

# 益川氏と小林氏の ノーベル賞をめぐる

小林 昭 三

はじめに

2008年12月10日、日本で生まれ育った南部陽一郎氏・小林誠氏・益川敏英氏・下村脩氏がノーベル賞を受賞した。その前々日の8日には、ノーベル賞受賞記念講演がスウェーデンのストックホルム大学講堂で行われた。ノーベル物理学賞の小林氏と益川氏、ノーベル化学賞の下村氏の三人は、受賞に至った研究の経緯や受賞内容について概説した。特に、益川氏はその生い立ちや科学への関心の芽生えについても触れた。三人はそれぞれ独特な語り口で講演した。

小林氏は「CP対称性の破れとフレーバー混合」と題して、素粒子物理の理論的な展開と実験的な検証の流れを概観したが、特に、その中で「名古屋や日本の研究グループの貢献がいかに大きかった」かについても浮き彫りにする、研究内容の具体的な展開が印象深かった。〔一〕

益川氏は「CP対称性の破れが我々に語ったこと」と題して、名古屋での生い立ちから説き起こし「科学のおもしろさ・夢・あこがれ」をいかにはぐくんできたか、6元クォーク模型の発見に至った経緯などをリアルに

語った。「1」

下村は「綠色蛍光たんぱく質（GFP）の発見」と題して、名古屋での海蛍の結晶化、1万匹のくらげを集めた渡米後の苦勞、GFP発見のエピソード等を説き明かした。（以下、敬称を省略）「1」

筆者は、特に、3氏が所屬した名古屋大学において大学院・研究員時代を過ごし、益川氏・小林氏とは、同じE研（坂田昌一氏が創設した素粒子論研究室）仲間として、青春時代の楽しい研究生活を体験できた。そして、湯川・朝永・坂田・南部・益川・小林等へとノーベル賞級の研究が次々と連なつて生まれ育つた時代の一部を共有することが出来た。そして、そうした「素粒子論の潮流」が日本においていかに形成され発展したかに想いを馳せたり、その大きな潮流を実体験してきた。そうした研究の潮流や研究風土をめぐるエピソードも交えて、特に、益川氏の横顔に焦点をあてた益川氏・小林氏のノーベル物理学賞をめぐる解説を試みよう。

### 一 戦後の荒廃・復興と平和への願い

「ノーベル賞記念講演」では、戦後の荒廃から立ち

上がる労苦を体験した益川と下村の二人は、期せずして次のような「平和への願いのメッセージ」を含むものとなったことが特に印象深かった。

益川は、第二次世界大戦で父親の家具工場が無に帰した話として悲惨な戦争に触れた。「最終的には数人の職人さんの協力を得て、自分も職人として働く小さな家具工場を営んでいた。これも自国が引き起こした無謀で悲惨な戦争で無に帰した」と「1」。講演後に、記者から戦争体験を聞かれ思わず涙をみせたという。

益川は名古屋で生まれ、生家のすぐ近くに高射砲陣地があつた。そのため「ものすごい絨毯爆撃を受けて周りは焼け野原になった。米軍の焼夷弾の直撃を受けたが不発だったので焼失は免れた。焼夷弾が地上まで落ちてくるところや、焼け野原の中をリヤカーに乗せられて両親と逃げていく場面がスチール写真のように記憶にのこっている。あんな思いを子や孫の世代にさせたくない」、「どんなことがあつても国家が引き起こす戦争には抵抗していきたいと思つている」と益川氏は語っている。「2」

下村は「16歳の時、長崎に原爆が落とされ、閃光や爆風を受けたが、幸運にも生き延び長崎医大に進学し

た」と回想して「悲惨な長崎原爆投下」に触れたのである〔1〕。

下村は京都府福知山市で生まれた。「陸軍将校の長男で幼少期は満州、大阪で過ごした。中学生のとき長崎へ疎開し、転校初日に学徒動員で軍需工場へ駆り出された経験を持つ。16歳のとき原爆が投下され、終戦後も中学の卒業証書がないため、高校に進学できなかった。

