

特集 ノーベル賞受賞を生み出した背景 ～これからも我が国からノーベル賞受賞者を輩出するために～

平成27年は、平成26年に引き続き日本人がノーベル賞を受賞し、この快挙に日本中が沸き立った。10月5日にはノーベル生理学・医学賞が、数億の人々を感染症から救った薬を開発した大村智・北里大学特別荣誉教授に、そして、翌日の6日には、素粒子の世界で幽霊と言われていたニュートリノに質量があったことを発見した梶田隆章・東京大学宇宙線研究所長にノーベル物理学賞がそれぞれ贈られることが発表された。

本特集では、2015年ノーベル賞を受賞した研究の概要を紹介するとともに、過去の我が国のノーベル賞受賞者がどのようにしてノーベル賞受賞につながる研究成果を生み出したのか、その背景を考察することを通じて、今後の我が国の科学技術イノベーション政策に向けての示唆を得る¹。

1 2015年ノーベル賞受賞、そしてその成功への鍵

(1) 2015年ノーベル賞を受賞した研究の概要

2015年は我が国のお家芸と言えるノーベル生理学・医学賞とノーベル物理学賞を受賞した。ノーベル生理学・医学賞を受賞した大村氏は感染症の研究で偉大な足跡を残した北里柴三郎氏、野口英世氏の流れを汲む。ノーベル物理学賞を受賞した梶田氏は、2002（平成14年）年にノーベル物理学賞を受賞した小柴昌俊・東京大学特別荣誉教授の研究を更に発展させたものであり、我が国における素粒子物理学のノーベル賞受賞は梶田氏で7人目となる。

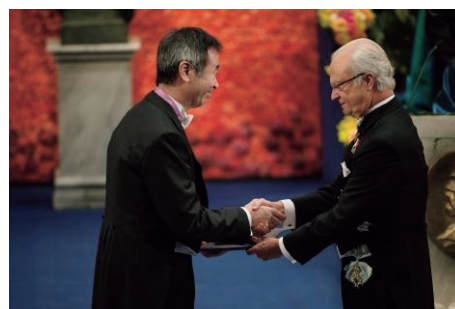
①大村氏の研究業績

大村氏とウィリアム・C・キャンベル・ドリュー大学名誉リサーチフェローの成果である治療薬「イベルメクチン」は長年、アフリカ及び中南米で人々を苦しめた寄生虫病の河川盲目症とリンパ系フィラリア症の特効薬である。河川盲目症は、ブユから感染する線虫によって引き起こされる感染症で、網膜で炎症が起きて視力が低下し、最悪の場合失明する。一方、リンパ系フィラリア症は蚊から感染する線虫によって引き起こされ、慢性的な腫脹^{しゅちやう}を起こし、生涯にわたり障害を起こす。ノーベル生理学・医学賞の授賞機関であるカロリンスカ研究所は、「この発見は、年間何億もの人々を苦しめ衰弱させる病気と戦う、強力で新たな手段を人類に与えるものであった。本



記者会見場で、キャンベル氏と握手する大村氏

提供：北里研究所



梶田氏のノーベル賞受賞式の様子

Copyright © Nobel Media AB 2015

Photo: Pi Frisk

¹ 本特集において、インタビューの実施、受賞者履歴の収集等に当たっては、科学技術・学術政策研究所（NISTEP）及び政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策研究センター（SciREXセンター）の協力を得ている（科学研究費補助金基盤研究C「ノーベル賞の分析による研究者の知的創造過程と研究振興政策の関係に関する実証研究」（研究課題番号24501092、研究代表者 赤池伸一）の助成を受けて実施）。

発見が、病気による苦しみを和らげ、人類の健康を向上させたことによる影響は計り知れない。」と、その功績を^{たた}称えている。

昭和38年、大村氏が助手として着任した山梨大学の研究室の研究テーマは、地元の特産品であるワインの醸造に関連するものであった。ワインは酵母という微生物のアルコール発酵によりつくられる。この研究室時代に、大村氏は微生物が持つ力のすばらしさに気付いた。大村氏のノーベル賞受賞へつながる研究成果は山梨大学での微生物との出会いから始まっている。

その後、北里研究所へ移り、昭和46年、米国のウエスレーヤン大学に客員教授として招へいされ、昭和48年に帰国した大村氏は、北里研究所に抗生物質室長として迎えられた。そこで、土壌に多く生息している微生物がつくる抗生物質の抗微生物活性の調査に精力的に取り組んだ。大村氏をはじめ研究室員は、常にカバンの中に小さなビニール袋とスプーンを入れておき、通勤時や出張時、様々な場所の土を採取しては、その土から微生物を分離し、抗微生物活性を調査した。研究は、留学時の恩師である、ウエスレーヤン大学のティシュラー教授から紹介された製薬会社Merck & Co., Inc., Kenilworth, N.J., U.S.A.社（米国とカナダ以外ではMSD社。以下、「MSD社」という。）との共同で実施した。MSD社の元研究所長であったティシュラー教授の後押しもあり、大村氏が所属する北里研究所は、MSD社と年間8万ドルを3年間提供するという契約を結ぶことができ、十分な資金を獲得することに成功した¹。

そして、昭和49年、大村氏は、静岡県伊東市のゴルフ場近くから採取した土壌の中に生息している微生物から、これまで知られていなかった放線菌を発見した。この放線菌は、大村氏と共同研究をしていたウィリアム・C・キャンベル氏により、抗寄生虫作用を持つ物質を産出していることが明らかにされた。MSD社の研究グループは、この微生物から抽出して単離した化学物質を「エバーメクチン」と名付けた。この「エバーメクチン」も寄生虫駆除に効果があったが、研究グループは、更に少量でも効き目のある化学物質を追い求め、「エバーメクチン」の分子構造の一部を変えた「イベルメクチン」を開発した。この「イベルメクチン」200マイクログラム1回を皮下注射した牛からは、寄生虫が99.6%駆除されるという劇的な効き目があった。「イベルメクチン」は、昭和56年、MSD社から「アイボメック」という商品名で、家畜の抗寄生虫薬として発売された。

当初、「イベルメクチン」は動物薬として使用されていたが、MSD社と世界保健機関(WHO)などが共同で、人間の疾病への効用がないか調査を始めた。そして、ついに、河川盲目症を引き起こす要因である線虫にも効果があることを突き止めた。1987年には、フランス政府から「メクチザン」をオンコセルカ症の治療と予防に使う許可を得た。同年から、WHOを介してMSD社の無償供与が始まった。

さらに、「イベルメクチン」は、リンパ系フィラリア症についても効果を示し、他剤との併用で予防と治療が可能であることが明らかになった。今日では、河川盲目症は2025年に、リンパ系フィ

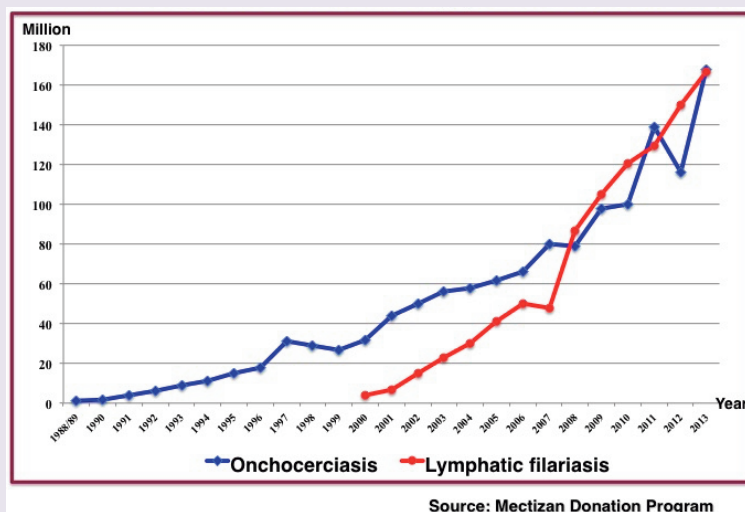


河川盲目症から救われた子供たちの歓迎を受ける大村氏
提供：大村智・北里大学特別栄誉教授

¹ 馬場鍊成著『大村智 2億人を病魔から守った化学者』（2012）中央公論新社

ラリア症は2020年に撲滅されると予測されている。

■ 図1 イベルメクチンの投与人数



提供：大村智・北里大学特別荣誉教授

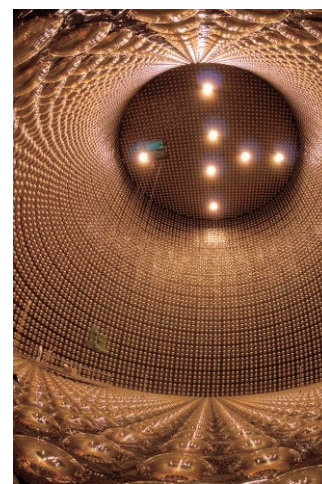
大村氏は、幼少期、小学校教師として忙しかった母の代わりに面倒を見てくれた祖母から、「とにかく人のためになることを考えなさい」と繰り返し諭されており、研究者になってからも、この言葉を忘れなかった。大村氏の研究は、まさに、世のため人のためになる、数億人を救う画期的な成果である。

② 梶田氏の研究業績

梶田氏は、昭和56年、埼玉大学理学部物理学科卒業後、素粒子研究を志し、東京大学大学院の小柴氏の研究室に入った。その後、すぐに、当時、小柴研究室で陽子崩壊¹実験の研究をしていた有坂氏に誘われ、カミオカンデによる実験の準備を行うことになった。

陽子崩壊が起きた際には、荷電粒子が発生し、その荷電粒子が水中を通る際、チェレンコフ光という非常に弱い光を放出する。カミオカンデの観測の仕組みは、このチェレンコフ光を3,000トンもの水を蓄えた大型の水槽タンクの内面に取り付けてある光電子増倍管で観測するというものである。光電子増倍管をどのように水中で固定するかなど、一つずつ課題を克服し、また、当時、東京大学理学部の助教教授であった戸塚洋二氏の助力もあり、ようやく、昭和58年にカミオカンデが完成した。

カミオカンデの当初の目的は、陽子崩壊により発生する非常に微かな光（チェレンコフ光）の



スーパーカミオカンデタンク内部の様子

提供：東京大学宇宙線研究所
神岡宇宙素粒子研究施設

¹ 原子核の構成要素の一つである陽子がプラスの電荷を帯びた素粒子である陽電子と光子などへ変化する現象。現在に至るまで、この崩壊現象は、理論的にはその存在が予想されているが、観測はされていない。

観測であった。しかし、データを取り続けた結果、陽子崩壊により発生するチェレンコフ光よりも微弱なチェレンコフ光を放出する太陽ニュートリノ¹と水との反応も、少し測定器を改良すれば観測が可能であることが分かった。これを踏まえ、小柴氏の提案により、カミオカンデの改良に踏み切った。昭和62年、大マゼラン星雲で超新星爆発²が起き、多量のニュートリノが地球に降り注いだ。この好機に、カミオカンデは11例のニュートリノ反応を捉えた。この成果で、小柴氏は、2002年にノーベル物理学賞を受賞している。

