

現代社会と科学

名古屋大学素粒子宇宙起源研究機構 機構長 益川 敏 英
名古屋大学大学院理学研究科 教授 杉 山 直

(杉山) 今日はお呼びいただき、ありがとうございます。まずは簡単にそれぞれ自己紹介をしようと思います。

(益川) 私は1940年に生まれて、基本的にはずっと名古屋で育ちました。名古屋大学大学院を卒業後、3年間、名古屋大学で助手を務めましたが、これはおかしなポストでした。当時は、ちょうど高度成長期で教室の規模が2倍になっていた時期で、教員ポストも倍増しました。そのころの教室には、坂田昌一先生、上田良二先生などの偉い先生方がいらっしゃいまして、増員されたポストについては十分時間をかけて議論して配属を決めようと言って、それが決まるまでの間、3年間は奨学金的に助手をやらせようということになったのです。

(杉山) ポストが非常に増えた時期で、大学の先生はたくさん雇われるのだけれど、雇うまでに時間を置いていて、そのすき間に紛れ込んで助手になったということですね

(益川) はい。そういうポストですから、3年後には絶対に明け渡さなければならないのです。そこで大学で募集があるといくつも応募するのですが、最初に来た新潟大学に応募したところ「あなたは大変優秀すぎるので、お断りします」という返事でした。「優秀なら採ってくればいいのに」と思っていたのですが、最近になって分かりました。あれは仲人口ですね。縁談の際に「あなたの家系は大変ご立派で、うちとはつり合わないからお断りします」というあれです。その次に来たのが京都大学と東京教育大学で、私は京都大学に行きました。

(杉山) 京都大学に後輩の小林さんが追いかけてきて、ノーベル賞につながる研究をされたのですね。

(益川) その後、東大の原子核研究所に4年いましたが、ここでの4年間は人生の中で一番楽しかったです。友人関係が一気に広がり、原子核、高エネルギーの実験屋さんとも友達になりました。

その後は京都に来て、あとは京大の中をあちこちと行き来していました。

(杉山) 私は1961年に生まれて、ほぼ東京で育ちましたが、京都には通算6年いましたし、

アメリカにも行っていました。今は名古屋でお世話になっていますが、名古屋に来る前は国立天文台で6年ほど教授をしていました。

その時分からアウトリーチ活動に随分お付き合いするようになって、しばらく名古屋でサイエンスカフェなどもやっていましたが、残念なことに先日クローズしてしまいました。

私は宇宙論の研究者ですので、素粒子はちょっとかじったという程度です。今日是对談ということですが、むしろモデレーターとして益川さんのお話を聞こうと思います。

科学博物館の役割

(杉山) 「現代社会と科学」ということで、まずは科学博物館の役割について話していこうと思います。私は東京の郊外で育ったので、上野の博物館などはとても遠くて行けませんでした。ラッキーなことに、自宅近くの生田緑地にプラネタリウムがあり、そこに入り浸っていました。それが高じて宇宙の研究者になったような気もします。

益川さんは、科学館の役割をどのようにお考えでしょうか。

(益川) 基本的には、青少年が活字ではなく、直に触れるという意味が大きいと思います。

例えばアルコール 15cc と水 10cc を試験管に入れて混ぜると、24cc ぐらいにしかなりません。アルコールの分子は大きいので水分子がすき間に入ってしまいうからですが、そういうことをやって見せて、分子や原子というものがあることを語れば、分子や原子の世界をリアリティーを持って想像できるわけです。

単に「色が変わって面白いでしょう」というだけではなく、将来の勉強につながるようなものであってほしいと僕は思っています。

(杉山) なるほど。将来の勉強につながることは、確かに重要なファクターだと思いますが、ここでちょっと無茶振りしたいと思います。

CP 対称性の破れを展示する

(杉山) CP 対称性の破れをもし科学館が展示して、皆さんにその意味を伝えるとしたら、どうすればよいでしょうか。

(益川) 僕は不可能だと思います(笑)。K 中間子という素粒子が崩壊するときに、pion (π 中間子) 二つと pion 三つに崩壊するモードがあり、ショートと呼ばれる 2π モードはせいぜい 3cm ぐらいしか走りませんが、ロングの方は 10m ほど走ります。その時、 2π モードは本