行くあてもなく途方に暮れていたところ、原爆で破壊された長崎医科大付属薬学専門部（現長崎大薬学部）が、たまたま近所に移転してきた。「機械が好きで、船の設計をしたかった。薬なんて何の興味もなかったが、ほかに選択肢がなかった」と。それが、幸運にも長崎医大付属薬学専門部に進学した経緯である。「不本意だったが、同専門部に入學、首席で卒業した。就職しようとして、製薬会社の面接を受けたが、『君は会社には向かない』と忠告され、大学に残った」。生物発光との出会いには名古屋大の研究員時代、教授の薦めで甲殻類のウミホタルを研究したのがきっかけ。米プリンストン大が20年かけてもできなかった発光成分の結晶化にわずか1年で成功、頭角を現した。「自分はアマ

チュア・サイエンティスト。それがかえって良かったのかも」と、穏やかな笑顔で謙虚に振り返る」という戦中・戦後における研究者への歩みを語っている（M S N産経ニュースから）〔3〕。

## 二 科学への夢をどう育てるか

益川の講演では、その生い立ちから説き起こして、科学への誘い・科学への夢を名古屋においてどう育てたかなどでのユニークな体験とエピソードを語った。

「私は家具職人の息子として日本の大都市名古屋で1940年に生まれた。父は家具職人としての住み込み修行時代に、電気技士への転職を希望して通信教育を受けていた。しかし悲しいかな、十分な基礎教育を受けていなかった父には、S. M. COS が理解できなかったと言っていた。最終的には数人の職人さんの協力を得て、自分も職人として働く小さな家具工場を営んでいた。これも自国が引き起こした無謀で悲惨な戦争で無に帰した」（これが前節の平和への願いで引用したもの）

「戦後は手元に残った家具の扉の金具や木ネジを軒先に並べておいた所、結構売れたらしい。それに味を

占め、ものを売る職業、具体的には製菓材料としての砂糖を商う商人になっていた。しかし若い頃に勉強した電気の知識を自慢したかつたらしいのだが、話し相手が見付からない。よくよく見ると目の前に息子が居る。それで私がターゲットにされた。

戦後の住宅環境の劣悪な中で殆どの家庭には風呂が無く、銭湯に通っていたのであるが、そこへの行き帰りに、自分の知識の自慢話を息子にするのである。

どうして三相交流モーターは回るのか。日食・月食は毎月起こらないのか。それは地球の太陽を巡る公転面と月が地球を巡る面が5度傾斜しているからだ、と自分の知識を自慢していた。

だから私は学校の成績は良くないが、先生が教科書どおりでない話題に脱線した折などは、それをフォローして質問等に答えられる、おかしな少年であった。

こうして、銭湯の道すがら、科学の面白さを何気なく身につけてしまうところがとても面白い。さらに、今の教育熱心が過ぎる家庭とは正反対な、のどかな戦後の学校と家庭の様子が続く。

両親は、子供の学習を毎日注意深く観察し、学習を手助けしてくれるような家庭では無かった。実際に

このような話が有る。何を思ったのか、母親が自分の所の子供が家庭で勉強して居るのを見たことが無い。そこで父兄会で先生に、『たまには宿題を出して頂かないと子供が家庭で勉強を少しもしないので困る』と話したら、逆に先生から、毎日宿題を出しているが、お宅の息子さんは一度も宿題をしてきたことが有りません、と逆に先生から注意されたらしい。その夜は大変であった。両親から2時間説教を食らった」と、やんちゃな子供時代を彷彿とさせるエピソードである。

益川が強烈に物理学者になりたいと思うようになった契機は、高校に進学してから次のように起こった。

「友達が高校に進学するから自分も、というぐらいの動機で高校に進学したが、1年か2年の時であったと思う。地元の大学の名古屋大学の坂田教授が陽子、中性子、ラムダ粒子を基本構成子に選んだ画期的な複合粒子模型を発表した、と新聞紙面で報じていた。その頃の私は大変幼く、科学はヨーロッパで19世紀までに作られたものと思っていた。これが日本の首都東京での出来事なら、私の人生も変わっていたかも知れない。しかし、私の住む名古屋の地で今科学が作られている！ならば私もそれに加わりた、と強烈に思っ