一方、梶田氏は、昭和61年、カミオカンデの観測データがもともと考えられていた理論値と合致しないことに気付き、ニュートリノが長距離を飛んでいる間に異なる型へと変身する「ニュートリノ振動」³が起きているのではないかと予想した。地球に届く宇宙線は、大気中の原子核と衝突して、ミューニュートリノと電子ニュートリノを生成するが、このうちミューニュートリノが飛んでくるまでの途中で別の型に変身しているのではないかという仮説である。ニュートリノ振動が起きていることは、ニュートリノに質量があることを意味する。これは、ニュートリノに質量がないという、素粒子物理学の当時の定説を覆すことになる。昭和63年、梶田氏らは、こうした主張を含む論文を発表したが、当時の研究者からは認められなかった。

カミオカンデでのニュートリノの観測頻度は何日かに一度という低い頻度であったため、梶田氏の仮説を実験で裏付けするためには、より多くのニュートリノを観測する必要があった。このためには、カミオカンデを大きくすることが必要であった。小柴氏の後を継いだ戸塚氏は、「実験物理学者はデータが命」がモットーであり、梶田氏の主張を支持し、カミオカンデの約10倍の大きさであるスーパーカミオカンデの建設を主導した。

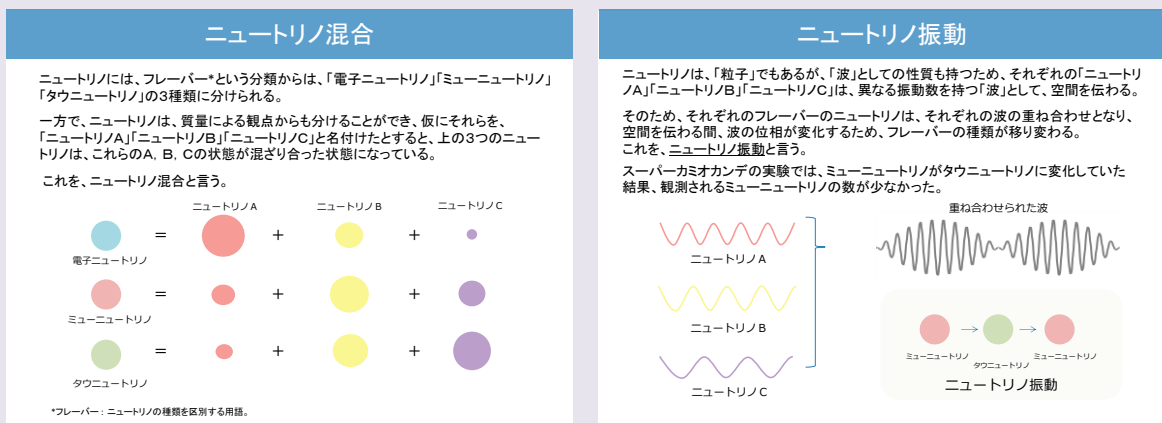
平成8年に完成したスーパーカミオカンデで、戸塚氏、梶田氏を筆頭に、100人を超える研究チームが24時間態勢で観測を行った。平成10年までデータを蓄積した結果、ついにニュートリノ振動が見えてきた。データを解析したところ、大気ニュートリノはあらゆる方向からほぼ均等に来るはずであるが、地球の裏側から来るミューニュートリノが予測の約半分と異常に少なかった。裏側から来るニュートリノは飛行距離が長いことを考えれば、これは、まさに、ニュートリノ振動が起きていることを示すものであった。このニュートリノ振動の決定的な証拠を、平成10年、ニュートリノ国際会議で梶田氏が発表した。この際の、会場から沸き上がった拍手は、まさにこの瞬間に偉大な発見が世の中に認められたことを意味していた。



スーパーカミオカンデ観測グループ
提供：東京大学宇宙線研究所
神岡宇宙素粒子研究施設

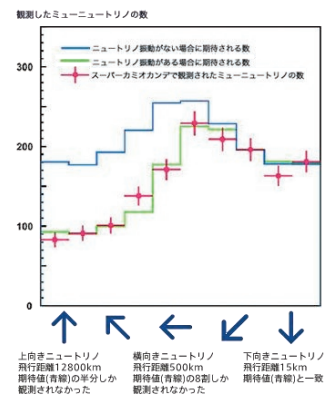
1 これ以上分けることができない基本粒子である素粒子の一つ。ニュートリノは、電子型、ミュー型、タウ型の3種類がある。
2 太陽の8倍以上の質量を持つ恒星が、その一生を終える時に起こす大爆発。超新星爆発の際には通常の星よりも明るい光を放つほか、多量のニュートリノやガンマ線が放出される。大マゼラン星雲は地球から約16万光年離れており、正確には約16万年前に発生した超新星爆発に伴うニュートリノを検出したということになる。
3 ニュートリノは、粒子であると同時に波としての性質を持つ。ニュートリノの質量は3種類に分けられ、それぞれ異なる振動数を持つ波として空間を伝播する。電子ニュートリノ、ミューニュートリノ、タウニュートリノは質量の決まった波の重ね合わせとなり、ニュートリノが空間を飛ぶ間に波の位相が変化し、電子型、ミュー型、タウ型のどれかに種類が移り変わる。

■図2 ニュートリノ混合とニュートリノ振動について



資料：文部科学省作成

ニュートリノをはじめとした素粒子は、宇宙が誕生した138億年前に誕生しており、ニュートリノの性質が分かれば宇宙の謎を解く上で重要な鍵となる。宇宙誕生時、物質と、物質と電荷が反対である反物質が同じ量生み出されたが、その後、反物質は消滅し、物質のみが残った。ニュートリノと反ニュートリノの間にはわずかな振動の違いがあるとされており、この振動の違いを解明することが、反物質が消滅した理由を解き明かす突破口となる可能性がある。この宇宙の謎に迫るためには、研究装置の高度化が必要と考えられている。



スーパーカミオカンデによる大気ニュートリノの観測結果

提供：東京大学宇宙線研究所
神岡宇宙素粒子研究施設

(2) 2015年ノーベル賞受賞につながった鍵

① 大村氏の成功の鍵

大村氏の研究を成功に導いた数々の要因の中で最も特徴的なものとして、研究のチームワークと「大村方式」が挙げられる。

まず、研究のチームワークについてであるが、大村氏が取り組んでいた研究は、抗生物質を産出している微生物を分離する人、抗生物質の構造決定をする人といったように、研究室員がそれぞれ役割を分担してチームで進めていくことが必要であった。大村氏は、チームワークを円滑にするために、リーダーとして共同体制で研究をうまく進めていく研究室の文化の醸成に注力した。具体的には、絶えず研究室員の仕事を観察し、その状況に応じて助言をすることを心掛けた。このようにリーダーが常に研究室員に気配りをし続けることにより、土壌から有用な物質を産出する微生物を見つけ出すという地道で根気のいる研究に、皆が一丸となって取り組む雰囲気醸成された。

また、大村氏は、博士号を取ることを当初考えていなかった研究室員に対しても、研究テーマを与え、やり方は自由に任せ、失敗を恐れずチャレンジさせた。その結果、目的を持って研究に取り組むようになり、実際に博士号を取った室員が複数輩出された。このように、一人ひとりの室員が目的を持って研究を行うと、研究室全体に活気が出てくる。大村氏はこの効果を狙っていた¹。

1 馬場鎌成『大村智 2億人を病魔から守った化学者』(2012) 中央公論新社

また、本研究は、MSD社との共同研究であったが、大村氏とMSD社との間のコーディネータとなった、MSD社のウッドラフ氏が、大村氏の研究室の運営方法を理解し、北里研究所とMSD社で、両者の強み¹を活かした役割分担体制を構築できたことも、成功の一つの鍵となっている。

次に「大村方式」についてであるが、これは、大学が産業界と連携して研究開発を行い、それも海外の企業と連携するという点で、当時としては珍しいだけでなく、画期的な取組であった。大村氏は、「人のためになることをする」がモットーであった。人の役に立つには、微生物由来の化学物質を発見し、単離し、構造決定するだけでは不十分であり、その成果が創薬という形で世に出ていかなければならなかった。大村氏による製薬企業との産学共同研究は、成果を世の人々に役立てるためにも必要なことであった。

「大村方式」は、具体的には、以下のような仕組みである。まず、研究所が企業から研究資金を得て、その研究費で研究して成果を出し特許を取得する。特許の専用実施権は企業に渡し、特許出願・維持経費は企業が負担する。研究成果は企業に提供されるため、企業はその成果を基にビジネスを展開し、その製品の売上高に応じてランニングロイヤリティを研究所に支払う。これにより、研究所（発明者）に資金が渡り、次の研究成果の創出につなげていくという知的創造サイクルが回るようになる。

大村氏は、MSD社との間で以下のような契約を結んでいる²。

- (i) 北里研究所とMSD社は、動物に適合する抗生物質、酵素阻害剤、及び汎用の抗生物質の研究・開発で協力関係を結ぶ。
- (ii) 北里研究所のスクリーニング及び化学物質の研究に対しMSD社は年間8万ドルを向こう3年間支払う。
- (iii) 研究成果として出てきた特許案件は、MSD社が排他的に権利を保持し二次的な特許権利についても保持する。
- (iv) ただし、MSD社が特許を必要としなくなり北里研究所が必要とする場合は、MSD社はその権利を放棄する。
- (v) 特許による製品販売が実現した場合は、正味の売上高に対し世界の一般的な特許ロイヤリティ・レートでMSD社は北里研究所にロイヤリティを支払う。

MSD社は、大村氏が発見した「エバーメクチン」を改良した「イベルメクチン」を動物薬として売り出したところ、ヒット商品となり、動物薬として世界一位の売上げを上げた。また、北里研究所は、特許ロイヤリティとして、多い年には年間約15億円のロイヤリティ収入を得ることができた。大村氏はこのロイヤリティ収入により、研究環境を整備し、当時、放線菌の遺伝子解析で3年ほど先行していたイギリス勢に追いつき、エバーメクチンを構成している放線菌³のゲノムの99.5%を解読するという快挙を成し遂げた。さらに、このロイヤリティで、研究拠点として、また、社会への貢献を目指して、埼玉県北本市に440床の病院を建設した。

1 大村氏のグループは、菌の分析技術、構造決定に確かな技術があり、企業は、安全性試験や一連の開発研究に豊富な実績があり、特許戦略も優れていた。

2 北里研究所とMSD社との契約内容については、馬場錬成『大村智 2億人を病魔から守った化学者』（2012）中央公論新社より抜粋。

3 ストレプトミセス・アベルメクニニウス

② 梶田氏の成功の鍵

(i) 政府の大型プロジェクトへの支援

梶田氏の研究成果はスーパーカミオカンデという大型観測施設で生まれた。スーパーカミオカンデによるニュートリノ研究は、国として推進すべき大型プロジェクトの一つとして、平成3年度から平成7年度にかけて、約104億円を投じて建設された。

昨今、梶田氏の研究のような大型プロジェクトが世界各国で推進され、数十年も前に理論研究において提唱された説が実際の実験で確かめられるなど画期的な成果が創出されている。例えば、2013年のノーベル物理学賞はヒッグス粒子を予言した2名に与えられた。欧州原子核研究機構（CERN）の大型ハドロン衝突型加速器（LHC）を使った実験結果により、ヒッグス粒子の存在が確かめられたのは、予言から約50年後のことだった。また、100年前にアインシュタイン博士が予想した重力波の存在について、2016年2月、米国のレーザー干渉計重力波天文台（LIGO）の実験結果の発表で、その存在が確かめられたのは記憶に新しい。