来、3cmより遠方では指数的に落ちてきますから、無くなっているはずなのに、10mほど行ったところで、 2π モードが現れてきたのです。ショートがロングに変わったのです。

(杉山) そこで変わって、再びその崩壊が起きたということですね。

(益川) CP対称性から言えば、ショートはショート、ロングはロングだったはずなのに混じったのです。それでCP対称性の破れが起こっていることが、1964年に分かりました。

(杉山) なるほど。ただ、今の説明では、皆さんは理解できないのではないのでしょうか。CPが難しいとしたら、パリティなら、もう少し簡単に行けますか。

(益川) パリティも1955年に、リー(李政道)とヤン(楊振寧)がそういう論文を書きましたが、ヨーロッパにいた権威ある先生は、「神様が左利きであるとは思えない」と批判しました。しかしその舌の根が乾かないうちに、実験的に分かりました。

(杉山) ウー(呉健雄)の実験ですね。P(パリティ)の方は、「鏡に映した姿は同じか」というようなイメージですから、そちらは分かりやすいと思います。

ところがそれにC(電荷)の方が入ってくると、途端に分かりにくくなるのですね。

(益川) その後、弱い相互作用と呼ばれる力の性質が非常にきれいに分かっていきました。「神様が左利きだ」という新奇性で重要なのではなく、弱い相互作用の世界が非常によく分かったのです。

(杉山) 弱い相互作用というのは、ニュートリノが介在するような β 崩壊等に働く力ですね。

(益川) そうです。その姿を見ていると、パリティは非保存でも、CPはちゃんと保存しているのではないかと。

(杉山) パリティだけひっくり返すとやっぱり別だったけれど、チャージまで組み合わせて一緒にひっくり返すと元に戻るように見えた。

(益川) 見えたのではなく、実際にそうなのですが、それがそのときから5年あとにCPという変換で見てみたら、弱い相互作用のさらに300分の1、弱いけれどもやはり破れていました。

先に述べたように、ある素粒子が壊れる時には、 2π に壊れるものと 3π に壊れるものがあり、 2π の方が早く無くなります。長く生き残れるのは 3π モードですが、なぜかその中に突然 2π モードが復活してきたわけです。

(杉山) それを科学館でどうやって展示するのでしょうか。

(益川) 絵にしたら、ある程度分かってもらえるでしょう。

(杉山) だそうです。皆さん、頑張りましょう。これは全然予定にありませんでしたが、無茶振りしてみました。子供に科学を伝えることの難しさの中でも、一番難しいものの一つが、CP対称性の破れだと思います。

科学の役割について

(杉山) さて、私は20世紀は物理学の世紀であったと思っています。相対性理論、量子力学が打ち立てられて、ミクロの世界、マクロの宇宙まで次々に分かってきました。

われわれはそれを学問として楽しむと共に、ミクロの世界の現象がそのまま半導体などに結び付いて、私たちの快適な現代社会を支えるようになっていきます。益川さんは、役に立つ・立たないといった学問のあり方についてどのようにお考えですか。

(益川) 基本的には、直接は関係ないと思っています。役立てようと思って基礎科学をやっているわけではないけれど、回り回ってそうなるということです。自然の法則が基礎から分かれば、意識的に適用することは可能ですが、それには大体100年かかります。

オランダのオンネスは、「温度はどこまで下げることができるか」という興味だけで温度を下げていったところ、1911年に電気抵抗なしに電流が流れる、超伝導状態を発見しました。しかし、超伝導は2011年になってもまだ使えていません。

(杉山) 確かに超伝導は一部実用化されていますが、送電やリニアモーターカーでの実用化はこれからですね。100年かかる。しかし、結果としてやはり役に立っているということでしょうか。

(益川) 僕はそのように信じたいです。科学者ですから。

(杉山) 最近は「役に立たないことには予算を付けない」という風潮が社会にありますが、博物館の皆さんには、基礎科学の大切さを伝えていただくよう、ぜひお願いしたいです。