た」というのが、本格的に素粒子論の道に進みたいと決意させた契機だった。

「しかし、父は自分の始めた商売を息子に継いで欲しいと、強く希望していた。だから、大学受験は一回のみで、失敗は許されなかった。それから名古屋大学受験に向けて猛勉強が始まった。無事大学に進学できると、大学での授業は高校までのそれとは大きく違い、大変刺激的であった」と。大学での数学の解析学の講義で大変なカルチャーショックを受けるくんだりを紹介される。

こうして、「大学の講義を始め、大学で経験するもの全てが刺激的で新鮮であった。新しいものに触れる毎に自分はこの分野に進むのだと、毎回違うことを言っていた。実際に4年になり大学院の進学分野を決めなくてはならない時期に、数学教室の教授から、君はもちろん大学院は数学を受けるのでしょ、と言われた。いえ、物理教室の方に書類を出しました、と言って意外な顔をされた記憶が有る。多分直前まで数学教室の方に進む様なことを言っていたのであろう。1962年に物理教室の大学院に入ってからでも、この浮気症は治らず、一時期、脳の研究が重要であると、数人の

有志で、パーセプトロンの勉強会などを行っていた。しかし、修士論文を書く頃には素粒子論の論文を坂田教授の主宰する研究室で準備していた」とE（素粒子）研に進んだ経過が語られた。「I」

小林の記念講演でも、坂田模型（クォーク模型の先駆け）の提唱の先駆性や複合模型の意義が強調された。そして、さらに名古屋模型・レプトン混合理論（牧中川、坂田）の展開へと進んだことの意義が特筆された。

小林は、名古屋市で内科医の長男として生まれた。「遊んでばかりいる、ごく普通の子供」だった。小さいころから理数系は得意だった。物理学に興味を抱いたのは高校生のころで、アインシュタインが相対性理論について書いた一般書「物理学はいかに創られたか」（岩波書店刊）を読み、「パラドックスを解く面白さにひかれた」という。当時は日本の素粒子論の黎明期。「坂田模型」で知られる名古屋大の坂田昌一博士の研究業績が新聞で大きく報じられ、刺激を受け、名古屋大に進学し、大学院ではE研（坂田の素粒子研究室に所属。素粒子論のたいご味は「法則があつて、その帰結を求めるのではなく、法則そのものを見つけること」、

「自分が想像したことを実験でチェックし、矛盾の有無を確かめ、パズルを解いていくやりとりが面白い。想像力の限界を試されている感じ」と。(小林、日本学術振興会の受賞会見で)「2」

日本の3氏は、受賞記念講演後のストックホルムでの記者会見で「子どもたちへのメッセージ」を求められた。下村は「テレビなんかを見るよりは、自然を見て自然に学べ。自然にもつと興味を持って」、益川は「自分の好きなことをとことん突き詰めてみることで、ろう」、小林は「自分で新しいことを発見することの楽しさを味わってほしい」と、子どもを自然や科学にいざなった。

### 三 益川、小林等の

#### 「科学教育・基礎科学」をめぐる提言

科学教育や基礎科学振興への提言を整理しておこう。益川は、日本における基礎科学と科学教育の現状に危機意識を持ち、強く警鐘を鳴らしてきた。

「ノーベル賞で浮かれていまする場合ではない。日本の科学教育や科学政策は危機的状况に瀕している。もつと長期的な展望をもって科学技術を育てていかないと

日本の将来は危うい」。「上流(基礎研究)を枯らしたら下流が枯れる。科学の道は50年、100年のオーダー。結果が出るのはすぐではない。などと基礎科学振興の重要性を述べた(益川、日本学術振興会での会見)。さらに、文科相への表敬訪問などで、センター試験などによって、児童生徒がじっくり考える力を奪ってしまふという「教育汚染」の広がりや深刻さに言及した。「マークシート方式でやっていると、体験したことのない問題はスキップせよとなる」(益川、日本学術振興会)。「選択式の試験問題で、教師は『知らない問題はパスしろ』と指導し、考えない人を育てている」(益川、文科相への表敬訪問で)。