一方、梶田氏の研究成果は、スーパーカミオカンデによる実際の計測結果により、理論的研究に基づく物理学の標準理論において提唱されていた、ニュートリノには質量がないという定説を覆したという意味で、実験が理論の再検証を促すという、画期的な成果であった。

このように、物理学分野の大型プロジェクトは、理論研究と実験による検証という表裏一体の取組により研究成果が創出される。しかしながら、このような大型プロジェクトの推進に当たり、長期間にわたって多額の投資を必要とするため、近年の厳しい財政状況の下で円滑に推進していくことが課題となっている。

このため、研究者コミュニティはもとより、社会や国民の幅広い支持を得ていくことが必要である。研究成果をより分かりやすく国民に説明し、理解を得ていくため、スーパーカミオカンデを擁する東京大学宇宙線研究所では、地元自治体と協力した実験施設見学が可能なイベントの開催、道の駅「宙^{スカイ}ドーム神岡」や日本科学未来館などの現地施設以外での一般向け展示等の取組等を行っている。また、スーパーサイエンスハイスクール（SSH）指定校の中高校生への見学・講義を実施するとともに、「5分でわかる！ニュートリノのひみつ」など、子供でも分かりやすいパンフレットを作成し、研究成果の分かりやすい発信を積極的に行っている。高エネルギー加速器研究機構（KEK）では「カソクキッズ」という連載科学漫画を作成したり、定期的に施設を開放したり、アウトリーチ活動に熱心に取り組んでいる。

(ii) 共同利用・共同研究体制による研究の推進

梶田氏の研究成果が生まれたスーパーカミオカンデによるニュートリノ研究は、共同利用・共同研究体制により実施されてきた。このシステムは、我が国が独自に発展させてきた仕組みであり、その機能は、a) 関連研究者で大型の研究装置を共同で開発し（改良・機能向上も含む）利用すること、b) 個別の大学では収集・保管等が困難な大量の研究資料やデータを収集・整備し、関連研究者で共同利用すること、c) 関連研究分野の発展に資する共同研究や研究集会を組織し研究者の交流を図ることなど、研究分野の性格等に応じ多様であるが、総じて研究者の知を結集させ、研究者コミュニティの意向を踏まえて共同で研究を推進している点がその特徴である。スーパーカミオカンデによるニュートリノ研究においても、大学院生などの若手研究者を含む多くの研究機関・研究者がその知を結集させ、研究装置の開発・改良やデータ収集・整備等に参画し、梶田氏の研究成果の創出に大きく貢献してきた。

(iii) 我が国の民間企業の技術力

梶田氏の研究には、電子産業向けに実績が豊富な超純水製造装置を製作したオルガノ株式会社、また、感度が高い光電子増倍管を作成した浜松ホトニクス株式会社（以下、「浜松ホトニクス」という）の功績が大きい。

スーパーカミオカンデに設置されている浜松ホトニクスが製作した光電子増倍管は、直径50 cmを超える極めて大きいもので、このような機器を開発できるのは世界中でも浜松ホトニクスだけである。浜松ホトニクスは、カミオカンデ建設の際は小柴氏、そして、スーパーカミオカンデ建設の際は梶田氏が求める高い要求性能に対して、時には、研究所の研究者と徹底的に議論しつつ、技術力を駆使して応えた¹。

また、先述したヒッグス粒子の解明に貢献したLHCにおいても、加速器を構成する電磁石コイルの超電導線材に古河電気工業株式会社の超電導ケーブルが使われていたり、前述の浜松ホトニクスがシリコン検出器を開発したりするなど、最先端の大型研究施設の開発に貢献している。このような高い技術力を持った企業群が日本に存在することは、世界最先端の研究を実施する研究機関にとって極めて大きい価値がある。

このような大型研究施設は建設後も定期的なメンテナンスや様々な改造、精度の向上などが不可欠であるが、これらの技術開発を担える高度な技術を持つ企業が日本に存在することは、機動的な研究活動を行うに当たって極めて重要である。スーパーカミオカンデは、平成13年に光電子増倍管の約半数が破損するという大事故に見舞われたが、1年足らずで施設を復旧させることができたのは、浜松ホトニクスという企業が我が国にあり、スーパーカミオカンデ実験グループと密な連携ができたことによるものである。



光電子増倍管

提供：東京大学宇宙線研究所
神岡宇宙素粒子研究施設

¹ 七丈直弘、村田純一、赤池伸一、小笠原敦「浜松ホトニクスにおける研究開発力の源泉」(2013) 一橋ビジネスレビュー (東洋経済新報社)

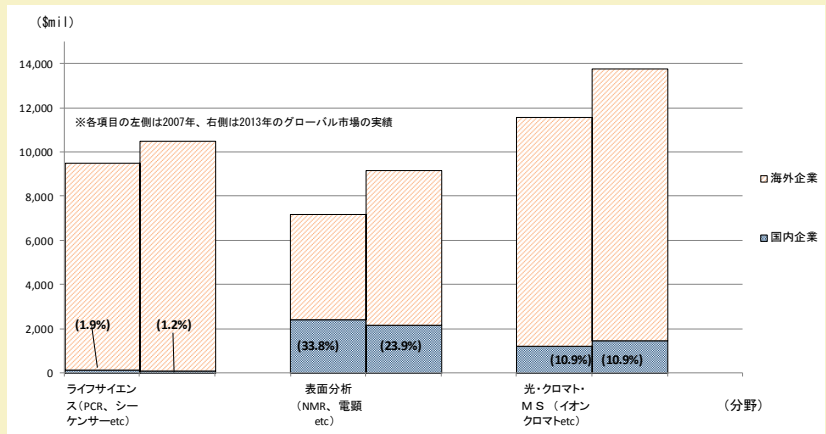
コラム
特-1

科学技術を支える計測分析機器

梶田氏と大村氏のノーベル賞受賞は、それぞれチェレンコフ光の詳細なパターンを測定して電子とミュオン¹の識別を可能とする高性能な光電子増倍管の開発、日本に当時少なかった核磁気共鳴装置（以下NMR装置²）の活用といった、高い計測分析技術なくしては成し得ないものであった。

21世紀に入り、計測分析技術に関連するノーベル賞は、計測分析技術自体を受賞理由としたものに限っても、自然科学分野で田中耕一島津製作所シニアフェローをはじめ、6つのテーマで受賞しており、まさに計測は「科学の母」(Mother of Science) と言っても過言ではなく、計測分析技術は科学技術力の一翼を担っている。

他方で産業という面を目指すとなると、計測分析機器の日本のシェアは、機器によるばらつきが大きく、産業の基盤とも言える計測技術の国際競争力は分野によって低いものがある。図では、計測分析機器の平成19年と平成25年の分野別世界市場の規模、及び我が国の国内企業が占める割合を表している。我が国の計測分析機器の競争力は応用分野による差が大きい。総じて、材料解析分野で強く、ライフサイエンス分野で弱いという特徴がある。図では、ライフサイエンス分野



計測分析機器における我が国企業の世界市場の実績

資料：SDI Global Assessment Report (2014年版, 2009年版) を基に文部科学省作成

は2%にも満たない。表面分析関連装置は約30%のシェアとなっているが、光学顕微鏡（平成25年シェア33%）や電子顕微鏡（同29%）に比べると大きく、例えば、大村氏の研究で活用されたNMR装置については、日本が世界に占めるシェアはわずか7.0%（2013年）である。

産業技術総合研究所の報告書「日本分析機器産業の競争力強化について」（平成23年公表）では、分析機器が普及し、新たな技術が研究者や技術者に受け入れられるには10-20年規模のタイムスケールが必要であるため、新製品の採算が取れるようになるまでに3年程度しか待てないと言われていた我が国では、その死の谷を企業が乗り越えるのは難しい、と我が国の計測分析機器の現状を分析している。また、科学技術振興機構の調査報告書「計測技術に関する研究開発動向」（平成25年公表）、「俯瞰ワークショップ報告書ーナノ計測技術領域分科会ー」（平成26年公表）では、計測機器の多くは、海外企業の製品が国際標準となっているものの、我が国の要素技術は優れているものも多く、今後、要素技術をシステム化して国際標準を目指すために産学官連携を推し進めること、そして開発の初期段階から異なるステークホルダー間がコミュニケーションを取りながら連携して取り組む環境が必要であると指摘されている。

第5期基本計画でも、計測分析技術は、研究開発活動を支える共通基盤技術と位置付けられている。今後の共通基盤技術の維持・高度化のため、我が国の優れた技術を産業化につなげていくことができるよう、計測分析機器に関して継続した技術開発が行えるよう、国が関与した長期的な支援体制が鍵となる。

1 岩盤1kmでも透過するような非常に高い透過力を持つ素粒子で、大気上層部で生成され、1cm²当たりの面積を1分間に約1個の割合で、常に地上に降り注いでいる。
2 原子核が強い磁場の影響で特定のエネルギーの電磁波を吸収する現象（核磁気共鳴：NMR）を検出し、分子を構成する原子一個一個を分離して観測する高性能装置。大村氏は東京理科大学大学院に進学した当時、国内では少なかったNMR装置は国内の大学にはなく、唯一稼働していた東京工業試験場の装置を使って、有機化合物の構造を決定する研究を積み、この技術習得が研究人生を大きく支えた。

コラム 特-2

大村氏へのインタビューを通して

- 科学者、研究者の道を志されたきっかけは何だったのでしょうか？
- ◇ 英語や国語よりも理科の方が好きでしたが、それよりも「人のためになることをやりなさい」という祖母の教えの影響が大きかったと思います。高校時代になって「科学がよいな」と思うようになったので、大学は山梨大学の学芸学部自然科学学科に入ることにしました。当時、山梨大学にマイスター制度というのがあって、学年に関係なく、1年生のうちから好きな実験を助手や卒業研究をしている4年生と一緒に自由にできたのが非常に良かったです。



大村智・北里大学特別栄誉教授
提供：北里研究所

- 子供の理科離れが指摘されています。
- ◇ いきなり大学で素粒子に興味を持と言っても無理で、小学生くらいからサイエンスに興味を持たせる教育が必要です。スーパーサイエンスハイスクールは良い事業ですが、小学校、中学校でも同じような取組が必要ではないでしょうか。そのためには、理科に良い先生が必要です。理科の教員は給料を1割アップして優秀な人材を確保するなどすればよいのではないのでしょうか。私は、山梨科学アカデミーという公益社団法人をつくって、20年前から「未来の科学者訪問セミナー」で山梨県ゆかりの研究者が県内の小・中・高校を訪問するセミナーを行っていて、ニーズが高く、今では年に30校も訪問しています。私が子供の頃は、父親と夜、川にウナギを捕りに行きましたが、そのときに「ウナギは太平洋から上ってくるんだ」と教えられ、「どうして海のない山梨に？」と疑問に思いました。そういうことがサイエンスの始まりで、今の子供たちにもそんな体験が大事だと思います。