(益川) それについて、僕はいつもファールブルの話をしています。彼が住んでいたアビニオン地方で、桑の葉が病気になり、それを食べた蚕が死んでしまうということが起こりました。ファールブルは、昆虫について詳細な知識がありましたが、何の手も打てないでいました。パリ

政府はパスツールを団長とする対策本部を派遣しました。彼はそこに入ってパスツールについて回ります。

村長に会ったパスツールは開口一番「蚕が見たい」と言い、繭を手にしめます。彼はそれを陽にかざしたりいろいろしていましたが、最後には繭を耳元で振って「あっ、音がする」と言いました。パスツールは、それまで蚕など見たことがなかったのです。

ファーブルは「こんな人が病気を治すことができるのだろうか」と思いましたが、細菌学の権威だった彼は、病気が伝染するメカニズムを熟知していましたので、死んだ蚕を焼却処分し、伝染経路と思われる場所の消毒を命じて、3カ月後には騒動を鎮めました。

ファーブルのように現象しか見ていない人は、あらゆる状況に適用できる手は打てないけれど、パスツールのように原理的なことが分かっているならば、適用性が高いことを表している話だと思っています。

ただし、友達は「おまえは素粒子論のような基礎科学をやっているから、そんなことを言うのだろう」と言います。確かにそうかもしれませんが、基礎科学が一般的に広い適用性を持っているということは、基本的には間違っていないと思います。それが今すぐ役立つかどうかは分かりません。

(杉山) 私が1年生の授業で最初に必ず言うのは、「物理学というのは、自然科学の基礎で、物の考え方を与えてくれるものである」ということですが、まさにそこに通じるお話だと思います。

21世紀は何の世紀になるのか

(杉山) 20世紀は物理学の世紀だと言いましたが、21世紀は何の世紀になるのでしょうか。

(益川) 2001年にある新聞社が科学者に対して行ったアンケート調査では、異口同音に「20世紀は物理学の時代であった」という答が返ってきました。実際に1901年のノーベル賞はレントゲンでした。X線はミクロの世界からやってきたシグナルで、ミクロの世界が分かり始めた時代だということです。そして、ハイゼンベルグ、シュレディンガーらによって、ミクロの世界の理論が打ち立てられました。その理論に基づいて、トランジスターも超伝導も超流動も理解できるようになりました。20世紀が物理学の世紀だというのは、物理屋だけではなく科学者みんなが思っています。

そして、21世紀は生命科学の世紀と言われるでしょう。

(杉山) 脳の働き、生命の仕組みなどが明らかにされるということですね。益川さんは、もしご自身が今、理学部に入ったばかりの大学生なら、何をされますか。

(益川) 生命基礎論のようなことをやっていたでしょうね。実際に大学院に入ったときに、友達と誘いあって脳科学の理論的な研究をやっていました。脳の意識がどのように生じるのかということに興味を持っていたのですが、解剖学をやっていないので、本を読んでもさっぱり分かりませんでした。医学部に入り直すべきでしたが、そこまでの情熱はなくて、素粒子論屋になりました。

(杉山) それに対する興味は未だにお持ちですか。

(益川) はい。うちには進化学の本が3メートルぐらい買ってあります。

(杉山) 益川さんは、本を冊数ではなくて高さで計るのですか。

(益川) 厚さです。暇ができれば初めから読んでやろうと思って構えているのですが、まだちょっと読めていません。

科学技術立国は可能か

(杉山) さて、最近の科学技術について伺いたいと思います。私が小さい時に見ていた「鉄腕アトム」、「鉄人28号」はみんな科学技術を礼賛したものでした。科学技術に対する信頼があって、科学技術中心の国だったように思います。バブル崩壊が一つの大きな契機であったと思うのですが、その後、日本経済が痛んだ所にアメリカ式の強欲資本主義が入ってきて、ものづくりより、お金儲けの方が大事だという風潮が非常に強くなってきました。

ソニーが不調に陥ったのは、ものづくりを止めて、映像のようなソフト部門に舵を切ったからではないかとも思えます。国は今でも日本は技術立国だと言っていますが、どうすればそこに戻ることができると思われますか。