この、益川が指摘する「マークシート方式」「選択式」は「センター試験」のことである。国公立大入試のみならず、私大にも及ぶ。マークシートの弊害は著しい。「センター試験の点数は『受験・暗記学力』であつて、本来の学力を反映していない。「100点を取る学生でも驚くほど学力がない」。東大生産研の渡辺教授も『なぜ』と考えさせる部分が省かれた教科書に合わせで作られた入試で合格しても大学では通用しない。入試までの教育に費やす時間と労力がもつたいない」と

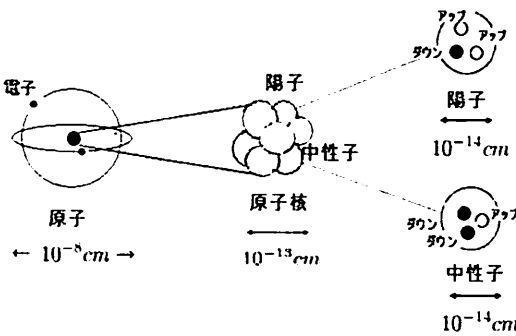
指摘する。小林も「問題を解くことにウエートが置かれている。大変コンパクトになっていて肝心なことが1、2行で書いてある。(中略)分厚くていいから読本というようなアプローチが必要ではないか」と。(以上、毎日新聞での対談記事)。最近には極端に薄っぺらな日本の教科書を分厚くするような政策転換の動向が生まれて具体化されつつある。昨今の国際的学力調査(PISAやTIMSS)等で論述形式の場合に日本は白紙が目立つのは、マークシート方式の弊害の現れだろう。TIMSS2007でも理数学力は横ばい傾向。中2の「理科が楽しい」は前回と同じ59%で国際平均を19%下回った。科学の基礎的学力や応用的学力の低下傾向、学力の多様化・両極化・理科離れ傾向もある。さらに「科学を好んでロマンを持って科学を学ぶ意識・態度」において、日本は調査国中最下位レベルにある。「学校で理科をもっと勉強したい」や「理科を使うことが含まれる仕事につきたい」は、日本の中学生では17%で、国際平均値57%の3分の1にも満たない状況だ。指摘された「教育汚染」を除去し、理科離れを克服して、日本の科学教育を再生・再構築することが急務である。新指導要領を本格実施する現段階で、国際

的な視野に立つ科学教育を目指して、従来の受動的で非活動的な傾向を改め、子ども自らじっくり考える教育に転換したい。

#### 四 小林・益川の3世代標準理論

素粒子論は、原子よりも2段階ほど下部の階層を支配する法則を研究している。原子は物質の究極的な構成粒子ではなかった。原子は下部構造を持ち、電子と

図 階属性 (原子・原子核・クォーク)



核子（陽子や中性子）から構成されていた。

さらに、陽子や中性子も下部構造をもつ（不思議なことに電子にはまだ下部構造が見つからない）。陽子や中性子は3個のクォークから構成されている。

従って、クォークと電子などが物質の基本的な構成要素であると考えられている。

素粒子世界のあり方を記述する最も標準的な理論が「小林・益川の3世代標準理論」「6元クォーク・レプトン標準理論」なのである。

小林・益川理論が提唱された1972年当時は、3元クォーク模型の時代であり、クォークの存在さえ疑われていた。1955年には、坂田は素粒子の複合模型（坂田模型と呼ばれる）を提唱した。坂田模型では、陽子と中性子とラムダ粒子（当時発見直後だったストレンジ「奇妙」粒子）の3種類を基本粒子と考えた。第二世代のハドロン（強い相互作用をする新粒子）を理解する第一歩がストレンジに対応する3番目の基本粒子の導入によって踏み出されたのである。こうした坂田による複合模型の流れに影響され、1964年にゲルマンは3種のクォークと呼ぶ基本粒子を考えるクォーク模型を提唱した。