山梨科学アカデミー
提供：大村智・北里大学特別栄誉教授

- 山梨大学で学ばれたことが、その後の研究者生活にどのように影響したのでしょうか？
- ◇ 山梨大学は、戦後に師範学校から地方国立大学になりました。初代の学長の方針もあり、地方の特色ある産業振興に貢献しようということで、発酵生産学科を置いたり、名産の水晶の関係で人工水晶の研究を手がけたり、非常に特色のある大学でした。また、先生方も、教科書の内容を板書して終わりというのではなく、「おいしいワインをつくろう」とか「水晶の結晶を大きくしよう」とかチャンレンジ精神にあふれていました。そのような意味で、研究も一極集中では駄目で、いろいろな地方からバリエーションに富んだいろいろな研究の芽が出てくるという環境を国がつくってあげることが重要だと思います。
- 博士課程志望者が減っているなどの問題も指摘されていますが、若手研究者の育成についてどのようなお考えをお持ちでしょうか？
- ◇ 本当に興味のある、やりたい研究をやらせることが大事です。もちろん、研究室に入ってきたときに基礎的な指導はしますが、指導教官と同じことをしていたり、下働きをしたりしては指導教官を越えられません。ある程度のところからは、自発的に研究したいことをやらせないといけません。少なくとも准教授くらいになったら、教授の下の仕事をしているようではいけません。指導教官は、研究資金の確保や海外留学先の紹介等の環境整備などである時期まではしっかり守ってあげることも必要ですが、切替えるタイミングを間違えるといけません。
- 若手研究者の内向き志向が指摘されますが、何が原因とお考えでしょうか？
- ◇ 若手研究者の内向き志向の原因は、初等中等教育段階にあるのではないかと思います。小さい頃からチャレンジ精神や自分の志を持たせるような教育をしていないと、大学に入っていくなりそれを求めても難しいです。また、私の経験で言えば、海外の研究者との交流というのは非常に大事だと思います。自分とはとにかく、学会で会っただけの相手とも手紙やカードの交換を続ける等、海外の研究者との一期一会の付き合いを大事にしてみました。それで、幅広い海外の研究者のネットワークが持てましたし、それを使って研究室の学生の留学先の面倒を見てあげています。もちろん、英語で論文を書く能力も重要で、査読やトレーニングのための専任のスタッフをつけています。

- 任期付きのポストが増えてきたことで、若手研究者の身分が不安定になり、研究に打ち込めないなどの悪影響が出ているとの指摘もあります。
- ◇ 私の研究室では幸いみんなよいポストを見つけられているので余り考えたことはありませんが、ポストク制度がうまくいっていないということはあるかもしれません。自分は国の制度ができる前からポストクを研究室に採用してきましたが、企業と大学の双方に問題があると思います。企業は、相変わらず博士修了者だと採用したがるが、学生は学生で博士になると何か偉い研究者になったと思って、企業の発展に貢献しようという心構えがなかなか持てないようです。

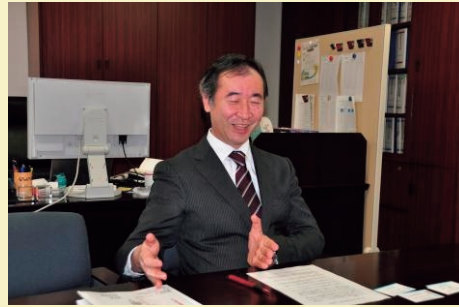
- 本格的な産学連携を進める必要性が指摘されていますが、「産学連携の先駆け」とも言える先生は、現状をどのように見ておられるでしょうか？
- ◇ ウエスレーヤン大学でお世話になった、MSD社の元研究所長のティシュラー教授がいるから、MSD社と共同研究ができるかもしれないと最初から考えて決めただけではありません。実は、北里研究所からは、NIH等との共同研究を模索してほしいと言われていましたが、NIH等を回っているうちに、実学的研究をするには企業との共同研究の方が良いだろうと考えるようになり、また、ティシュラー教授がMSD社と話をしてくれて、結果としてMSD社と共同研究をすることになりました。自分の経験からして、ただ漠然と産学連携をしましょう、何かを一緒にやりましょうというのでは駄目で、大学側は企業が必要とする具体的なもの、言い換えれば「ウリ」を示して売り込まなければ駄目です。私の場合は、北里の微生物研究は非常に強い、こういう人材がいる、これもできる、ということをはっきりと示すことができたのでうまくいきました。

- 先生は「研究を経営する」とよくおっしゃっておられますがどのような意味でしょうか？
- ◇ そもそも企業から研究費を受ける以上、それに見合う研究をしなければならないと考えていました。産学連携をやっていく上で、大学、企業がそれぞれ持っているものを持ち寄って、足りなければ議論しながらお互いに埋めていかなければならない。そのような意味で研究者も「経営者」であり、経営的なセンスが必要です。また、「経営」には「人材育成」という意味もあります。産学連携の研究の項目をはっきりさせて、アイデアを出して、共同研究で得た資金を使って若手のポストを用意したり、海外に送り出したたりして人材を育成し、そして得られたものを社会に還元する。このようなサイクルがきちんとできれば世の中からお金も入ってくるし、人も育ってくるのです。

コラム 特-3

梶田氏へのインタビューを通して

- 科学者、研究者の道を志されたきっかけは何だったのでしょうか？
- ◇ 余りはっきりとしたことは言えませんが、高校時代に物理学の「シンプルに物事を理解していくという学問」という部分に興味を持ったことは覚えています。また、入っていた弓道部の顧問の先生が、大学院を出られた理科の先生で、もともと、物理が専門だった、ということも大きかったかもしれません。また、私の場合、国語の成績が悪かったことなどもあり、消去法的に自然科学系に進もうということになりました。



梶田隆章 東京大学宇宙線研究所長
提供：文部科学省

- 子供の理科離れが指摘されています。
- ◇ 高校生以下の子供たちと直接に接触するのは、埼玉県立川越高校のスーパーサイエンスハイスクールでの年2回だけなので余り詳しいことは分かりませんが、スーパーサイエンスハイスクールのような取組は、余り対象を絞りすぎず裾野を広く行った方が良いと思います。例えば、宇宙線研究所の教員の出身校を見ても、いろいろな所から来ています。アジア諸国では、早い段階からエリートを選抜して、選ばれなかったらそこで終わりというやり方ですが、日本の良い所はいろいろな段階でリカバリーできる場所ではないでしょうか。
同じような意味で、日本全国にきちんと国立大学があって、そういうところで学部教育を受けた人が、例えば大学院では東大に来るといような、広がりのあるパスがあることは日本に残された数少ない強みだと思います。
- 埼玉大学を卒業後、東京大学で素粒子研究の道を進もうと考えられたのはなぜでしょうか？
- ◇ 大学院で素粒子、宇宙線研究に進むことは大学院を受験する段階で、自分で考えて決めました。また、自分の性分から理論系は向いていないと思いましたので理論系ではなく実験系に進むことを選びました。
- 博士課程志望者が減っているなどの問題も指摘されていますが、若手研究者の育成についてどのような考えをお持ちでしょうか？
- ◇ 私の場合、純粋に大学院で物理学の研究をしたかったので、将来のポストや経済的不安のことは余り考えませんでした。日本の科学技術力強化のためには、大学院生への支援を含め、若手へのきちんとした支援がカギです。今の大学院生への支援は全く不十分です。いろいろな支援をするプログラムはあっても年限が決まっていて、タイミングで恩恵を受けられる人とそうでない人の運不運が大きいように思います。
- 若手研究者の内向き志向が指摘されますが、何が原因とお考えでしょうか？
- ◇ 宇宙線研究所でも博士課程で留学する人はほとんどいませんが、相当多くの人がポスドクの後には外国へ行きますし、外国に研究の拠点があるような研究では割と気楽に海外に行っていますので余り意識したことはありません。一般的に言えば、博士課程からポスドク、助教の間に海外留学すればよいと思いますが、最近は大学に余裕がなくなっているので助教等のポストに就いた後で留学するのは難しくなっているかもしれません。また、以前は、今のようにいろいろなポスドクのポストがなかったので、取りあえず海外に行って、そこで戻ってこられるポストを待つというようなこともありました。逆に今は、取りあえずのポスドクのポストはいろいろあるけれどその後が大変厳しいという状況だと思います。
ただ、今日でも外国には出るべきだと思います。国際的なネットワークづくりは、国際的な科学の世界では大変重要ですが、日本はまだ立ち後れていると思います。また、同じことをしていても、違う場所で違うカルチャーの中で研究をすることで、いろいろなものを吸収して幅を広げることができると思います。

- 任期付きのポストが増えてきたことで、若手研究者の身分が不安定になり、研究に打ち込めないなどの悪影響が出ているとの指摘もあります。
- ◇ この問題は本当に改善する必要があると思います。東大でも2000年以降、博士課程への進学率は減少しています。若手が定職に就くのが難しくなっているのを学生もよく分かっています。これは日本の科学技術の未来を考える上でも深刻な問題です。ノーベル賞を取るような研究をするためにはやはり身分が安定している必要があります。任期付きで、その間にいかに論文の数を稼ぐかというような環境ではノーベル賞につながるような研究に打ち込むことは難しいです。自分の場合も、最初の2年間の任期付きの後、任期なしのポストについてからじっくりと研究をすることができました。いろいろな小手先の改善では駄目で、若手研究者の安定的ポストの確保が最も重要です。
また、若手に限らず、研究者が様々な業務で多忙・余裕がなくなり、研究に使える時間が減っていることは何をもってしても補えない問題です。
- スーパーカミオカンデのような大規模な観測・実験施設が我が国にあったということは、先生の研究上も大きく影響したのでしょうか？
- ◇ スーパーカミオカンデについて言えば、ホスト国として日本が主体的に観測・研究を推進し、それが国際的に認知されたということは大きかったと思います。他方、少なくともある分野では、必要な施設の規模がどんどん大きくなり、一国で持つのは無理なので、国際協力で作らなければならないというのは世界の科学の流れでもあります。どのような施設が自前で国内に必要かについては、やはり分野によっても違ってくると思います。
- ポスドクのキャリアの複線化についてどのようにお考えでしょうか？
- ◇ いろいろなキャリアパスがあるということ、社会が若い人たちにきちんと伝えていくことが必要だと思います。ポスドクから研究者を志し、30歳台半ば過ぎて、大体40歳過ぎまで頑張っておきらめるというケースが多いのですが、社会としてそのような人を切り捨てない、そのような社会に変えていく必要があるとも思います。日本では、若手は採用するが40歳過ぎたら無理というところがありますが、難しくともここを社会として変えていけるかが重要です。

2 これまでの日本人ノーベル賞受賞者を振り返って

(1) ノーベル賞とは

ノーベル賞はダイナマイトの発明者であるアルフレッド・ノーベル氏の遺言に基づき創設された賞であり、当初は、物理学賞、化学賞、生理学・医学賞、文学賞及び平和賞から構成されていた。1969年より経済学賞が追加されたが、同賞は、ノーベルの遺言に基づく賞ではない。

1901年から2015年の間、573項目に対して、900の個人と団体¹がノーベル賞を受賞している。受賞者を見ると、女性の受賞者数は48名、受賞の平均年齢は59歳、最年少の受賞者は17歳、最高齢の受賞者は90歳²となっている。それぞれの賞の対象は次のとおりである。