(益川) 確かに流通の部分が非常に重要になったことは事実ですが、何かを作らなければ流通させることはできません。

(杉山) 中国で作ればいいと言われます。

(益川) 既製の物を買ってくるという立場はあるでしょうが、新しい物を発案して、それがどうすれば使いやすくなるかを考えるのは、やはり初めからやらなければ話にならないと思います。

(杉山) 日本は、どうすればもう一度原点に立ち戻ることができるでしょうか。

私は教育が果たす役割が非常に重要だと思います。もちろん初等教育が一番大切ですが、アンケートを取ると、小学生はみんな理科が大好きなのに、中学校・高校ではどんどん嫌いになって、高校での物理の履修率は2割を切っている悲惨な状況です。

(益川) 私はやはりあの複雑な入試のせいだと思います。結果だけが問われる中で、荒波にさらされたお子さんは、物理が嫌いになるのです。試験があることは仕方ありませんが、試験を易しくするのではなく、その仕組みをもっとシンプルにすべきです。そうすれば学生に余裕が生まれるのではないのでしょうか。

今から40年ほど前に、高校と大学の先生たちがソ連の教育を視察したそうです。ソ連も日本も教育の根底部分はそれほど違いませんでしたが、面白いのは課外活動で、数学クラブというものが紹介されています。そこでは高校生に、定幅曲線（どこで測っても、差渡しの幅が一定の図形）の周の長さが円と同じであるという証明をやらせていました。射影という考えが必要ですが、少しヒントを与えれば高校生でもできます。数学好きの子供は非常に興奮するでしょうね。日本でもそういう仕掛けを作ったらいいと思います。

そこで私が考えているのは、大学を定年退官した人を使うことです。コーヒー代とバス代を出せば、退官教授は喜んで教えに行くと思います。高校の先生もリフレッシュすることができますはずです。

(杉山) なるほど。科学館でやってもいいわけですね。個別にやっている例は私もいくつか知っています。東大を退官された化学の先生が、達人の先生が教えに来るNPO法人を作っていたり、京都では愛知大学の教授だった坂東昌子先生が中心になって、「あいんしゅたいん」というNPOが活動しています。皆さん、すごく生き生きと楽しそうにやっておられて、現役の私など羨ましいぐらいです。

これは、ぜひ皆さままで考えてみていただければと思います。コーヒー代と交通費くらいで喜んで来られるそうですから、社会教育だけではなく、子供の教育もやって、そこから技術に対する興味を深めていく。深い所まで研究した経験のある人が、その経験に基づいてやるということがポイントですね。

(益川) そうです。学校の先生にとっても、いろいろな原理的なところを、直に理解できる良い機会になるはずですよ。

科学技術の信頼について

(杉山) では、だんだん難しいテーマに入っていきますが、先ほど戦後日本の科学技術は信頼されていたと言いました。私も日本は科学技術と人でもっていると思っていますが、今回の震災以降、地震予知と原発の問題があって、そこが少しあいまいにというか、信頼が揺らいでいます。

地震予知については、以前から東大の地球物理学者のゲラー氏などは批判的でしたが、たくさんのお金が付くので、それをもらうために、予知をするとずっと言っている人が、一部の地球物理学者にいます。

実際に予知ができたか、できなかったのかということについて、この辺りできちんと検証した方がいいと思うのですが、地震予知についてはどうお考えですか。

(益川) そんなに単純なものではありません。破壊現象ですから非常に確率的なものです。これだけエネルギーが溜まったなら、何年ぐらいのうちに起きるだろうとは言えても、何時何分に起きるなどと言えるはずがありません。

(杉山) 宇宙で「ベテルギウスが超新星爆発を起こすだろう」とは言えても、明日なのか1000年後なのかは分からないというのと同じです。地震の予知はできないというのが益川さんのご意見ですね。

(益川) そうやってしまうのも間違いだと思います。研究していけば、確率的に10年以内の精度で言えるようになるのではないかと思います。

(杉山) 私は、それはスケールや間隔によると思います。1000年に一度の事象であれば、30年ぐらいの幅で決められるでしょうし、100年に一度なら10年ぐらいにできる。全くの素人ですが、そういうレベルでしか決まっていけないような気がします。