クォークは分数電荷（電子や陽子の電荷の $1/3$ の何倍か）を持たざるを得ず、単独では姿を現さない不思議な存在だった。そのため、1970年代の初頭までは「クォークは実在しないで数学的な対称性のみが実在する」というような考え方が世界的な潮流だった。そのような中で、1972年に小林と益川は、きわめて先駆的な3世代・6元模型を提唱したのである。

実験的に4番目のクォーク（チャーム）が発見されたのが1974年で、世界の理論的潮流が3元クォーク模型から4元クォーク模型にやっと移行したのはその後だった。

益川は「名古屋大の恩師の坂田昌一先生の敷いた路線があった。坂田モデルとも言われる複合粒子モデルは、クォークモデルの先駆け。素粒子と思われていた陽子や中性子、パイ中間子などには、さらに基本粒子があるというもので、こうした思想が、大学に入った時に名古屋に充満していた。そこで育ったから自然に身についた。だが当時は、素粒子の下に基本粒子があるなんて信じられないというのが世界の潮流だった。こうした立場の違いを、よく論争して、面白かった」と語る。〔4〕



## 小林・益川の6元クォーク模型

1972年には、小林と益川は京都大に移っていたが、4元模型の枠内で電磁気理論と弱い相互作用とを統一する理論を検討し、来る日も来る日も議論を重ねた。

その電弱統一理論の枠組みは、ワインバーグとサラムが3元模型として提唱したものだ。それを4元電弱統一理論の枠組みに置き換えたときには、素直に考える限りはどうしても「CP対称性の破れ」を自然に説明できない。益川は当時の日々を、次のように記念講演で回想した。「この時期、私は労働組合の書記長をしていた。我々の理学部で、秘書さんの解雇問題が生じていた。我々若い研究者の研究の補助までしてくれている彼女等の解雇を見て見ぬふりをして、私は研究にのめりこむ事は出来なかった。午前は小林君と議論。午後は組合の仕事。家に帰って食事と、家族とのその日に起きた事等に付いての会話。風呂に入ってから自分の仕事。これが当時の私の一日であった」と<sup>1</sup>。このように自由で民主的な研究環境を守りながら、次のように画期的研究を成し遂げた。

「益川さんは湯につかりながら、四つのクォークをあきらめようと思いついたその瞬間、六つにすればうまく行くかとひらめいた。『計算も何も必要なかった。その瞬間、自明であることが確信できた』。湯船から出た時には、小林・益川理論の骨格はもう出来上がっていた。益川が論文を日本語で書き、小林が英語論文に仕上げた」<sup>4</sup>。

### CP対称性の破れ

ここで「CP対称性の破れ」とは何かを見ておこう。C変換（チャージ反転）は粒子を反粒子に置き変える変換である。P変換（パリティ反転）は空間を反転させる変換。この2つの反転を合成した変換がCP変換である。CP変換に対して完全に対称であるとは、粒子と反粒子とが全く対等である世界を意味する。CP対称性が破れると粒子と反粒子とは対等でなくなる。小林・益川は、4元模型ではCPが自然に破れないが、「6元模型以上ではCP対称性の破れを自然に導き出せる」ことを発見した。

小林・益川の標準理論は6種類のクォークを予言したと同時に、CP対称性の破れの起源を見出した。3世代に対応する（ダウン、ストレンジ、ボトム）座

標軸の間の変換には3つの回転角が必要（2次元座標回転なら一つの回転角）。複素ユニタリー変換行列の場合は、3世代以上の時にのみ複素位相が残る（3世代では1位相）。それが自然にCP対称性を破る起源となるのである。1974年に第2世代に属する4番目のクォークであるチャームクォークが発見された。さらに1977年に、3世代目に属する、軽いほうのボトムクォークが発見された。1995年に最後の6番目のトップクォークが発見され、3世代クォークの役者がすべてそろった。〔5・6〕