物理学：最も重要な発見又は発明をした者

化学：最も重要な発見又は改良を成し遂げた者

生理学・医学：最も重要な発見を成し遂げた者

文学：理想主義的傾向にあって最も優れた作品を創作した者

平和：国家間の友好、常備軍の廃止又は削減、平和会議の開催や促進のために最上、最善の活動をした者

ノーベル賞の選考や授賞は、物理学賞、化学賞及び経済学賞はスウェーデン王立科学アカデミーが、生理学・医学賞はカロリンスカ研究所が、文学賞はスウェーデン・アカデミー、平和賞はノルウェー・ノーベル委員会が行っている。自然科学関係の3賞では、授賞機関は世界中の主要な

1 ノーベル平和賞は団体も受賞可能

2 ノーベル賞公式ホームページより

研究機関や大学等に数千通の次年度候補者の推薦依頼を発送し、これを取りまとめて絞り込み、10月に受賞者を発表する。なお、推薦を受けていない者は受賞することはできない。また、ノーベルの命日である12月10日にノーベル賞の授賞式が行われ、前後はノーベル・ウィークとして各種講演会や晩餐会等のイベントが開催される。

本項では特に、物理学、化学及び生理学・医学の自然科学3賞の受賞者について取り上げることとしたい。

コラム 特-4

ノーベル経済学賞

1960年代末、スウェーデンの中央銀行が、経済学の重要性を認識し、ノーベル賞に経済学賞を新設することをスウェーデン科学アカデミーに提案し了承された。ノーベル経済学賞の正式な名称は、「アルフレッド・ノーベル記念経済学スウェーデン銀行賞」である。1969年の第1回以来、2015年まで75名が受賞しており、そのうち、52名が米国、8名が英国から輩出されており、ほとんどを西欧先進諸国が占めており、アジア人で最初にして唯一のノーベル経済学賞受賞者は、1998年受賞のインド出身のアマルティア・セン氏¹である。分野で見ると、マクロ経済学で9名、計量経済学で8名受賞しているほか、1990年以降の傾向としては、金融経済学で8名、ゲーム理論で8名、情報の経済学で5名の受賞者が輩出されている²。

最近の経済学は、他分野との融合も進みつつある。標準的経済学では、「ホモエコミカス（経済人）」という、常に合理的に行動して自分の利益を追求するために最善の手段を取る人という理想化された人を前提として理論が組み立てられていた。しかし、実際は、人には感情があり、複雑な行動をとる面も考慮する必要がある³。2002年にノーベル経済学賞を受賞したプリンストン大学の心理学者ダニエル・カーネマンは、「人間の意思決定がいかにして標準的な経済理論の予測から系統的に離れ得るか」を実証している。標準的経済学では、利得と損失は等価であると考えられているが、例えば、人間はあるものを手に入れることの喜びよりもそれと同じ程度のもを失うことの方により強い反応を起こすことなどを示すなど、経済学と心理学を融合させた研究を行った例もある。

また、ノーベル賞受賞者はアカデミアのみならず政府や国際機関の経済政策にも大きく貢献している。例えば、2001年にノーベル経済学賞を受賞したジョセフ・E・スティグリッツは、米国大統領経済諮問委員会委員長を務め、2008年にノーベル経済学賞を受賞したポール・クルーグマンは、米国大統領経済諮問委員会委員、世界銀行の経済コンサルタントなどを務めていた。

第5期基本計画においても、「我が国発のイノベーションの創出に向けて、各主体が持つ力を最大限発揮できる仕組みを人文社会科学及び自然科学のあらゆる分野の参画の下で構築していくことで、我が国を『世界で最もイノベーションに適した国』となるよう導いていく。」とされており、国として、経済学をはじめとする人文社会科学の研究水準の向上や世界的な研究者ネットワークへの参加、多様な場での貢献に向け、引き続き、人文社会科学振興のために必要な支援を行っていくことが重要である。

(2) ノーベル賞受賞者の変遷

① 国籍別受賞者の推移

ノーベル賞の自然科学3賞の受賞者の国籍の歴史的推移をみると、1901年から1990年にかけては、米国、欧州出身の受賞者数が拮抗している。1991年から2000年は、米国が優勢であった。そして、今世紀に入ってから、日本人の自然科学系のノーベル賞受賞者数は米国に次いで2番目に多くなっている（表1）。

1 アマルティア・セン氏は現在、ハーバード大学教授

2 分野ごとのノーベル賞受賞者数についてはノーベル賞公式ホームページ（www.nobelprize.org）を参照（再掲有り）

3 友野典男著『行動経済学 経済は「感情」で動いている』（2006）光文社新書

■表1 国別のノーベル賞（自然科学系）受賞者数

	1901－1990年	1991－2000年	2001－2015年	合計
米国	156	39	55	250
英国	65	3	10	78
ドイツ	58	5	6	69
フランス	22	3	6	31
日本	5	1	15	21

(注1) ノーベル財団の発表等に基づき、文部科学省において、試行的に取りまとめている。

(注2) 日本人受賞者のうち、2008年物理学賞受賞の南部陽一郎博士、2014年物理学賞受賞の申村修二博士は、米国籍で受賞している。

(注3) 日本人以外は、ノーベル財団が発表している受賞時の国籍（二重国籍者は出生国）でカウントし、それらが不明な場合等は、受賞時の主な活動拠点国でカウントしている。

資料：文部科学省作成

■表2 我が国のノーベル賞受賞者（自然科学系）

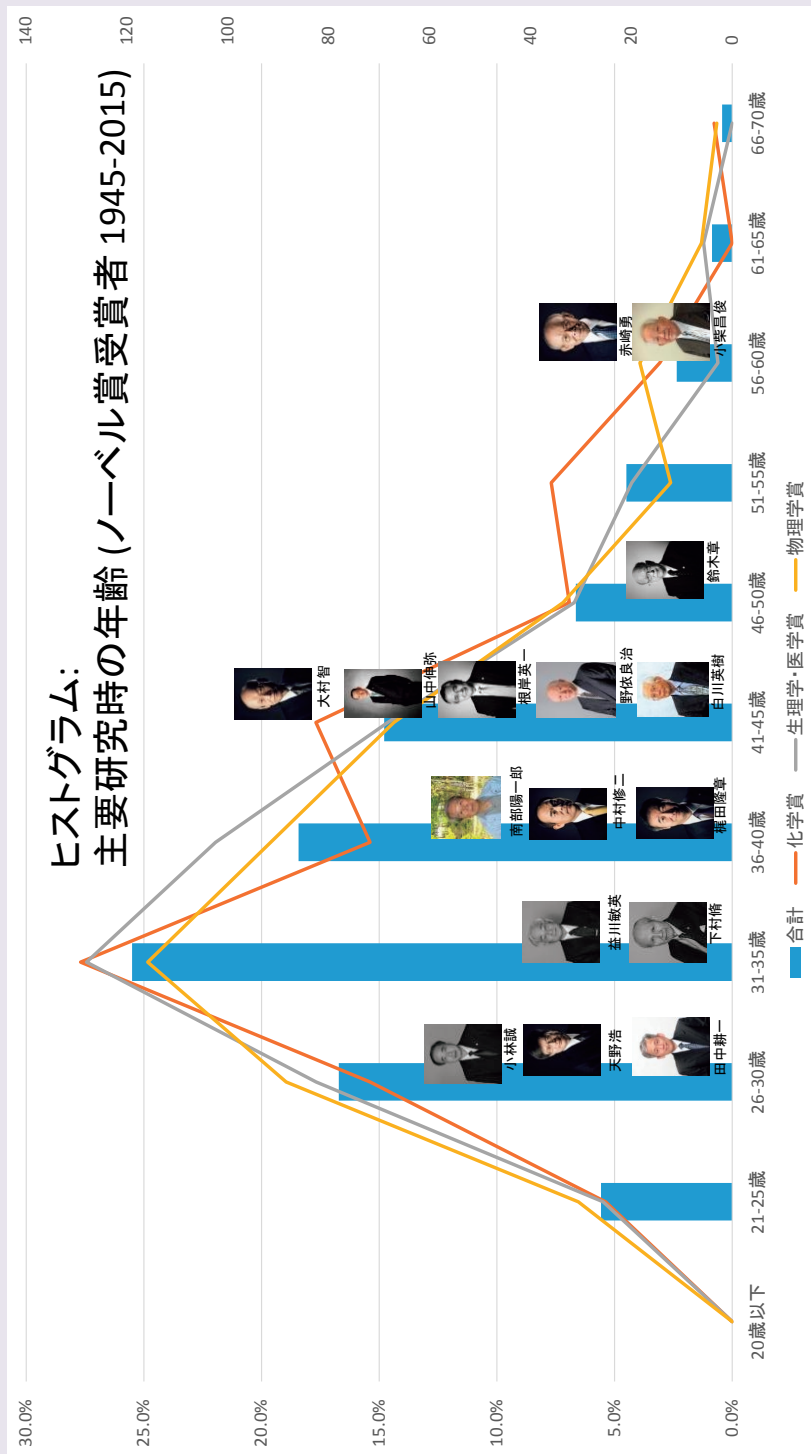
受賞年	氏名(受賞時年齢)	受賞につながる研究をした年齢	部門	対象研究
1949	湯川 秀樹(42)	27歳	物理学賞	核力の理論的研究に基づく中間子の存在の予想
1965	朝永 振一郎(59)	41歳	物理学賞	量子電磁力学の分野における基礎研究と素粒子物理学についての深い結論
1973	江崎 玲於奈(48)	32歳	物理学賞	半導体内および超伝導体内の各々におけるトンネル効果の実験的発見
1981	福井 謙一(63)	34歳	化学賞	化学反応過程の理論的研究
1987	利根川 進(48)	39歳	生理学・医学賞	抗体の多様性に関する遺伝的原理の発見
2000	白川 英樹(64)	41歳	化学賞	導電性高分子の発見と発展
2001	野依 良治(63)	42歳	化学賞	キラル触媒による不斉反応の研究
2002	小柴 昌俊(76)	60歳	物理学賞	天文学、特に宇宙ニュートリノの検出に対するパイオニア的貢献
2002	田中 耕一(43)	26歳	化学賞	生体高分子の同定および構造解析のための手法の開発
2008	南部 陽一郎(87)	39歳	物理学賞	素粒子物理学における自発的対称性の破れの発見
2008	小林 誠(64)	28歳	物理学賞	小林・益川理論とCP対称性の破れの起源の発見による素粒子物理学への貢献
2008	益川 敏英(68)	33歳	物理学賞	
2008	下村 脩(80)	34歳	化学賞	緑色蛍光タンパク質(GFP)の発見と生命科学への貢献
2010	根岸 英一(75)	41歳	化学賞	有機合成におけるパラジウム触媒クロスカップリング反応の開発
2010	鈴木 章(80)	49歳	化学賞	
2012	山中 伸弥(50)	43歳	生理学・医学賞	成熟細胞が、初期化され多能性を獲得し得ることの発見
2014	赤崎 勇(85)	57歳	物理学賞	明るく省エネルギーの白色光源を可能にした効率的な青色発光ダイオードの発明
2014	天野 浩(54)	26歳	物理学賞	
2014	中村 修二(60)	39歳	物理学賞	
2015	大村 智(80)	44歳	生理学・医学賞	線虫の寄生によって生じる感染症に対する画期的治療法の発見
2015	梶田 隆章(56)	39歳	物理学賞	ニュートリノが質量を持つことの証拠であるニュートリノ振動の発見