ただし、学問として、何が起こってきたかはしっかり検証する必要があります。京都大学の地球物理で地震を研究されていた尾池先生（京都大学前総長）は、「後付けならいくらでも説明できる」とおっしゃっていました。今回の地震の場所も、予想では確率0%としながらも、なぜそこで地震が起きていないのかについてはみんなが不思議に思っていたのだそうです。そして、実際に起きてみたら、やはりエネルギーが溜まっていたのだと。後付けならいくらでも説明できると。

しかし、そういうデータを溜めていくのは、学問としては重要なんでしょうね。

(益川) 原子力の話になりますが、「安全だ。安全だ」と言い過ぎです。原発を作るための立地を確保するのに、危険だと言ったら自治体が許してくれないという制約はありますが、危険

であることを告げなかったために、東海村では重大な臨界事故が起きてしまいました。ウランを溶解する行程で、労働者に危険であることを言っていなかったため、ウランを硫酸か何かで溶かしたものを、安全装置をスキップさせて彼らはステンレスバケツで流し込んでいたのです。やはりきちんと「あなた方は危険なことをやっているけれど、こういう点に気を付ければ安全です」と説明すべきなのです。

(杉山) 「君たちは安全だよ」としか言わず、ちゃんと教育してこなかったのですね。東電や動燃は「きちんと言うと、怖がって誰も引き受けてくれなくなる」と思っていたのでしょうか。

(益川) 原発を使わなければいけないという立場に立てば、コストをかけてでも説得しなければなりません。「安全性については、これだけの配慮をしています」と。

(杉山) 科学に基づいて安全性を確保すればいいのですが、日本は昔から「言霊」の国で、言っているうちに何となくそれを信じてしまう習性があり、「安全だ」と言われていると安全なような気がしてきます。

東電のホームページには、事故後もひと月ぐらいの間、「原子力発電所は、十分な配慮を払っているので津波に対して安全」と書いてあったと記憶しています。百歩譲って津波は1000年に一度だから備えはなくても仕方なかったかもしれませんが、電力が全部水に浸かる所にあったというのは何なのでしょう。シミュレーションというか、想像力が欠如しているような気がしています。「安全だ」と言っているうちに、東電側も自分で信じてしまったのではないのでしょうか。

(益川) 具体的にどんなことが起こったか知りませんから何も言えませんが、本当に使わなければいけないのであれば、それだけのことを配慮してやらなければならないでしょうし、「これだけの安全性を確保するためには、これだけコストがかかります。だから電気料金に上乗せしますが、それでもいいですか」と問い掛けるべきです。

ただし、電力問題、エネルギー問題はそれほど生易しい問題ではありません。300年たったら、化石燃料はなくなるのです。ピンチになったら必死に探しますから、500年ぐらまでは伸びるかもしれません。けれども、500年を大きくオーバーすることはないでしょう。われわれの子孫は、真っ暗な中で生活するのだろうかと考えると、原子力も騙し騙し使わなければならない物の一つであると私は思っています。

そのためには、まだ多少時間の余裕があるので、実験炉くらいは作って、安全性について十分研究する必要があります。どこかの首相のように「原子力は止めた」と言うだけの自由度が、われわれに残されているわけではないのです。

(杉山) そうですね。少しヒステリックになりすぎています。もう少し科学的見地に立って、

ちゃんと実証したうえでの議論が必要です。

ただ、専門家と呼ばれる人たちがことごとく信用を失っているので、後継者が育たないのではないかと思うと怖いんです。そうなれば、安全性も何もなくなるでしょう。

(益川) 1950年代の終わりから60年代の初めまでは原子力は花形産業で、良い学生が行きましたが、汚くて評判が悪いものになってしまうと良い学生が集まりません。これは非常に大きな問題です。

(杉山) だからこそ、もう少し冷静に議論して、研究というフィールドで何とかしてくれる人を育てなければならぬと私も思います。

原発関連でもう一つ伺います。原発事故の後、素粒子物理の関係の科学者がTwitterを使って結構発言しました。例えば、東京大学の早野龍五さんは、原子核の専門家として、放射能・放射線とは何か、リスクとはどういうことか、今何が起きているかといったことを科学者の立場で発信しました。このように、科学者が直接社会に向けて発信できるようになってきました。

