文明がそれだけの時間、つまり1万年の長きに渡って続きうることを示すということです。人類は前へ進むべきと言ってきましたけれども、この点は物事の見方として重要な考え方であり、それを天文学者のみなさんは実地に移す力を持っておられるということです。私達も大いに学ぶところがあるのですが、この1万年というタイムスケールのコンセプトは非常に重要だと思います。そして1万年という長期間の高度文明を想像すると物だけではなく文明にも循環性が必要になるのではないかということに思い至ります。

しかしこれだけで終わらないのが核融合の科学者です。私達は数万年続く文明は必ず核融合エネルギーを実用化しているはずだと主張いたします。核融合エネルギー炉からは、たくさんの中性子がでます。中性子は消滅する際にニュートリノを出しますから、1GWの発電プラントでは 10^{22} 個/secのニュートリノが出ます。天文学者の皆さんはこのニュートリノも是非探していただきたいと思います。

最後になりました。ここで、わが国のサイエンスを「進歩主義の後継ぎ」に指名するためにはどういったことが必要なのだろうということをもとめさせていただきました。最初に主張すべきことはやはり独創的なアイデアを長期にわたって育てられる仕組みが必要だと言うことで

す。それから非常に大事なことです、サイエンスにはロバストネスとリダンダンシーを併せ持つ2軸構造が絶対必要なのです。一極集中というのはサイエンスの終わり、終わりの始まりを意味します。

途中でも申しました様に、大学等の法人化によるモラトリアム状態から脱出するための新しい意思決定の仕組みが今求められています。これが非常に喫緊のことになってきていると思います。今申していることは、先般、学術分科会環境基盤部会でビックプロジェクトについて話をさせていただいた際に申し上げたことです。それからやはり戦略性が必要です。最後に、このところを申し上げたいと思いますが、科学者つまりコミュニティの独創的なアイデアが必要なこと、これは企画力といっていいと思います。それから組織と財政。そして何にもまして意思決定の仕組み。これは三位一体であると思います。最初のトップバッターの話でとして、これを一番重要な私の主張ということで終わりにさせていただきたいと思います。どうもご清聴ありがとうございました。(拍手)

[高 畑] 先生、どうもありがとうございました。どうぞご質問を。

本島修氏の講演についての討議

[高 畑] ちょっとよろしいですか。もう話が回り込んでしまっていると思うのですが、進歩主義の後継ぎを考えるというか、最後の結論は進歩主義の後継ぎはサイエンスだと、これは明言しておられると思うんですけども、最初のほうで進歩主義の後継ぎを考える場合にデータベースが必要であるとおっしゃっていましたが、これはどういうデータベースをイメージしているか、この辺のことをもう少し詳しく言っていただけると、問題を考えるときひとつの切り口になるのかなと思いますので、よろしくをお願いします。

[本 島] 今日のフォーラムでの議論が重要なデータベースになるというつもりで申し上げました。今はデータベースは完成していないように思います。廣田先生にがんばっていただいて、ぜひ意思統一の初めの整理をしていただければいいと思います。データベースにはいろいろな分野でどういう事象があってどう評価されているのかについての分析が重要だと思います。このデータベースというのは、例えば、アーカイブスということももちろんよく言われていますが、それをいくつかの切り口で整理して見せたものが生きているデータベースになるかと思えます。

[小 林] 最初のほうで1万年続く世界はサイクリックだとおっしゃったのは、それはどうい

うイメージなのでしょう。

[本 島] 地球文明が進んだ結果、物事がワンスルーでは片付かない世界に入ってしまったのではないのでしょうか。例えばオリジナリティということを考えても、オリジナリティには二つあって、原著的なオリジナリティ、つまり最初に提案するということに加えて、流れを作るといつまり学問として体系化するという点での2つのオリジナリティがあると思うのです。早い話が1万年後のサイエンティストが1万年前のサイエンスまでレファレンスを辿って物事を組み立てられるのかと考えると非常に困難を極めるはずだとたやすく理解できます。したがって、階層構造に持ち込んで時系列的に継続性を担保していくという方法もあるでしょう。オリジナリティにまさか時効をつけるというわけにもいかないでしょうが。しかし、常に前向きの一方方向だけですと過去に対して、ものすごい負担がくるはず。そういうイメージで申しています。

[北 川] 今のお話でイメージが少し分かったのですが、騙し絵で、ドアが閉まって、自分の家のつもりで戻ってきてしまったという……。

[本 島] はい、確かに。世の中、リングワンデリングという言葉がありますね。雪山ではまっすぐ歩けませんから左へ左へと1周してくると、自分の足跡を見つけて、また人の足跡だと思ってどんどん同じ所を歩いてついには倒れてしまうのです。これは真似してはいけないことです。だから、トポロジーという概念が必ず必要になって来ます。例え丸い世界に住んでいても後ろを振り向く必要性は必ずあるのではないかと、そういうつもりでお答えしました。

[北 川] これは何か離れられない拘束条件みたいなものがあるから、そこから出られないから、技術もあるということかな。

[本 島] それは、例えばMetempsychosisについて言えば、丸いという概念を重視することでは多分なくて、何回も回っているところからいかに脱出するかという発想が、目的があるようです。そういう点では、ある条件で丸いものができてきたとしても、そこからいかに出るかという発想のほうが重要になると、こういうことの表現だと言えます。

[小 林] ということは、知識発展のスパイラルで、戻っているようでもまたこう重なっている、そこが、差分が本当の、真の進歩じゃないかと思うのですが。

[本 島] その場合どうなのでしょう、インテグラルな評価か、インテグラルでないデリバティブな評価か、プロポーショナルな評価かというのはそれぞれの場合に応じて重要になってくると思います。我々の世界では、プラズマを制御する場合に、PID制御というのが最近考えられ出していて、Proportional Integral Derivative Control、つまり全部使ってしまう

のですね。それは一種の複雑系のダイナミックスなのです。小林先生、時にさっきのご質問にちゃんと答えていないような気がします。先生のお考えを聞かせていただきたいのですが。

[小 林] 最初にデカルトは要素主義とホリズムの両方を示唆しているということをおっしゃった。多分その後の歴史は要素主義のほうは異常に発展してしまい、ホリズムはそれに見合う発展をしていない。そういうコンテキストから見たとき、サイクリックというのはどういうふうにとらえたらよいのかということをちょっとイメージしてみたいと。

[本 島] 一種の銀河みたいなイメージで捉えているつもりはあるのですが、宇宙も果てがないということをやより所にです。

[廣 田] アメリカの物理学会で、メタ何とかという言葉がOHPに書かれてありましたが、あの言葉はどういう意味で……。

[本 島] 輪廻ですね。

[廣 田] やはりそうですか。アメリカ物理学会と輪廻というのは非常に違和感があるんですが。

[本 島] 分かるといってくれた人が3分の1ぐらいいたということは、非常に心強かったですね。ラテン語に語源があるかどうかまではちょっと調べておりません。