資料：文部科学省作成

②ノーベル賞に至る科学的発見から受賞までの年数

ノーベル賞の授賞に際しては、受賞時の年齢、賞につながる研究業績（論文など）やその時期が明らかにされる。これらを基に、1940年代以降の国内外の受賞者が、賞につながる業績を上げた年齢を特定した。ノーベル賞受賞につながる研究を行った年齢の平均は、3賞とも、20代後半から30代にかけての実績が中心となっていることが分かる（図3）。

■ 図3 ノーベル賞受賞につながる研究をした年齢



Copyrights© The Nobel Foundation Photo U. Montan (小林氏、益川氏、下村氏、根岸氏、鈴木氏、山中氏)
 Copyrights© The Nobel Media Photo A. Mahmoud (赤崎氏、天野氏、中村氏、梶田氏、大村氏)
 Copyright© 菅野和彦 (白川氏)
 資料：科学技術・学術政策研究所 (N I S T E P) 及び政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策研究センター (S c i R E Xセンター) 調べ¹

1 「ノーベル賞と科学技術イノベーション政策－選考プロセスと受賞者のキャリア分析」(赤池、原、篠原、内野、中島) (S c i R E Xワーキングペーパー#3)

また、ノーベル賞受賞につながる研究業績を上げた年から、ノーベル賞を受賞した年までの年数を見ると、1940年代から2010年代にかけて、年数が延びている傾向が見られるが、平均すると、約20年かかっていることが分かる。2000年代に入ってから日本人受賞者の平均年数を見ると、受賞につながる研究成果は、受賞年から約30年前の成果である（表3）。

■表3 ノーベル賞につながる研究をした¹年齢と受賞までの年数及び平均受賞年齢

受賞年代	ノーベル賞につながる研究をした年齢	受賞までの年数	平均受賞年齢
1940年代	35.3	18.5	53.8
1950年代	36.3	15.1	51.4
1960年代	35.5	18.3	53.8
1970年代	36.7	20.1	56.8
1980年代	37.0	21.9	58.9
1990年代	36.4	24.5	60.9
2000年代	40.0 (37.9)	26.2 (30.3)	66.1 (68.1)
2010年代	36.6 (42.3)	29.2 (25.3)	65.8 (67.5)
総計	37.1 (40.1)	22.0 (27.8)	59.0 (67.8)

注：括弧内に記載している数値は2000年以降ノーベル賞を受賞した日本人の値

資料：科学技術・学術政策研究所（N I S T E P）及び政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策研究センター（S c i R E Xセンター）調べを基に文部科学省作成

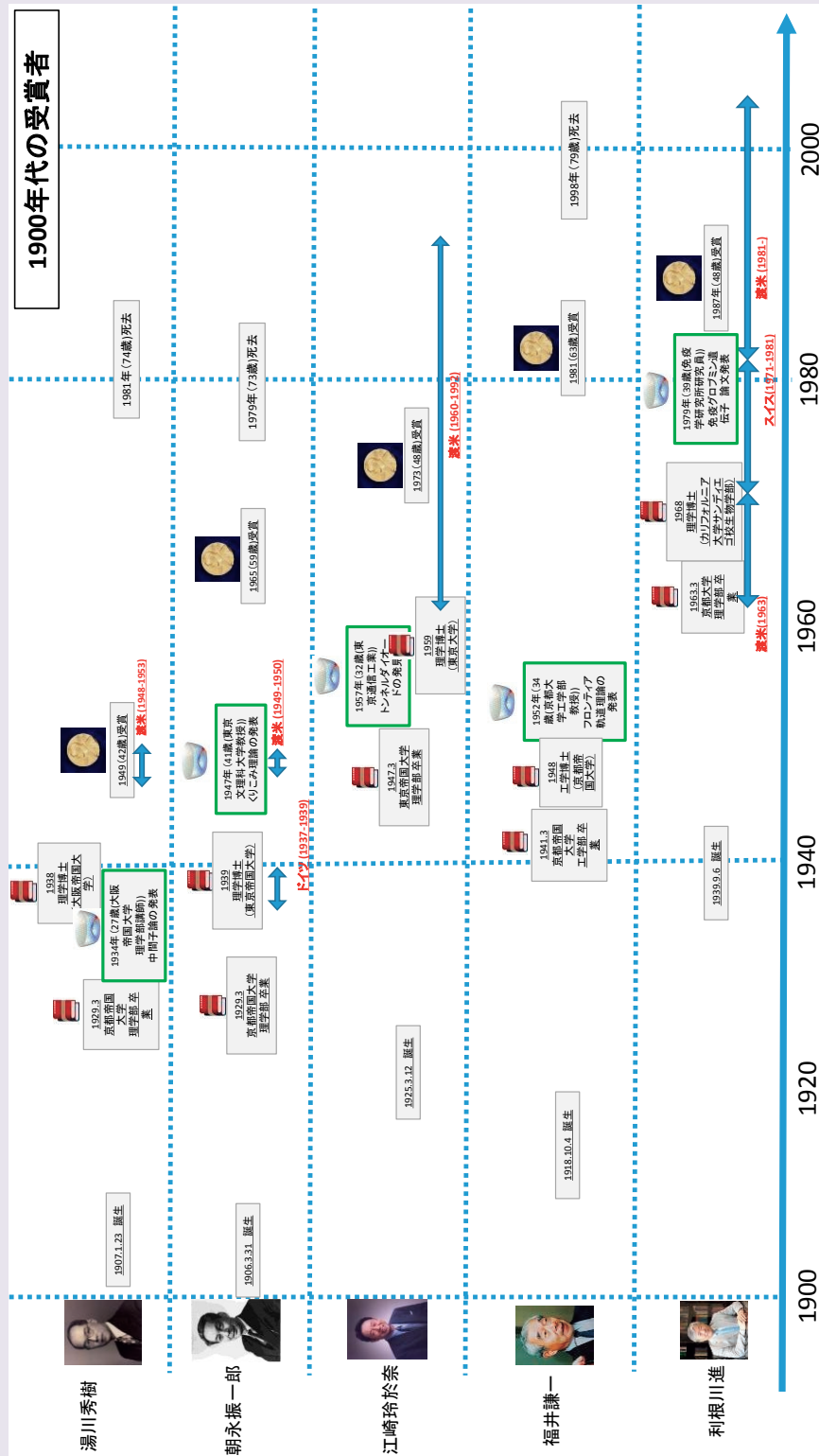
（3）日本人ノーベル賞受賞者のこれまでの歩み

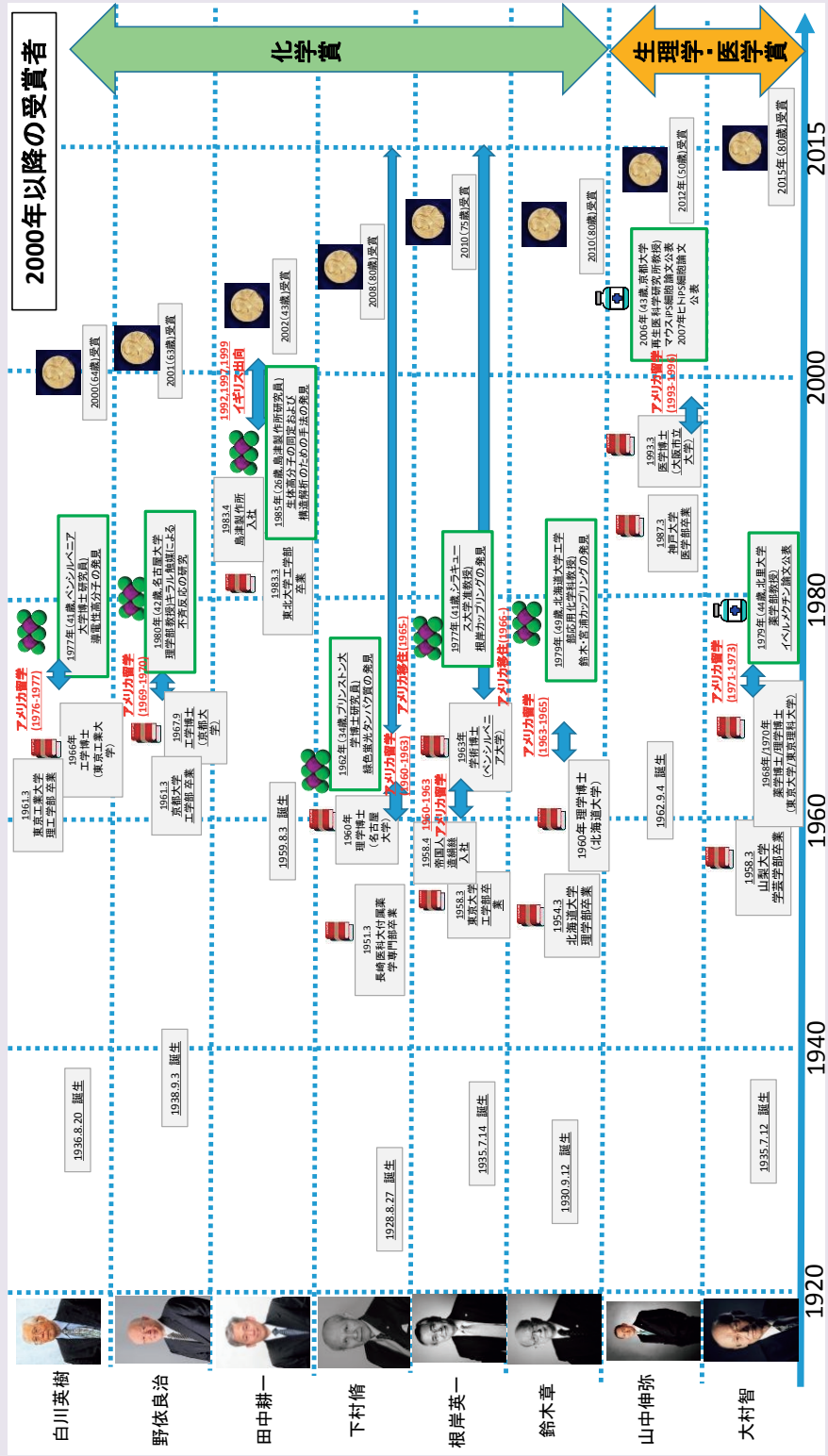
ノーベル賞の受賞は、受賞者自身のたゆまぬ努力の^{たまもの}賜物であるほか、21世紀に入り、我が国のノーベル賞受賞者数が世界2位にあることは、我が国の科学技術水準の高さを示すものである。しかしながら、我が国の科学技術イノベーションを取り巻く課題は山積しており、理科離れ、博士課程進学者の減少、質の高い論文の国際的シェアの低下等のほか、中国をはじめとする新興国の躍進により、我が国の科学技術の世界における地位の低下が懸念されている。

こうした状況の中、今後も我が国から引き続きノーベル賞受賞に結び付くような研究成果を創出し続けるために、過去の受賞者の歩みから示唆を得られないだろうか。日本人ノーベル賞受賞者について経歴をまとめるとともに（図4）、幾つかのテーマに絞り、考察を行った。