1993年から日米によるBファクトリー建設とCP非対称の発見競争が開始された。2001年には、つくば市の「Bファクトリー」という大型加速器で、B中間子と反B中間子とを大量に生成して、その崩壊の違い（B中間子と反B中間子のそれぞれが特定の中間子2個に崩壊する様子の違い）からCP対称性の破れが確認された。米国でも、ほぼ同時期にCPを破るB中間子崩壊が確認された。こうして、小林・益川の3世代標準理論は30年程の年月を経て確立したのである。〔5・6〕

実は、チャームクォークが発見された3年前の1971年には、チャーム粒子の崩壊現象が名古屋大の丹

生潔のグループにより、宇宙線中の原子核乾板写真における長寿命のV字型崩壊飛跡として、3例ほど発見されていた。名古屋大の小川修三を中心にした検討から「この事例は4元模型の実験的検証である」という確信が生まれていた。小林・益川はその4元模型を基礎に、4元から6元模型への飛躍を遂げたのである。

九後は、益川への湯川・朝永・坂田の影響についても次の興味深い発言をしている。「益川先生たちは、当時、全然信用されていなかった場の理論の精密な論理を適用した。これは朝永流だ。さらに、クォークは6種類あるという大胆な予言をした。これは湯川先生の伝統を受け継ぐ。そういう意味で益川先生は湯川・朝永・坂田の3巨頭の流れをくむ研究者の筆頭ですね」〔4〕。最後に、素粒子論分野では、ほとんどの論文の著者名はアルファベット順にする民主的な慣習が一般的である。小林・益川のノーベル賞に輝いた論文の著者の順番もその例にもれないことに注意されたい。

（こはやし あきぞう・新潟大学教育学部）

参考文献

〔1〕Nobel Lectures 2008: <http://nobelprize.org/>

[2] 益川・不破対談、2009年2月1日新聞赤旗日曜版。

[3] MSN産経ニュース：科学（2008.10.8）「ノーベル化学賞」「自分はアマチュア・サイエンティスト」下村脩氏

<http://sankei.jp/msn.com/science/science/081008/scn0810082117016-n1.htm>

[4] 朝日新聞社益川敏英・九後太一座談会（Asahi.com、2008年10月10日）。

[5] 「はじめて読む物理学の歴史」：我孫子誠也・岡本拓司・小林昭三・田中一郎・夏目賢一・和田純夫、ベレ出版（2007年）、第Ⅲ部第5章「素粒子物理学の発展―湯川・朝永・坂田からの展開を中心にして」。

[6] 「図解雑学 素粒子・クオークのはなし」小林昭三・江尻有郷・川村康文著、和田純夫監修、ナツメ社 2003

[7] 朝日新聞社座談会、asahi.com、2008年10月10日。

### 3歳児クラスなんて無いーミュンヘンの幼稚園

Kさんは、15年もミュンヘンに住み小学生の2人の子がいる。ドイツ第2の都市だが人口は150万人。その幼稚園生活を聞いた。園は3歳児から5歳児を受け入れる。日本にある入園式も卒園式もない。3歳の誕生日に入り、担任の先生が1週間つきっきりで園の生活に適応できるかを観察し、未だ無理となれば入園は延期される。日本のような3歳児クラス、4歳児クラスなどという組分けが無い。3歳から5歳までがひとつの単位で暮らす。それぞれの興味に応じて、絵を描く、粘土細工をする、お話を読むなど多様な活動が保障される。異年齢のなかまだから、成長にプラスの面が多いと見られる。ADHDやLDなど発達障害の子どもも増えている。

その徴候が見える子は約3時間のビデオを撮り、大勢の先生がみて、精神的なケアが必要か身体的なそれか、言語の未発達かなど判定して、早く専門家の指導に託す。それらにかかる経費はバイエルン州、ミュンヘン市が負担する。早期発見・早期対応が有効で、対処が遅ければ遅いほど子どもは不幸で経費も大になるといふ。

(吉)