ただ、専門家は必ず慎重な言い回しをします。一番いんちき臭いのは「絶対安全」という言葉です。絶対という言葉をつけると、絶対に嘘になりますよね。しかし、それを言わないと「ほとんど起きないけれど、可能性はある」といった言い方になるので、町の人たちの不安は解消されません。われわれ研究者は、科学を伝達する力、サイエンス・コミュニケーション・スキルを身に付けていく必要があります。研究者が、もっと博物館に勤めている方とコミュニケーションをとって、スキルを身に付けることが求められていると思っています。

(益川) 一般市民でも勉強されている方がいますから、そういう人たちと少数で会話することで、自分がまだ十分考えていない部分があることに気付くことがあります。

(杉山) なるほど。ただし、彼らにとってわれわれは権威になるので「つまらない質問をしてはいけない」と思わせない注意が必要です。その辺がちょっとまた難しい所です。

(益川) 科学館にいる学芸員の方たちの層を厚くすることも重要だと思います。

(杉山) 最近は、ボランティアで解説をなさっている方もおられます。

日本の将来はどうなるのか

(杉山) 残り時間がなくなってきました。最後に、日本という国が今後どうなっていくかという点について、考えてみたいと思います。

まず、科学技術に立脚した国で行くのか、別の方向を目指すのかということです。また、社会構造の面でも、終身雇用から派遣に切り替わって、将来を見出すことができなくなってきています。

実はわれわれの業界には、オーバードクター問題が何十年も前からあります。博士号取得後、何年も食えない時代が今でもあるのです。どんなに優秀な人でも、10年間も期限付きの不安定なポストを転々としていては、だんだん荒んできます。それはすごく辛いことです。その辛いことが日本という国中になってきているような気がします。

みんなが安心して働くことができ、今後どういう方向に伸びていくのか。これはすごく難しい問題ですが、その辺りについて何かお考えはありますか。

(益川) オーバードクター問題で僕が一番の大きい問題だと思っているのは、奨学金が結構充実していて40歳ぐらいまでは食いつないでいけるのですが、40歳になっても定職が無いという点です。これは非常に悲惨です。

(杉山) 確かにわれわれの分野ではそうなっています。問題にしたいのは、日本という国全体に派遣労働者という奨学金のような職が広がってきているということです。それで40歳になると悲惨です。どうしたらいいのでしょうか。ちょっと無茶振りですか。特効薬とまではいなくても、何かないのでしょうか。

(益川) 自由主義競争の中で起こっている現象なので、そういう制度を是認する限り、なくならないでしょう。何らかの形でセーフティーネットのようなものを作る改革が必要です。1985年ぐらいまで、日本は外国人に言わせると国家社会主義で、セーフティーネットが完備していました。

(杉山) 終身雇用というのは、まさにセーフティーネットそのものです。

(益川) それを小泉氏が出てきて、ぐちゃぐちゃにしてしまったのです。

(杉山) 私も全く同じ意見です。

(益川) このまま行けば、非常に悲惨なことになりますから、もう一度セーフティーネットについて、考え直す時期に来ているのではないかと思います。

(杉山) 資源のない日本は、科学技術と人でやっていく国ですから、そこを伸ばしていくしかありません。そのためには、初等教育、高等教育はもちろん、博物館や科学館の役割は非常に重要だと思います。

(益川) 2～3年前に私の母校である中学校を訪ねたところ、私たちのころには60人学級が8クラスあったのに、40人学級が3クラスになっていました。一つのクラスが教室を二つ使うなど、学校の環境も随分変わっているので、暇なお年寄りを活用するといったことなど、いろいろなことを考えられるキャパシティが生まれているように思います。

(杉山) なるほど。スペースにしても何にしても余裕があるので、その余裕を上手に使えということですね。分かりました。話はいくらでも出てくるのですが、時間になりましたので、今日のところはこのくらいにしたいと思います。