1 「ノーベル賞につながる研究」とは、ノーベル財団のホームページ<http://www.nobelprize.org/>に、ノーベル賞受賞の対象となった成果として記載のある研究

■ 図4 日本人ノーベル賞受賞者（自然科学3賞）の経歴





①科学などへの関心のきっかけ

子供たちの理科離れが懸念されている。平成27年8月文部科学省が公表した全国学力テストの結果でも、引き続き理科離れの傾向が現れている。例えば、中学3年生理科について「授業内容がよく分かる」と答えた生徒は66.9%（平成24年度調査：64.7%）で国語、数学、理科の3教科中で最も低く、小学校6年生からの低下幅も21.0ポイント（平成24年度調査：21.3ポイント）と、国語（7.6ポイント（平成24年度調査：11.5ポイント））や算数・数学（9.3ポイント（平成24年度調査：13.3ポイント））に比べて大きい。

では、ノーベル賞受賞者の小学生から高校生までの時代はどうだったのだろうか。理科や算数・数学が好き・得意だったのであろうか。得意であったとすれば、どのように好きになったのだろうか。ノーベル賞受賞者の発言や伝記等から考察する。

■表4 ノーベル賞受賞者が科学などへ関心を持ったきっかけ¹（例）

受賞者	科学などへの関心のきっかけ
白川 英樹	炊飯や風呂を沸かす時の火おこしで、新聞紙に食塩水を染み込ませて燃やすと炎の色が変わることに興味を持つ
野依 良治	小学5年時に湯川氏のノーベル賞受賞に感銘
田中 耕一	小学校時代の科学の実験
下村 脩	小学校時代から機械的なメカニズムに興味
根岸 英一	高校時代は、物理や数学、特に幾何が好き
鈴木 章	数学や理科の新しいことを知ることが好き
山中 伸弥	ミシンの部品を製造する町工場で働いている技術者であった父親の影響
大村 智	父親との自然体験を通じ、分からないことに探究心を持つ
小柴 昌俊	湯川氏のノーベル賞受賞に感銘
南部 陽一郎	湯川氏のノーベル賞受賞に感銘
小林 誠	高校時代に知った「坂田模型」 [*] に影響
益川 敏英	高校時代に知った「坂田模型」 [*] に影響
赤崎 勇	少年時代に鉱物標本の虜
天野 浩	小学校時代に扇風機の仕組みに興味
中村 修二	中学校時代から数学や物理が好きで、実験が大好き
梶田 隆章	高校時代に物理の先生の話聞き、物理に興味

※坂田模型とは、宇宙の物質を構成する基本粒子であるハドロンは、陽子、中性子、ラムダ粒子の3種類とそれらの反粒子の組み合わせからなる複合粒子である、というモデル

資料：文部科学省作成

¹ 表4～8までの各受賞者に関する出典は以下のとおり。

白川氏：「科学系ノーベル賞受賞者9人の偉業（<http://www.kahaku.go.jp/exhibitions/tour/nobel/shirakawa/p1.html>）（国立科学博物館）」

野依氏：「科学系ノーベル賞受賞者9人の偉業（<http://www.kahaku.go.jp/exhibitions/tour/nobel/noyori/p1.html>）（国立科学博物館）」

田中氏：「田中耕一氏その人となり（社団法人日本分析化学会・機関紙「ぶんせき」小学校時代の担任より）」

「田中耕一氏の栄誉ある軌跡（<http://www.bureau.tohoku.ac.jp/manabi/manabi22/mm22-45.html>）（東北大学）」

下村氏：下村 脩「クラゲに学ぶ」（2010）長崎文献社

根岸氏：根岸 英一「夢を持ち続けよう！ノーベル賞 根岸英一のメッセージ」（2010）共同通信社

鈴木氏：鈴木 章 監修「世界を変えた化学反応 鈴木章とノーベル賞」（2011）北海道新聞社

「鈴木 章 ノーベル化学賞への道（<http://costep.hucc.hokudai.ac.jp/ebooks/suzuki2010/>）（北海道大学 CoSTEP）」

山中氏：山中 伸弥、緑 慎也（聞き手）「山中伸弥先生に、人生とiPS細胞について聞いてみた」（2012）講談社

大村氏：馬場 鎮成「大村智 - 2億人を病魔から守った化学者」（2012）中央公論新社

小柴氏：小柴 昌俊「物理屋になりたかったんだよ - ノーベル物理学賞への軌跡」（2002）朝日新聞社

小林氏、益川氏：小林 誠、益川 敏英「いっしょに考えてみようや ノーベル物理学賞のひらめき」（2009）朝日新聞出版

南部氏：南部 陽一郎 著、江沢 洋 編「素粒子論の発展」（2009）岩波書店

赤崎氏：赤崎 勇「青い光に魅せられて - 青色LED開発物語」（2013）日本経済新聞出版社

天野氏：天野 浩、福田 大展「天野先生の「青色LEDの世界」 光る原理から最先端応用技術まで」（2015）講談社

中村氏：「科学者 中村修二さんから進級したキミへ（<http://benesse.jp/juken/201504/20150409-1.html>）（ベネッセ 教育情報サイト）」

中村 修二「怒りのブレイクスルー - 常識に背を向けたとき「青い光」が見えてきた」（2001）ホーム社

梶田氏：梶田 隆章「ニュートリノで探る宇宙と素粒子」（2015）平凡社

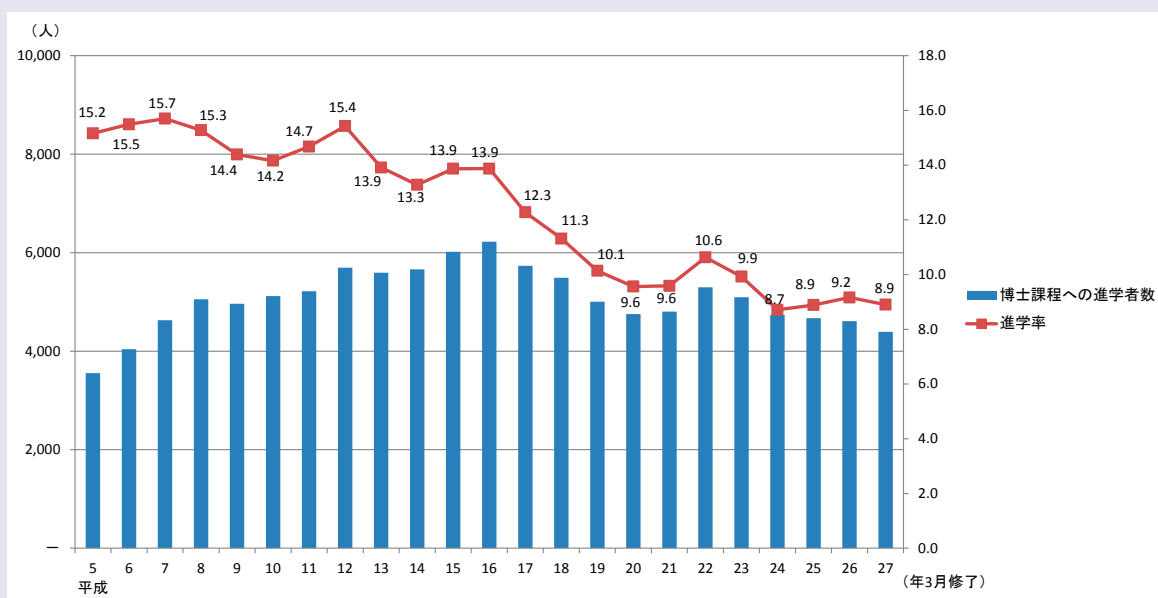
「大村智と梶田隆章 ノーベル賞受賞者という生き方」（2016）宝島社

表4は、ノーベル賞受賞者の記録文献等に見られる、科学に関心をもったきっかけの一例を取り上げたものである。多くの受賞者が、小さい頃からものづくりや実験、自然の仕組み等に興味を持っていた様子が見て取れる。また、田中氏や梶田氏に見られるように、学校生活を通じて、科学に興味を持ったケースや、野依氏、小柴氏、南部氏のように、先達の日本人ノーベル賞受賞者から大きな影響を受けているケースもある。

② 自然科学系への進学、研究者を目指した理由

子供の理科離れだけでなく、将来の研究者を志す学生の減少も懸念されている。18歳人口が平成27年度は約120万人であるが、平成43年度には100万人を切ると言われている中で、博士課程に進学する学生の数が減少傾向にあり、将来の日本の科学技術を支える人材の不足が心配されている(図5)。こうした状況を踏まえた上で、過去の受賞者はどのように自然科学系への進学、研究者の道を目指したのであろうか。

■ 図5 修士課程修了者(自然科学系)の博士課程への進学者数及び進学率の推移



資料：文部科学省作成

■表5 ノーベル賞受賞者が自然科学系へ進学、研究者を目指した理由

受賞者	理系への進学のきっかけ(上段)／研究者を目指したきっかけ(下段)
白川 英樹	中学校時代から大学で科学や物理の研究をして、新しいプラスチックをつくりたいと考えていた。
	化学や工学など3つの分野を勉強できる東京工業大学理工学部合格したこと。
野依 良治	ナイロンが水と石炭と空気から作られることを知って石油化学に関心を持ち、工学部に進学。
	大学院時代は産業界を目指すも、恩師の勧めで大学にとどまる。
田中 耕一	小学校時代の科学の実験に影響を受けて。
	大学で実学に役立つ研究を大切にす学風を学んだこと。(企業の研究所に就職)
下村 脩	恩師の勧めを受けて。
	企業の採用面接時に、試験官からのアドバイスを受けて。
根岸 英一	就職が安定していた応用化学の道を選択。
	企業に就職後、学問研究に対する意識が高まり、海外の大学に留学。真理探求の楽しさに目覚めた。
鈴木 章	数学や物理、化学が得意だったため。
	ハーバード大学のフィーザー教授夫妻が著した教科書“Textbook of Organic Chemistry”を読んで有機化学に関心を持った。
山中 伸弥	数学や物理が好きで、もともと研究者へのあこがれも強かったため。
	大学の医学部に進学し、臨床医を目指していた時期もあったが、その後、現代医療で治すことのできない難病に苦しむ患者さんを治療する方法を探するため、基礎医学を志すようになった。
大村 智	高校時代に科学が良いと思うようになったため。
	大学1年生の時から、好きな実験を助手や四年生と一緒に自由にやれた経験。
小柴 昌俊	高校時代に物理の先生から「物理は無理だ。」と言われたことに発奮し、物理学に進学。
	就職難の時代背景を受け。
南部 陽一郎	素粒子物理学の基礎の解明に寄与した二人の偉大な物理学者の影響を受けて。
	同上
小林 誠	高校時代に物理の解説書『物理学はいかにつくられたか』を読んで。
	大学院の理論コースのうち坂田研究室を選択したこと。
益川 敏英	高校時代に知った「坂田模型」に影響を受けて。
	大学院の理論コースのうち坂田研究室を選択したこと。
赤崎 勇	小中高を通じて数学や理系科目が好きだったため。
	企業時代の上司が大学教授としてスカウトされ、一緒に異動することになったこと。
天野 浩	アマチュア無線が好きだったから。
	特に目指したつもりはない。
中村 修二	ロボットや人間の役に立つ装置を作ることができる科学者にあこがれて。
	企業の中で、ものづくりができなくなったため。
梶田 隆章	原理から物事を理解していく点に興味をひかれて。
	東京大学大学院に進学し、カミオカンデの実験に携わった経験。

資料：文部科学省作成

表5によれば、多くの受賞者が、小学生、中学生、高校生時代から、自然科学系の科目が好きであったり、その面白さに気付いたりしたことが自然科学系への進学を決めた要因となっている。

また、研究者を目指したきっかけは様々である。南部氏らは、湯川氏のような偉大な研究者に感銘を受けて、研究者を目指している。また、大学院の研究室を選択した時点で既に研究者になることを決めていた者もいる。田中氏と根岸氏は対照的で、田中氏は大学時代、実学を重視し、民間企業での研究者を目指した。一方、根岸氏は、大学卒業後、民間企業に就職しているが、その後海外の大学に留学し、大学で自由に真理を探究することの楽しさに目覚め、大学で研究者として歩む道を選択した。

③ ノーベル賞受賞に結び付く研究成果を出すまでの道のり

大学院博士課程進学者の減少の原因の一つとして、卒業後の安定したポストの不足が指摘されている。また、安定したポストの不足は、若手研究者が将来のノーベル賞につながるような研究に腰を落ち着けて取り組む環境を損なっているのではないかという懸念もある。過去の受賞者たちの若手研究者時代はどのようなようであったのだろうか。

(i) 大学から大学院へ

ノーベル賞受賞者の中には、学部教育を受けた大学とは異なる大学の研究科に進んだ者もいる。大村氏は、山梨大学の学芸学部卒業後、恩師の紹介を受け、東京理科大学の大学院へ、梶田氏は、素粒子に関係した実験をしたかったため、埼玉大学から東京大学の大学院に進学している。また、小柴氏は、東京大学大学院の修士課程のとき、武者修行として、理論物理学者として尊敬していた南部氏が開講したばかりの大阪市立大学の理論物理研究室で数ヶ月間学んでいる。下村氏も、長崎大学から、1年間の名古屋大学への内地留学を経て、その名古屋大学で、将来の受賞につながる研究テーマに本格的に着手した。山中氏は、神戸大学医学部に進学し、当初は臨床医を目指していた時期もあったが、その後、現代医療で治すことのできない難病に苦しむ患者を治療する方法を探するため、またもともと研究者へのあこがれもあったこともあり、基礎医学への進路変更を希望し、大阪市立大学大学院の薬理学専攻に進学した。山中氏は大阪市立大学大学院に所属していた際、薬理学の研究で、ある仮説が正しいかどうかを検証するための実験をした。その際、当初の仮説とは異なる、全く予想していなかった実験結果が得られた。このような体験を通じて、山中氏は、科学は驚きに満ちていること、科学の面白さは予想どおりの結果にならないところにあることを教訓として学ぶことができたとしている。

(ii) 大学卒業または大学院修了後の進路

過去の受賞者の大学院又は学部修了後の進路を見ると、12人は大学をはじめとするアカデミアを選択し、赤崎氏、中村氏、田中氏、根岸氏は民間企業を選択している。

■表6 ノーベル賞受賞者が任期なしのポストに就いた年齢等

受賞者	学位、取得年	任期なしのポストに就いた年齢・所属機関・ポスト
白川 英樹	博士(東京工業大学、1966年、30歳)	東京工業大学で博士課程終了後、同大学助手(29歳)
野依 良治	博士(京都大学、1967年、29歳)	京都大学で修士課程終了後、同大学助手(24歳)
田中 耕一	学士(東北大学、1983年、23歳)	島津製作所の中央研究所に就職(23歳)
下村 脩	博士(名古屋大学、1960年、32歳)	長崎大学助手(29歳)
根岸 英一	博士(ペンシルベニア大学、1963年、28歳)	帝人の中央研究所に就職(22歳) パデュー大学助手(32歳)
鈴木 章	博士(北海道大学、1960年、29歳)	北海道大学で博士課程修了後、同大学助手(28歳)
山中 伸弥	博士(大阪市立大学、1993年、31歳)	大阪市立大学助手(34歳)
大村 智	博士(東京大学、1968年、33歳、 東京理科大学、1970年、35歳)	山梨大学助手(27歳)
小柴 昌俊	博士(東京大学、1967年、41歳)	東京大学助教授(31歳)
南部 陽一郎	博士(東京大学、1952年、31歳)	東京大学助手(28歳)
小林 誠	博士(名古屋大学、1972年、27歳)	名古屋大学で博士課程修了後、京都大学助手(27歳)
益川 敏英	博士(名古屋大学、1967年、27歳)	名古屋大学で博士課程修了後、京都大学助手(30歳)
赤崎 勇	博士(名古屋大学、1964年、35歳)	神戸工業に就職(23歳) 名古屋大学助手(30歳)
天野 浩	博士(名古屋大学、1989年、29歳)	名古屋大学助手(27歳)
中村 修二	博士(徳島大学、1994年、40歳)	日亜化学工業に就職(24歳)
梶田 隆章	博士(東京大学、1986年、27歳)	東京大学で博士課程修了後、同大学助手(29歳)

資料：文部科学省作成

表6によると、安定的なポストに就いた時期については、全員、20代から30代となっており、若手の時期に既に落ち着いて研究できる環境下にあったことが分かる。

(iii) ノーベル賞を受賞するまでの研究活動の経緯

表7によると、若手研究者のときに、ノーベル賞に直接つながる研究を手掛けたケースも少なくない。例えば、小林氏、益川氏は、各々、28歳、33歳の京都大学助手時代、「小林・益川理論」を打ち出し、その成果でノーベル賞を受賞している。また、天野氏は、博士課程に在籍していた26歳のときに、指導教官であった赤崎氏とともに、新たに発明した低温堆積緩衝層技術MOCVD¹法によって、高品質・高純度のGaN結晶の成長創製を世界で初めて実現させた。

直接的な業績でなくとも、その後、ノーベル賞受賞対象となった業績の基となる研究に、若手の時期に着手したケースも多い。例えば、下村氏は、国内留学中の名古屋大学において、その後のイクオリン、緑色蛍光タンパク質(GFP)の発見につながる生物発光の研究である、ウミホ

1 MOCVD：Metal Organic Chemical Vapor Deposition 有機金属化学気相成長法。高温にした基盤へガス状に気化させた物質を吹き付けて蒸着させ、結晶を成長させる方法

タルが放出する発光物質であるルシフェリンの研究を行った。

このように、若手研究者のときに、ノーベル賞受賞につながる研究成果を上げた者が少なくない。

■表7 ノーベル賞を受賞するまでの研究活動の経緯

受賞者	ノーベル賞を受賞するまでの研究環境(上段)／ノーベル賞受賞の成果を上げた年齢と当時のポスト(下段)
白川 英樹	東京工業大学資源化学研究所で助手を務めつつ研究を進め、米国留学(共同研究)にて電気を通すプラスチックを開発。 41歳、ペンシルベニア大学博士研究員
野依 良治	京都大学で助手、名古屋大学で助教授、米国留学を経て、名古屋大学で教授をつとめつつ研究を進め、「不斉合成反応」を開発。 42歳、名古屋大学理学部教授
田中 耕一	企業の研究所にて、質量分析装置の開発に従事。偶然のきっかけで生体高分子の質量分析を可能にする方法を見いだす。 26歳、島津製作所研究員
下村 脩	名古屋大学(国内留学)において、その後のイクオリン、GFPの発見につながるルシフェリンの研究を実施。その後の米国留学でイクオリンとGFPを発見。 34歳、プリンストン大学博士研究員
根岸 英一	東京大学卒業後、帝人に就職するも、2年後にフルブライト留学生として米国留学。大学での研究に刺激を受け退社。ポスドク研究員として再渡米し、1979年にノーベル化学賞を受賞したハーバート・ブラウン バデュー大学教授の下で有機ホウ素化合物の研究を行う。その後、シラキウス大学に移り、「根岸クロスカップリング反応」を発見。 41歳、シラキウス大学准教授
鈴木 章	北海道大学の工学部助教授時代に、ハーバート・ブラウン バデュー大学教授が書かれた「Hydroboration」に出会い、その後、ホウ素化合物について研究を開始。この本に感銘を受け、ブラウン氏の研究室に、博士研究員として留学。帰国後に、「鈴木クロスカップリング反応」を発見。医薬品、農薬、液晶、発光ダイオード等、多くの領域で社会に活用されている。 49歳、北海道大学工学部応用化学科教授
山中 伸弥	ポスドク時代に米国留学。留学当時、まだiPS細胞といった多能性幹細胞を研究テーマとはしていなかったが、帰国後、米国での研究を追及していく中で、ES細胞に興味が増くようになった。その後、奈良先端科学技術大学院大学に移り、「ヒトの胚を使わずに、体細胞からES細胞と同じような細胞を作る」ことを明確な目標に掲げ、iPS細胞の樹立に成功。 43歳、京都大学再生医科学研究所教授
大村 智	高校教師として就職したが、再び研究者を志し大学助手に。北里大学に転籍後、米国留学で自由な研究環境が与えられた。帰国後も研究を進め、線虫感染症の新しい治療法を発見。 44歳、北里大学薬学部教授
小柴 昌俊	修士課程の時に大阪市立大学の南部先生のところで武者修行。その後藤本先生の誘いを受け、原子核乾板を使った宇宙線の実験を実施。博士課程在学中に設備・装置など研究環境はるかに恵まれている米国に留学。帰国して原子核研究所に勤務後、再渡米し、宇宙線研究に従事。この時に教えを受けた天文学者から学んだ経験が、後のノーベル賞につながった。 60歳、東京大学理学部教授
南部 陽一郎	大阪市立大学での共同研究により、新しく登場したストレンジ粒子の対発生理論を生み出す。その成果が認められ米国プリンストン高級研究所に留学。 39歳、シカゴ大学教授
小林 誠	京都大学助手時代(28歳)に「小林・益川理論」を打ち出し、その成果でノーベル賞を受賞。 28歳、京都大学助手
益川 敏英	京都大学助手時代(33歳)に「小林・益川理論」を打ち出し、その成果でノーベル賞を受賞。 33歳、京都大学助手時代
赤崎 勇	神戸工業に就職したが、上司の異動と同時に、名古屋大学に助手として異動。名古屋大学での半導体研究は始まったばかりで、研究環境としては十分ではなかった。 57歳、名古屋大学工学部電子工学科半導体工学講座教授
天野 浩	博士課程に在籍していた時に、指導教官であった赤崎氏と共に、高品質・高純度のGaN結晶の結晶生成に成功。助手時代に世界で初めて高輝度の青色LED結晶作成に成功。 26歳、名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程
中村 修二	企業内で1989年から青色LEDの研究開発を開始。1993年に高輝度青色LEDを発明。 39歳、日亜化学研究員
梶田 隆章	博士号を得た後、学術振興会のポスドクに不採用。素粒子センターの助手を2年務めた後、宇宙線研究所の助手として採用。この間、カミオンデ実験、スーパーカミオンデ実験に中心人物として従事。 39歳、東京大学宇宙線研究所助教授

資料：文部科学省作成